

ISSN 1992-4224 (Print)  
ISSN 2415-7678 (Online)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені В. Н. КАРАЗІНА

**ЛЮДИНА  
ТА  
ДОВКІЛЛЯ**

**ПРОБЛЕМИ НЕОЕКОЛОГІЇ**

---

**MAN AND ENVIRONMENT  
ISSUES OF NEOECOLOGY**

**Випуск 39  
ISSUES 39**

**Заснований 1999 р.**

Харків  
Kharkiv  
2023

Надаються результати фундаментальних і прикладних досліджень в різних галузях географії, агрономії, лісового господарства та екології.

Розглядаються шляхи вирішення сучасних проблем географічної науки, висвітлюються питання земельної політики, загального землеробства, сільськогосподарських та фіто меліорацій, агрофізики, агрогрунтознавства, агрохімії, рослинництва, лісовпорядкування, лісової таксації, лісознавства і лісівництва, екології людини, заповідної справи, оцінки і оптимізації стану навколишнього середовища, теорії й практики екологічного моніторингу, ГІС-технологій, моделювання стану довкілля.

Для науковців і фахівців в галузі екології, географії та сільського господарства, а також викладачів, аспірантів, магістрів і студентів вищих навчальних закладів

Наукове фахове видання України Категорії «Б» в галузях наук:  
10 Природничі науки за спеціальностями: 101 Екологія, 103 Науки про Землю;  
20 Аграрні науки та продовольство за спеціальностями: 201 Агрономія, 205 Лісове господарство.  
Наказ МОН України № 409 від 17.03.2020

Затверджено до друку рішенням Вченої ради Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна (протокол 10 від 26.06.2023 р.)

**Максименко Н. В.**, д-р геогр. наук, проф. (головний редактор);  
**Тітенко Г. В.**, канд. геогр. наук, доц., (заступник головного редактора);  
**Клещ А. А.**, канд. геогр. наук, доц., (відповідальний редактор);  
**Баскакова Л. В.** (технічний редактор);

**Редакційна колегія:**

**Ачасов А. Б.**, д-р с.-г. наук, проф., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;  
**Борковський Якуб**, д-р наук, проф., Вармінсько-Мазурський університет, Польща;  
**Василенко О. В.**, канд. с.-г. наук, Уманський національний університет садівництва;  
**Едірпупуліге С.**, д-р географії, Університет Квінсленду, Австралія;  
**Коваль І. М.**, д-р с.-г., с. н. с., УНДІ лісового господарства та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького;  
**Коцо Штефан**, канд. наук, Прешівський університет, Словаччина;  
**Кочанов Е. О.**, канд. військ. наук, доц., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;  
**Крайнюков О. М.**, д-р геогр. наук, проф., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;  
**Кривцов Володимир**, д-р філософії, Единбургський університет, Великобританія;  
**Мудрак О. В.**, д-р с.-г. наук, проф., Вінницька академія безперервної освіти;  
**Нахтнебель Ханс-Петер**, д-р наук, проф., університет природних ресурсів та прикладних наук – ВОРУ, Австрія;  
**Некос А. Н.**, д-р геогр. наук, проф., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;  
**Полторецький С. П.**, д-р с.-г. наук, Уманський національний університет садівництва;  
**Сафранов Т. А.**, д-р геол.-мин. наук, проф., Одеський державний екологічний університет;  
**Скрильник Є. В.**, д-р с.-г. наук, ННЦ Інститут ґрунтознавства і агрохімії імені О. Н. Соколовського;  
**Скрильник Ю. Є.**, канд. с.-г. наук, УНДІ лісового господарства та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького;  
**Сонько С. П.**, д-р геогр. наук, проф., Уманський національний університет садівництва;  
**Торма Станіслав**, д-р філософії, НДІ ґрунтознавства та охорони ґрунтів, регіональний філіал у м. Прешов, Словаччина;  
**Уткіна К. Б.**, канд. геогр. наук, доц., Технологічний університет Лулео, Швеція;  
**Хуссанов Алішер**, канд. техн. наук, Південно-Казахстанський університет імені М. Ауезова, м. Шемкент, Казахстан.

Адреса редакційної колегії: 61022, Харків, майдан Свободи, 6,  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, ННІ екології, кімн. 473а  
Тел. 057-707-53-86, e-mail: [ecology\\_journal@karazin.ua](mailto:ecology_journal@karazin.ua) Власний сайт: <http://luddovk.univer.kharkov.ua/>  
<http://periodicals.karazin.ua/humanenviron/about> [http://journals.uran.ua/ludina\\_dov](http://journals.uran.ua/ludina_dov)  
[www-ecology.univer.kharkov.ua](http://www-ecology.univer.kharkov.ua)

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за достовірність наведених фактів, власних імен тощо.

Статті пройшли подвійне «сліпе» рецензування

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 5097 від 03.05.2001

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

The results of fundamental and applied environmental research in various fields of geography, agronomy, forestry and other environmental sciences are presented.

The ways for solution of existing problems of geographical science are considered; the questions of land policy, general agriculture, agricultural and phyto-melioration, agro-physics, agro-soil science, agro-chemistry, plant-growing, forest management, forest taxation and forest science, human ecology, protected areas management, environmental assessment and optimization, theories and practices of environmental monitoring, GIS technologies, environmental modeling are discussed.

For scientists and specialists in the field of environmental sciences, geography and agriculture, as well as teachers, graduate students, masters and students of higher educational establishments.

The Journal is a professional publication in the field of science:  
10 Natural sciences by specialties: 101 Ecology, 103 Earth sciences;  
20 Agricultural sciences and food by specialties: 201 Agronomy, 205 Forestry.  
MES Ukraine Order № 409 of 17/03/2020

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: **Maksymenko N. V.**, 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: **Klieshch, A. A.**, PhD (Geography), Assoc. Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;  
Technical Editor: **Baskakova L. V.**, V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine.

#### *The Editorial Board*

**Achasov A. B.**, DSc (Agriculture), V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;  
**Borkowski Ja.**, DSc (Forestry), Prof., University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland;  
**Vasylenko O. V.**, PhD (Agriculture), Assoc. Prof., Uman National University of Horticulture, Ukraine;  
**Edirippulige S.**, DSc (Geography), University of Queensland, Australia;  
**Koval I. M.**, DSc (Agriculture), Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky, Ukraine;  
**Koco St.**, PhD, Assoc. Prof., University of Presov, Slovakia;  
**Kochanov E. O.**, PhD (military), Assoc. Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;  
**Krainiukov O. M.**, DSc (Geography), Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;  
**Krivtsov V.**, PhD, University of Edinburgh, United Kingdom;  
**Mudrak O. V.**, DSc (Agriculture), Prof., PHEI "Vinnytsia Academy of Continuing Education";  
**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;  
**Poltoretsky S. P.**, DSc (Agriculture), Prof., Uman National University of Horticulture, Ukraine;  
**Safranov T. A.**, DSc (Geology and Mineralogy), Prof., Odessa State Environmental University, Ukraine;  
**Skrylnik Ye. V.**, DSc (Agriculture), National Scientific Center "Institute for soil science and agrochemistry research named after A.N. Sokolovsky", Ukraine;  
**Skrylnik Yu. Ye.**, PhD (Agriculture), Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky, Ukraine;  
**Sonko S. P.**, DSc (Geography), Prof., Uman National University of Horticulture, Ukraine;  
**Torma S.**, PhD, Soil Science and Conservation Research Institute, Slovakia;  
**Utkina K. B.**, PhD (Geography), Assoc. Prof., Luleå University of Technology, Sweden;  
**Khussanov A.**, PhD, Assoc. Prof., M.Auezov South Kazakhstan State University, Kazakhstan.

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: [ecology.journal@karazin.ua](mailto:ecology.journal@karazin.ua)  
Web-pages: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/> (OJS) <http://luddovk.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

## ЗМІСТ

### ГЕОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

<b>Богінська Л. О., Рибіна О. І., Прокопенко Н. І., Гончаров В. В.</b> Сучасний стан земельних ресурсів Сумщини: проблеми та пріоритетні напрямки їх охорони.....	6
<b>Костів Л. Я., Шубер П. М., Буряник О. О., Карабінюк М. М.</b> Клімат як чинник сучасного рельєфотворення північно-східного макросхилу Черногори.....	16
<b>Распопіна С. П.</b> Методика визначення придатності ґрунтів для заліснення рівнинної частини України.....	27
<b>Зінченко І. В., Васенко О. Г., Бабіч О. В., Ангіна Л. С.</b> Моніторинг самоочищення акваторії дельти Дунаю і річки Мерло за мікробіологічними показниками .....	39
<b>Коптєва Т. С.</b> Рекультація поверхневого ярусу гірничопромислових ландшафтів ландшафтно-технічної системи Кривого Рогу.....	55

### ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

<b>Безсонний В. Л.</b> Метод аналізу вразливості водних ресурсів у нестабільному середовищі на основі ентропійного підходу.....	65
<b>Огілько С. П.</b> Моніторинг радіаційного фону міста Умань: 10 років потому.....	77
<b>Питуляк М. Р., Долонікула Г. М., Гаєришок Б. Б.</b> Еколого-географічні особливості сучасного стану лісів ДП «Берегівський лісгосп».....	87
<b>Максименко Н. В., Гололобова О. О.</b> Еколого-естетичні аспекти організації територій суспільного використання засобами зеленої інфраструктури.....	98
<b>Челябієва В. М.</b> Типологія харчування як фактор впливу на екологічні аспекти життєдіяльності людини.....	109

### ЗАПОВІДНА СПРАВА

<b>Теслович М. В., Кричевська Д. А.</b> Геоінформаційне моделювання потенційно важливих територій для перебування ведмеда бурого у Закарпатській області.....	117
<b>Правила оформлення статей.....</b>	132

## CONTENTS

### GEOGRAPHICAL RESEARCH

<b>Bohinska L. O., Rybina O. I., Prokopenko N. I., Honcharov V. V.</b> Current state of the land resources of Sumy region: problems and priority directions of their protection.....	6
<b>Kostiv L. Ya., Shuber P. M., Burianyk O. O., Karabiniuk M. M.</b> Climate as a factor in the modern relief formation of the northeastern macroslope of Chornohora.....	16
<b>Raspopina S. P.</b> Methodology for determining the suitability of soils for afforestation in plain part of Ukraine.....	27
<b>Zinchenko I. V., Vasenko O. H., Babich E. V., Anhina L. S.</b> Self-purification monitoring of the Danube delta and Merlo river aquatic water according to microbiological indicators.....	39
<b>Koptieva T. S.</b> The reclamation of the surface layer of mining landscapes of Kryvyi Rih landscape technical system.....	55

### ENVIRONMENTAL RESEARCH

<b>Bezsonnyi V. L.</b> Method for analyzing the vulnerability of water resources in an unstable environment based on the entropy approach.....	65
<b>Ogilko S. P.</b> Monitoring of the radiation background of the city of Uman: after 10 years.....	77
<b>Pytuliak M. R., Dolopikula H. M., Havryshok B. B.</b> Ecological and geographical peculiarities of the forests current state in state-owned forest enterprise "Berehiv forestry".....	87
<b>Maksymenko N. V., Gololobova O. O.</b> Ecological and aesthetic aspects of the organization of public use areas by means of green infrastructure.....	98
<b>Cheliabiieva V. N.</b> Diet typology as a factor of influence on environmental aspects of human life activity.....	109

### PROTECTED AREAS MANAGEMENT

<b>Teslovych M. V., Krychevska D. A.</b> Geoinformation modeling of potentially important territories for the brown bear's stay in the Transcarpathia region.....	117
<b>Formatting Rules.....</b>	132

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-01>

УДК 332.33

**Л. О. БОГІНСЬКА<sup>1</sup>**, канд. екон. наук, доц.

доцент кафедри будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд

e-mail: [ludasumy341@gmail.com](mailto: ludasumy341@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8635-7980>

**О. І. РИБІНА<sup>1</sup>**, канд. екон. наук, доц.

доцент кафедри геодезії та землеустрою

e-mail: [e\\_rybina@ukr.net](mailto: e_rybina@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1639-2515>

**Н. І. ПРОКОПЕНКО<sup>1</sup>**,

старший викладач кафедри геодезії та землеустрою

e-mail: [bilanp79@gmail.com](mailto: bilanp79@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5046-6122>

**В. В. ГОНЧАРОВ<sup>1</sup>**

старший викладач кафедри геодезії та землеустрою

e-mail: [viktor.goncharov59@gmail.com](mailto: viktor.goncharov59@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7398-9858>

<sup>1</sup>Сумський національний аграрний університет

вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, 40021, Україна

## СУЧАСНИЙ СТАН ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ СУМЩИНИ: ПРОБЛЕМИ ТА ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМКИ ЇХ ОХОРОНИ

**Мета.** Оцінка екологічного стану ґрунтів Сумщини та розробка пріоритетних напрямків охорони земельних ресурсів будь-якої форми власності.

**Методи.** Методи системного аналізу, порівняння та узагальнення. Теоретичною основою виступили чинні нормативно-правові акти, дослідження науковців щодо проблем землекористування. Інформаційною базою для аналізу та порівняння явищ слугували статистичні дані стану земельних ресурсів Сумської області.

**Результати.** Проаналізовано екологічний стан земель сільськогосподарського призначення Сумського регіону. Виявлені слабкі місця в існуючій системі охорони ґрунтів регіону. Сучасне землекористування у більшості випадків не є раціональним. Надмірна розораність земель сільськогосподарського призначення призводить до виснаження земельних ресурсів, депресії сільських територій, порушенням природного процесу утворення ґрунтів. Запропоновано заходи щодо поліпшення та збереження земельного покриву і раціонального його використання в Сумській області. Використання аналітичних розробок дозволяє ретельно охарактеризувати економічний потенціал земель сільськогосподарського призначення Сумської області, визначити перспективи їх використання, відтворення та підвищення родючості, що відповідає інтересам держави, територіальних громад, їх населенню та господарюючих суб'єктів на землі. Земельна реформа, яка проводиться в Україні, та ставить перед собою основну задачу – відкриття вільного ринку землі, є загальнонаціональним явищем і розраховує на підтримку сільського населення. Також в роботі розглядаються питання землеустрою, землевпорядного проектування з урахуванням раціонального природокористування та системи охорони земель.

**Висновки.** Поліпшення стану земельних ресурсів є передумовою для збільшення обсягів виробництва сільськогосподарської продукції та створення ефективного ринку сільськогосподарських земель в Україні. Тому важливо впроваджувати ефективну модель земельних відносин та побудувати досконалу нормативно-правову базу для забезпечення раціонального землекористування.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** земельні ресурси, земельні відносини, земельна реформа, землекористування, охорона земель

**Як цитувати:** Богінська Л. О., Рибіна О. І., Прокопенко Н. І., Гончаров В. В. Сучасний стан земельних ресурсів Сумщини: проблеми та пріоритетні напрямки їх охорони. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2023. Вип. 39. С. 6 - 15. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-01>

© Богінська Л. О., Рибіна О. І., Прокопенко Н. І., Гончаров В. 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/).

**In cites:** Bohinska L. O., Rybina O. I., Prokopenko N. I., & Honcharov V. V. (2023). Current state of the land resources of Sumy region: problems and priority directions of their protection. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (39), 6-15. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-01> (in Ukrainian)

### Вступ

Модернізаційний етап національної економіки вимагає обґрунтування комплексу заходів в напрямі адаптації до засад сталого розвитку сільськогосподарського виробництва. У її складі чільне місце має належати інституційним перетворенням організаційно-правових форм господарювання, використанню перспективних механізмів фінансово-кредитного забезпечення реалізації аграрних проєктів, екологізації аграрного виробництва, впорядкуванню економічних відносин на ринку земельних ресурсів, здійсненню еколого-економічного моніторингу землекористування.

Серед усіх природних благ людства, земля залишається найбільш цінним ресурсом і має статус основного національного багатства країни та потребує збереження і дбайливого використання. Земельні ресурси, в свою чергу, виступають територіальною базою для народногосподарських об'єктів, і водночас – основним засобом виробництва для сільського господарства. Земельні угіддя сільськогосподарського призначення світового аграрного виробництва включають: орні землі, іригаційні землі, луки та пасовища, а також ліси. Структура сільськогосподарських угідь у різних країнах досить нерівномірна, що свідчить про суттєві відмінності в підходах до землекористування. Значні диспропорції, які простежуються в структурі нашої країни, можуть призвести до погіршення стану навколишнього середовища та національної економіки в цілому [1].

Визначення регіональних особливостей стану та рівня використання земельних ресурсів аграрних товаровиробників є важливою основою для прийняття обґрунтованих рішень при концентрації аграрного виробництва по природно-кліматичних зонах регіону.

Теоретичними та методичними аспектами раціонального використання та охорони земельних ресурсів України на різних рівнях: загальнодержавному, регіональному наповнені дослідження таких вчених, як: Рибіної О.І. [2], Добряка Д.С., Хартвігсен,

М. [3], Інаса Гасана, Канді А. Б., Лі Х. [4], Вілкена Ф. [5], Третяка А. М. і Третяка В. М. та інших. Так, в статті «Сучасний стан і перспективи розвитку моніторингу земельних відносин» - С. М. Смирнова та інші дослідники [6] аналізують сучасний стан земельних відносин в Україні, вказують на проблеми галузі землевпорядкування та недостатню ефективність використання земельних ресурсів. Також розглядаються перспективи розвитку земельних відносин в контексті європейської інтеграції. Науковці Томашук І.В. та Балдинюк В.М. в статті «Використання земельно-ресурсного потенціалу сільських територій України в умовах трансформаційних змін» [7] проводять оцінку сучасного стану використання земельних ресурсів, зосереджуючись на проблемах, таких як неконтрольована забудова, недостатня раціоналізація аграрного виробництва та загрози екологічного порушення. Вони також розглядають перспективи покращення використання землі через впровадження сучасних технологій та створення ефективної земельної політики. Але залишається актуальною проблема подальшого науково-обґрунтованого використання земельних ресурсів, зокрема земель сільськогосподарського призначення. Вважаємо, що вирішення даної проблеми має стати впровадження екологічного моделювання землекористування, яке сприятиме створенню екологічно збалансованих агроландшафтів.

Узагальнення опублікованих матеріалів, що характеризують механізм створення екологічно стійких агроландшафтів у Лісостеповій зоні України, і на цій основі зробити пропозиції на прикладі Сумської області щодо виведення деградованих земель зі складу ріллі, та необхідності проведення масштабних землевпорядних робіт для створення екологічно стійких і збалансованих агроландшафтів.

Мета – оцінка екологічного стану ґрунтів Сумщини та розробка пріоритетних напрямків охорони земельних ресурсів будь-якої форми власності.

### *Методика, об'єкти та методи дослідження*

Дослідження щодо охорони земельних ресурсів у Сумській області виконано на підставі системного аналізу стану земельних ресурсів в області, виявлення проблем та недоліків щоб запропонувати шляхи їх використання за допомогою наукового підходу та чинного законодавства.

Системний аналіз дозволяє використовувати ключові поняття та теоретичні засади охорони земельних ресурсів також як і аналіз чинних нормативно-правових актів та наукових досліджень, що стосуються охорони земельних ресурсів.

Аналіз та порівняння використано для оцінки різних аспектів використання земельних ресурсів в області з метою з'ясування ефективності, стійкості та наслідків такого використання.

Узагальнення результатів дослідження дало можливість зробити висновки про стан

земельних ресурсів у Сумській області, а також запропонувати рекомендації щодо їх подальшого використання та охорони.

Дослідження охорони земельних ресурсів є комплексний підхід до збереження та раціонального використання земельних ресурсів з метою забезпечення сталого розвитку суспільства. В цей комплекс входять різноманітні аспекти, такі як: збереження ґрунтів та водних ресурсів; охорона біологічного різноманіття; контроль за використанням земель на різних територіях; використання земельних ресурсів для розвитку аграрного сектору та інших галузей економіки; створення сприятливих умов для життя та діяльності людей на землі.

Отже, об'єктом дослідження охорони земельних ресурсів є забезпечення сталого розвитку суспільства з урахуванням різних аспектів використання земельних ресурсів.

### *Результати дослідження та обговорення*

Здійснення земельної реформи з 1991 року по сьогодні призвело до того, що громадяни України отримали у власність 27,5 млн га сільськогосподарських угідь з яких 5 млн га ріллі були в стані деградації та вважалися малопродуктивними [8].

В Сумській області земельні ресурси складають 2383,2 тис. га і характеризуються надзвичайно високим рівнем освоєння. Понад 71,1% земель використовується у складі сільськогосподарських угідь. У природному стані (ліси, води, болота) знаходиться 24,9% [9].

Ґрунтовий покрив орних земель області на 74% становлять чорноземи та темно-сірі опідзолені ґрунти, які згідно Земельного кодексу України [10] особливо цінними ґрунтами. На території регіону розділяють 70 типів ґрунтів. З урахуванням особливостей механічного складу та інших ознак вищевказані типи мають 250 ґрунтових відмінностей. Розмаїття ґрунтового покриву території області, насамперед, пояснюється наявністю в ній двох основних ґрунтово-кліматичних зон – Полісся та Лісостепу (а між ними присутня Перехідна зона) [11].

Ґрунтовий покрив Полісся характеризується переважним заляганням дерново-підзолистих ґрунтів, які мають легкий механічний склад на водно-льодяникових

відкладах (10,2% обстежених площ орних земель), а Лісостеп характеризується чорноземи типовими глибокими мало гумусними (56%), чорноземи опідзоленими та темно-сірими опідзоленими на лесових породах (22,3%).

Агрохімічне оцінювання ґрунтів Сумської області показує один із найвищих результатів в Україні, де середня оцінка складає 50 балів (перебуває в межах 42-58 балів). Оцінка родючості ґрунтів Сумщини порівняно з іншими регіонами України (такими як Луцька, Рівненська, Житомирська, Чернігівська середній бал бонітету складає 38-45, на томість в Вінницькій, Черкаській, Кіровоградській та Миколаївській бал складає від 80 до 60) є вищою за середню по країні [12].

Екологічний стан агроландшафту оцінюється за співвідношенням – рілля: природні кормові угіддя, ліси. Теоретично обґрунтованими для України є співвідношення 1:1; 6:3,6 відповідно. Фактично ж на даний час співвідношення складає 1:0; 2:0,3, а по Сумській області становить 1:0; 4:0,4, що свідчить про розбалансування агроландшафту [13]. На Україні на даний час недооцінюється еколого-зберігаюча значимість лісів, луків, пасовищ, заповідних територій. Через це спостерігається процес поширення ерозії, зникнення малих річок, зменшення біологічного



різноманіття, втрати естетичної привабливості ландшафтів, суттєвої руйнації екологічно відтворних функцій ґрунтів [14].

Основні завдання екологізації земельних ресурсів в умовах глобалізації включають:

- Зменшення екологічних наслідків від інтенсивної хімізації землеробства.
- Заміна використання великобаритної важкої техніки на сучасну техніку, яка використовується в світі, щоб зменшити вплив на рельєф та структуру ґрунтів.
- Використання органічних добрив для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу.
- Використання нових методів механізації, хімізації та меліорації земельних ресурсів.
- Використання протиерозійних заходів та нових способів обробки ґрунту, вапнування та мінімізація обробки ґрунтів.

Зарубіжні вчені вважають альтернативне землеробства концепцією, що базується на новому підході до землеробства, яка включає групу методів та етику ставлення до землі. Її суть полягає у повній або частковій відмові від синтетичних добрив, пестицидів, регуляторів

росту та кормових добавок. Комплекс агротехнічних заходів, заснованих на суворому додержанні сівозмін, введених до їх складу бобових культур, збережених рослинних залишків, використання гною, компостів та сидератів, проведених механічних культивуацій та захисту рослин біологічними методами [15].

Як свідчать розрахунки: по Україні загальна площа орних земель, що підлягають консервації складає 6,5 млн га, із них під реабілітацію намічено відвести 4 млн га, під трансформацію – 2,5 млн. га, з яких під кормові угіддя – 1,6 млн. га, лісонасадження - 0,7 млн. га, регенерацію - 0,2 млн га. Максимально питома вага орних земель по країні може становити 45,6% від загальної площі проти чинної 54,1%.

Надмірна розораність території є одним з головних чинників, які дестабілюють екологічну ситуацію в регіоні. Загальна площа сільськогосподарських угідь з 1990 року по даний час збільшилась на 62,4 тис. га. Орні землі за цей період зменшились на 29,3 тис. га. Збільшення відбулося на 82,7 тис. га по угіддях – сіножатях та пасовищах, за рахунок ріллі [9]. Тенденції змін земель сільськогосподарського призначення наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Динаміка змін сільськогосподарських угідь по Сумській області (тис. га)  
(побудовано автором за даними [16])

Table 1

Dynamics of changes in agricultural land in the Sumy region (thousand hectares)  
(constructed by the author based on data [16])

Угіддя	Роки							В порівнянні 2022р з 1990р	
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2022	+/-	%
с.г. угіддя-всього	1632,3	1714,9	1709,4	1703,8	1699,8	1698	1694,7	62,4	103,8
в т.ч. рілля	1267,0	1325,1	1235,2	1235,7	1227,4	1226,3	1237,7	-29,3	97,7
багаторічні насадження	13,7	26,1	24,4	24,4	24,4	24,4	22,7	9	165,7
сіножаті та пасовища	351,7	363,7	429,6	443,5	447,8	447,2	434,4	82,7	123,5

Так, тільки у 2022 році з метою відродження сіножатей та пасовищ Головне управління Держгеокадастру у Сумській області надало 24 дозволи на складання проєктів землеустрою під переведення категорій земельних ділянок в сінокоси та пасовищ худоби на території Сумського регіону, зокрема: у Сумському районі на території Лебединської ТГ на площу у 36,0 га, у Конотопському районі на

території Буринської ТГ - 74,8 га; у Охтирському районі на території Великописарівської ТГ на площу 28,0 га; у Роменському районі на території Липоводолинської ТГ на площу у 90,1 га. Було затверджено п'ять проєктів землеустрою для заготівлі сіна та випасу худоби, а також для виділення площ під громадські пасовища у Сумському районі в Лебединській ТГ – 63,8 га, Конотопському районі – 36,3 га.

Необґрунтоване збільшення площ орних земель на 10 тис. га за рахунок схилових та малопродуктивних земель завдало збитків еколого збалансованому співвідношенню земельних угідь і ріллі, природних кормових угідь, лісів та водойм (1:0, 4:0,4), що незадовільно відобразилось на стані агроландшафтів і призвело до техногенного враження екосфери.

Широко проявилися деградаційні процеси ґрунтового покриву, найбільшого поширення отримали зниження вмісту поживних елементів, декальцинація ґрунтів, збільшення їх кислотності, ущільнення, погіршення фізико-хімічних показників, водна ерозія.

Незадовільне становище склалося в сфері збереження родючості ґрунтів. Протягом останніх 15 років спостерігається щорічний від'ємний баланс гумусу та зменшення поживних речовин у ґрунтах. Ця проблема є результатом недостатнього внесення органічних добрив, порушення сівозмін, недотримання науково-обґрунтованої системи землеробства. Протягом періоду 2017р по 2020р кількість щорічно внесених органічних добрив на 1 га в середньому по області становить 1,37 т, а мінеральних – 23,7 кг діючої речовини. Для забезпечення балансу гумусу залежно від типу ґрунту необхідно вносити 9-12 т органічних добрив [13].

Тому заорювання соломи та поживних решток є одним із дієвих засобів підтримання родючості ґрунтів. Велику роль у забезпеченні родючості ґрунтів відіграє вапнування ґрунтів різного ступеня кислотності, яких в області налічується близько 600 тис. га, але за браком коштів цей захід впроваджується далеко не в повній мірі. Всього за звітний період вапнування проведене лише на площі 10,4 тис. га при щорічній потребі в 120 тис. га [17].

З розвитком промисловості і хімізації в країні спостерігається забруднення хімічними речовинами, нафтою та нафтопродуктами земель. В агропромисловому комплексі ці негативні процеси призвели до непридатності ґрунтів до обробітку та заборони використання пестицидів. Найбільш техногенне забруднення спостерігається в районах нафтогазодобування та в районах з розвинутою промисловістю. Отже, динаміка використання земель Сумської області характеризується як напружена, подекуди кризова з тенденцією до погіршення екологічного стану.

Починаючи з 1991 року, на Сумщині проводилися роботи із збереження земель області, а саме: велося будівництво протиерозійних гідротехнічних споруд, проводилися консервація деградованих і малопродуктивних земель, рекультивація порушених земель, створювалися стокорегулюючі та водоохоронні лісосмуги та вали-тераси, здійснювалося будівництво ставків – мулонакопичувачів, велося вапнування ґрунтів [18].

Для запобігання розвитку ерозійних процесів в області широко застосовується поверхневий обробіток ґрунту. За останні роки такий захід щороку впроваджується на площі близько 330-350 тис. га, тому числі ведеться плоскорізний обробіток на площі 170-180 тис. га. Це дає змогу запобігти змиву ґрунтів, накопичувати вологу та зберігати енергоресурси [19].

При реформуванні земельних відносин важливим є моніторинг діяльності аграрних формувань, в яких порушено внутрішньо-господарський землеустрій: не додержуються сівозміни, мають місце відхилення від науково-обґрунтованих систем землеробства, порушення технології обробітку ґрунтів, що є негативним впливом на їхній екологічний стан [10].

Сумська область вважається аграрним регіоном з задовільним екологічним станом, що створює можливість виробництва екологічно чистої сільськогосподарської продукції і для розвитку внутрішнього та зовнішнього аграрних ринків. Виробництво такої продукції стримується недостатнім інвестуванням галузі [19].

Вважаємо, що чинні обсяги виробництва сільгосппродукції в області можна одержувати на значно меншій площі орних земель за рахунок розміщення посівних площ сільгоспкультур на нееродованих, більш продуктивних землях при умові впровадження передових технологій землеробства. За висновками інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського, існуючу площу орних земель можна скоротити шляхом ерозійно-небезпечних та мало-продуктивних земель на 385 тис. га, що дасть змогу вивести їх з активного обробітку, зупинити ерозійні та деградаційні процеси і не зменшувати при цьому обсягів виробництва сільгосппродукції. Площа еродованих сільгоспугідь по області становить 305,1 тис. га, в т. ч. 173,7 тис. га ріллі, що складає 14% від всієї площі цих угідь [19].

Згідно з даними Держгеокадастру Сумської області починаючи з 2002 р. здійснено консервацію земель сільськогосподарського призначення на площі 4487,7 га, на

цей час перебувають у стадії консервації 995,2 га. Значно більших обсягів консервації потребують деградовані і малопродуктивні землі, показано в таблиці 2 [19].

Таблиця 2

**Інформація щодо консервації земель станом на 01.01.2023  
(побудовано автором за даними [20])**

Table 2

**Information on land conservation as of January 1, 2023  
(constructed by the author based on data [20])**

№ З/ п	Назва районів	Здійснено консервацію земель (починаючи з 2002 року)	Землі, що Перебувають у стадії консервації, га	Землі, що Перебувають у консервації, га	Деградовані	Малопродуктивні (заліси)
					Всього:	Всього:
1	Роменський	303,1	46,5	13184,5	11005,8	2178,7
2	Конотопський	575,9	205,5	1229,11	303,46	925,64
3	Охтирський	597,9	104,4	3162,13	2776,63	385,5
4	Сумський	925,2	121,4	16061,9	14439,1	1622,8
5	Шосткинський	2085,39	502,4	3346,68	0,0	3346,68
Разом		4487,79	980,20	36984,32	28524,99	8459,32

За період з 2000 року в Сумській області з метою охорони та захисту земель були розроблені «Програма захисту від водної та вітрової ерозії інших видів деградації земель до 2010 року», «Програма розвитку земельних відносин у Сумській області на 2001-2005 роки», «Програма охорони земель Сумської області на 2007-2015 роки». Після закінчення дії останньої програми питання охорони земель з окремих напрямків були включені в «Програму економічного та соціального розвитку Сумської області на 2019 рік та наступні 2020-2022 програмні роки» [12]. Тобто, на цей час науково обґрунтована стратегія з охорони земель в області відсутня, а це означає відсутність належного фінансування на заходи з збереження ґрунтів.

З метою охорони земельних ресурсів та поліпшення їх екологічного стану пропонуємо ряд пріоритетних напрямків, основними з яких є:

- створення збалансованих, екологічно-безпечних ерозійно-стійких агроланд-

шафтів шляхом оптимізації співвідношення між різними елементами природного середовища та його основними екосистемами, в т. ч. сільськогосподарськими угіддями;

- розробка і впровадження проєктів землеустрою з ґрунтозахисною контурно-меліоративною організацією територій;
- впровадження ґрунтозахисних, енергозберігаючих технологій обробітку ґрунту та виконання інших агротехнічних протиерозійних заходів;
- заборона відведення особливо цінних сільськогосподарських угідь для несільськогосподарських потреб;
- здійснення консервації сільськогосподарських угідь з сильно змитими та дефільованими ґрунтами на схилах крутизою понад 5-7 градусів;
- впровадження на законодавчому рівні механізму економічного стимулювання щодо охорони ґрунтів і вжиття заходів по відтворенню їх родючості;
- розробка та ведення в дію програми з охорони земель Сумської області [18].

### Висновки

Отже, вищевикладене свідчить про незадовільний стан та швидкі темпи деградації ґрунтів Сумщини. Наявна ситуація потребує комплексної оцінки та вироблення стратегії вирішення проблем. У даний час земельні ресурси зазнають великого антропогенного навантаження, тому площі деградованої ріллі зростають. Традиційні системи землекористування або руйнуються, або вже не підходять, а управління та технології не завжди доступні.

Основною причиною такої ситуації є зростаючі вимоги до земель. Зовнішні фак-

тори, пов'язані із глобальними змінами також стають обмеженими для сталого землекористування та прямо чи опосередковано впливають на те, як використовується земля. Сюди входять біофізичні впливи, такі як зміни клімату або природні чи техногенні катастрофи, а також соціально-економічні аспекти, такі як лібералізація торгівлі, приватизація та децентралізація. Земля є не просто основним виробничим фактором, а й основою продовольчої безпеки населення та найціннішим природним ресурсом, від якого залежить розвиток сільського господарства.

### Конфлікт інтересів

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

### Список використаної літератури

1. Кернасюк Ю. Ринок землі: український та світові виміри. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/14220-rynok-zemli-ukrainskyi-ta-svitovyi-vymiry.html> (дата звернення 25.03.23)
2. Rybina, O., Inas Hasan, K., Muhammad, A., Alobaidi, Y., Viktor, G., Nataliia, P., Lyudmila, B. Experience of Land Use Development Planning at the Local (Municipal) Level in the European Union. *Journal of Information Technology Management*. 2022. Vol.14. N 2. P. 56-69. DOI: <https://doi.org/10.22059/jitm.2022.86927> URL: [https://jitm.ut.ac.ir/article\\_86927.html](https://jitm.ut.ac.ir/article_86927.html)
3. Hartvigsen, M. Land Mobility in a Central and Eastern European Land Consolidation Context. *Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research*. 2014. Vol. 10. N 1. URL: <https://journal.fi/njs/article/view/41460>
4. Li, X., Yi, S., Cundy, A. B., & Chen, W. Sustainability transitions of contaminated sites: A global meta-analysis on economic effects of remediation behaviour. *Land Degradation & Development*. 2022. Vol. 33. N 11. P. 1775-1786. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.4270>
5. Öttl, L. K., Wilken, F., Auerswald, K., Sommer, M., Wehrhan, M., & Fiener, P. Tillage erosion as an important driver of in-field biomass patterns in an intensively used hummocky landscape. *Land Degradation & Development*. 2021. Vol. 32. N 10. P. 3077–3091. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.3968>
6. Смирнова С. М., Смирнов В. М., Мась А. Ю., Борисова А. В. Сучасний стан і перспективи розвитку моніторингу земельних відносин. *Інвестиції: практика та досвід*. 2021. № 4. С. 62–66. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2021.4.62>
7. Томашук І.В., Балдинюк В.М. Використання земельно-ресурсного потенціалу сільських територій України в умовах трансформаційних змін. *Інфраструктура ринку. Електронний науково-практичний журнал*. 2021. Вип. 54. С. 53-66 DOI: <https://doi.org/10.32843/infrastructure54-10>
8. Постанова КМУ від 7 червня 2017р. № 413. Деякі питання удосконалення управління в сфері використання та охорони земель сільськогосподарського призначення державної власності та розпорядження ними. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/413-2017-%D0%BF#Text> (дата звернення 27.03.23)
9. Екологічний паспорт Сумської області станом на 01.01.2021. URL: [https://mepr.gov.ua/files/docs/eco\\_passport/2021/%D0%A1%D1%83%D0%BC%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB.pdf](https://mepr.gov.ua/files/docs/eco_passport/2021/%D0%A1%D1%83%D0%BC%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB.pdf) (дата звернення 27.03.23)
10. Земельний кодекс України: чинне законодавство зі змінами та доповненнями станом на 22 лютого 2012 року. *Видавець Паливода А. В.*, Київ. 2012. 116 с.
11. Abebe Debele Tolche, Megersa Adugna Gurara, Quoc Bao Pham & Duong Tran Anh . Modelling and assessing land degradation vulnerability using remote sensing techniques and the analytical hierarchy process approach. *Geocarto International*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1959656>

12. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища У Сумській області у 2020р. URL:<https://mepr.gov.ua/news/38796.html> (дата звернення 25.03.23)
13. Skliar Yurii, Bohinska Liudmyla, Kapinos Nataliia, Prokopenko, Nataliia. Improvement of Land Management in Ukraine. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*. 2021.Vol.14. N 1. P. 199-207. URL:[https://jje.gazvin.iau.ir/article\\_677866.html](https://jje.gazvin.iau.ir/article_677866.html)
14. Третяк А.М, Третяк В.М, Скляр Ю.Л, Капінос Н.О, Третяк Н.А. Концепція державної програми розвитку земельних відносин в Україні на період до 2030 року . *Агроевіт*. 2020. № 19-20. С.24-31. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.19-20.24>
15. Blake, WH, Kelly, C, Wynants, M, et al. Integrating land-water-people connectivity concepts across disciplines for co-design of soil erosion solutions. *Land Degrad Dev*. 2021. Vol. 32: P. 3415– 3430. URL: <https://doi.org/10.1002/ldr.3791>
16. . Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища У Сумській області у 2021р. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Regionalna-dopovid-Sumska-ODA-2021.pdf> (дата звернення 25.03.23)
17. Boginska L.O. Tolbatov A.V., Viunenko O.B., Tolbatov S.V., Tolbatov V.A., Butenko A.O., Davydenko G.A., Kriuchko L.V. Organizational and technical aspects of introduction of innovations of organic agriculture and rational land use of the agrarian enterprises. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9. N 2. P. 110-118. URL: <https://www.ujecology.com/articles/organizational-and-technical-aspects-of-introduction-of-innovations-of-organic-agriculture-and-rational-land-use-of-the-.pdf>
18. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Сумській області у 2019р. URL: <https://mepr.gov.ua/files/docs/Reg-report/2019/%D0%A1%D1%83%D0%BC%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C.pdf> (дата звернення 27.03.23)
19. Головне управління статистики в Сумській області. URL:<http://sumy.ukr-stat.gov.ua/?menu=1095&level=3> (дата звернення 25.03.23)

Стаття надійшла до редакції 03.04.2023

Стаття рекомендована до друку 10.06.2023

**BOHINSKA L.O.**, PhD (Economy)

Associate Professor of the Department of Construction and Operation of Buildings, Roads and Transport Facilities

e-mail: [ludasumy341@gmail.com](mailto:ludasumy341@gmail.com) ORCID ID:<https://orcid.org/0000-0001-8635-7980>

**RYBINA O. I.**, PhD (Economy)

Associate Professor of the Department of Geodesy and Land Management

e-mail: [e\\_rybina@ukr.net](mailto:e_rybina@ukr.net) ORCID ID:<https://orcid.org/0000-0003-1639-2515>

**PROKOPENKO N. I.**

Senior Lecturer of the Department of Geodesy and Land Management

e-mail: [bilanp79@gmail.com](mailto:bilanp79@gmail.com) ORCID ID:<https://orcid.org/0000-0001-5046-6122>

**HONCHAROV V. V.**

Senior Lecturer of the Department of Geodesy and Land Management

e-mail: [viktor.goncharov59@gmail.com](mailto:viktor.goncharov59@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7398-9858>

<sup>1</sup>*Sumy National Agrarian University*

160, Gerasim Kondratiev, Str., Sumy, 40021, Ukraine

## **CURRENT STATE OF THE LAND RESOURCES OF SUMY REGION: PROBLEMS AND PRIORITY DIRECTIONS OF THEIR PROTECTION**

**Purpose.** To assess the ecological condition of the Sumy region's soils and to develop priority directions for the protection of land resources of any form of ownership.

**Methods.** The theoretical method of system analysis, comparison and generalization were used in the framework of the conducted research. Current legal acts and research by scientists on land use problems served as the theoretical basis. Statistical data on the state of land resources of the Sumy region served as an information base for the analysis and comparison of phenomena.

**Results.** The ecological condition of the agricultural lands of the Sumy region was analyzed. Weaknesses in the existing soil protection system of the region were identified. Modern land use in most cases is not rational.

Excessive plowing of agricultural land leads to depletion of land resources, depression of rural areas, disruption of the natural process of soil formation. Measures to improve and preserve the land cover and its rational use in the Sumy region are proposed. The use of analytical studies allows to thoroughly characterize the economic potential of agricultural lands of the Sumy region, to determine the prospects for their use, reproduction and increase in fertility, which corresponds to the interests of the state, territorial communities, their population and economic entities on the land. The land reform, which is being carried out in Ukraine, sets itself the main task of opening a free land market, is a nationwide phenomenon and relies on the support of the rural population. The work also deals with the issues of land management, land management planning taking into account rational nature management and the land protection system.

**Conclusions.** Land protection is becoming increasingly important as it affects the protection of the natural environment, including forests, waters, subsoil, wildlife and atmospheric air. Improving the state of land resources is a prerequisite for increasing the volume of agricultural production and creating an effective agricultural land market in Ukraine. Therefore, it is important to implement an effective model of land relations and build a perfect legal framework to ensure rational land use.

**KEYWORDS:** *land resources, land relations, land reform, land use, land protection*

### References

1. Kernasjuk, Ju. Land market: Ukrainian and world dimensions. (2023, 25 March). Retrieved from <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/14220-rynok-zemli-ukrainskyi-ta-svitovyi-vymiry.html> (in Ukrainian).
2. Rybina, O., Inas Hasan, K., Muhammad, A., Alobaidi, Y., Viktor, G., Nataliia, P., Lyudmila, B. (2022). Experience of Land Use Development Planning at the Local (Municipal) Level in the European Union. *Journal of Information Technology Management*, 14(2), 56-69. <https://doi.org/10.22059/jitm.2022.86927>
3. Hartvigsen, M. (2014).. Land Mobility in a Central and Eastern European Land Consolidation Context. *Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research*, 10(1). Retrieved from <https://journal.fi/njs/article/view/41460>
4. Li, X., Yi, S., Cundy, A. B., & Chen, W. (2022). Sustainability transitions of contaminated sites: A global meta-analysis on economic effects of remediation behaviour. *Land Degradation & Development*, 33(11), 1775-1786. <https://doi.org/10.1002/ldr.4270>
5. Öttl, L. K., Wilken, F., Auerswald, K., Sommer, M., Wehrhan, M., & Fiener, P. (2021). Tillage erosion as an important driver of in-field biomass patterns in an intensively used hummocky landscape. *Land Degradation & Development*, 32( 10), 3077– 3091. <https://doi.org/10.1002/ldr.3968>
6. Smyrnova, S., Smyrnov, V., Mas, A. and Borysova, A. (2021), “Current state and prospects of land relations monitoring development”, *Investytsiyyi: praktyka ta dosvid*, vol. 4, pp. 62–66. [10.32702/2306-6814.2021.4.62](https://doi.org/10.32702/2306-6814.2021.4.62)
7. Tomashuk, I., Baldynyuk, V. (2021). Use of land resource potential of rural territories of Ukraine in the conditions of transformation changes. *Market infrastructure. Electronic scientific and practical journal*, (54), 53-66. <https://doi.org/10.32843/infrastructure54-10>
8. Some issues of improving the management in the field of use and protection of state-owned agricultural lands and their disposal. (2017). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 413 of June 7, 2017. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/413-2017-%D0%BF#Text> (in Ukrainian).
9. Ecological passport of Sumy region as of 01.01.2021. Retrieved from [https://mepr.gov.ua/files/docs/eco\\_passport/2021/%D0%A1%D1%83%D0%BC%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB.pdf](https://mepr.gov.ua/files/docs/eco_passport/2021/%D0%A1%D1%83%D0%BC%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB.pdf) (in Ukrainian).
10. Land Code of Ukraine: current legislation with changes and additions as of February 22, 2012. (2012). Kyiv: Palyvoda A. V. (in Ukrainian).
11. Abebe Debele Tolche, Megersa Adugna Gurara, Quoc Bao Pham & Duong Tran Anh. (2021). Modelling and accessing land degradation vulnerability using remote sensing techniques and the analytical hierarchy process approach, *Geocarto International*. <https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1959656>
12. Regional report on the state of the environment in Sumy region in 2020, Retrieved from <https://mepr.gov.ua/news/38796.html> (in Ukrainian)
13. Skliar Yurii, Bohinska Liudmyla, Kapinos Nataliia, Prokopenko, Nataliia. (2021) Improvement of Land Management in Ukraine. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 14(1), 199-207. Retrieved from [https://jio.gazvin.iau.ir/article\\_677866.html](https://jio.gazvin.iau.ir/article_677866.html)
14. Tretjak, A.M, Tretjak, V.M, Skljar, Ju. L., Kapinos, N.O, Tretjak, N.A. (2020). The concept of the state program for the development of land relations in Ukraine until 2030. *Aghrosvit*, (19-20), 24-31. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.19-20.24> (in Ukrainian).
15. Blake, WH, Kelly, C, Wynants, M, et al. Integrating land-water-people connectivity concepts across disciplines for co-design of soil erosion solutions. *Land Degrad Dev.* 2021; 32, 3415– 3430. <https://doi.org/10.1002/ldr.3791>

16. Regional report on the state of the environment in Sumy region in 2021. (2022). Retrieved from <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Regionalna-dopovid-Sumska-ODA-2021.pdf> (in Ukrainian)
17. Boginska, L.O. Tolbatov, A.V., Viunenko, O.B., Tolbatov, S.V., Tolbatov, V.A., Butenko, A.O., Davydenko, G.A., & Kriuchko, L.V. (2019) Organizational and technical aspects of introduction of innovations of organic agriculture and rational land use of the agrarian enterprises. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(2), 110-118. Retrieved from <https://www.ujecology.com/articles/organizational-and-technical-aspects-of-introduction-of-innovations-of-organic-agriculture-and-rational-land-use-of-the-.pdf4>.
18. Regional report on the state of the environment in Sumy region in 2019. (2020). Retrieved from <https://mepr.gov.ua/files/docs/Reg.report/2019/%D0%A1%D1%83%D0%BC%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C.pdf> (data zvernennja 27.03.23) (in Ukrainian).
19. Main Department of Statistics in Sumy Oblast. Retrieved from <http://sumy.ukr-stat.gov.ua/?menu=1095&level=3>. (in Ukrainian).

The article was received by the editors 03.04.2023

The article is recommended for printing 10.06.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-02>

УДК 502.5

**Л. Я. КОСТИВ**, канд. геогр. наук,  
доцентка кафедри геоecології і фізичної географії  
e-mail: [lyudmyla.kostiv@lnu.edu.ua](mailto:lyudmyla.kostiv@lnu.edu.ua) ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-3080-3958>

*Львівський національний університет імені Івана Франка,*  
вул. Дорошенка, 41, Львів, 79007, Україна

**П. М. ШУБЕР**, канд. геогр. наук,  
доцент кафедри геоecології і фізичної географії  
e-mail: [pavlo.shuber@lnu.edu.ua](mailto:pavlo.shuber@lnu.edu.ua) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6327-8788>

*Львівський національний університет імені Івана Франка,*  
вул. Дорошенка, 41, Львів, 79007, Україна

**О. О. БУРЯНИК**, канд. геогр. наук,  
доцентка кафедри геоecології і фізичної географії  
e-mail: [olesya.buryanyk@lnu.edu.ua](mailto:olesya.buryanyk@lnu.edu.ua) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1596-0461>

*Львівський національний університет імені Івана Франка,*  
вул. Дорошенка, 41, Львів, 79007, Україна

**М. М. КАРАБІНЮК**, канд. геогр. наук,  
доцент кафедри фізичної географії та раціонального природокористування  
e-mail: [mykola.karabiniuk@uzhnu.edu.ua](mailto:mykola.karabiniuk@uzhnu.edu.ua) ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9852-7692>

*Ужгородський національний університет,*  
вул. Університетська, 14, Ужгород, 88000, Україна

## КЛІМАТ ЯК ЧИННИК СУЧАСНОГО РЕЛЬЄФОТВОРЕННЯ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО МАКРОСХИЛУ ЧОРНОГОРИ

**Мета.** Аналіз кліматичних показників які спричинюють формування та розвиток широкого спектра геоморфологічних процесів, у тім числі й небезпечних чи катастрофічних.

**Методи.** Статистичні, системний аналіз.

**Результати.** Дослідження виконані на основі аналізу ряду кліматичних показників (кількість та інтенсивність опадів, температурний режим повітря і ґрунту, потужність снігового покриву та запасів води у ньому) сніголавинної станції Пожижевська та Лабораторії ландшафтного моніторингу Чорногірського географічного стаціонару Львівського національного університету імені Івана Франка, які репрезентують різні орокліматичні зони. Встановлено кліматичні показники що впливають на формування сучасних рельєфотворчих процесів північно-східного схилу Чорногори, охарактеризовано їхню неоднорідність у різних природних територіальних комплексах. Особливу увагу приділено процесам фізичного вивітрювання які є досить поширеними і формують матеріал для подальшого розвитку ерозійних та гравітаційних процесів. Їхній розвиток визначають значні амплітуди температур та переходи температури через 0°C. Встановлено, що на ЧГС добові амплітуди температури повітря понад 10°C є характерними для 2/3 днів теплового періоду, понад 15°C – у третині днів, понад – 20°C поодинокі, максимальне значення – 25,2°C. Добові амплітуди температури на відкритій поверхні ґрунту понад 20°C фіксували у половині днів теплового періоду з неодноразовим перевищенням 30°C. Із глибиною ці показники у ґрунті згладжуються, але ще відчутні на глибині 20 см. Перехід температури повітря через 0°C (також є одним із чинників дефлюкції) на ЧГС в середньому фіксували у 98 днях за рік (в т. ч. 38 у безсніговий період). Проаналізовано кількість та інтенсивність опадів що впливають на розвиток ерозійних процесів, формування паводків, селів, лавин, а опосередковано – зсувів і обвалів.

**Висновки.** Визначено, що основними кліматичними показниками, які спричинюють формування та розвиток різних геоморфологічних процесів є опади, температурний режим та потужність снігового покриву

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *рельєфоформуючі процеси, опади, температура, ерозія, фізичне звітрювання, дефлюкція, паводки*

**Як цитувати:** Костів Л. Я., Шубер П. М., Буряник О. О., Карабінюк М. М. Клімат як чинник сучасного рельєфотворення північно-східного макросхилу Чорногори. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології.* 2023. Вип. 39. С. 16-26. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-02>

© Костів Л. Я., Шубер П. М., Буряник О. О., Карабінюк М. М., 2023



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



**In cites:** Kostiv L. Ya., Shuber P. M., Burianyk O. O., & Karabiniuk M. M. (2023). Climate as a factor in the modern relief formation of the northeastern macroslope of Chornohora. *Man and Environment. Issues of Neoeology*, (39), 16-26. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-02> (in Ukrainian)

### **Вступ**

Гірський масив Чорногора розташований в Українських Каратах і є найвищим для цієї території (г. Говерла, 2 061 м). У його межах сформувалися природні територіальні комплекси альпійсько-субальпійського та лісистого середньо- і низькогір'я які охороняються Карпатським Національним природним парком та активно використовуються в цілях рекреації. Значне вертикальне та горизонтальне розчленування, стрімкі схили, неоднорідність флішових товщ, якими він складений, зростаюче антропогенне навантаження та кліматичні умови спричинюють активний розвиток широкого спектру сучасних рельєфоформуючих процесів, які Кравчук [1] для Полонинсько-Чорногірських Карпат об'єднує у сім груп – ерозійно-аккумулятивна діяльність річок, площинний змив, яркова ерозія, обвальо-осипні, зсувні, дефлюкція, селеві. Їхнє просторове поширення головно визначають геолого-геоморфологічні чинники, а інтенсивність – кліматичні. На характеристиці останніх ми зупинимось детальніше.

Дослідження Чорногори, особливо її північно-східного макросхилу започатковані ще в XIX ст. і включають геологічні, геоморфологічні, кліматичні, ботанічні, ґрунтові, ландшафтознавчі та ін. Кліматичні показники для розуміння розвитку низки фізико-географічних процесів у Карпатах в цілому і в Чорногорі зокрема, проаналізовано у дослідженнях [2, 3] та ін. Для їхньої характеристики автори аналізували в основному дані сніголавинної станції Пожижевська та метеостанції Яремче. Для аналізу передумов

проходження катастрофічного паводку 2008 р. [4] окрім згаданих метеостанцій використали показники автоматичної метеостанції Чорногірського географічного стаціонару (ЧГС), що дало можливість детально охарактеризувати інтенсивність опадів за цей період. На увагу заслуговує дослідження кліматичних передумов розвитку сучасних стихійних процесів у басейні верхнього Пруту [5], яке проведено на основі аналізу основних показників метеостанцій Пожижевська, Яремче та ЧГС. Формування паводкового режиму верхів'я Прута досліджували [3, 6, 7] на основі кількарічних польових досліджень проаналізована структура снігового покриву та запаси води у ньому в передвесняний період по профілю ЧГС-Пожижевська для прогнозування весняного водопілля.

За останнє десятиліття на північно-східному макросхилі Чорногори спостерігається тенденція до активізації процесів ерозії (особливо у природних територіальних комплексах альпійсько-субальпійського середньогір'я) та формування небезпечних паводків, що пов'язано із зростанням антропогенного навантаження на ці території, а також і з певними кліматичними змінами.

Метою дослідження є аналіз кліматичних показників (кількість та інтенсивність опадів, температурний режим повітря і ґрунту, потужність снігового покриву та запасів води у ньому) які спричинюють формування та розвиток широкого спектра геоморфологічних процесів, у тім числі й небезпечних чи катастрофічних.

### **Методика дослідження**

Дослідження виконані на основі аналізу одинадцятирічного (2010–2020 рр.) ряду кліматичних показників сніголавинної станції Пожижевська [8] та Лабораторії ландшафтного моніторингу Чорногірського географічного стаціонару Львівського національного університету імені Івана Франка [9], які репрезентують різні орокліматичні зони. Сніголавинна станція Пожижевська розташована на безлісому схилі одноіменної гори на висоті

1 450 м і її показники в загальних рисах характеризують кліматичні умови розташованого вище альпійсько-субальпійського середньогір'я. Чорногірський географічний стаціонар (ЧГС) Львівського національного університету імені Івана Франка розташований на висоті 998 м у долині р. Прут (на виположеному флювіогляціальному конусі винесення) у межах лісистого середньогір'я. Його дослідні метеорологічні майданчики розташовані в

хвойному стиглому лісі (світлова повнота 0,8) та на відкритій вториннолучній ділянці, що дає можливість інтерполювати дані як на лісовкриті території, так і на безлісій. Метеорологічні спостереження проводяться відповідно до Настанови гідрометеорологічним

станціям і постам [10] Для характеристики добових коливань температури повітря (на висоті 2 м) та ґрунту (на глибинах 0,1, 0,2 та 0,4 м) використано матеріали автоматичної метеостанції «Fischer», яка кожні 15 хв автоматично фіксує усереднені щосекундні дані [11].

### Результати та обговорення

Передумовою розвитку основних ерозійних і гравітаційних процесів Чорногори, окрім інших чинників, є фізичне вивітрювання, яке формує уламковий матеріал для подальшого його переміщення. Найінтенсивніше його утворення спостерігається в альпійсько-субальпійському середньогір'ї на ділянках із виходами на поверхню корінних порід – осипи на бокових і задніх стінках карів, кам'яні розсипища на пригребневих і вершинних поверхнях. У лісистому середньогір'ї виходи порід приурочені в основному до стрімких схилів річок та днищ тимчасових потоків – «зворів».

Оскільки фізичне звітрювання виникає внаслідок добового коливання температури в масиві гірських порід (температурне звітрювання) чи періодичного замерзання води, яка проникла в тріщини (морозне звітрювання), то доцільно проаналізувати такі кліматичні показники як добові амплітуди температур повітря і ґрунту та добові переходи температури через 0°C. Температурне звітрювання призводить до лушення і відслонення порід внаслідок виникнення напруги

об'ємно-градієнтного типу чи утворення дрібнозернистого матеріалу внаслідок напруги між мінералами породи з різним коефіцієнтом теплового розширення. Морозне звітрювання формує переважно крупноуламковий матеріал.

За досліджуваний 11-річний період за даними ЧГС [9] середня річна температура повітря становила +5,9°C. Найхолоднішим був січень із середньою температурою -4,9°C, а найтеплішими – липень та серпень із температурою +16°C. Середня тривалість безморозного періоду коливалася в межах 130–150 днів. На розташованій вище сніголавинній станції Пожижевська середньорічна температура повітря була нижчою (+4,4°C). Найхолоднішим місяцем теж був січень (-6,0°C), а найтеплішим серпень (+14,5°C) (рис. 1). Водночас у температурному режимі простежено значні відмінності по роках – найхолоднішим на обох станціях за аналізований період був 2011 рік із середньорічною температурою повітря, а найтеплішим – 2019 рік.

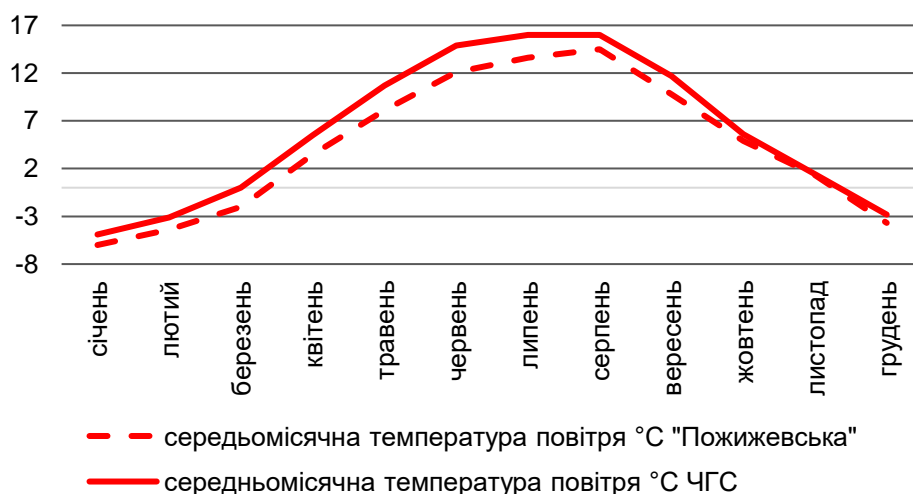


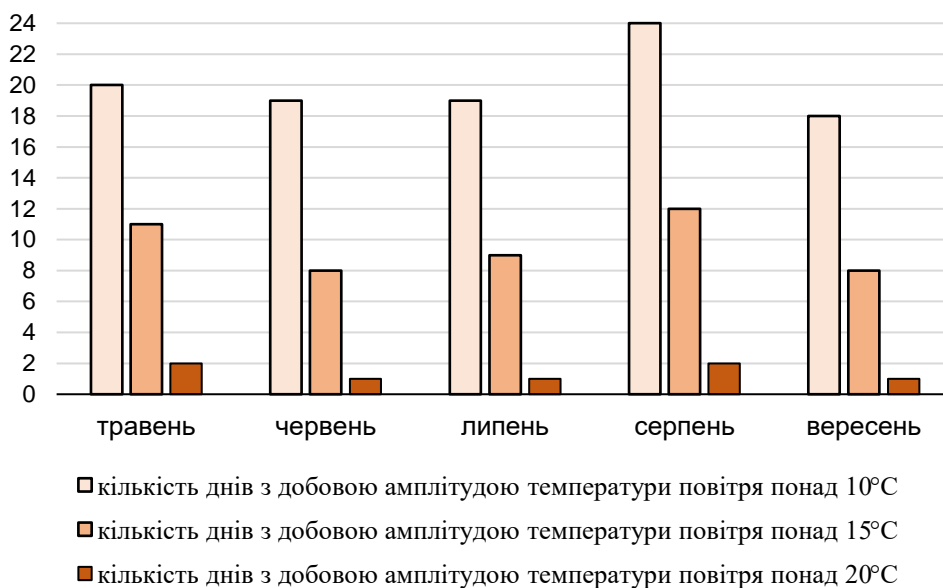
Рис. 1 – Середньомісячна температура повітря за період 2010–2020 рр. на метеостанціях ЧГС та Пожижевська

Fig. 1 – Average monthly air temperature for the period 2010–2020 at Chornohora Geographical Station and Pozhyzhevskaya weather stations

Для аналізу добових амплітуд повітря на метеостанції ЧГС, використано ряд даних (травень-вересень) автоматичної метеостанції «Ficheg» що розташована на відкритій ділянці та кожні 15 хв. фіксує осереднені щосекундні показники. Вони краще відображають екстремальні температури повітря, оскільки не амортизуються захистом дерев'яної метеобудки. Слід зазначити, що добові амплітуди 10°C і вище є характерними для 2/3 днів кожного місяця (травень-вересень) аналізованого періоду. Найбільше їх фіксували у серпні – в середньому 24 дні на місяць (у серпні 2015 року – 28 днів), оскільки у цей період типовими є високі температури повітря (як середні, так і максимальні) при

порівняно незначній хмарності. Добові амплітуди температури повітря понад 15°C також найчастіше фіксували у серпні – в середньому 12 днів на місяць. Добові амплітуди повітря понад 20°C за аналізований період реєструвалися поодинокі, найвищий показник – 25,2°C був зафіксований у травні 2012 р. Загалом повторюваність добових амплітуд повітря понад 20°C для околиць ЧГС є незначною – у травні від одного до чотирьох днів на місяць, у червні – один-три, у липні та серпні – один-два, у вересні – не більше одного.

Амплітуди температур, фіксовані на очищеній від рослинності незатіненій поверхні розрихленого ґрунту є значно більшими.



**Рис. 2** – Кількість днів із амплітудами температури повітря понад 10, 15 і 20°C за період 2010–2020 рр. на метеостанції ЧГС

**Fig. 2** – The number of days with air temperature amplitudes above 10, 15, and 20°C for the period 2010–2020 at the Chornohora Geographical Station weather station

На ЧГС за аналізований період максимальна температура описаної поверхні становила +39,6°C. У теплі сезони неодноразово фіксували добові амплітуди температури на поверхні ґрунту понад 30°C, а амплітуди понад 20°C є характерними для антициклонального типу погоди даної території. Водночас на поверхні з зеленомоховим покривом під пологом стиглого ялинового лісу амплітуди температур є значно нижчими – тільки у третині днів теплої періоду вони перевищують 5°C (антициклональний тип погоди), та один-три дні становлять понад 10°C (переважно у травні).

Із глибиною добові амплітуди температур у ґрунті згладжуються, але ще відчутні на глибині 20 см. Для їхньої характеристики використано одинадцятирічний ряд даних температур вимірюваних у бурому середньосуглинковому щербенистому ґрунті під природною (вториннолучною) рослинністю на глибинах 10, 20 і 40 см. На глибині 10 см у літні місяці ґрунт прогрівався до температури понад 20°C, а максимальна амплітуда становила 8,2°C. Максимальні добові амплітуди температур ґрунту у часі в основному співпадали з найвищими амплітудами температури повітря, але чітко вираженої кореляції не спостерігалось, оскільки на

температуру ґрунту значно впливала його вологість. Загалом у літні місяці максимальні добові амплітуди на глибині 10 см змінювалися в межах 6,0–8,2°C. Найменш змінними ці показники були у серпні, найбільше – у червні. У перехідні сезони (весняний та осінній) максимальні добові амплітуди змінювалися в широкому діапазоні (від 4,0 до 6,6°C) із загальною тенденцією до зменшення при наближенні зими. В зимовий сезон на цій глибині ґрунт промерзав, а зі встановленням снігового покриву добові амплітуди не простежувалися. Водночас зміна погодних умов (сильні морози) спричинювала зміну температури ґрунту на глибині 10 см навіть під сніговим покривом потужністю понад 20 см. Періоди відлиг, які протягом холодного періоду наставали від одного до п'яти разів призводили до часткового чи повного сніготанення, а відповідно – до розмерзання ґрунту на цій глибині. Відлиги були різної тривалості та характеризувалися у ґрунті температурними амплітудами 0,1–0,2°C, які відображали в основному зміну погодних умов.

На глибині 20 см ці процеси були менш відчутні та зафіксовані менш ніж у третині відлиг. Загалом на глибині 20 см періоди з від'ємними зимовими температурами були коротшими, оскільки відбувалося поступове зниження температури протягом сезону, а їхнє мінімальні значення (від -0,1°C до -0,6°C) фіксували у кінці лютого – на початку березня. У теплий період добові амплітуди на глибині 20 см проявлялися слабше, а їхні максимальні значення (2,5–3,5°C) приурочені до антициклонального типу погоди.

На глибині 40 см у теплий період виражені погодні амплітуди температури, а добові коливання проявляються дуже слабо. При накладанні погодних і добових амплітуд їхні значення сягали понад 1°C. Промерзання ґрунту на глибину понад 40 см за описуваний період спостерігали тільки у лютому-березні 2011 та 2012 рр.

Формування шарів мерзлого ґрунту, його замерзання та розмерзання є одним із чинників розвитку процесів дефлюкції, які проявляються на схилових поверхнях, але ще є недостатньо вивченими в умовах середньогір'я Карпат і Чорногори зокрема. На процеси дефлюкції, а також на процеси фізичного вивітрювання значний вплив має

перехід температури повітря через 0°C, що супроводжується розмерзання та замерзання води. За аналізований одинадцятирічний період кількість днів із переходом температури повітря через 0°C у лісистому середньогір'ї (ЧГС) у середньому становила 98 за рік, їх фіксували в усі періоди, окрім літа. Найбільше днів із такими переходами температури повітря закономірно спостерігається у перехідні періоди: в березні в середньому їх було 20 (найбільше у 2019 р. – 28), у квітні та листопаді – по 17 (рис. 3). У зимовий, а особливо у ранньовесняний періоди, на які припадає дві третини днів із переходом температури через 0°C, процеси розмерзання та замерзання води у ґрунті та на його поверхні є актуальними тільки для дуже стрімких і обривистих поверхонь на яких не формується сніговий покрив. У безсніговий період середня кількість таких днів у році становить 38, найбільше їх у квітні, жовтні та листопаді. На початку квітня та в листопаді на процеси розмерзання та замерзання ґрунту накладається його перезволоження внаслідок тання нестійкого снігового покриву. Подібний розподіл фіксувався і на Пожижевській (показники репрезентують субальпійський пояс), але з меншою кількістю днів без снігового покриву.

**Опади** впливають на розвиток процесів змиву та розмиву, а також на формування паводків і селів. Середньорічна кількість опадів, яка визначає потенційну небезпеку ерозії на даній території у найвищій частині Карпат за період 2010-2020 рр становила понад 1 600 мм (Пожижевська), а на розташованій нижче метеостанції ЧГС опадів менше – 1 450 мм (рис. 4). У холодний період на альпійсько-субальпійському середньогір'ї опадів випадає значно більше ніж у лісистому середньогір'ї, що призводить до формування потужного снігового покриву. В окремі роки спостерігалися значні коливання суми опадів – найменш зволеним був 2012 рік, найвологішими 2010 та 2020 роки. За аналізований період у лісистому середньогір'ї північно-східного сектора Чорногори з опадами в середньому було 216 днів на рік (ЧГС), а на розташованій вище Пожижевській – 180 днів. Протягом року опади випадають нерівномірно – на обох станціях їхній максимум спостерігався в травні-червні, а мінімальна кількість опадів припадає на осінні місяці.

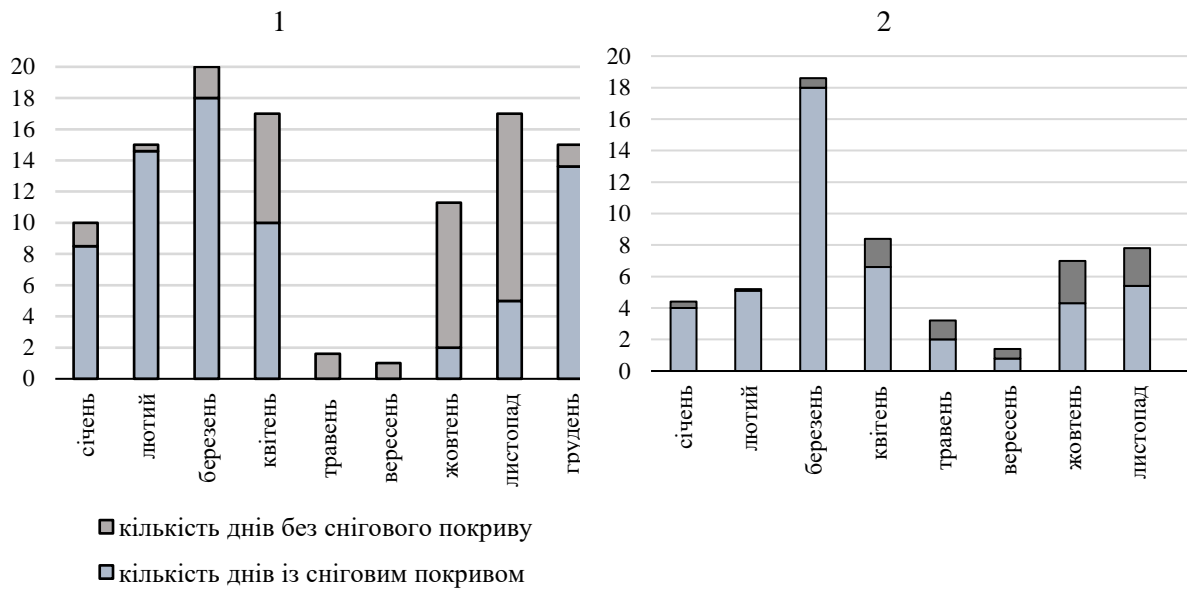


Рис. 3 – Кількість днів із переходом температури через 0°C за період 2010–2020 рр. на ЧГС (1) та Позижевській (2)

Fig. 3 – The number of days with the temperature passing through 0°C for the period 2010–2020 at Chornohora Geographical Station (1) and Pozhyzhivska (2)

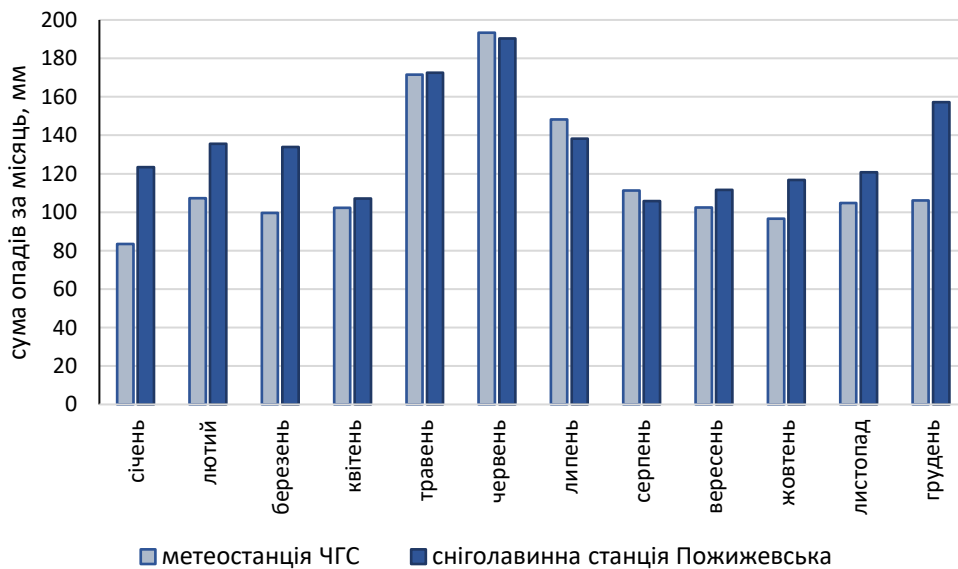


Рис. 4 – Сума опадів за місяць за період 2010–2020 рр. на метеостанціях ЧГС та Позижевська

Fig. 4 – Amount of precipitation per month for the period 2010–2020 at Chornohora Geographical Station and Pozhyzhivska weather stations

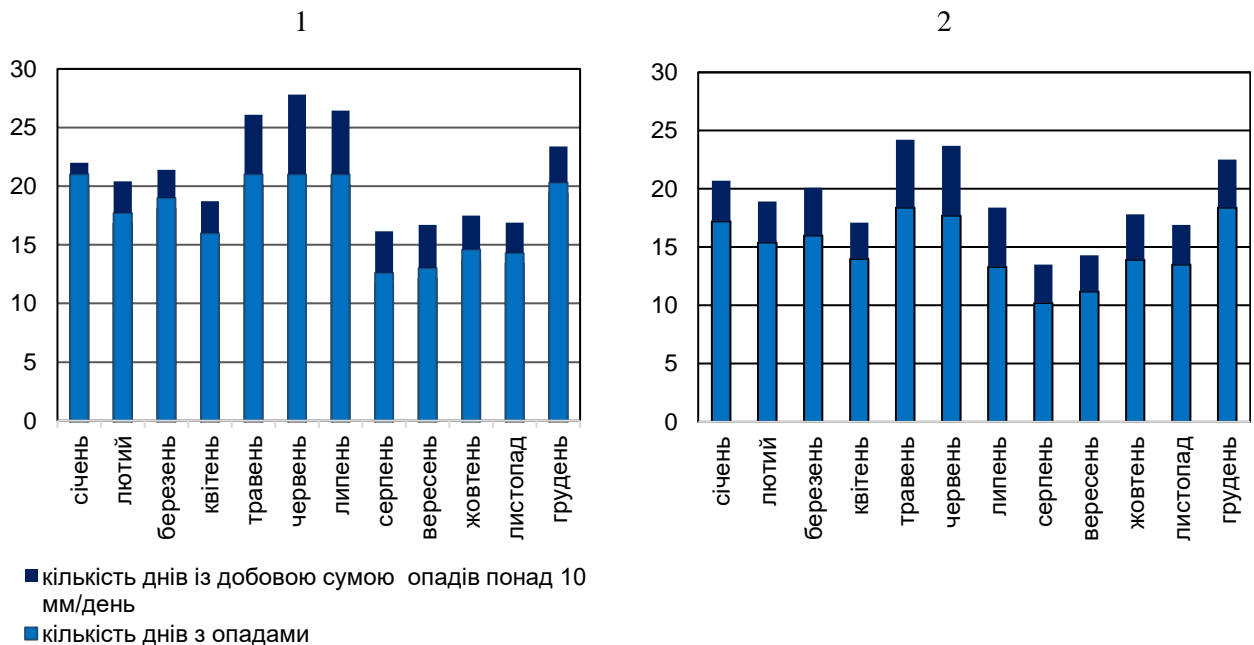
Для аналізу розвитку ерозійних процесів необхідно детальніше охарактеризувати розподіл опадів протягом року, їхні види та кількість за один дощ. Переважаючими є затяжні фронтальні дощі, при яких добова сума опадів заледве перевищує 1-2 мм, частка зливових опадів є незначною.

Вважають, що опади понад 10 мм за добу можуть формувати поверхневий стік на незадернованій поверхні [11], а також незначні підняття води у верхів'ях Прута [6]. Для середньогір'я північно-східного схилу Чорногори дощі з добовою сумою опадів понад 10 мм не є переважаючими – в теплий період

у середньому щомісяця фіксують по три-чотири таких дощі (рис. 5). І тільки у травні та липні їхня кількість збільшується до семи-дев'яти за місяць, а у червні – до десяти. У високогір'ї такі дощі випадають частіше – в середньому чотири-п'ять за місяць, а в травні-червні – до десяти. В альпійсько-субальпійському поясі Чорногори весняні опади спричинюють стрімке руйнування снігового покриву, що призводить до посилення делювіального змиву та формування паводків. Паводки формують також пізньоосінні та зимові дощі, які випадають під час відлиг на поверхню з уже встановленим сніговим покривом, посилюючи його танення [7].

Відповідно до класифікації [12] небезпечними вважаються дощі, при яких випадає 15-29 мм за 12 годин, а стихійними – понад 30 мм за 12 годин, оскільки в поєднанні з

іншими чинниками вони спричинюють значні паводки на ріках. Згідно дослідження перевищення норми опадів у 2–2,5 рази, які надходять у ґрунт та гідромережу, спричиняють підвищення рівня води і перенасичення ґрунту, тому після зливових опадів значна кількість зсувних ділянок перебувають у стадії підготовки до сповзання. Небезпечні дощі переважно випадають у травні-липні, на ЧГС фіксували в середньому по два-чотири на місяць, а їхня найбільша кількість приурочена до червня, коли майже щороку випадало від чотирьох до шести таких дощів. Стихійні дощі теж приурочені до теплого періоду, коли щороку за сезон випадає по два-три дощі з таки шаром опадів, а у 2019 році їх було аж сім. На Пожижевській кількості стихійних дощів була меншою – переважно один-два за теплий сезон і стільки у холодний [14].



**Рис. 5** – Кількість днів з опадами та кількість днів із добовою сумою рідких опадів понад 10 мм/день за період 2010–2020 рр. на метеостанції ЧГС (1) та Пожижевська (2)

**Fig. 5** – The number of days with precipitation and the number of days with a daily amount of liquid precipitation exceeding 10 mm/day for the period 2010–2020 at the Chornohora Geographical Station (1) and Pozhyzhevskya (2) weather stations

Ерозійна дія опадів залежить від їхньої кількості за один дощ, інтенсивності та тривалості дощу. За аналізований період максимальна добова сума опадів випала на метеостанції Пожижевська 21 листопада 2015 року – 84,3 мм (з них 52,2 мм нічні та 25,1 мм денні опади), на метеомайданчику ЧГС цей дощ дав 70 мм опадів, що призвело

до формування високого (підняття рівня води понад один метр) але короточасного паводка. Найбільша добова сума опадів на ЧГС зафіксована у червні 2020 р. – 75 мм (із них 40 мм нічні та 35 мм денні опади), що призвело до збільшення витрат води ріки Прут майже втричі та формування паводку, а також до інтенсивного делювіального

змиву навіть на лісовкритих схилах. Максимум опадів в літню пору на Пожижевській фіксувався у серпня 2011 року – 70 мм за добу, з них 58 мм нічні та 12 мм денні. Загалом, дощі з добовою сумою опадів понад 40 мм за період 2010-2020 рр. на ЧГС фіксували тільки 11 разів і випадали вони не щороку. Найбільше їх випало у червні-липні 2019 року (чотири) та у 2020 та 2018 роках (по два відповідно).

Вплив основних характеристик снігового покриву альпійсько-субальпійського середньогір'я Чорногори на формування лавинних процесів розглянуто у роботах Є. Тихановича [15]. Танення снігового покриву впливає на інтенсивність делювіального змиву, формування повеней на ріках, соліфлюкції. При теплій дощовій погоді, яка посилює сніготанення, в умовах сильно розчленованого рельєфу спостерігається різке інтенсивне підняття рівня води у потоках і річках, що призводить до розмиву берегів та

спровокує зсувні, осипні й обвальні процеси та переформування русел. Висота снігового покриву в околицях ЧГС у передвесняний період (кінець лютого-березень) дуже різнилася по роках і змінювалася на відкритих ділянках від 70 до 10 см, а у лісі від 40 до 5 см. Відповідно, запаси води в снігу цього періоду теж змінювалася від 200 мм на відкритих поверхнях і 95 мм на лісовкритих до 50 і 10 мм відповідно. Інтенсивність сніготанення залежала від низки умов, які є дуже варіабельними – температури повітря та ґрунту, глибини промерзання та відтавання ґрунту, його вологості та проникливості, опадів, а також експозиційності та залісненості. Тому сніготанення зазвичай тривало 10–15 днів і завершувалося у різні терміни – від кінці березня до першої декади травня, але переважно у третій декаді квітня. Максимальні втрати запасів води у сніговому покриві під час сніготанення становили 20 мм за добу.

### *Висновки*

Для розуміння впливу кліматичних змін на процеси рельєфотворення доцільно проаналізувати кліматичні характеристики за триваліший період. Але навіть проведений аналіз за період 2010-2020 рр. вказує та значну варіабельність цих показників впродовж річного циклу, а також по роках. Водночас простежується певна кореляція у межах альпійсько-субальпійського та лісистого середньогір'я. Термічні характеристики, які є одними з провідних чинників фізичного вивітрювання проявляються або у теплий період (добові амплітуди температур), або у перехідний (добовий перехід температури через 0°C). Відзначено, що на ЧГС добові амплітуди незатіненої поверхні незадернованого ґрунту були втричі вищими, ніж на поверхні вкритій зеленомоховим смеречником. Добові коливання температури ґрунту під природною вториннолучною рослинністю простежуються на глибині до 20 см. Опадів випадало більше у межах альпійсько-субальпійського середньогір'я, але кількість дощових днів, а також небезпечних та стихійних дощів фіксували більше у лісистому середньогір'ї. Тенденції щодо зростання кількості

опадів за аналізований період не виявлено, як і підвищення температури повітря. В альпійсько-субальпійському поясі Чорногори весняні опади спричиняли стрімке руйнування снігового покриву, що призводило до посилення делювіального змиву та формування кількох повенево-паводкових піків на р. Прут. Паводки формували літні, а також пізньосінні та зимові дощі, які випадають на поверхню зі сніговим покривом посилюючи його танення. Сніготанення у лісистому середньогір'ї зазвичай завершувалося до кінця квітня, у альпійсько-субальпійському поясі сніжники у карах зберігалися до середини червня. На кліматичні чинники, що спричиняють інтенсифікацію рельєфотворюючих процесів (у т. ч. небезпечних і катастрофічних) можна впливати тільки опосередковано, нормуючи рекреаційне навантаження для збереження дернового покриву та недопущення стежкоутворення в альпійсько-субальпійському середньогір'ї; обмежуючи вирубки лісів, у т. ч. санітарні, не допускаючи рух транспортних засобів дорогами без твердого покриття.

### *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. Кравчук Я. С. Сучасні екзогенні рельєфоутворювальні процеси. *Геоморфологія Полонинсько-Чорногірських Карпат*. Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2008. С. 98–106.
2. Ковальчук І. Гідролого-геоморфологічні процеси в карпатському регіоні України. *Праці Наукового товариства ім. Шевченка*. Львів, 2003. Т. 12: Екологічний збірник. Екологічні проблеми Карпатського регіону. С. 101–125.
3. Melnyk A., Grodzynskiy M., Obodovskiy O., Kostiv L., Karabiniuk M., Prytula R. Altitudinal differentiation of snow cover in the north-eastern sector of Chornohora massive in Ukrainian Carpathians. *AIP Conference Proceedings*. 2019. Vol. 2186. N 1. 120018. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5138049>
4. Мельник А. В., Шубер П., Шушняк В., Костів Л., Березяк В. Фізико-географічні передумови, динаміка та наслідки катастрофічного липневого паводка 2008 року у верхів'ї річки Прут. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. географ.* 2009. Вип. 37. С. 136-150. URL: <http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/geography/article/view/2391>
5. Дудич В., Гнатяк І. Аналіз впливу кліматичних чинників на розвиток екзогенних процесів у басейні Верхнього Пруту. *Вісник Львівського університету. Сер. географ.* 2012. Вип. 40 (1). С. 214–224. DOI: <https://doi.org/10.30970/vgg.2012.40.2046>
6. Костів Л. Я., Мельник А. В. Динаміка літніх сезонних станів геокомплексів околиць Чорногірського географічного стаціонару. *Фізична географія та геоморфологія*, 2017. Вип. 3(87). С. 67–75.
7. Карабінюк М. М., Гнатяк І. С., Буряник О. О., Гостюк З. В., Карабінюк Я. В. Сучасна динаміка рівнів вод та їх паводкових підйомів у верхів'ї річки Прут у межах ландшафту Чорногора (Українські Карпати). *Фізична географія та геоморфологія*. 2021. Вип. 1-3(105-107). С. 7–17. DOI: <https://doi.org/10.17721/phgg.2021.1-3.01> URL: <https://phgg.knu.ua/archive/44/1>
8. Фондові метеорологічні дані МНС України СЛС Пожижевська, 2010–2020 рр.
9. Фондові метеорологічні дані Чорногірського географічного стаціонару (ЧГС) (Львівського національного університету ім. Івана Франка), 2010–2020 рр.
10. Настанова з оперативного гідрометеорологічного забезпечення та обслуговування галузей національної економіки. Вип. 1. Ч. 1. Метеорологічне забезпечення та обслуговування основні положення. Державна гідрометеорологічна служба. Київ, 2006.
11. Frich P., Alexander L. V., Della-Marta P., Gleason B., Haylock M., Klein Tank A. M. G., Peterson T. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Res.* 2002. Vol. 19. P. 193-212. DOI: <https://doi.org/10.3354/cr019193>
12. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Вип. 3. Ч. 1. Метеорологічні спостереження на станціях. Державна гідрометеорологічна служба. Київ, 2011.
13. Лялько В. І., Апостолов О. А., Слістратова Л. О. Вплив природних та антропогенних факторів на формування небезпечних ситуацій: зсувів, паводків (на прикладі ділянки верхньої течії річки Дністер. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2017. Вип. 15. С. 31–39.
14. Карабінюк М. М., Марканич Я. В. Динамічність кліматичних умов та сучасні тенденції їхніх змін у північно-східному секторі ландшафту Чорногора (Українські Карпати). *Природа Карпат: науковий щорічник Карпатського біосферного заповідника та Інституту екології Карпат НАН України*. 2020. Вип. № 1 (5) С. 58–70. URL: [http://cbr.nature.org.ua/Pr\\_Car/Pryroda\\_Karpat\\_5.pdf](http://cbr.nature.org.ua/Pr_Car/Pryroda_Karpat_5.pdf)
15. Тиханович Є. Є. Біланюк В. І. Умови сходження лавин у масиві Чорногора (Українські Карпати). *Вісник Львівського університету. Сер. географ.* 2016. Вип. 50. С. 359–368. DOI: <https://doi.org/10.30970/vgg.2016.50.8725>

Стаття надійшла до редакції 08.05.2023

Стаття рекомендована до друку 10.06.2023



**L. Ya. KOSTIV**, PhD (Geography),

Associate Professor of the Department of Geoecology and Physical Geography

e-mail: [lyudmyla.kostiv@lnu.edu.ua](mailto:lyudmyla.kostiv@lnu.edu.ua) ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-3080-3958>

*Ivan Franko Lviv National University,*

41 Doroshenko Str, Lviv, 79007, Ukraine

**P. M. SHUBER**, PhD (Geography),

Associate Professor of the Department of Geoecology and Physical Geography

e-mail: [pavlo.shuber@lnu.edu.ua](mailto:pavlo.shuber@lnu.edu.ua) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6327-8788>

*Ivan Franko Lviv National University,*

41 Doroshenko Str, Lviv, 79007, Ukraine

**O. O. BURIANYK**, PhD (Geography),

Associate Professor of the Department of Geoecology and Physical Geography

e-mail: [olesya.buryanyk@lnu.edu.ua](mailto:olesya.buryanyk@lnu.edu.ua) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1596-0461>

*Ivan Franko Lviv National University,*

41 Doroshenko Str, Lviv, 79007, Ukraine

**M. M. KARABINIUK**, PhD (Geography),

Associate Professor of the Department of Physical Geography and Rational Nature Management

e-mail: [mykola.karabiniuk@uzhnu.edu.ua](mailto:mykola.karabiniuk@uzhnu.edu.ua) ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9852-7692>

*Uzhhorod National University,*

14 Universytetska Str., Uzhhorod, 88000, Ukraine

## CLIMATE AS A FACTOR IN THE MODERN RELIEF FORMATION OF THE NORTHEASTERN MACROSLOPE OF CHORNOHORA

**Purpose.** To analyze climatic indicators that cause the formation and development of a wide range of geomorphological processes, including dangerous or catastrophic ones.

**Methods.** Statistical, system analysis.

**Results.** The research was based on the analysis of a number of climatic indicators (amount and intensity of precipitation, air and soil temperature, thickness of snow cover and water reserves in it) of the Pozhyzhevskaya snow avalanche station and the Laboratory of Landscape Monitoring of the Chornohora Geographical Station of the Ivan Franko National University of Lviv, which represent different oroclimatic zones. As a result of the study, the climatic indicators influencing the formation of modern relief processes of the northeastern slope of Chornohora were mainly established, and their heterogeneity in the different natural territorial complexes was characterized. Particular attention is paid to the processes of physical weathering, which are quite widespread and form the material for the further development of erosion and gravity processes. Their development is determined by significant temperature amplitudes and temperature transitions through 0°C. It has been established that at the Chornohora Geographical Station, daily air temperature amplitudes above 10°C are characteristic of 2/3 of the days of the warm period, above 15°C - on a third of the days, above 20°C in some cases, with a maximum value of 25.2°C. The daily amplitudes of temperature on the open soil surface above 20°C were recorded on half of the days of the warm period with repeated exceeding of 30°C. With depth, these indicators in the soil are smoothed out, but are still noticeable at a depth of 20 cm. The transition of the air temperature through 0°C (also one of the factors of defluxation) to the Chornohora Geographical Station was recorded on average on 98 days per year (including 38 in the snowless period). The amount and intensity of precipitation affecting the development of erosion processes, the formation of floods, mudflows, avalanches, and indirectly landslides and landslides.

**Conclusions.** It has been found that the main climatic indicators that cause the formation and development of various geomorphological processes are precipitation, temperature, and snow cover thickness.

**KEY WORDS:** *relief-forming processes, precipitation, temperature, erosion, physical weathering, deflation, floods*

### References

1. Kravchuk, Y.S. (2008). Modern exogenous landforming processes. *Geomorphology of the Polonynsko-Chornohirsk Carpathians*, 98-106. (In Ukrainian)
2. Kovalchuk, I. (2003). Hydrological and geomorphological processes in the Carpathian region of Ukraine. *Proceedings of the Shevchenko Scientific Society*, 12, 101-125. (In Ukrainian)

3. Melnyk A., Grodzynskiy M., Obodovskiy O., Kostiv L., Karabiniuk M., & Prytula R. (2019). Altitudinal differentiation of snow cover in the north-eastern sector of Chornohora massive in Ukrainian Carpathians. *AIP Conference Proceedings*. 2186(1), 120018. <https://doi.org/10.1063/1.5138049>
4. Melnyk A.V., Shuber, P., Shushnjak, V., Kostiv, L. & Berezyak V. (2009). Physical and geographical preconditions, dynamics and consequences of the catastrophic July 2008 flood in the upper Prut River. *Visnyk of Lviv Univ. Geography Series*, 37, 136-150. Retrieved from <http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/geography/article/view/2391> (In Ukrainian)
5. Dudych, V., & Hnatiak, I. (2012). Analysis of the impact of climatic factors on the development of exogenous processes in the Upper Prut basin. *Lviv University Bulletin. Geography Series*. 214-224. <https://doi.org/10.30970/vgg.2012.40.2046> (In Ukrainian)
6. Kostiv, L.Y., & Melnyk, A.V. (2017). Dynamics of summer seasonal states of geocomplexes in the vicinity of the Chornohora geographical station. *Physical Geography and Geomorphology*, 3(87), 67-75. Retrieved from [https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi42Km35on\\_AhWNjYsKHVCABQUQFnoECAsQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.irbis-nbuv.gov.ua%2Fcgi-bin%2Firbis\\_nbuv%2Fcgirbis\\_64.exe%3FID%3DLINK%26P2IDBN%3DUJRN%26Z2ID%3D%26S21REF%3D10%26S21CNR%3D20%26S21STN%3D1%26S21FMT%3DASP\\_meta%26C21COM%3DS%262\\_S21P03%3DFILA%3D%262\\_S21STR%3Dfiz\\_geo\\_2017\\_3\\_10&usg=AOvVaw0H9mm4EOtcpbwksaF7TW7](https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi42Km35on_AhWNjYsKHVCABQUQFnoECAsQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.irbis-nbuv.gov.ua%2Fcgi-bin%2Firbis_nbuv%2Fcgirbis_64.exe%3FID%3DLINK%26P2IDBN%3DUJRN%26Z2ID%3D%26S21REF%3D10%26S21CNR%3D20%26S21STN%3D1%26S21FMT%3DASP_meta%26C21COM%3DS%262_S21P03%3DFILA%3D%262_S21STR%3Dfiz_geo_2017_3_10&usg=AOvVaw0H9mm4EOtcpbwksaF7TW7) (In Ukrainian)
7. Karabiniuk, M. M., Hnatiak, I. S., Burianyk, O. O., Gostiuk, Z. V., & Karabiniuk, Ya. V. Modern dynamics of water levels and their flood rises in the upper reaches of the Prut River within the Chornohora Landscape (Ukrainian Carpathian). *Phys. Geog. Geom.* 2021, 44(1): 7–17 <https://doi.org/10.17721/phgg.2021.1-3.01> (In Ukrainian)
8. Stock meteorological data of the Ministry of Emergencies of Ukraine, Pozhyzhevska station, 2010-2020. (In Ukrainian)
9. Stock meteorological data of the Chornohora Geographical Station (ChGS) (Ivan Franko National University of Lviv), 2010-2020. (In Ukrainian)
10. Guidelines for operational hydrometeorological support and service of national economy sectors. (2006). Issue 1. Part 1. Meteorological support and service basic provisions. State Hydrometeorological Service of Ukraine. Kyiv, 2006. (In Ukrainian)
11. Frich, P., Alexander, L. V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A. M. G., & Peterson, T. (2002). Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Res*, 19, 193-212. <https://doi.org/10.3354/cr019193>
12. Guidelines for hydrometeorological stations and posts. (2011). Issue 3. Ч. 1. Meteorological observations at stations. State Hydrometeorological Service of Ukraine. Kyiv, (In Ukrainian)
13. Lya'ko, V.I., Apostolov, A.A., Yelistratova, L.A. (2017). Influence of natural and anthropogenic factors on the formation of hazardous situations: landslides, floods (on the example of the upper reaches of the Dniester River). *Ukrainian Journal of Remote Sensing of the Earth*, 15, 31-39. (In Ukrainian)
14. Karabinyuk, M.M., & Markanych, Y.V. (2020). Dynamics of climatic conditions and current trends of their changes in the northeastern sector of the Chornohora landscape (Ukrainian Carpathians). *Nature of the Carpathians: Scientific Yearbook of the Carpathian Biosphere Reserve and the Institute of Ecology of the Carpathians of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 1 (5), 58-70. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/347685712\\_Dinamicnist\\_klimaticnih\\_umov\\_ta\\_sucasni\\_tendencii\\_ihnih\\_zmin\\_u\\_pivnicno-shidnomu\\_sektori\\_landsaftu\\_Cornogora\\_Ukrainski\\_Karpati](https://www.researchgate.net/publication/347685712_Dinamicnist_klimaticnih_umov_ta_sucasni_tendencii_ihnih_zmin_u_pivnicno-shidnomu_sektori_landsaftu_Cornogora_Ukrainski_Karpati) (In Ukrainian)
15. Tikhanovych, E.E., & Bilaniuk, V.I. (2016). Avalanche conditions in the Chornohora massif (Ukrainian Carpathians). *Bulletin of Lviv University. Ser. Geographer*, 50, 59-368. <https://doi.org/10.30970/vgg.2016.50.8725> (In Ukrainian)

The article was received by the editors 08.05.2023

The article is recommended for printing 10.06.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-03>

UDC 630.114: 631.452

**S. P. RASPOPINA**, DSc (Agriculture), Senior Researcher  
Head of the Department of Forestry, Land Reclamation and Horticulture  
e-mail: [s\\_raspopina@ukr.net](mailto:s_raspopina@ukr.net) ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>  
*State Biotechnological University,*  
Dokuchaevske - 2, Kharkiv region, 62483, Ukraine

## METHODOLOGY FOR DETERMINING THE SUITABILITY OF SOILS FOR AFFORESTATION IN PLAIN PART OF UKRAINE

**Purpose.** To develop a methodology for assessing forest suitability for certain varieties of unproductive soils.

**Methods.** There are used the classical methods of soil science, agrochemistry, forest science, forest management, typology and mathematical statistics.

**Results.** The principles of forest typology are the basis for determining the suitability of soils for forestation. Its essence lies in a comprehensive study of soil properties (soil morphometry, chemical composition) and forestry characteristics of forest stands, as well as an analysis of the grass-shrub layer by ecomorphs. The results of studies of the combined study of the productivity of forest stands and the properties of the main varieties of unproductive soils (sandy, eroded and skeletal) in different natural zones of the plain part of Ukraine are presented. Determination of the suitability of soils for forestation was assessed according to three categories: 1) unsuitable for forestation and conditionally suitable for forestation (very dry, very poor, toxic, with a limited rhizosphere zone, inaccessible or hardly accessible for cultivation); 2) limited suitability for forestation (dry and poor soils); 3) suitable for forestation. Packages of markers have been developed, on the basis of which it is possible to assess both their forest suitability and determine the type of forest growth conditions of non-forest lands. When compiling markers, preference was given to such soil indicators, which, along with informativeness in relation to soil quality, did not require complex methods of determination. The composition of markers includes morphological, physical, agrochemical parameters and depends on the type of soil.

**Conclusions.** The developed packages of markers are the basis for the scientifically based creation of forests on unproductive lands, on which forest vegetation did not grow before. Their use in afforestation increases its efficiency and makes forests more resistant to adverse environmental factors. The Methodology is intended for forestry specialists, it can be used at enterprises, institutions of the forest sector, forest design organizations, as well as in related industries concerned with the protection and rational use of natural resources. The methodological developments can be included in the curricula of secondary and higher forestry-oriented education institutions.

**KEY WORDS:** *unproductive soils, forest growth potential, afforestation*

**Як цитувати:** Raspopina S. P. Methodology for determining the suitability of soils for afforestation in plain part of Ukraine. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології.* 2023. Вип. 39. С. 27-38. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-03>

**In cites:** Raspopina S. P. (2023). Methodology for determining the suitability of soils for afforestation in plain part of Ukraine. *Man and Environment. Issues of Neoeology*, (39), 27-38. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-03>

### *Introduction*

The forest cover percent of the territory of Ukraine is currently lower than it is necessary to achieve a landscape-ecological balance, meet the needs of the economy and the functioning of developed forestry, agriculture and industry. The science-based level of optimal forest cover

percent for Ukraine is 20%, and, in order to realize this, it is necessary to additionally afforest about 2 million hectares of land [1] The implementation of optimal forest cover in Ukraine is one of the priority tasks fixed in a number of laws, decrees and resolutions of various branches

---

© Raspopina S. P., 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/)

of executive power, in particular, the State Forest Management Strategy of Ukraine up to 2035 [1]. In order to increase the forest cover, it is planned to create protective forest plantations, field shelterbelts by forestation of new lands, primarily low-productive, degraded and contaminated lands, which are removed from the categories of agricultural lands and transferred to the forest fund.

Considering the low level of productivity and the non-forest nature of these lands, forestation should be preceded by work on determining the level of their forest growth potential and general forestation suitability, and, therefore, by forest typological assessment.

The assessment of the forest soil productivity has its own specifics and differs from the assessment of agrocenosis [2 – 4]. This is primarily due to the fact, that the forest is a complex multicomponent and multifunctional ecosystem with a practically closed circulation of substances, functioning for a hundred years or more. Therefore, mobile forms of nutrients are used to assess the fertility of agricultural land on which the crops is forming during one growing season, while the total forms of nutrients are often used to assess the productivity of forest soils [2 – 4]. In addition, the productivity of forest stands depends not only on the presence of nutrients in the

soil, but also largely determined by the granulometric composition of the soil.

The author's own experience and analysis of numerous literary materials showed that among the soil properties, one of the leading markers of soil suitability for forestation is the particle size distribution of the soil, which determines its composition, porosity, water permeability and moisture capacity, nutrient status, regimes of soil processes, the volume of the rhizosphere zone, etc [2 – 10]. Also very important, and in some cases decisive (soils on dense rocks), is the thickness of the rhizosphere and humus part of the soil profile [3, 4]. It should be noted that the values of the particle size distribution and other indicators of forest productivity of soils can by no means be considered in isolation from other factors (soils buried by sands, sandy-loamy interlayers in the profile of sandy soils, the presence of perched water-table, topography, etc.).

Forestation based on theoretical developments that take into account the potential of land as much as possible acquires a science-based level, which ensures high survival and viability of forest crops and maximum adaptation of created forests to environmental factors.

### *Methods*

The studies were carried out by synthesizing two methodological approaches - forest typological, as the leading method in Ukraine for assessing the quality of forest lands, and direct study of soils (field and analytical). The forest typological approach is based on the phytoidication method, i.e., the forest fertility of the soil is assessed by the composition and productivity of forest vegetation (primarily the forest stand) growing on this soil. On certain types of unproductive forest soils, trial plots were laid, on which the productivity of forest stands (height, quality class) and the main soil indicators that form its fertility were studied. There were at least 30 trees on the sample plot. A total of 170 sample plots were established. On the each sample plot, the soil profiles were laid and described (the depth depended on the type of soil and varied from 0.5 m to 2 m) and the samples were taken for the chemical analysis.

Further under laboratory conditions the following soil indicators were determined according to generally accepted methods: granulometric composition (pipette method in modification of N.A. Kachinskiy); humus content (method of Tjurin in Kononova and Belchikova's updating); content of total forms K (in concentrated sulfate extract, Ginzburg's method).

At the final stage, a correlation analysis of the dependence between the values of soil indicators and the height of the forest stand were carried out. Thus, those soil characteristics that have the greatest influence on the height of the stand were determined. The studies covered all natural zones of Ukraine and the most common varieties of low-productive soils: sod-podzolic soils on fluvio-glacial (glacial) sands, soddy podzolized soils on ancient alluvial sands, southern calcareous short-profile chernozems, technozems on eluvium of dense limestones after shell rock mining.

### *Results and Discussion*

Degraded and low-productive lands are now being transferred to forestry enterprises for forestation. Degraded land includes: a) land plots

whose surface is disturbed as a result of earthquakes, landslides, karst formation, floods, mining, etc.; b) land plots whose soils are eroded,

waterlogged, with high acidity or salinity, soils contaminated with chemicals, and others, while to low-productive ones belong - agricultural lands, the soils of which are characterized by negative natural properties, low fertility, and their intended commercial use is economically ineffective (Article 171 of the Land Code of Ukraine).

The most common degraded and low-productive lands are now being transferred to for afforestation are: sandy, eroded, saline, stony, hydromorphic lands. This article presents the results of the assessment of the forest growth potential and general suitability of sandy, short-profiled and eroded soils for forestation.

Sandy soils are common in all natural zones of Ukraine. Despite the different conditions of their formation and different origins, the forest growth potential of these soils has more similarities than differences. The soils of sandy massifs can be combined into the following groups [7]:

I. Soddy podzolized clayey-sandy and sandy-loamy soils which were not subjected to eolian redeposition, on sands of different genesis (ancient alluvial, fluvioglacial). They combine a large group of soils formed under well-illuminated forests with a developed grass cover. These soils are characterized by: uneven-grained particle-size distribution, shallow bedding of loamy interlayers (pseudofibers), which serve as drainage for perched water table, and a sufficiently developed profile. They are distributed in all natural zones of Ukraine.

II. The type of sod-podzolic soils on fluvioglacial, moraine and ancient alluvial sands of Polissia. The thickness of the humic layer ranges from 8 to 15 cm. According to the degree of manifestation of the podzolic process, the following is distinguished:

1) Sod low-podzolic (concealed podzolic) soils. The podzol content is expressed in the form of grey and whitish spots, sometimes merging into a strip not exceeding 1-2 cm between the humus and illuvial brownish horizons. They are typical of less moistened areas - wide hilltops, gentle slopes and elevated flat or gently rolling areas.

2) Sod medium-podzolic soils. They are formed on sands and sandy loam of uneven-grained particle-size distribution with the presence of clayed interlayers. The podzol content is expressed in the form of a grey-whitish strip 2-5

cm wide between the humic layer and illuvial horizon. They are found in the lower parts of the slopes and on flat, gently rolling sands with a deep level of groundwater.

III. The type of soddy soils on the sands of the Steppe zone. This type includes soils formed according to the steppe type of soil formation on sands with a deep level of groundwater. The degree of their clay content and profile development can differ significantly: from pure quartz modern eolian underdeveloped sands (non-humified and low-humified - all non-overgrown and slightly overgrown sands), in which the humic layer is absent (pale yellow-colored, fine- or medium-grained sands occur from the surface), or it is at the initial stage of formation (sand with some signs of humus formation is underlain with a deep layer of alluvial pale-yellow sands) up to chernozem-like clayey-sandy and sandy loam on ancient alluvial (multiphase) of sands, colored darkish-grey or grey pale-yellow.

IV. Saline sandy soils. They are found mainly in the Steppe, primarily on the sands of the coasts of the Black sea and the sea of Azov, on their islands and spits, as well as on the ancient river sands adjacent to them, and in the Forest-Steppe - on the left tributaries of the middle course of the Dnipro river. They are found in low areas and small depressions where the capillary layer of groundwater is located near the surface for most of the year.

The largest by area (> 200 thousand hectares) massifs of sand deposits (quartz sands) in Ukraine are the Lower Dnipro (Oleshkiv) sands, located in its southern part and confined to the ancient Dnipro riverbed. The vast areas of the lower Dnipro region represent group III of sandy soils. These soils were subjected to intense deflation, as a result of which their properties differ from sandy soils of northerly regions (Polissia, Forest-Steppe). The suitability of the lower Dnieper region sands for forestation was studied in detail, systematized [6].

When determining the forest growth potential and the suitability of saline sandy lands for forestation, these lands make up group IV of sandy soils, as well as for determination of other saline lands, it is necessary to be guided by the "Methodological instructions for the soil and forest typology survey of saline lands" [8].

The main edicator of sandy sites is common pine. The most productive pine forests are formed in the Polissya zone, that is, in the conditions of their natural distribution area, on soddy

low- or medium-podzolic soils on sandy and sandy-loam deposits. The dominant types of growth sites are fresh fairly infertile pine site types (B<sub>2</sub>), moist fairly infertile pine site types (B<sub>3</sub>), and fresh infertile pine site types (A<sub>2</sub>).

In the Forest-Steppe and the Northern Steppe, sandy growth sites are confined to the second above-floodplain (pine forest) river terraces covered with a thick layer of ancient alluvial well-washed sands, on which soddy podzolized (pine forest) clayey-sandy soils are formed. Pine forests of the Forest-Steppe zone are almost everywhere of artificial origin and are represented by B<sub>2</sub> conditions, and some areas (insignificant in size) of gently rolling pine-forest terraces are A<sub>2</sub> conditions. Even less common are dry fairly infertile pine site type (B<sub>1</sub>), they occupy the tops of sandy hills of pine forest terraces, as well as fresh fairly fertile site types (C<sub>2</sub>), which are confined to sandy loam massifs or clayey sands with pseudofibers or buried soils.

The Steppe zone is characterized by a significant complexity of the types of growth conditions, consisting of zonal upland and intrazonal types (floodplains, bottoms of ravines, sandy terrace) and a number of disturbed growth sites. The system of the left-bank terraces of the Northern

Steppe is composed of low-humus and non-humus sands, which are the main background for the creation of pine forests. In this zone, dry infertile pine site type (A<sub>1</sub>) and dry fairly infertile pine site type (B<sub>1</sub>) are mainly formed. However, the gradient of soil moisture content, depending on the topography of the site, can vary from very dry to dry, fresh and moist. Forestation is primarily limited by severe shortage of soil moisture.

Thus, the vast majority of sandy growth areas of Polissya, the Forest-Steppe and the Northern Steppe zones (sandy soil groups I-II) are quite suitable for forestation. The cultivation of forest plantations in the Southern Steppe zone, which is primarily limited by a severe moisture deficit, requires a differentiated approach.

To assess the forest growth potential of soils of non-saline sandy sites, it is sufficient to determine their most informative indicators: particle-size distribution; thickness of the humus horizon and the content of the total K<sub>2</sub>O form (Table 1). The Table presents the parameters of indicators that can be used to assess the forest growth potential of sandy lands in a number of

Table 1

Diagnostic indicators <sup>1)</sup> to determine the level of nutrient status of sandy lands of Ukraine (Polissia, Forest-Steppe, Northern Steppe)

Tropho- tope (nutrient status)	Parameters of soil diagnostic indicators for determining nutrient status of Ukraine's lands						
	Physical clay (silt- and- clay),%	The thickness of humus part <sup>2)</sup> of the profile, cm			K <sub>2</sub> O, % <sup>3)</sup>		
		Polissya	Forest- Steppe, Northern Steppe	average	Polissya	Forest- Steppe, Northern Steppe	average
A	<5	<15	<15	<15	≤0.03	0.03–0.04	≤0.03
AB	≈5	10–15	10–15	10–15			
B	5–7	15–20	15–30	15–30	0.03–0.05	0.04–0.08	0.03–0.06
BC	≈7	20–25	25–30	25–30			
C	7–12	25–30	30–50	30–50	0.05–0.06	0.08–0.15	0.06–0.15

Note:

1) – the reliability level of values is 95%.

2) – the thickness of the humus part of the profile includes horizons – He+Hp (PH).

3) – the K<sub>2</sub>O content is determined in the sulfuric acid extract.

site types: infertile pine site type (A) – fairly infertile pine site type (B) - fairly fertile hardwood site type (C), as well as their transitional variants.

It should be noted that while the content of physical clay and total potassium requires analytical methods for determining, the thickness of the humus part of the profile is determined

already at the first stage of soil studies. The simplicity and speed of determination makes this parameter a particularly valuable indicator of the forest growth potential of sandy soils. In general, soil humus content is an integral indicator of many factors closely related to natural-climatic, geomorphological, orographic condi-

tions, therefore the value of this indicator differs quite significantly in the zonal aspect, increasing from Polissia to the Forest-Steppe and the Northern Steppe. Taking into account the high indicator significance of the thickness of the humus part of the profile in determining the forest-growth potential of sandy soils, its parameters were differentiated by natural zones (Table 2). Thus, using the data presented in Table 2 already during field survey of non-forest sandy lands set aside for forestation, it is possible to assess them by forest typology and determine forest productivity at the regional level.

Based on the results of the author's own numerous factual materials, the author developed a

forestry classification of sandy soils of Ukraine according to indicators of their forest growth potential (for the conditions of Polissya, the Forest-Steppe of the Northern Steppe) (Table 3).

The presented classification does not apply to the vast areas of the Lower Dnipro sands, the forest-growth properties of which are quite specific and differ from most sandy lands of Ukraine. The developed soil indicators, which make up the forestry classification, can be used for the quantitative description of the pine series of growth sites (within trophotopes A, B, C) of the Alekseev-Pogrebniak edaphic grid.

In the steppe regions of Ukraine, soils with a shortened profile (short-profiled soils) on dense

**Table 2**  
**Parameters of the humus part depth of the profile for forest typological assessment of sandy growth sites according to natural zones of Ukraine**

Trophotope (nutrient status)	The humus profile depth*, cm	
	Polissya	Forest-Steppe, Northern Steppe
A <i>AB</i>	<10 (15) <i>10-15</i>	<15 <i>15-20</i>
B <i>BC</i>	15-25 <i>20-25</i>	15-40 <i>35-40</i>
C	25-35	40-90

Note: \*the depth of the humus part of the profile includes horizons – He+Hp (PH).

**Table 3**  
**Forestry classification of sandy soils of Ukraine (for conditions of Polissia, the Forest-Steppe, the Northern Steppe)**

Trophotope (nutrient status)	Physical clay content, %	The humus profile depth <sup>1)</sup> , cm	K <sub>2</sub> O, % <sup>2)</sup>
A	<5	<15	<0.03
B	5-7	15-35	0.03-0.06
C	7-12	>35	0.06-0.15

Note:

<sup>1)</sup> - the depth of the humus part of the profile includes horizons – He+Hp (PH).

<sup>2)</sup> - the K<sub>2</sub>O content was determined in the sulfuric acid extract (Ginzburg's method).

limestones are set aside for afforestation. Their main natural variants are southern calcareous chernozems on dense limestones and sod-calcareous soils on dense limestones, and disturbed ones – reclaimed soils after the extraction of shell limestone. These soils have a tendency to limestone outcrops and are common in the Donbass, Mykolaiv, and Odesa regions, and in the Crimea. Their main characteristics are as follows: high carbonate

content and carbonate effervescence from the surface, the particle-size distribution is mainly medium- and heavy clay loam, the depth of the soil profile varies from 15 (or less) to 65 (85) cm.

The soils designated for forestation are characterized by a very small depth of the soil profile, which in the vast majority does not exceed 25 cm. Short-profiled soils are characterized by a low level of potential fertility due to the shortened rhi-

zosphere zone and significant dryness. The level of their moisture content during the growing season remains consistently low and corresponds to a dry and very dry gradient. The dryness of the growth sites is caused not only by the climatic conditions of the Steppe zone (high radiation balance, small amounts of precipitation with significant evaporation), but also by the occurrence of dense carbonate rocks close to the earth's surface.

The main diagnostic indicator for determining the level of forestation suitability of soils with a shortened profile on dense carbonate rocks (Pontic limestone), in particular, ordinary calcareous chernozems, southern calcareous chernozems, sod-calcareous soils, reclaimed soils, outcrops of limestone eluvium to the soil surface, is the depth of dense rock. Methods of phytoindication (by grass cover) in this case are of secondary importance, since they only indicate the nutrient status and moisture content of the topsoil (5-25 cm), which is absolutely insufficient for the formation of woody vegetation.

Dry growth sites of the Steppe zone of Ukraine on dense limestone deposits with a soil profile depth of up to 30 cm, which are not threatened by erosion processes, should be classified as "unsuitable for forestation" ( $\alpha$ ). It should be noted that the unsuitability of sites for forestation refers to the inefficiency and inexpediency (in the absence of an erosion threat) of their forestation, both by tree and shrub species, without applying special agrotechnical techniques, in particular, deep plowing. Land plots on which dense carbonate rock is deposited at a depth of 30 to 45 (50) cm are limited suitable for forests (within dry fairly fertile ultracalciphilic site types ( $C_1$ )). The limitation of forestation suitability is primarily caused by their considerable dryness). They require the use of special techniques aimed at preserving and retaining moisture, special preparation of planting material and soil for planting forest crops, as well as careful selection of tree and shrub species adapted to the alkalinity of the soil solution, long-term dry conditions, and exposure to high daily air temperatures.

In general, the soil depth of < 30 cm (the beginning of dense rock occurrence from the surface) is the limit to forestation suitability for short-profiled soils on dense both carbonate and non-carbonate rocks. Such soils without their reclamation (deep plowing with the destruction of dense rock, filling soil layer, etc.) are unsuitable for forestation. The depth of the soil over 30 cm can be

considered as the beginning of an increase in the level of its forestation suitability.

Soil erosion is the process of capturing soil particles and their removal by water or wind, the result of which is the destruction of the upper, most fertile soil layers. The actual erosion level of lands in Ukraine is 57%, of which 32% of the areas are subject to wind erosion, 22% – to water erosion, and 3.4% – to a combined effect of both types of erosion [11]. The largest areas of eroded soils are concentrated in Luhansk, Odesa, Donetsk, Mykolaiv, and Dnipro regions, that is, in the Steppe zone, where erosion covers 37.2% of the total land area. In the Forest-Steppe, 23.4% of the territory has been damaged by erosion (mostly in Kharkiv, Vinnytsia, Khmelnytskyi, Ternopil and Cherkasy regions). The eroded lands of Polissia are mostly distributed in the forest patch areas of Ivano-Frankivsk, the Transcarpathian, and Rivne regions and occupy 7.2% of its territory.

Forest reclamation is one of the most effective measures to combat soil erosion. However, its effectiveness will largely depend on the quality of forest typological assessment of the eroded areas. The degree of soil erosion must be assessed exclusively on a zonal-regional and typological basis, that is, within a specific physical-geographical and forest-typological area. The forest-growth potential of eroded lands depends not only on the degree of erosion of the surface soils, but also on the nature of the parent rocks on which they are formed.

Forest typological assessment of eroded soils assumes that all types of eroded soils (except halogenic ones) are included in a certain type of forest growth conditions (trophotope or edatope) when assessing the level of their forestation suitability. With this model, the forestry classification of eroded soils clearly reflects a gradual decline in their forest productivity as the degree of erosion increases. Very heterogeneous forest growth conditions are formed in eroded areas, which significantly complicates their forest growth assessment. Forest growth conditions are best in the upper part of ravines, then they gradually deteriorate towards the mouth and especially on the slopes of southern exposures.

Schemes for forest typological assessment of eroded growth sites differentiated by soil types and characteristics of soil-forming rocks are presented below: on loamy-clay parent rocks (Table 4); on sandy rocks (Table 5), on dense carbonate, and on non-carbonate rocks (Table 6).



Table 4

## Nutrient status of eroded soils on heavy (loamy, clayey) rocks based on their zonal-morphological diagnostics

Soils	Natural zone, Forest typological region	DE <sup>1)</sup>	Truncatable horizon		Horizon emerging on the earth's surface		Nutrient status
			Sb <sup>2)</sup>	level of truncating	Sb	morphological features	
Chernosems (typical, podzolized, leached, ordinary, southern) on loess rocks; dark-chestnut non-saline on loess rocks	Forest Steppe, Steppe 2 d, 1e	0	untruncated		H	black, dark-grey, cloddy	D
		I	H	<1/2	H	black, dark-grey, rill erosion on the surface	D
		II	H	>1/2	H (HP)	grey with brownish tint	D
		III	HP	partially	Ph	brown, cloddy, prone to crust formation, carbonate effervescence	D-C
		IV	HP, Pk	HP- completely	Pk	brown, cloddy, carbonate effervescence	C
Dark-grey on loess rocks	Forest Steppe 2 d	0	untruncated		He	grey, cloddy	D
		I	He	<1/2	He	grey, cloddy	D
		II	He	>1/2	HI	brownish-grey, rill erosion on the surface, bean-shaped structure	D
		III	HI	partially or completely	I	brown, prismatic- cloddy, viscous, very dense, crusting is possible	C
		IV	I	completely	Pik, P	yellowish-brown, prism-shaped, dense, carbonate effervescence	C (D-C)
Grey on loess rocks (blanket loams)	Forest-steppe, Southern Polissia 2 d, 3d	0	untruncated		HE	dark grey, possible brownish tint	D
		I	HE	<1/2	HE	grey with brownish tint	D
		II	HE	>1/2 or completely	Ih	brownish-grey, prism-shaped, dense, prone to crust formation	C
		III	Ih	partially or completely	PI	brown, prism-shaped, cloddy, dense, viscous, crusting is possible	C
		IV	PI, Pk	PI- completely	Pk	yellowish-brown, prism-shaped, somewhat dense, carbonate effervescence	C
Light-grey on loess rocks (blanket loams)	Western Forest-Steppe, Southern Polissia 2 d, 3d	0	untruncated		HE	light-grey, cloddy	D (D-C)
		I	HE, E	<1/2	E	light-grey, rill erosion on the surface	D-C
		II	E	>1/2 or completely	Ih	brownish-grey, bean-shaped platy structure, dense, prone to crust formation	C
		III	Ih, I	partially or completely	PI, I	brown, prism-shaped, cloddy, dense, viscous, crusting is possible	C (C-B)
		IV	PI, Pk	PI- completely	Pk	yellowish-brown, prism-shaped, somewhat dense, carbonate effervescence	C

Note: DE<sup>1)</sup> – Degree of erosionSb<sup>2)</sup> – Soil genetic horizon symbol

Table 5

## Nutrient status of eroded soils on sandy rocks based on their zonal and morphological diagnostics

Soils	Natural zone, Forest typological region	DE <sup>1)</sup>	Truncatable horizon		Horizon emerging on the earth's surface		Nutrient status (content of physical clay, % depth of H horizon, cm)		
			Sb <sup>2)</sup>	level of truncating	Sb	morphological features	A (<5; 5-15)	B (5-7; 15-35)	C (7-20; 35-70)
Sod low-podzolic, Sod medium-podzolic on fluvioglacial sands	Polissya 3d	0	untruncated		HE	light-grey, fragile, cloddy	A	B	C
		I	HE, E	<1/2	E	light-grey, rill erosion on the surface	A	B	C
		II	E	>1/2 or completely	I	whitish, fragile, bean-shaped platy structure	A	B (B-A)	C (C-B)
		III	I	partially or completely	PI, I	yellowish-brown, fragile, prism-shaped	A	A-B (A)	B (B-A)
		IV	PI, P	PI- completely	P	yellowish, steel-blue	A	A	A-B
Soddy podzolized (soddy infertile pine site type) on ancient alluvial sands	Forest-Steppe, Steppe, Polissia 2 d, 1e, 3d	0	untruncated		He	light-grey, cloddy	A	B	C
		I	He	<1/2	He	grey, rill erosion on the surface	A	B	C
		II	He	>1/2 or completely	HP, Ph	brownish-grey	A	B (B-A)	C (C-B)
		III	HP, (Ph)	partially or completely	HP, Ph	yellowish-brown	A	A-B (A)	B (B-A)
		IV	Ph	completely	P	yellow, steel-blue	A	A	A-B

Note: DE<sup>1)</sup> – Degree of erosion

Sb<sup>2)</sup> – Soil genetic horizon symbol

The main and often the only indicator of the degree of soil erosion on loose parent rocks of heavy (loamy-clay) composition is the depth of genetic horizons, primarily humic layer, as well as other available parts of the soil. To determine the level of forest growth potential of eroded soils, the depth of horizons of the eroded soil is compared with a reference, that is, with the same, but undamaged with erosion, soil unit. The reference soils are typically modal upland soils.

To provide a forest typological assessment of eroded soils formed on loamy / clayey parent rocks, it is necessary to determine: typical soil affiliation; the degree of destruction of genetic horizons relative to the modal soil (determined by the morphological features of the horizons emerging

on the earth's surface). In this way, the trophotope of eroded growth sites is determined, and their hicrotope is determined by being confined to a certain forest typological area [12] (Table 4).

For forest typological assessment of eroded soils formed on light (sandy, sandy loam) parent rocks, it is necessary to determine: the degree of destruction of genetic horizons relative to the modal soil (determined by the morphological features of the horizons emerging on the earth's surface); physical clay content (Table 5). Thus, each individual type of eroded soil, depending on the degree of their disturbance, is given a forestry assessment or they are defined as unsuitable for forestation. The trophotopes or edatopes shown in the diagrams within natural zones and forest ty-

Table 6

## Forest typological diagnostics of eroded lithogenic soils

Soils	Natural zone, Forest typological region	Beginning of dense rock occurrence, cm	Type of forest growth conditions
Southern carbonate chernozem underdeveloped on dense limestones and limestone eluvium; soddy-carbonate on dense limestones and eluvium of limestone; Reclaimed land after limestone mining; eluvium of limestone	Southern Steppe Oe, Of	<30	unsuitable for forestation *( $\alpha$ )
Short-profiled southern carbonate chernozem on dense limestones		30-60	C <sub>0</sub> , C <sub>1</sub>
Southern carbonate thin (thick) chernozem on dense limestones		>60	D <sub>0</sub> , D <sub>1</sub>
Ordinary underdeveloped chernozem on chalky-marl rocks; sod primitive on chalk-marl rocks; eluvium of chalk	Northern Steppe 1e	<20	A <sub>0-1</sub> (slope <12°) A <sub>0-1, <math>\alpha</math></sub> (slope >12°)
Ordinary short-profiled chernozem on chalk-marl rocks		20-40	B <sub>0-1</sub> – on chalk C <sub>0-1</sub> – on marl
Ordinary thin chernozem on chalk-marl rocks		>40	C <sub>0-1</sub>
Soddy-skeletal short-profiled on dense non-carbonate carbonic rocks or on eluvium of non-carbonate rocks		<20	unsuitable for forestation *( $\alpha$ )
Soddy-skeletal short-profiled on dense non-carbonate carboniferous rocks or on eluvium of non-carbonate rocks		20-40	AB <sub>0-1</sub>
Ordinary thin (thick) chernozem on dense non-carbonate carboniferous rocks or on eluvium of non-carbonate rocks		40-100	CD <sub>1(2)</sub>
Ordinary thick short-profiled chernozem on dense non-carbonate carboniferous rocks or on eluvium of non-carbonate rocks		>100	D <sub>1-2</sub>
Soddy-primitive (raw) on massive-crystalline rocks and on eluvium of massive-crystalline rocks	Polissya 3d	<10	Unsuitable for forestation *( $\alpha$ )
Soddy-skeletal underdeveloped on massive-crystalline rocks		10-30	A <sub>1</sub> (AB <sub>1-2</sub> )
Soddy-skeletal short-profiled on massive-crystalline rocks or on eluvium of massive-crystalline rocks		30-60	B <sub>1-2</sub>
Soddy-skeletal podzolized on massive-crystalline rocks or on eluvium of massive-crystalline rocks		>60	C <sub>2-3</sub>

Note. \* - in this case, "unsuitability" means the impossibility of creating forest plantations by conventional methods without significant capital investments in the preparation of the forestry area for planting (fill soil, destruction of dense rock, drip irrigation systems).

ological regions usually represent their predominant types, however, it should be noted that due to the significant complexity of eroded growth sites, they can be represented by other, although similar in terms of productivity, types.

Soils formed on dense rocks, as a rule, are characterized by an underdeveloped soil profile, therefore in practice it is quite difficult to determine the degree of their erosion. This is due to the fact that the shortened depth of the humus horizon can be considered, on the one hand, as

a result of erosion effect, on the other hand – as a consequence of the natural course of soil formation, as well as a combined effect of both factors. At the same time, it should be noted that the underdevelopment of the soil profile, regardless of its nature (erosive influence or the degree of soil development under the influence of the soil-forming process), is, in most cases, the main factor limiting the land forestation. Thus, for practical purposes, in the silvicultural development of lithogenic soils of eroded

growth sites, one can completely ignore the cause of the underdevelopment of the soil profile, that is, not differentiate them by the degree of eroded. Note that for steep slopes, a very important indicator, which will determine the degree of their forest-cultural development, is the steepness of the slope [4].

Thus, to assess the degree of forestation suitability of eroded soils on dense rocks, it is

necessary to determine: depth of the dense rock and genesis of the parent rock (Table 6).

The genesis of the parent rock (igneous, sandstone, shale, chalk-marl, limestone, etc.) determines the differentiation of growth sites into acidophilic and calciphilic variants, according to which agricultural techniques of creation and types of forest crops are determined.

### *Conclusions*

The use of the methodology generally accepted in the forestry of Ukraine methodology for assessing the quality of forest soils by the phytoindication method (according to the composition and productivity of the forest stands) is not suitable for soils where there is no and never was forest vegetation. For this purpose, a comprehensive study of soil properties and forestry characteristics of forest stands was carried out, which made it possible to develop a methodology for assessing the forest suitability of non-forest unproductive (sandy, eroded and skeletal) soils of the plain part of Ukraine. It has been determined that the afforestation of unproductive lands should be preceded by an objective and qualitative assessment of the type of their forest growth conditions according to the following soil indicators: moisture content (the association with the forest typological area and the level of groundwater occurrence is determined); salinity with readily soluble salts; the depth of humus and total soil profile; nutrient status; chemical and mineralogical composition of the parent rocks with mandatory consideration: specifics, duration and intensity of previous use; the presence or potential threat of erosion processes. The effectiveness and overall expediency of creating forest plantations will largely depend on these factors. The chosen methodological approach made it possible to determine

the indicators of the forest-growing potential of soils, as well as quantitatively characterize various types of habitats (infertile pine site type – Bir (A), fairly infertile pine site type – Subir (B), fairly fertile hardwood site type – Sugrud (C), fertile hardwood site type – Grud (D)).

Afforestation of low-productive lands of the Steppe zone requires a special, differentiated approach, which is dictated not only by the climatic conditions critical for the development of forest plantations, but also by the significant variety of its soil mantles. It should be noted that the creation of forest plantations on low-productive lands and barren lands requires strict compliance with technological processes at all stages of the creation of forest plantations, including protection from diseases and pests, as well as taking into account their future purpose. When creating of commercial forests, the main role is assigned to the economically valuable native species, while when creating protective forests, it is necessary, to select species that fully ensure the performance of various protective functions by future forests (soil protection, water and climate regulation, field protection, reclamation, etc.), and at the same time show resistance to certain negative environmental conditions.

### *Conflict of interest*

The author declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this manuscript. In addition, the author fully complied with ethical standards, including plagiarism, data falsification, and double publication.

### *References*

1. State strategy of forest management of Ukraine up to 2035. (2021). Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1777-r dated December 29, 2021. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-2021-%D1%80#Text>

2. Hansson, K., Laclau, J.-P., Saint-André, L., Mareschal, L., Heijden, G., Nys, C. ... Legout, A. (2020). Chemical fertility of forest ecosystems. Part 1: Common soil chemical analyses were poor predictors of stand productivity across a wide range of acidic forest soils. *Forest Ecology and Management*, 461. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117843>
3. Raspopina, S. P. (2017). *Scientific basis of assessment of forest growth potential and forestation suitability of soils of the flat part of Ukraine*. Extended abstract of D.Sc. thesis. 42. (In Ukrainian).
4. Teleshek, Yu. K.; Zambleyi, V. V.; Orlov, A.N., & Olkhovskiy, A.F. (1982). *Methodological guidelines on the technology of creating forest-reclamation plantations on steep rocky banks of the hydrographic network in the flat areas of the Ukrainian SSR*. 31. (In Ukrainian).
5. Chornyi S.G., & Vilna (Poliashenko) N.V. (2019). Updating of "The Index Productivity of Peirce» and its application for an estimation of chernozem soils quality in the Right-bank Steppe of Ukraine. (88), 31-39. <https://doi.org/10.31073/acss88-04> (In Ukrainian).
6. Gladkyi, O.S. (1960). Soil and forest-growth conditions of the Lower Dnieper (Oleshkiv) sands. *Scientific works of UkrNDILGA*. 20, 68-79. (In Ukrainian).
7. Raspopina, S., Degtyarjov, V., & Chekar, O. (2021). *Comparative Evaluation of the Sandy Soils of Pine Forests in Ukraine: Soils Under Stress*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-68394-8\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-68394-8_15)
8. Migunova, O.S. (1974). *Methodological guidelines for soil survey of saline lands*. 33. (In Ukrainian).
9. Ponette Q., Bispo A., Brethes A., Dupouey J-L., Feix I, Gégout J.-C. ... Rangeet J. Fertility indicators in temperate forest soils: issues, approaches and prospects. (2014). *Hal science ouverte*. <https://doi.org/10.4267/2042/56269>
10. Zhao W., Cao X., Li J., Xie Z, Sun Y., Peng Y. Novel weighting method for evaluating forest soil fertility index: a structural equation model. *Plants (Basel, Switzerland)*, 12(2), 410. <https://doi.org/10.3390/plants12020410>
11. Baliuk S., Medvedev V., Miroshnichenko M., Skrylnik Ye., Timchenko D., Fatieev A... Tsapko Yu. (2012). Environmental state of soils in Ukraine. *Ukrainian Geographical Journal*, 2, 38-42. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/UGJ\\_2012\\_2\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/UGJ_2012_2_9) (In Ukrainian).
12. Ostapenko B.F. & Tkach V.P. (2002). *Forest typology*. 204 (in Ukrainian).

The article was received by the editors 03.05.2023

The article is recommended for printing 10.06.2023

**С. П. РАСПОПИНА**, д-р с-г. наук, старший науковий співробітник  
завідувачка кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства  
e-mail: [s\\_raspopina@ukr.net](mailto:s_raspopina@ukr.net) ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>  
*Державний біотехнологічний університет*  
Докучаївське - 2, Харківська область, 62483, Україна

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПРИДАТНОСТІ ҐРУНТІВ ДЛЯ ЗАЛІСНЕННЯ РІВНИННОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНИ

**Мета.** Розробка методики оцінки лісопридатності для окремих різновидів малопродуктивних ґрунтів.

**Методи.** Класичні методи ґрунтознавства, агрохімії, лісознавства, лісовпорядкування, типології та математичної статистики.

**Результати.** Основою визначення придатності ґрунтів для лісорозведення є принципи лісової типології. Їхня сутність полягає у комплексному вивченні властивостей ґрунту (морфометрії, хімічного складу ґрунту) та лісівничих характеристик лісових насаджень, а також аналізі трав'яно-чагарникового ярусу за екоморфами. Наведено результати комплексного вивчення продуктивності деревостанів та властивостей основних різновидів малопродуктивних ґрунтів (піщаних, еродованих та скелетних) у різних природних зонах рівнинної частини України. Визначення придатності ґрунтів для лісорозведення оцінювали за трьома категоріями: 1) непридатні для лісорозведення та умовно придатні для лісорозведення (дуже сухі, дуже бідні, токсичні, з обмеженою ризосферною зоною, недоступні або важкодоступні для обробітку); 2) обмежено придатні для лісорозведення (сухі та бідні ґрунти); 3) придатні для лісорозведення. Розроблено пакети маркерів, на підставі яких, можна оцінювати як їхню лісопридатність, так і визначати тип лісорослинних умов нелісових земель. При комплектуванні маркерів перевагу надавали таким показникам ґрунту, які поряд з інформативністю щодо його якості, не вимагають

надскладних методів визначення. Склад маркерів включає морфологічні, фізичні, агрохімічні показники та залежить від типу ґрунту.

**Висновки.** Розроблені пакети маркерів є основою для науково обґрунтованого створення лісів на малопродуктивних землях, де раніше не виростала лісова рослинність. Їх використання у лісорозведенні підвищує його ефективність і робить ліси стійкішими до несприятливих факторів довкілля. Методика призначена для фахівців лісового господарства, може бути використана на підприємствах, установах лісового господарства, лісопроектних організаціях, а також у суміжних галузях, пов'язаних з охороною та раціональним використанням природних ресурсів. Методичні розробки можуть бути включені до навчальних програм середніх та вищих навчальних закладів лісового профілю.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *малопродуктивні ґрунти, лісорослинний потенціал, лісонасадження*

### Список використаної літератури

1. Про схвалення Державної стратегії управління лісами України до 2035 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 29 грудня 2021 р. № 1777-р. 2021. Київ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-2021-%D1%80#Text> (дата доступу 1.05.2023).
2. Hansson, K., Laclau, J.-P., Saint-André, L., Mareschal, L., Heijden, G., Nys, C. ... Legout, A. Chemical fertility of forest ecosystems. Part 1: Common soil chemical analyses were poor predictors of stand productivity across a wide range of acidic forest soils. *Forest Ecology and Management*. 2020. Vol. 461. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117843>
3. Распоіна С. П. Наукові основи оцінки лісоростового потенціалу та лісопридатності ґрунтів рівнинної частини України : автореферат дис.д-ра агр. наук. 2017. 42с.
4. Телешек, Ю. К., Замлілий В. В., Орлов А.Н.; Ольховський А. Ф. Методичні вказівки з технології створення лісомеліоративних насаджень на крутих скелястих берегах гідрографічної мережі в рівнинних районах УРСР. 1982. 31с.
5. Чорний С. Г., Вільна (Поляшенко) Н.В. Модифікація «Індексу продуктивності Пірса» та його використання для оцінки якості чорноземних ґрунтів Правобережного Степу України. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2019. Вип. 88. С. 31-39. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss88-04>
6. Гладкий О.С. Ґрунтово-лісоростові умови Нижньодніпровських (Олешківських) пісків. *Наукові праці УкрНДЛГА*. 1960. Т. 20, 68-79.
7. Raspopina, S., Degtyarjov, V., Chekar, O. *Comparative Evaluation of the Sandy Soils of Pine Forests in Ukraine: Soils Under Stress*. Springer, 2021. Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-68394-8\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-68394-8_15)
8. Мігунова, О.С. Методичні вказівки до ґрунтового обстеження засолених земель. 1974. 33с.
9. Ponette Q., Bispo A., Brethes A., Dupouey J-L., Feix I, Gégout J.-C. ... Rangeet J. Fertility indicators in temperate forest soils: issues, approaches and prospects. 2014. *Hal science ouverte*. DOI: <https://doi.org/10.4267/2042/56269>
10. Zhao W., Cao X., Li J., Xie Z, Sun Y., Peng Y. Novel weighting method for evaluating forest soil fertility index: a structural equation model. *Plants (Basel, Switzerland)*. Vol. 12. N 2. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12020410>
11. Балюк С., Медведєв В., Мірошніченко М., Скрильник Є., Тимченко Д., Фатєєв А... Цапко Ю. Екологічний стан ґрунтів України. *Український географічний журнал*. 2012. № 2. С. 38-42. DOI: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/UGJ\\_2012\\_2\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/UGJ_2012_2_9)
12. Остапенко Б.Ф., Ткач В.П. Лісова типологія. 2002. 204с.

Стаття надійшла до редакції 03.05.2023

Стаття рекомендована до друку 10.06.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-04>

УДК 504.053:628.316.12:504.06

**І. В. ЗІНЧЕНКО<sup>1</sup>,**

завідувачка лабораторії міських та виробничих стічних вод

e-mail: [rfrfyutk@gmail.com](mailto:rfrfyutk@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8554-3300>

**О. Г. ВАСЕНКО<sup>1</sup>,** канд. біол. наук, доц.,

завідувач лабораторії досліджень екологічної стійкості об'єктів довкілля

e-mail: [alexandr.vasenko@gmail.com](mailto:alexandr.vasenko@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8658-4144>

**О. В. БАБІЧ<sup>1</sup>,** канд. техн. наук,

провідний науковий співробітник лабораторії міських і виробничих стічних вод

e-mail: [lenysjababich@gmail.com](mailto:lenysjababich@gmail.com) ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0821-1585>

**Л. С. АНГІНА<sup>1</sup>**

Інженер II категорії лабораторії міських і виробничих стічних вод

e-mail: [angina\\_ls@ukr.net](mailto:angina_ls@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-1402-955X>

<sup>1</sup>Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», вул. Бакуліна 6, м. Харків, 61165, Україна

## МОНІТОРИНГ САМООЧИЩЕННЯ АКВАТОРІЇ ДЕЛЬТИ ДУНАЮ І РІЧКИ МЕРЛО ЗА МІКРОБІОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

**Мета.** Аналіз моніторингу самоочищення акваторії дельти Дунаю і малої річки Мерло (приток Ворскли) за мікробіологічними показниками.

**Методи.** Визначено якісну та кількісну характеристику різних еколого-трофічних груп: загальне мікробне число (ЗМЧ) алохтонних і автохтонних мікроорганізмів; біологічні агенти: індекс бактерій групи кишкової палички, умовно-патогенні бактерії, бактерії р. *Salmonella* і віруси бактерій – коліфаги. За показником співвідношення (*Пс*) ЗМЧ автохтонних і алохтонних сапрофітних мікроорганізмів визначали динаміку і інтенсивність процесів самоочищення. Рівень трофності і сапробності у р. Мерло визначали за феноменологічними ознаками за методикою розробленою в УКРНДІЕП.

**Результати.** Встановлено, що найбільш інтенсивні процеси самоочищення спостерігались в акваторії дельти Дунаю вище м. Рені і в рукаві Бистрий. Найбільш забруднені водні ділянки – у Кілійському рукаві біля м. Ізмаїл, нижче м. Кілія і вище м. Вилкове (9-ий км). Проведені моніторингові дослідження річки Мерло, у районі скиду стічних вод підприємства харчової промисловості за гідробіологічними і мікробіологічними показниками визначили, що річка дуже забруднена, знаходиться під великим антропогенним навантаженням на водну екосистему і має низький *Пс*, що за ступенем сапробності і трофності річка в зоні скиду стічних вод відноситься до гіпертрофної і полісапробної. Після реконструкції очисних споруд на підприємстві харчової промисловості ситуація в місці скиду стічних вод змінилася: *Пс* збільшився з 1,1 до 3,2, а акваторію у пункті скиду віднесли до *полісапробної зони*, з ознаками *мезосапробної зони*, що свідчить про тенденцію до самоочищення.

**Висновки.** На процеси самоочищення впливають антропогенні джерела забруднення водних об'єктів. Водні екосистеми дельти Дунаю мають більш виражені тенденції до самовідновлення, ніж екосистеми малої річки Мерло (приток Ворскли). Встановлений позитивний вплив ефективного очищення виробничих стічних вод, які скидаються у річку, на *Пс*, а також трофність і сапробність екосистем.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *поверхневий водний об'єкт, самоочищення, алохтонні, автохтонні, мікроорганізми, індикатор забруднення*

**Як цитувати:** Зінченко І. В., Васенко О. Г., Бабіч О. В., Ангїна Л. С. Моніторинг самоочищення акваторії дельти Дунаю і річки Мерло за мікробіологічними показниками. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2023. Вип. 39. С. 39-54. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-04>

**In cites:** Zinchenko I. V. Vasenko O. H., Babich E. V., & Anhina L.S. (2023). Self-purification monitoring of the Danube delta and Merlo river aquatic water according to microbiological indicators. *Man and Environment. Issues of Neoeology*, (39), 39-54. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-04> (in Ukrainian)

© Зінченко І. В., Васенко О. Г., Бабіч О. В., Ангїна Л. С., 2023



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

### Вступ

Життя на нашій планеті залежить від збалансованих і стійких екосистем, у тому числі, прісноводних, які беруть участь у кругообігу води – очищають і захищають її ресурси. Але водні екосистеми уразливі і залежать від багатьох факторів, які мають природне і антропогенне походження. До основних природних факторів, що впливають на стійкість існування екосистем відносяться температура, прозорість, мінералізація води, розчинений кисень. До основних антропогенних факторів, які впливають на гідрологічний режим і якість води, відносяться хімічні речовини і біологічні агенти, які є наслідком сільськогосподарської діяльності, а також скидів у водні об'єкти неочищених або недостатньо очищених стічних вод, що утворюються внаслідок виробничої і господарсько-побутової діяльності [1-5].

Значні обсяги скидання неочищених стоків обумовлюють також зменшення видового різноманіття та зростання маси стійких до забруднення гідробіонтів [6]. У звіті ООН, щодо виконання Цілей сталого розвитку (Ціль 6 «Чиста вода і санітарія») [7], відмічено, що у прісноводних екосистемах багатьох річних басейнів світу спостерігається надмірна кількість біогенних елементів, які викликають процеси евтрофікації, а велика кількість завислих речовин сорбує на собі забруднюючі речовини і бактерії, що значно погіршує якість води для її споживання людиною і негативно впливає на розвиток водних екосистем. Автори [8] відмічають, що стан малих річок є індикатором стану всієї річкової мережі кожної країни, а основними факторами деградації та забруднення малих річок є зміна гідрологічного режиму внаслідок замулення русел; екстенсивного використання водних ресурсів без урахування їх самовідновлення та самоочищення; використання старих технологій очищення промислових стоків, які є причиною антропогенного навантаження на річкові екосистеми.

Значний вплив, в останній час, оказують зміни клімату, у тому числі, тенденція прояву глобального потепління, що поступово, торкається гідрологічних і гідробіологічних характеристик водних об'єктів [9,10]. Діагностична оцінка температурного режиму показала, що прояви глобального

потепління особливо означились в «індустріальний період» ХХІ ст. [11].

Неймовірні збитки довкіллю і водним об'єктам наносять боєві дії, які відбуваються на території України! У водні об'єкти потрапляють небезпечні хімічні речовини від снарядів і трупні отрути. Внаслідок руйнування очисних споруд каналізаційних насосних станцій в населених пунктах, стічні води потрапляють до річок без будь-якого очищення. Неочищені скиди містять велику кількість органічних речовин, небезпечні для водного середовища детергенти, фосфати, сполуки азоту, а також яйця гельмінтів, патогенні бактерії і віруси. Таке забруднення може призвести до великих масштабів екологічної катастрофи і зробити прісну воду небезпечною для споживання.

До складу природних водних екосистем входять певні автохтонні біоценози, які складаються з численних біотипів, як вищих рослин і тварин, так найпростіших, водоростей, водних грибів, актиноміцетів, сапрофітних бактерій. Якщо умови існування водних об'єктів досить постійні, взаємозв'язки між мешканцями біоценозів стійкі та міцні. У випадку відхилення гідрологічного режиму водойми або забруднення води хімічними і біологічними агентами, з часом, відбуваються процеси самоочищення води і відновлення рівноваги водних екосистем [12, 13]. У процесі самоочищення відбувається зміна зон сапробності – від полісапробної (найбільш забрудненої) до  $\alpha$ -мезосапробної,  $\beta$ -мезосапробної і олігосапробної (відповідає сталому розвитку) [14]. Охолодження води вночі, незараження води сонячним світлом і викиди забруднюючих речовин на берег вітром – це прояви процесів самоочищення, які природньо очищають водойми. Але діяльність людини збільшує антропогенне навантаження на водні об'єкти, і якщо негативний вплив подовжується досить довгий термін, то процеси самовідновлення гальмуються і можуть знищити автохтонний біоценоз. Забруднення, що надходять у водний об'єкт, викликають порушення природної рівноваги. Відновлення рівноваги – це складний комплекс фізичних, хімічних та біохімічних реакцій, який визначає самоочищення.

Значний обсяг забруднюючих органічних речовин, які не властиві природним



водам, скидається в ріки разом із промисловими й побутовими стоками. У санітарно-епідеміологічному відношенні найбільшу небезпеку становлять господарсько-побутові, фекальні стічні води харчових виробництв, шкіряних підприємств, біофабрик. Саме з ними в водойми потрапляють хвороботворні бактерії. Річна вода для цих алохтонних мікроорганізмів не є сприятливим середовищем для розмноження, тому наявність їх у водному середовищі є індикатором фекального забруднення, але вони певний час можуть виживати і зберігатися. Тривалість виживання патогенних бактерій залежить від їх фізіологічних властивостей, ступеня забруднення, наявності необхідних поживних речовин, температури води, сонячної радіації, а також від концентрації автохтонних сапрофітних мікроорганізмів – аборигенів водойми, які є їх конкурентами у харчовому ланцюгу. Наявність бактерій групи кишкової палички у воді свідчить не лише про антропогенне фекальне забруднення, а і про підвищений вміст органічних речовин, що виникає внаслідок відмирання гідробіонтів, здебільшого фітопланктону і водяних макрофітів [15]. Ідентифікація мікроорганізмів-індикаторів, оцінка загальної чисельності водного гетеротрофного бактеріоценозу, облік окремих груп мікроорганізмів (евтроф-

них, оліготрофних та вуглеводневих бактерій) та їх потенційної активності дає можливість визначити стан бактеріоценозу в різних водних екосистемах. З урахуванням того, що антропогенне навантаження на водні об'єкти постійно зростає і є фактором погіршення якості води і негативного впливу на водні екосистеми, їх рівноваги та сталого розвитку, актуальним є пошук оперативних мір щодо контролювання цих змін. У вирішенні цього питання може бути актуальними дослідження різних груп водних мікроорганізмів, їх співвідношення і морфологічний склад, як якісне оцінювання змін в водних екосистемах певних ділянок річок. Тому метою роботи є оцінка процесів самоочищення та санітарно-бактеріологічного стану за мікробіологічними показниками та індикаторними бактеріями у поверхневих водних об'єктах на прикладі ділянок великої ріки Дунай і малої річки Мерло (притоку Ворскли). Дослідження проводились напередодні війни, але під час бойових дій відбувається величезна шкода довкіллю, у тому числі, водному середовищу, і для запобігання подальшого пригнічення водних екосистем і можливості відновлення їх до безпечного стану, потрібно обов'язково здійснювати ефективну систему екологічного моніторингу водних об'єктів для своєчасного впровадження заходів щодо їх захисту.

### *Матеріали і методи*

Матеріали базуються на власноручних польових і лабораторних дослідженнях.

Предметом дослідження є процеси самоочищення поверхневих водних об'єктів (далі – водні об'єкти) за мікробіологічними показниками.

Процеси самоочищення спостерігались і порівнювались на ділянках великої і малої річок. Досліджували акваторію дельти Дунаю: вище м. Рені, рукав Кілійський (біля м. Ізмаїл, біля м. Кілія, вище м. Вилкове) і рукав Бистрий (9-ий км). Моніторинг р. Дунай проводився протягом 2019 – 2021 рр.

Дослідження водних ділянок річки Мерло (біля м. Богодухів) проводили протягом 2020 – 2021 рр., у періоди до очищення стічних вод підприємства харчової промисловості, які потрапляли у річку, і після реконструкції очисних споруд на підприємстві з впровадженням сучасної технології очищення стічних вод на основі мето-

да флотації з застосуванням сатураційної води. Проби відбирали у місці скиду стічних вод, що відводилися від підприємства, а також вище скиду за 300 м (фонова точка) і нижче скиду за 300 м. Спостереження проводили у різні гідрологічні сезони (влітку, восени, навесні) і за рік, влітку, після впровадження сучасної системи очищення стічних вод. Методи дослідження – польові, мікробіологічні, гідрохімічні, гідробіологічні. Відбір проб води здійснювали із поверхневого горизонту водної товщі відповідно до ДСТУ [16].

Категорія водокористування водних об'єктів, що досліджувались – для купання, спорту і відпочинку населення, а також водойми в межах населених місць. Моніторингові дослідження проводили у різних сезонних режимах. Температура води під час відбору проб з р. Дунай була: у травні – (20 – 22) °С, липні – (26 – 27) °С, жовтні – (18 – 20) °С. Температура води під час відбору

проб з р. Мерло була: у травні – 20 °С, липні – 27 °С, жовтні – (19) °С.

Оцінювання екологічного і санітарно-бактеріологічного стану водних об'єктів проводили за наступною структурою мікробних угруповань: загальне мікробне число (ЗМЧ) автохтонної мікрофлори і ЗМЧ алохтонної мікрофлори, бактерії групи кишкової палички (БГКП), у тому числі, умовно-патогенні, лактозо-позитивна кишкова паличка (ЛКП), патогенні ентеробактерії на прикладі родини *Salmonella* і колифаги. Концентрацію бактерій, в одиниці обсягу води, вимірювали у кількості колонієутворюючих одиниць (КУО); концентрацію колифагів – у кількості бляшкоутворюючих одиниць

(БУО). Вимірювання мікробіологічних показників проводили із застосуванням стандартних методів, які прийняті у водній мікробіології [17, 18, 19].

Рівень трофності і сапробності у р. Мерло визначали за феноменологічними ознаками за методикою розробленою в УК-РНДІЕП [20]. Облік біопланктону в пробах води р. Мерли проводили за допомогою мікроскопічного методу дослідження (за збільшенням у 400 разів) з підрахуванням клітин в камері Горяєва.

Статистичну обробку експериментальних даних виконували в програмі Microsoft Excel.

### Результати і обговорення

Для оцінювання процесів відновлення і самоочищення, а також встановлення ступеня мікробіологічного забруднення досліджуваних ділянок акваторії дельти Дунаю і річки Мерло, в пробах води визначали ЗМЧ сапрофітних бактерій, які належали до автохтонної (власної) мікрофлори водних об'єктів і ЗМЧ алохтонної мікрофлори (сукупності мікроорганізмів, що потрапили ззовні із різних джерел забруднення), а також їх співвідношення. Чисельність автохтонних мікроорганізмів – це показник їх активності. Алохтонні мікроорганізми присутні у водоймі, лише якщо є постійне джерело їх надходження. Алохтонні і автохтонні мікроорганізми є конкурентами щодо живлення, тому мають антагоністичні відношення у результаті чого в досить чистих водоймах автохтонні мікроорганізми витісняють алохтонні. Показник співвідношення чисельності автохтонних і алохтонних груп мікроорганізмів (*Пс*) – є мікробіологічним показником самоочищення водного об'єкта, який дозволяє судити про динаміку і інтенсивність процесів відновлення водної екосистеми. Якщо *Пс* дорівнює «4» і вище, то, вважається, що природний біологічний баланс водних екосистем має позитивну тенденцію до відновлення. Ця різниця більш виражена при завершенні процесів самоочищення. Якщо чисельні значення обох груп близькі або показник нижче «4» – це свідчить про наявність джерела забруднення водного об'єкту органічними речовинами і біогенними елементами.

**Дослідження ділянок акваторії дельти Дунаю.** Сапрофітні гетеротрофні мікроорганізми здійснюють процеси деструкції

органічних сполук і таким чином беруть участь в самоочищенні водних об'єктів. Чисельність бактерій цієї екологічно-трофічної групи є показником їх активності. У пробах води визначали ЗМЧ автохтонних і алохтонних мікроорганізмів. Результати досліджень проб води з р. Дунай щодо ЗМЧ надані в табл. 1.

Визначено (табл. 1), що ЗМЧ всіх досліджуваних проб у цілому відповідало вмісту сапрофітних мікроорганізмів для кожного сезонного періоду – ( $10^3$  –  $10^6$ ) КУО/см<sup>3</sup>. Показник співвідношення ЗМЧ автохтонів і алохтонів досить варіював залежно від ділянки акваторії (Рис.1).

Так, *Пс*, який був більший за «4», спостерігався протягом всього періоду моніторингу лише в пробі води з акваторії Дунаю вище м. Рені і рукава Бистрий (9-ий км). Особливо високі значення показника відмічені в пробах, відібраних у травні вище м. Рені – 12,5. Це свідчить про те, що сапрофітні автохтонні мікроорганізми активно беруть участь у процесах самоочищення даних ділянок водного об'єкту. На інших ділянках, що досліджувались, навесні і улітку, відбувались повільні процеси самоочищення, особливо на ділянці рукава Кілійського вище м. Вилкове.

Восени показник самоочищення на цій ділянці наблизився до «4», а на останніх ділянках перевищив «4». Імовірно, температурний режим сприяв пригніченню розвитку алохтонної мікрофлори. Це свідчить про позитивну динаміку процесів самоочищення на цих ділянках за мікробіологічним показником.

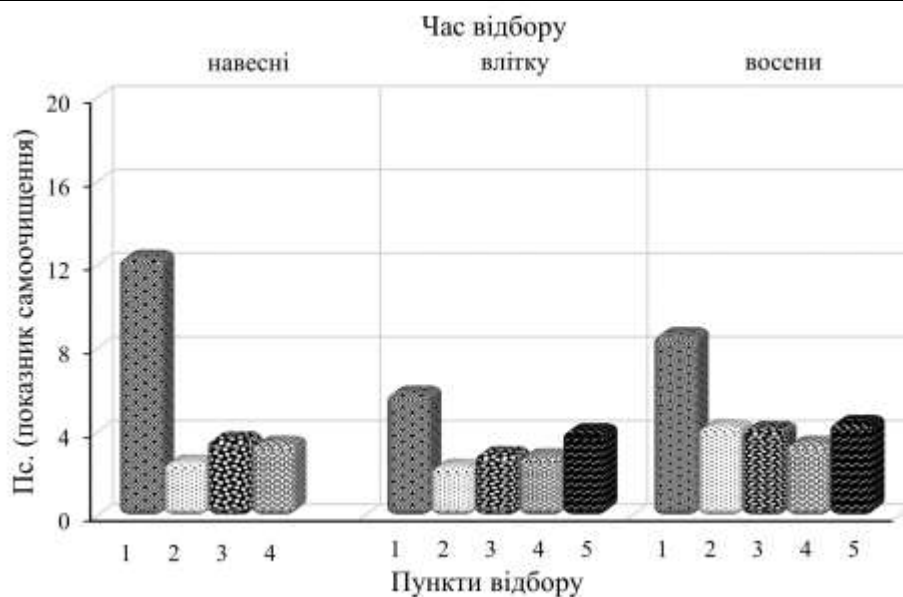
Таблиця 1

Результати досліджень ЗМЧ (КУО/см<sup>3</sup>) сапрофітних мікроорганізмів  
на ділянках акваторії Дунаю

Table 1

The results of studies of the TMC (CFUs/cm<sup>3</sup>) of saprophytic microorganisms  
in the areas of the Danube water area

Пункти відбору проб	Період відбору								
	травень			липень			жовтень		
	Автотони	Алохтони	Пс.	Автотони	Алохтони	Пс.	Автотони	Алохтони	Пс.
р. Дунай вище м. Рені	28700	2380	12,5	22670	3770	6,0	3700	420	8,8
Рукав Кілійський (біля м. Ізмаїл)	1480	540	2,7	15000	6000	2,5	1800	410	4,4
Рукав Кілійський (нижче м. Кілія)	24700	6492	3,8	43000	13670	3,1	4600	1060	4,3
Рукав Кілійський (вище м. Вилкове)	4500	1250	3,6	35000	11670	3,0	2200	610	3,6
Рукав Бистрий (9-ий км)	–	–	–	21000	5000	4,2	4400	960	4,6



1 – р. Дунай вище м. Рені; 2 – рукав Кілійський (біля м. Ізмаїл); 3 – рукав Кілійський (нижче м. Кілія);  
4 – рукав Кілійський (вище м. Вилкове); 5 – рукав Бистрий (9-ий км)

Рис. 1 – Динаміка *Pс* за період спостереження

1 – the Danube river above the city of Reni; 2 – Kiliysky arm (near the town of Izmail);  
3 – Kiliysky arm (below the city of Kili); 4 – Kiliysky branch (above the town of Vilкове);  
5 – Bystry branch (9th km)

Fig. 1 – *Ri* dynamics during the observation period

Результати підрахунку кількості лактозопозитивної кишкової палички (ЛЕП) та умовно-патогенних БГКП надані у таблицях 2 і 3.

За даними табл. 2 видно, ЛКП, які є індикатором фекального забруднення, при-

сутні в усіх пробах. Показник ЛКП, за винятком ділянки р. Дунай вище м. Рені навесні, у всіх водних об'єктах перевищував санітарні нормативи для водних об'єктів культурно-побутового водокористування.

Таблиця 2

Результати визначення індексу ЛКП (КУО/дм<sup>3</sup>) на ділянках акваторії р. Дунай

Table 2

The results of determination of the LEC index (CFUs/dm<sup>3</sup>) in the areas of the water area of the Danube River

Пункти відбору проб	Період дослідження		
	травень	липень	жовтень
р. Дунай вище м. Рені	5000	12000	6600
Рукав Кілійський (біля м. Ізмаїл)	12000	31000	8330
Рукав Кілійський (нижче м. Кілія)	30000	38000	7670
Рукав Кілійський (вище м. Вилкове)	16000	48000	23000
Рукав Бистрий (9-ий км)	12000	13500	11300

Найбільше перевищення нормативних показників спостерігалось улітку в акваторії вище м. Вилкове – у (9,6 – 14) разів; біля м. Ізмаїл – у (6,1 – 9,2) разів; нижче м. Кілія – у (3,2 – 7,6) разів. Але і в інших кліматичних умовах спостерігався великий вміст ЛКП в акваторії рукава Кілійського біля великих міст. Це свідчить про надходження в водойми забруднення антропогенного походження, у тому числі, біологічного, що сприяє масовому розвитку бактерій в умовах наявності органічних речовин і біогенних сполук. У всіх пробах води були присутні умовно-патогенні ентеробактерії: *Proteus sp.*, *Citrobacter sp.*, *Enterobacter sp.*, а також *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.* і *Enterococcus sp.* Видовий склад умовно-патогенних мікроорганізмів надано у таблиці 3.

Результати мікробіологічних аналізів показали, що окрім ентеробактерій, до яких відносяться ЛКП, *Citrobacter sp.*, *Enterobacter sp.*, *Proteus sp.*, в пробах ідентифіковані *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.* і *Enterococcus sp.* У відсотковому відношенні ЛКП, що нормується санітарним законодавством, складала, більше 50% у воді р. Дунай вище м. Рені (літні і осінні проби), рукава Бистрого (весняні, осінні проби), рукава Кілійського біля м. Ізмаїл (літні проби). У пробах, відібраних із Кілійського рукава нижче м. Кілія і вище м. Вилкове переважали умовно-патогенні ентеробактерії. Представники таких угруповань мікроорганізмів, як *Citrobacter sp.*, *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Enterococcus sp.* у водні об'єкти потрапляють зі стічними комунальними водами, зливовими стічними водами і зі змивами з полів. Хоча, умовно-патогенні бактерії не норму-

ються, але їх високий вміст у воді викликає небезпеку для здоров'я населення і являє конкурентну харчову основу для аборигенних сапрофітних мікроорганізмів.

З неочищеними або недостатньо очищеними стічними водами в водні об'єкти потрапляють патогенні ентеробактерії родини *Salmonella*, які відносяться до дуже небезпечних збудників захворювань. Бактерії родини *Salmonella* виділяли із проб води методом накопичування, з наступною індикацією на селективних середовищах щодо властивостей цієї родини. Результати визначення збудників *Salmonella sp.* на ділянках дельти р. Дунай надані в таблиці 4.

Проведене тестування проб води свідчило про наявність *Salmonella sp.* у більшості пробах води, що досліджувались. Так, *Salmonella sp.* визначена у всіх пробах води з рукава Кілійський, що вище м. Вилкове і нижче м. Кілія; у пробах з рукава Бистрий (9-ий км) визначена улітку і восени; у пробах води, відібраних вище м. Рені і біля м. Ізмаїл – влітку. Наявність *Salmonella sp.* у воді свідчить про потенційну епідемічну загрозу. Але більш детальне визначення цих бактерій серологічним методом не було передбачено дослідженнями.

Коліфаги – віруси, які розмножуються у клітинах бактерій групи кишкової палички, з наступним її лізисом. Коліфаги знаходяться в кишечнику людини та тварин і в об'єктах довкілля, забруднених фекаліями, тому вони є показниками фекального забруднення води кишковими ентеробактеріями, а вміст їх нормується у поверхневих водних об'єктах. Результати визначення коліфагів надані в таблиці 5.

Таблиця 3

## Результати ідентифікації умовно-патогенних бактерій

Table 3

## Results of identification of opportunistic bacteria

Пункти відбору проб	Період дослідження		
	травень	липень	жовтень
р. Дунай вище м. Рені	ЛКП – 7,1%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp. i</i> <i>Proteus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i>	ЛКП – 53,3%; умовно-патогенні: <i>Ентеробактер sp.</i> <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i>	ЛКП – 86,8% ; умовно-патогенні: <i>Ентеробактер sp.</i> <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i>
Рукав Кілійський (біля м. Ізмаїл)	ЛКП – 42,9%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Enterococcus sp.</i>	ЛКП – 62,3%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Enterococcus sp.</i>	ЛКП – 41,5%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Enterococcus sp.</i>
Рукав Кілійський (нижче м. Кілія)	ЛКП – 48,4% ; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i>	ЛКП – 48,8%; умовно-патогенні: <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i>	ЛКП – 9,7%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i>
Рукав Кілійський (вище м. Вилкове)	ЛКП – 28,6 %; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Enterococcus sp.</i>	ЛКП – 49,7%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Enterococcus sp.</i>	ЛКП – 48,9%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Enterococcus sp.</i>
Рукав Бистрий (9-ий км)	ЛКП – 80%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Enterococcus sp.</i>	ЛКП – 13,7%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Enterococcus sp.</i>	ЛКП – 57,6%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i>

Таблиця 4

Результати визначення збудників захворювань *Salmonella sp.*

Table 4

The results of determining the causative agents of *Salmonella sp.*

Пункти відбору проб	Період відбору проб		
	травень	липень	жовтень
	наявність або відсутність збудників		
р. Дунай вище м. Рені	-	+	-
Рукав Кілійський (біля м. Ізмаїл)	-	+	-
Рукав Кілійський (нижче м. Кілія)	+	+	+
Рукав Кілійський (вище м. Вилкове)	+	+	+
Бистрий (9-ий км)	-	+	+
<b>Примітка.</b> «+» – визначені; «-» – відсутні			

Таблиця 5

Результати визначення колифагів (БУО/м<sup>3</sup>)

Table 5

Results of determination of coliphages (PFU/m<sup>3</sup>)

Пункти відбору проб	Період відбору проб		
	травень	липень	жовтень
р. Дунай вище м. Рені	450	990	385
Рукав Кілійський (біля м. Ізмаїл)	820	1000	200
Рукав Кілійський (нижче м. Кілія)	820	2833	333
Рукав Кілійський (вище м. Вилкове)	640	766	400
Бистрий (9-ий км)	580	733	268

**Примітка.** Воб'єктахгосподарсько-побутового водокористування в оздоровчих, рекреаційних, спортивних цілях, а також для водних об'єктів в межах населених пунктів вміст ЛКП не повинен перевищувати 100 БУО/дм<sup>3</sup> (додаток 11 до «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів», затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.1996 р. № 173)

З даних табл. 5 визначено, що в усіх пробах води величини колифагів перевищують нормативні вимоги (100 БУО/дм<sup>3</sup>). Найбільш забруднені індикаторними вірусами акваторії рукава Кілійського. Це може свідчити про небезпеку контамінації річної води іншими ентеровірусами.

**Оцінка стану річки Мерло за мікробіологічними показниками.** Р. Мерло – притока Ворскли, відноситься до малих річок, яка з часом становиться все більш мілководною. У річку потрапляють стічні води від підприємств, від неорганізованих джерел скиду, а також зливові води і змиви з полів. Скиди стічних вод підприємств найчастіше недостатньо очищені або без очистки взагалі, що дуже негативно впливає на стан водного середовища. Тому нашим завданням було спостереження за станом водного об'єкту, куди скидались зворотні води від підприємства харчової промисловості і встановлення ступеня техногенного впливу їх на водний об'єкт до того, як на підприємстві впровадили сучасну прогресивну технологію очищення стічних вод і за рік, після реконструкції очисних споруд (ОС). У даній статті надана оцінка стану водного об'єкту тільки за мікробіологічними і гідробіологічними показниками У табл. 6 наведені результати дослідження ЗМЧ і БГКП у р. Мерло протягом різних гідрологічних сезонів і станом за рік після реконструкції ОС.

За даними таблиці 6 визначено, що ЗМЧ сапрофітних мікроорганізмів, як автохтонних, так і алохтонних у всіх пунктах

відбору, досить, високе. Найвищі показники спостерігались в пункті скиду виробничих стічних вод до реконструкції очисних споруд, число яких було на 2-log більше, ніж в фоновій точках. Також був дуже низький коефіцієнт відтворення, який не перевищував значення 3,8 у фонових точках відбору; нижче скиду складав – 1,6 – 2,6; а в пунктах скиду стічних вод – 1,1 – 1,5 (Рис. 2). Визначений дуже високий індекс БГКП, який складав (5 – 6)-log в пунктах відбору проб, що розташовані вище і нижче точки скиду стічних вод. У точці скиду індекс БГКП був ще вище (6 – 7)-log (2020 р). Тобто, значне перевищення нормативного санітарного показника для цієї категорії водного об'єкту, який складає 5000 КУО/дм<sup>3</sup>, спостерігалось по всій акваторії р. Мерло, що досліджувалась.

Це свідчить про постійне антропогенне забруднення водного об'єкту неочищеними або недостатньо очищеними стічними водами підприємств. Але, на підприємстві харчової промисловості була проведена реконструкція очисних споруд, внаслідок чого збільшилась ефективність очистки стічних вод, що відобразилось на мікробіологічних показниках в пробах води, які відбирались улітку за рік після реконструкції. Порівняно з тим самим періодом у минулому році *Ps* збільшився з 1.6 до 3.2, а індекс БГКП в пункті скиду стічних вод зменшився у 300 разів (на 2-log). Хоча нормативні значення для водного об'єкту цієї категорії досягнуті, все ж, не були (Рис. 2).

Таблиця 6

Величини показників мікробіологічного забруднення р. Мерло

Table 6

Values of indicators of microbiological pollution of the Merlot River

Показники	Величини показників мікробіологічного забруднення р. Мерло											
	навесні			влітку			восени			влітку, за рік, після реконструкції ОС		
	Вище пункту скиду (фон)	Пункт скиду стічних вод	Нижче пункту скиду	Вище пункту скиду (фон)	Пункт скиду стічних вод	Нижче пункту скиду	Вище пункту скиду (фон)	Пункт скиду стічних вод	Нижче пункту скиду	Вище пункту скиду (фон)	Пункт скиду стічних вод	Нижче пункту скиду
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ЗМЧ автотонної мікрофлори, КУО/см <sup>3</sup>	18·10 <sup>5</sup>	36·10 <sup>6</sup>	86·10 <sup>5</sup>	18·10 <sup>6</sup>	11·10 <sup>7</sup>	16·10 <sup>6</sup>	13·10 <sup>5</sup>	95·10 <sup>6</sup>	16·10 <sup>6</sup>	11·10 <sup>6</sup>	25·10 <sup>5</sup>	81·10 <sup>5</sup>
ЗМЧ алохтонної мікрофлори, КУО /см <sup>3</sup>	47·10 <sup>4</sup>	24·10 <sup>6</sup>	49·10 <sup>5</sup>	10·10 <sup>6</sup>	98·10 <sup>6</sup>	10·10 <sup>5</sup>	50·10 <sup>4</sup>	86·10 <sup>6</sup>	82·10 <sup>5</sup>	31·10 <sup>5</sup>	78·10 <sup>4</sup>	31·10 <sup>5</sup>
Індекс БГКП, КУО /дм <sup>3</sup>	12·10 <sup>4</sup>	13·10 <sup>5</sup>	56·10 <sup>4</sup>	38·10 <sup>4</sup>	69·10 <sup>6</sup>	38·10 <sup>4</sup>	88·10 <sup>4</sup>	41·10 <sup>5</sup>	24·10 <sup>4</sup>	78·10 <sup>4</sup>	21·10 <sup>4</sup>	78·10 <sup>4</sup>

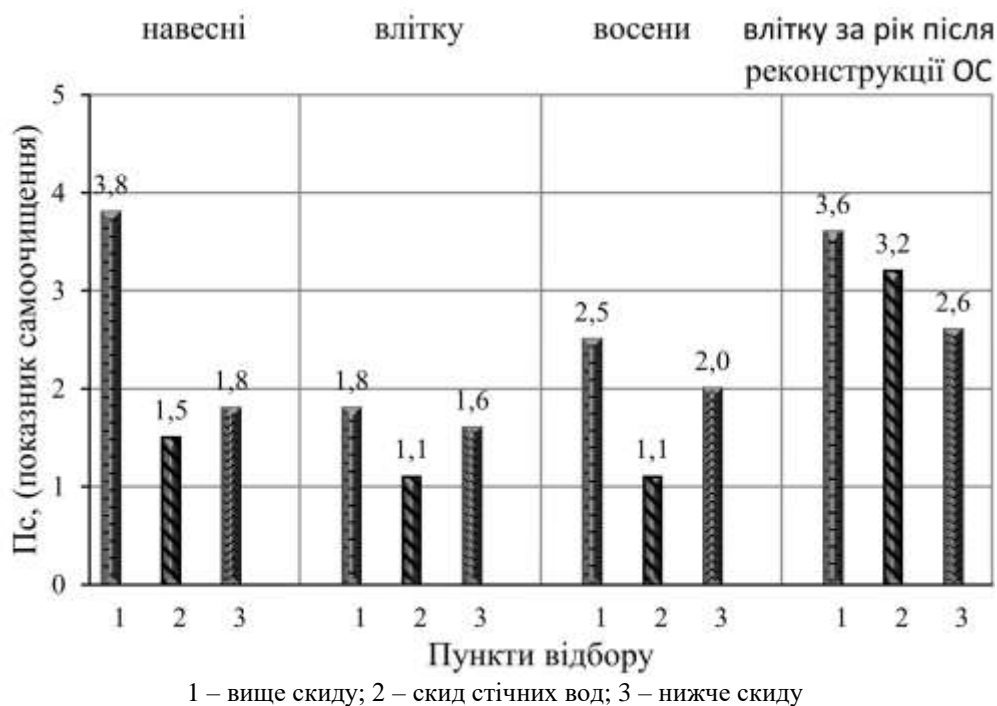


Рис. 2 – Динаміка  $P_s$  за період спостереження стану р. Мерло

1 – above reset; 2 – waste water discharge; 3 - below reset

Fig. 2 – Dynamics of  $R_i$  during the observation period of the state of the Merlo river

**Оцінка поверхневого водного об'єкту за показниками сапробності і трофності (еколого-санітарними критеріями).** Для оцінювання якості водного середовища відносно життєдіяльності біоти водного об'єкта визначали за показниками сапробності і трофності – комплексом фізіологічних властивостей організмів, який обумовлює здатність до їх розвитку в воді з різним вмістом органічних речовин і різним ступенем забруднення.

Органічні речовини, що потрапляють у водойму, розкладаються (переважно бактеріями) на воду, вуглекислоту і мінеральні речовини, які є поживними речовинами для організмів вищого порядку. Інтенсивність

розкладання відповідає рівню *сапробності*. А інтенсивність органічного синтезу відповідає рівню *трофності*. Фази процесу самоочищення в водоймах відповідають різним зонам сапробності і трофності, які залежать між собою і характеризуються різним складом біоценозу. Для кожної зони сапробності характерні специфічні види гідробіонтів, які вважаються її індикаторами.

Також, у цих пунктах відбору, проводились спостереження за гідро-біологічними показниками до очищення стічних вод (табл. 7) і після реконструкції очисних споруд на підприємстві і впровадження нової технології очищення (табл. 8).

Таблиця 7

Характеристика біопланктону в пробах, що досліджувались улітку до реконструкції очисних споруд

Table 7

Characteristics of bioplankton in the samples studied in the summer before the reconstruction of the treatment facilities

Об'єкт контролю	Переважаючі види гідробіонтів	Кількісна характеристика	Орієнтовна зона
Вода з р. Мерло в пункті скиду	Дуже багато сапрофітних мікроорганізмів, у т.ч. нитчасті бактерії ( <i>Sphaerotilus</i> ), рухомі палички і коки; скупчення <i>Zoogloea</i> . З класу Protozoa: безбарвні рухомі джгутикові; багато найпростіших інфузорії – <i>Paramecium</i> , не закріплені форми <i>Vorticella</i> , олігохети, водорість <i>Polytoma uvella</i> . Спостерігається детрит	Мікропланктон – 3,5 тис.кл/см <sup>3</sup> Бактеріопланктон – 110 млн. кл/см <sup>3</sup>	Полісапробна зона; ступень трофності – гіпертрофія
Вода з р. Мерло нижче пункту скиду	Не дуже велике біорізноманіття планктону: сапрофітні мікроорганізми, у т.ч. нитчасті бактерії ( <i>Sphaerotilus</i> ), сірчані бактерії ( <i>Beggiatoa</i> , <i>Thiothris</i> ), рухомі палички і коки. Безбарвні рухомі джгутикові; багато найпростіших інфузорії типу <i>Paramecium</i> , не закріплені форми <i>Vorticella</i> . Спостерігались синьо-зелені водорості	Мікропланктон – 15,0 тис. кл/см <sup>3</sup> Бактеріопланктон – 16 млн. кл/см <sup>3</sup>	Полісапробна зона; ступень трофності – гіпертрофія
Вода з р. Мерло вище пункту скиду (фонова)	Різноманіття планктону: сапрофітні мікроорганізми, у т.ч. нитчасті бактерії ( <i>Sphaerotilus</i> ), сірчані бактерії ( <i>Beggiatoa</i> , <i>Thiothris</i> ), рухомі палички і коки. Безбарвні рухомі джгутикові; багато найпростіших інфузорії типу <i>Paramecium</i> , не закріплені форми <i>Vorticella</i> , олігохети. Спостерігались синьо-зелені водорості і одиничні клітини діатомових водоростей	Мікропланктон – 75,0 тис. кл/см <sup>3</sup> Бактеріопланктон – 18 млн. кл/см <sup>3</sup>	Полісапробна зона з ознаками мезо-сапробної зони; ступень трофності – гіпертрофія і евтрофія



З таблиці 7 видно, що ділянки акваторії р. Мерло в пунктах скиду стічних вод і нижче скиду за гідробіологічними характеристиками відносяться до *полісапробної зони*, яка характеризується забрудненням переважно антропогенного характеру, при якому відбувається анаеробне гниття і інтенсивні процеси окиснення органічних речовин; ступінь трофності – гіпертрофія. Ділянці акваторії р. Мерло в пункті відбору вище скиду можна віднести також до *полісапробної зони*, але з ознаками *мезосапробної зони*, коли спостерігається мінералізація органічних домішок і тенденція до самоочищення; ступінь трофності – гіпертрофія і евтрофія.

З таблиці 8 видно, на ділянці р. Мерло в пункті скиду стічних вод ситуація де-

кілька покращилась і за гідробіологічними характеристиками була віднесена до *полісапробної зони* з ознаками *мезосапробної зони* з проявою тенденції до самоочищення; ступінь трофності – гіпертрофія і евтрофія.

Також збільшився *Іс* – від 1.1 до 3.2. (Рис. 2). Імовірно на якість води вплинули заходи з підвищення ефективності очищення на підприємстві, чий стічні води скидаються в р. Мерло. Ділянка р. Мерло, що нижче скиду, за характеристиками відповідала *полісапробній зоні*, яка характеризується забрудненням, переважно антропогенного характеру і при цьому відбувається анаеробне гниття і інтенсивні процеси окиснення органічних речовин.

Таблиця 8

Характеристика біопланктону в пробах, що досліджувались улітку, за рік, після реконструкції очисних споруд

Table 8

Characteristics of bioplankton in the samples studied in the summer, one year after the reconstruction of the treatment facilities

Об'єкт контролю	Переважаючі види гідробіонтів	Кількісна характеристика	Орієнтовна зона
Вода з р. Мерло в пункті скиду	Дуже багато сапрофітних мікроорганізмів, у т.ч. нитчасті бактерії ( <i>Sphaerotilus</i> ), багато рухомих паличок і різних форм коків, скупчення <i>Zoogloea</i> . З класу Protozoa: безбарвні рухомі джгутикові; багато найпростіших інфузорії – <i>Paramecium</i> , з'явилися закріплені форми <i>Vorticella</i> , водорість <i>Polytoma uvella</i> . Спостерігається детрит	Мікропланктон – 11,2 тис.кл/см <sup>3</sup> Бактеріопланктон – 2,7 млн. кл/см <sup>3</sup>	Полісапробна зона з ознаками мезосапробної зони; ступінь трофності – гіпертрофія і евтрофія
Вода з р. Мерло нижче пункту скиду	Велике біорізноманіття планктону: сапрофітні мікроорганізми, у т.ч. нитчасті бактерії ( <i>Sphaerotilus</i> ), сірчані бактерії ( <i>Beggiatoa</i> , <i>Thiothris</i> ), рухомі палички і коки. Безбарвні рухомі джгутикові; багато найпростіших інфузорії типу <i>Paramecium</i> , не закріплені форми <i>Vorticella</i> , олігохети. Спостерігались сине-зелені водорості	Мікропланктон – 15,0 тис. кл/см <sup>3</sup> Бактеріопланктон – 8,1 млн. кл/см <sup>3</sup>	Полісапробна зона; ступінь трофності – гіпертрофія
Вода з р. Мерло вище пункту скиду (фонова)	Різноманіття планктону: сапрофітні мікроорганізми, у т.ч. нитчасті бактерії ( <i>Sphaerotilus</i> ), сірчані бактерії ( <i>Beggiatoa</i> , <i>Thiothris</i> ), рухомі палички і коки. Безбарвні рухомі джгутикові; багато найпростіших інфузорії типу <i>Paramecium</i> , не закріплені форми <i>Vorticella</i> , олігохети. Спостерігались сине-зелені водорості і одиничні клітини діатомових водоростей	Мікропланктон – 55,0 тис.кл/см <sup>3</sup> Бактеріопланктон – 11 млн. кл/см <sup>3</sup>	Полісапробна зона з ознаками мезосапробної зони; ступінь трофності – гіпертрофія і евтрофія

### Висновки

Ділянки акваторії ріки Дунай, що досліджувались, мають досить багато сапрофітної гетеротрофної мікрофлори, яка бере активну участь у процесах деструкції органічних речовин і самоочищенні водних об'єктів. ЗМЧ сапрофітних бактерій відповідало кількісній характеристиці для кожного сезонного періоду і складало від 3-log до 5-log. Але серед цих мікроорганізмів досить велика концентрація алохтонів, які потрапляють у воду зі скидами неочищених або недостатньо очищених стічних вод.

Позитивні значення показника мікробіологічного самоочищення (*Пс*) спостерігались на ділянках акваторії р. Дунай вище м. Рені і рукаву Бистрий (9-ий км) – від 5,6 до 12,5 і від 4,1 до 4,6, відповідно. Це свідчить про позитивну динаміку відновлення водної екосистеми за мікробіологічними показниками, тому що на цих ділянках досить міцний, гармонічний водний біоценоз, який поступово витісняє чужорідні організми. Найменший показник відновлення відмічений для акваторії рукава Кілійського біля м. Ізмаїл, нижче м. Кілія та м. Вілкове: *Пс* був не постійним і лиш інколи перевищував позначку «4» або тільки наближався до неї. Це свідчить про дуже повільні процеси самоочищення і наявне постійне джерело забруднення. Ймовірно на цій ділянці знаходиться постійне джерело надходження скидів біологічного і антропогенного забруднення.

Відмічена значна забрудненість різних ділянок дельти р. Дунай за індикаторними мікробіологічними показниками – БГКП, ЛКП і колифаги, що свідчить про наявність постійного антропогенного навантаження. Показники ЛКП і колифаги, що нормуються для поверхневих водних об'єктів, на всіх ділянках перевищували санітарні норми. Велика концентрація колифагів свідчила про можливе вірусне забруднення водойми у цілому.

Визначені та ідентифіковані умовно-патогенні мікроорганізми (орієнтовно: *Citrobacter sp.*, *Enterobacter sp.*, *Proteus sp.*, *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Enterococcus sp.*), вони не нормуються але у великій кількості є потенційно небезпечними для здоров'я людини.

У пробах, які були відібрані з рукава Кілійського на ділянках, що вище м. Вілкове, нижче м. Кілія і Бистрого (9-ий км) постійно ідентифікувались бактерії р. *Salmonella*. Також спостерігалась їх присутність у воді в липні біля м. Ізмаїл і вище м. Рені. Можна зробити висновок про досить значну забрудненість різних ділянок дельти р. Дунай за індикаторними мікробіологічними показниками – ЛКП і колифаги, що свідчить про фекальне і антропогенне навантаження на них. Також насторожує визначення патогенних ентеробактерій родини *Salmonella* у пробах всіх водних об'єктів, що досліджувались.

Протягом періоду спостереження малої річки Мерло відмічено постійний потужний антропогенний вплив на поверхневий водний об'єкт, що досліджувався. Внаслідок чого, самоочищення водних екосистем здійснюється дуже погано і повільно. Ділянку, що розташована нижче пункту скиду, за показником сапробності віднесли до полісапробної зони зі ступенем трофності – гіпертрофія, при цьому, відбувається анаеробне гниття і інтенсивні процеси окиснення органічних речовин. Ділянку акваторії в пункті скиду на початку спостереження віднесли також до полісапробної гіпертрофної. Після реконструкції очисних споруд на підприємстві харчової промисловості ситуація в місці скиду очищених стічних вод покращилась: *Пс* збільшився з 1,1 до 3,2, а акваторію у пункті скиду, як і фонову точку, віднесли до *полісапробної зони*, з ознаками *мезосапробної зони*, що свідчило про тенденцію до самоочищення, внаслідок впровадження сучасної технології очищення стічних вод.

Моніторинг за якісним і кількісним складом бактеріопланктону, у тому числі, індикаторних груп, а також визначення співвідношення автохтонних і алохтонних мікроорганізмів дозволить судити про зміни в екосистемі і може надати досить швидко оцінку щодо наявності постійного або точкового джерела забруднення водного об'єкту, прогнозувати розвиток процесів самоочищення, а також вжити заходів щодо усунення або зменшення антропогенного впливу на водний екобіоценоз.

**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. Васенко О.Г., Верниченко-Цветков Д.Ю., Коробкова Г.В., Поддашкін О.В. Уніфікована оцінка впливу об'єктів господарської діяльності на довкілля. *ГП «УХИИ». Углекислотний журнал*, 2019. № 1. С. 25 – 32. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukhj\\_2019\\_1-2\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukhj_2019_1-2_14)
2. Васенко О.Г., Гевлева О.Ю., Лунгу М.Л. Вплив на екологічний стан дельти р. Дунай. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення. *Зб. наук. статей XV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 9-13 вересня 2019 р.)* / УКРНДІЕП. ПП «Стиль-Іздат», 2019. С. 72-76. URL: <http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/Konfer2019.pdf>
3. Грищенко А.В., Зінченко І.В., Бабіч О.В., Коробкова Г.В. Гончаренко Я. М. Аналіз ступеня виконання природоохоронних заходів у сфері охорони вод від антропогенного забруднення за стратегією державної екологічної політики України на період до 2020 року. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, 2020. Вип. 34. С. 90 – 99. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-09>
4. Бабіч О.В., Зінченко І.В., Шостенко О.Ю., Кононенко К.С., Ангіна Л.С. Впровадження сучасних технологій локального очищення висококонцентрованих стічних вод для покращення екологічного стану водних об'єктів. *Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій Електронний ресурс: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. присвяченої 100-річчю ХНУМГ ім. О. М. Бекетова (м. Харків, 7 червня 2022 р.)* / Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 128 с. URL: <http://eprints.kname.edu.ua/63449/>
5. Зінченко І. В., Бабіч О. В., Шостенко О. Ю., Кононенко К. С., Ангіна Л. С. Цітлішвілі К. О. Сучасні технології очистки стічних вод, які містять органічні сполуки, що важко розкладаються. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. статей XVIII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 15-16 вересня 2022 р.)* / УКРНДІЕП., 2022. С. 181 – 186. URL: <http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/konfer2022.pdf>
6. Водна стратегія України на період до 2025 року. 2015. 46 с. URL: <https://www.nas.gov.ua/EN/Book/Pages/default.aspx?BookID=0000009165>
7. Summary Progress Update 2021: SDG 6 — water and sanitation for all 24 February 2021. URL: <https://www.unwater.org/publications/summary-progress-update-2021-sdg-6-water-and-sanitation-all>
8. Гринюк В. І. Дослідження процесів самоочищення правих приток річки Свічі басейну Дністра. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28. № 3. С. 77 – 82. DOI:10.15421/40280316
9. Climate change and water un-water policy note . UN-Water Technical Advisory Unit, 2019. URL: [https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2019/10/UN\\_Water\\_PolicyBrief\\_ClimateChange\\_Water.pdf](https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2019/10/UN_Water_PolicyBrief_ClimateChange_Water.pdf)
10. Архипова Л. М., Пернеровська С. В. Прогноз гідрологічних параметрів водних об'єктів методом сингулярного спектрального аналізу. *Науковий вісник Національного гірничого університету*. 2015. № 2. С. 45-50. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu\\_2015\\_2\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu_2015_2_8)
11. Лялько В. І., Єлістратова Л. О., Кульбіда М. І., Апостолов О. А., Барабаш М. Б. Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2015. №.6. С. 33–84. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukjdzz\\_2015\\_6\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukjdzz_2015_6_7)
12. Nzar Yaseen Nama Salih, Anwar Othman Mohammad, Fahmy Osman Mohammed. Study on the Self-purification of Tanjaro River. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 2021. Vol. 21. №.4. <https://doi.org/10.25130/tjas.21.4.7>
13. Васенко О.Г., Зінченко І.В., Карлюк А.А. Дослідження процесів самоочищення водних об'єктів Харківської області (на прикладі озер Лиманської групи і ділянки р. Сіверський Донець) за мікробіологічними характеристиками. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: зб. наук. пр. /УКРНДІЕП; ХНУ імені В.Н. Каразіна - Х.: ПП «Стиль-Іздат», 2018. С. 85-98. URL: <http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/sbornik2018.pdf>*
14. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П., Яцик А.В. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / К.: Символ-Т, 1998. 28 с. URL: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r\\_81/cgiirbis\\_64.exe?Z21ID=&I21DBN=EC&P21DBN=EC&R21DBN=1&R21DBN=2&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=1&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%A084232\\$](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=EC&P21DBN=EC&R21DBN=1&R21DBN=2&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=1&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%A084232$)

15. Уваєва О.І., Коцюба І.Г., Єльнікова Т.О. Гідробиологія: навчальний посібник. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2020. 196 с. URL: <https://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/7931/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
16. ДСТУ ISO 5667-9:2005 Якість води. Відбирання проб. Частина 9. Настанови щодо відбирання проб води з річок та інших водотоків (ISO 5667-6:1990, IDT) URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=64511](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64511)
17. DSTU ISO 8199:2009 Water quality. General guidelines for counting microorganisms in culture (ISO 5667-1:1993, IDT) URL: <https://www.iso.org/>
18. ДСТУ ISO 9308-1:2005 Якість води. Виявлення та підрахування Escherichia coli та коліформних бактерій. Частина 1. Метод мембранного фільтрування (ISO 9308-1:2000, IDT) URL: <http://online.budstandart.com/ua>
19. Методичні вказівки "Санітарно-мікробіологічний контроль якості питної води". Наказ МОЗ України від 03.02.2005 № 60 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/>
20. Проект Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. УкрН-ДІЕП. Харків, 2012. 37 с.

Стаття надійшла до редакції 03.05.2023

Стаття рекомендована до друку 12.06.2023

**I. V. ZINCHENKO<sup>1</sup>,**

Head of the Municipal and Industrial Wastewater Laboratory

e-mail: [rfrfyutk@gmail.com](mailto:rfrfyutk@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8554-3300>

**O. H. VASENKO<sup>1</sup>,** PhD (Biology),

Head of the Laboratory for Researching Ecological Sustainability of Environmental Objects

e-mail: [alexandr.vasenko@gmail.com](mailto:alexandr.vasenko@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8658-4144>

**E. V. BABICH<sup>1</sup>,** PhD (Technical),

Leading Researcher of the Municipal and Industrial Wastewater Laboratory

e-mail: [lenysjababich@gmail.com](mailto:lenysjababich@gmail.com) ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0821-1585>

**L. S. ANHINA<sup>1</sup>**

II Category Engineer of the Municipal and Industrial Wastewater Laboratory

e-mail: [angina\\_ls@ukr.net](mailto:angina_ls@ukr.net) ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-1402-955X>

<sup>1</sup>Research institution "Ukrainian Research Institute of Environmental Problems",

6, Bakulina St., Kharkiv, 61165, Ukraine

**SELF-PURIFICATION MONITORING OF THE DANUBE DELTA AND MERLO RIVER  
AQUATARIES ACCORDING TO MICROBIOLOGICAL INDICATORS**

**Purpose.** Analysis of self-purification monitoring of the water area of the Danube delta and the small Merlo river (tributary of the Vorskla) according to microbiological indicators.

**Methods.** To evaluate the role of microorganisms in maintaining the homeostasis of aquatic ecosystems, to study the intensity of self-cleaning processes and bioindication of pollution, the qualitative and quantitative characteristics of various ecological and trophic groups were determined. The dynamics and intensity of self-cleaning processes were determined by the ratio indicator (*Ri*) of TBC of autochthonous and allochthonous saprophytic microorganisms. The level of trophicity and saprobity in the Merlo river was determined by phenomenological signs.

**Results.** It was established that the most intensive processes of self-purification were observed in the water area of the Danube delta above Reni city and in the Bystry branch. The most polluted water areas among studied were in the Kiliya branch near the town of Izmail, below the town of Kiliya and above the town of Vylkove (9th km). Monitoring studies of the Merlo river, in the area of the wastewater discharge in it of the food industry enterprise, were carried out according to hydrobiological and microbiological indicators. It was established that the river is very polluted, is under a large anthropogenic load on the water ecosystem and has a low ratio indicator (*Ri*). It was determined that according to the degree of saprobity and trophicity, the river in the wastewater discharge zone is related to hypertrophic and polysaprobic. After reconstruction of the treatment

facilities at the food industry enterprise, the situation at the wastewater discharge point changed:  $R_i$  has increased from 1.1 to 3.2, and the water area at the discharge point has been classified as a *polysaprobic zone*, with signs of a *mesosaprobic zone*, which indicates a tendency to self-purification.

**Conclusions.** It was established that the degree of self-cleaning processes is affected by anthropogenic sources of pollution of water bodies. The water ecosystems of the Danube delta have more pronounced tendencies to self-recovery than the ecosystems of the small Merlo river (a tributary of the Vorskla river). The positive impact of effective treatment of industrial wastewater discharged into the river on  $R_i$ , as well as on the trophicity and saprobity of ecosystems, has been established.

**KEYWORDS:** *surface water body, self-purification, allochthonous, autochthonous, microorganisms, pollution indicator*

### References

1. Vasenko, O., Vernichenko-Cvetkov, D., Korobkova, G., & Poddashkin, O. (2019). Unified assessment of the impact of objects of economic activity on the environment. *State enterprise "UKHYN". Carbon chemical journal*, 1, 25 – 32. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukhj\\_2019\\_1-2\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukhj_2019_1-2_14) (in Ukrainian).
2. Vasenko, O., Iyevleva, O., & Lungu, M. (2019). Impact on the ecological condition of the Danube Delta. *Proceedings of the XV International Scientific and Practical Conference: Environmental safety: problems and solutions*. (Kharkov, September 9-13, 2019, pp.72-76.) Kharkiv:USRIEP, Retrieved from <http://www.niep.kharkov.ua/sites/default/files/Konfer2019.pdf> (in Ukrainian).
3. Grytsenko, A., Zinchenko, I., Babich, O., Korobkova, G., & Honcharenko, Ya. (2020). Analysis of the degree of implementation of environmental protection measures in the field of water protection from anthropogenic pollution according to the strategy of the state environmental policy of Ukraine for the period until 2020. *Man and environment. Problems of neoecology*, (34), 90 – 99. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-09> (in Ukrainian).
4. Babich, O., Zinchenko, I., Shostenko, O., Kononenko, K., & Anhina, L. (2022). Implementation of modern technologies for local treatment of highly concentrated wastewater to improve the ecological state of water bodies. *Current issues of chemistry and integrated technologies Electronic resource: materials of international science and practice conf. dedicated to the 100th anniversary of O.M. Beketov NUUEKh (Kharkov, June 7, 2022)*/ Kharkov: O.M. Beketov NUUEKh, 128. Retrieved from <http://eprints.kname.edu.ua/63449/>(in Ukrainian).
5. Zinchenko, I., Babich, O., Shostenko, O., Kononenko, K., Anhina, L., & Tsytlivshvili, K. (2022). Modern wastewater treatment technologies that contain organic compounds that are difficult to decompose. *Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference: Environmental safety: problems and solutions*. (Kharkov, September 15-16, 2022, pp.181 – 186.). Kharkiv: USRIEP, Retrieved from <http://www.niep.kharkov.ua/sites/default/files/konfer2022.pdf> (in Ukrainian).
6. Water strategy of Ukraine for the period until 2025 (2015). Retrieved from <https://www.nas.gov.ua/EN/Book/Pages/default.aspx?BookID=0000009165> (in Ukrainian).
7. Summary Progress Update 2021: SDG 6 — water and sanitation for all 24 February 2021. Retrieved from <https://www.unwater.org/publications/summary-progress-update-2021-sdg-6-water-and-sanitation-all>
8. Grinyuk, V. (2018). Study of the processes of self-purification of the right tributaries of the Svichi River of the Dniester Basin. *Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine*, 28(3), 77 – 82. <https://doi.org/10.15421/40280316>
9. Climate change and water un-water policy note. UN-Water Technical Advisory Unit. (2019) Retrieved from [https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2019/10/UN\\_Water\\_PolicyBrief\\_ClimateChange\\_Water.pdf](https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2019/10/UN_Water_PolicyBrief_ClimateChange_Water.pdf)
10. Arhipova, L., & Pernerovska, S. (2015). Prediction of hydrological parameters of water bodies by the method of singular spectral analysis. *Scientific Bulletin of the National Mining University*, 2, 45-50. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu\\_2015\\_2\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu_2015_2_8) (in Ukrainian).
11. Lyalko, V., Yelistratova, L., Kulbida, M., Apostolov, O., & Barabash, M. (2015). The greenhouse effect and climate change in Ukraine: assessments and consequences. *Ukrainian Journal of Earth Remote Sensing*, 6, 33–84. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukjdz\\_2015\\_6\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukjdz_2015_6_7) (in Ukrainian).
12. Hama Salih, N. Y., Mohammad, A. O., & Mohammed, F. O. (2021). Study on the Self-purification of Tanjaro River. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 21(4), 54–62. <https://doi.org/10.25130/tjas.21.4.7>
13. Vasenko, O., Zinchenko, I., Karlyuk, A. (2018). Study of the processes of self-purification of water bodies of the Kharkiv region (on the example of lakes of the Lyman group and a section of the Siverskyi Donets river) according to microbiological characteristics. *Problems of environmental protection and environmental safety: coll. of science Ave. /UKRNDIEP*, 85-98. Retrieved from <http://www.niep.kharkov.ua/sites/default/files/sbornik2018.pdf> (in Ukrainian).

14. Romanenko, V., Zhukinskij, V., Oksiyuk, O., & Yacik, A. (1998). Methodology of environmental assessment of surface water quality by relevant categories. Retrieved from [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r\\_81/cgiirbis\\_64.exe?Z21ID=&I21DBN=EC&P21DBN=EC&R21DBN=1&R21DBN=2&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=1=&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%A084232\\$](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=EC&P21DBN=EC&R21DBN=1&R21DBN=2&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=1=&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%A084232$) (in Ukrainian).
15. Uvayeva, O., Kocyuba, I., & Yelnikova T. (2020). Hydrobiology: a study guide. Retrieved from <https://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/7931/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (in Ukrainian).
16. DSTU ISO 5667-9:2005 Water quality. Sampling of samples. Part 9. Guidelines for sampling water from rivers and other watercourses (ISO 5667-6:1990, IDT) Retrieved from [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=64511](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64511) (in Ukrainian).
17. DSTU ISO 8199:2009 Water quality. General guidelines for counting microorganisms in culture (ISO 5667-1:1993, IDT) Retrieved from <https://www.iso.org/>
18. DSTU ISO 9308-1:2005 Water quality. Detection and counting of Escherichia coli and coliform bacteria. Part 1. Membrane filtration method (ISO 9308-1:2000, IDT) Retrieved from <http://online.budstandart.com/ua> (in Ukrainian).
19. Methodological guidelines "Sanitary and microbiological control of the quality of drinking water". Order of the Ministry of Health of Ukraine dated February 3, 2005 No. 60. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/> (in Ukrainian).
20. Project of Methodology for environmental assessment of surface water quality by relevant categories. (2012). UkrNDIEP. Kharkiv, Kharkiv: UkrRSIEP, (in Ukrainian).

The article was received by the editors 03.05.2023

The article is recommended for printing 12.06.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-05>

UDC: 911.53:622.2](477.63)

**T. S. КОПТІЄВА**, PhD (Earth Sciences),  
Lecturer of the Department of Socio-Economic Disciplines and Geography  
e-mail: [koptevatania36@hnpu.edu.ua](mailto:koptevatania36@hnpu.edu.ua) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9405-1674>  
*H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University,*  
29, Alchevskykh, Str., Kharkiv, 61000, Ukraine

## THE RECLAMATION OF THE SURFACE LAYER OF MINING LANDSCAPES OF KRYVYI RIH LANDSCAPE TECHNICAL SYSTEM

**Purpose.** To investigate the reclamation of the surface layer of mining landscapes of Kryvyi Rih landscape technical system on the example of Shymaniv and Hanniv dumps.

**Methods.** Historical analysis, comparative, cartographic, method of anthropogenic landscape forecasting.

**Results.** It has been determined that Shymaniv dump was created by the Southern Mining and Processing Plant in 1960–1967, belongs to mixed dumps, was formed by automobile tailings resulted into tiers with a leveled and plateau-like surface. The dump in the geological structure has a lower accumulative microstrip, which consists of crystalline rocks that are not involved into development, limestones, loess-like loams; the middle accumulative – denudation microstrip, which is characterized by crushed stone, sand, stone blocks and the upper denudation microstrip, which is represented by blocks and granites. The dump reclaimed and has favorable conditions for the germination of vegetation. By example of the Hanniv dump the possibility of rational use of the surface layer of mining landscapes was considered. The Hanniv dump is a mixed dump with its height of 90 m, partially reclaimed. A gradual biological reclamation technology is proposed for the rapid adaptation of plants to unusual terrain and the improvement of disturbed lands. Maps and technology of biological reclamation have been developed, which reflect the surface layer of mining landscapes of Kryvyi Rih landscape technical system.

**Conclusions.** The reclamation of the surface layer of mining landscapes of Kryvyi Rih landscape technical system exists and needs a detailed study in order to prevent the degradation of disturbed lands due to the action of the mining industry. On the example of Shymaniv and Hanniv dumps the reclamation of the surface layer of mining landscapes has been investigated, the history of the dumps has been determined, the geological - geomorphological, hydrological, climatic, soil - biotic processes that influenced the favorable formation of the reclamation of the surface layer of the dumps have been substantiated, and a gradual biological reclamation technology has been proposed on the example of Hanniv dump.

**KEYWORDS:** *surface layer, mining landscapes, Shymaniv dump, Hanniv dump, biological reclamation, microstrips*

**Як цитувати:** Коптієва Т. С. The reclamation of the surface layer of mining landscapes of kryvyi rih landscape technical system. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології.* 2023. Вип. 39. С. 55-64.  
DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-05>

**In cites:** Коптієва Т. С. (2023). The reclamation of the surface layer of mining landscapes of kryvyi rih landscape technical system. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (39), 55-64.  
<https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-05>

### Introduction

Modern mining landscapes of Kryvyi Rih landscape technical system (KLTS) are the result of the long-term influence of technogenesis on natural landscapes. Mining landscapes are spread over the entire territory of KLTS, which is caused, first of all, by the spatial features of the iron ore deposits of the Kryvyi Rih iron ore basin. Nowadays, the area of mining landscapes is growing rapidly and amounts to almost

40,000 hectares, iron ore is extracted by open (quarry) and closed (mine) methods [8]. Also, depending on the method of iron ore mining the following types of localities are distinguished: quarries and mines, which lead to the appearance of two-tiered mining landscapes of KLTS.

KLTS is a unique system that in a short period of time, within 150 years, formed a mining landscape complex that has a marked

two-tiered structure, namely surface and underground tiers.

There is a small number of scientists whose works are devoted to the study of the reclamation of the surface layer of mining

landscapes, among them there are I.M. Voyna, H.I. Denysyk [3,4,5], H.M. Zadorozhnaya. [3, 6], Kazakov V.L. [4, 7, 8], T.S. Koptieva [9, 11,12 – 15], V.P. Palienko [16] and S.V. Yarkova [4].

### *Object and methods of research*

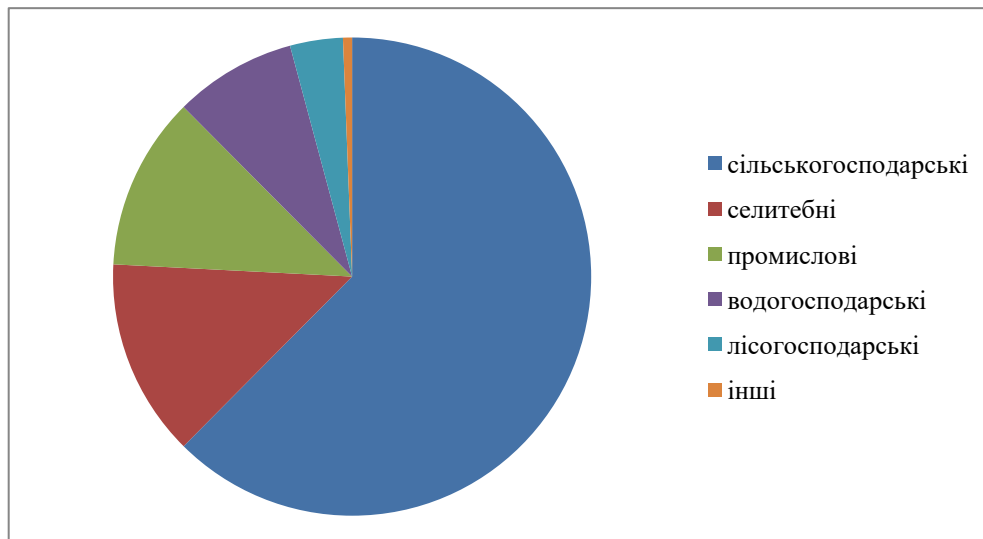
The object of research is Shymaniv and Hanniv dumps. The subject of the study is the reclamation of the surface layer of mining landscapes of Kryvyi Rih landscape technical system. In the analysis of the reclamation of the surface layer of the mining landscapes of Kryvyi Rih landscape technical system (on the example of the Shymaniv and Hanniv dumps) the historical method was applied to

characterize the formation and development of this system. The comparison of Shymaniv and Hanniv dumps was made by using the comparative method. The cartographic method was carried out with the help of the analysis of cartographic materials. The method of anthropogenic landscape forecasting made it possible to predict the prospective changes in Kryvyi Rih landscape technical system.

### *Results and discussion*

Features of the intensive development of mining landscape complexes in the past and nowadays are determined by the functioning of five mining and beneficiation plants within the KLTS: Southern, Northern, Novokryvorizkyi, Central and Inhuletskyi [6]. According to the

Fig. 1, the area of anthropogenic landscapes of KLTS is constantly growing. The percentage of agricultural landscapes occupies (61.2% of the area of the region), residential – 13.1%, industrial – 11.5%, water management – 8.1%, forestry – 3.5%, transport – 2%, others – 0.6% [3].



**Fig. 1** – Areas of antropogenic landscapes on KLTS territory

However, among the anthropogenic landscapes of KLTS the background ones are residential and mining. As a result of the active action of technogenesis on the territory of the KLTS, the residential and mining landscapes are characterized by a double layer. On the territory of Ukraine, two-tiered anthropogenic landscapes also found in the Donetsk, Lviv-Volyn coal basins and the largest not only in

Ukraine, but also in Europe - Kryvyi Rih landscape technical system.

The two-tiered concept is currently rather weakly studied, but observed in anthropogenic landscapes. It is possible to draw through lines between two-tiered and high-altitude differentiation, but these concepts are quite different. High-altitude differentiation is determined by the diversity and change with altitude of



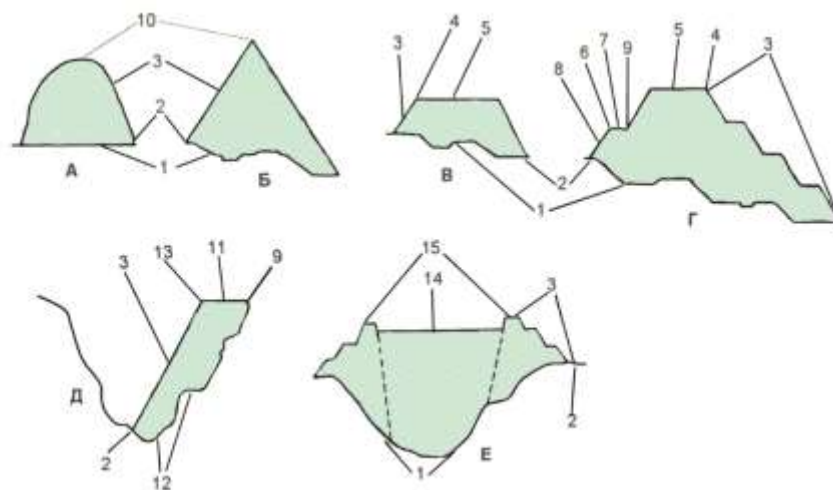
climatic factors and their effect on the vegetation cover, and two-tieredness arises as a result of the action of all landscape-creating factors, primarily lithogenic (geological structure of the territory, relief and their development), climatic, hydrological (functioning of surface waters), hydrogeological (groundwater), soil, plant.

With the development of mining technical progress, there is a common trend of a significant increase in the share of open (quarry) development of deposits and as a result, quarry and tailings complexes are formed, and in turn, the surface layer of KLTS. [3]. Dumps are one of the main forms of anthropogenic relief. They formed with the help of equipment and certain technology because of the following reasons: storage of overburden on the earth's surface, storage on the earth's surface of by-products of mineral enrichment - slurries; storage of overburden, slurries and household waste in spent quarries and mine hoppers [4].

Having analyzed the high-altitude differentiation of territories occupied by mining developments, it increased by 2.1-2.7 times. A low-mountain mining landscape, unique for the steppe zone of Ukraine, was formed with a height difference of up to 620-650 m, that is, a surface layer and underground workings to a depth of more than 1200 m - an underground layer [10].

Shymaniv and Hanniv dumpsites have taken as examples to study the surface layer of the mining landscape of KLTS.

Shymakiv dump belongs to mixed dumps according to the classification of H.I. Denysyk and H.M., namely crushed stone. Such dumps intensively weathered due to their formation and structure. According to the type of terrain, the Shymakiv dump belongs to the plateau-like multi-tiered dump (E), which was formed as a result of auto dumping, and due to this, tiers with a leveled and plateau-like surface were formed (Fig. 1)



Morphological types of dumps: A – comb-strand-shaped; B – tericon; C – single-tier plateau-shaped; D – multi-tiered plateau-shaped; E - sheltered sleeper; F is a multi-tiered plateau-shaped sludge storage facility.

**Fig. 2** – Morphology of KLTS dumps [2]

Shymakiv dump is located in the city of Kryvyi Rih, in the Ingulets district, near the quarry of the Southern Mining and Processing Combine, and has the following geographic coordinates: 47°50'36"N 33°15'54"E. (Fig. 2).

The dump was built by the Southern Mining and Processing Plant in 1960–1967. The height of the Shymakiv dump is 80 m, the

steepness of the slopes is 45–50°, the area of the dump is 2.5 ha.

According to fig. 3 there are the following bulk layers - bands in the geological structure of the dump:

1. The lower accumulative microstrip consists of crystalline rocks that are not

involved in development, limestones, loess-like loams.

2. The middle accumulative – denudation microstrip, which characterized by crushed stone, sand and stone blocks.

3. The upper denudation microstrip is represented by boulders and granites.

The climate of the dump location is moderate – continental, the average temperature in January is 5.1 °C, the average temperature in July is + 22.5 °C, and the average annual temperature is + 10 °C. The highest amount of precipitation falls in June-July - up to 65 mm, the lowest - in February-March - 28 mm, the annual amount of precipitation - up to 483 mm. The height of the snow cover is 10 cm.

As for the study of the surface layer of mining landscapes, loose layers - strips that are recultivated and form altitudinal differentiation - were taken as a basis.

Szymaniv waste dump is now fully reclaimed, the plant communities on the dump are diverse:

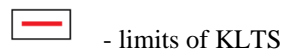
- The lower accumulative strip is represented by mostly tree-shrub vegetation: rake-leaved elm, white and pyramidal poplar, Tatar maple, Austrian wormwood and creeping heather, dog rose, black-fruited dogwood, oval yarrow, common viburnum;

- The middle accumulative-denudation strip (second tier) consists of: narrow-leaved loach,



**Legend:**

- 1- KLTS – Kryvyi Rih landscape and technical system
- 2- Szymanivsky quarry
- 3- Shymaniv dump

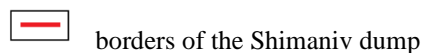


- limits of KLTS

**Fig. 3** – Territorial location of Shymanivske dump

**Legend:**

1. Shimaniv dump    3. sludge storage No.2  
2. career of PdGZK



borders of the Shimaniv dump

**Fig. 4** – Landscape structure of the territory of the Shymakiv dump.

common robinia; raked elm, white mulberry, common apricot, branch tamarisk, white and pyramidal poplar, dog rose;

- The upper accumulative strip (upper tier) consists of red currant, common viburnum, dog rose, black-fruited cotyledon, purple nettle, Danish astragalus, creeping wheatgrass, small sedge, Canadian goldenrod, horse sorrel.

- Synanthropic flora is widespread at the top of the dump: ambrosia, slinky, grindelia, chernoschir, etc.

This differentiation of the vegetation cover is primarily characterized by the fact that the upper parts of the dump are occupied by groups characterized as the most xerophilic. Species in such habitats constantly struggle not only with an extreme lack of moisture, because of the only source is atmospheric precipitation, but also with the poverty of mineral nutrition elements. Material from similar facies, which are similar to plakornym in natural landscapes, are carried both in deeper layers and on the slopes at the foot of the dumps. As a result, the processes of soil formation here are very difficult and retarded, especially in the accumulation of organic matter [2].

Hanniv dump of the Northern Mining and Processing Plant (Northern GZK) is located in the northern part of the city of Kryvyi Rih. 48.16791, 33.49565 (Fig. 4).


The area of biological reclamation is 181.2 ha, currently it can be carried out on the territory of 42.4 ha [14].

According to Fig. 4. Hanniv dump is filled with layers 10-20 m high for loose rocks and 20-40 m for rocky ones.

The height of the dump above the earth's surface is from 10 to 90 m. The dump consists of metamorphic, to a lesser extent, igneous rocks, as well as clays and loams. The size of rock fragments varies from 1  $\mu$ m to less than 1 m. Gravitational differentiation of the material causes the accumulation of large blocks at the foot of the dump, fine-medium-grained material makes up its plateau and slopes. The amount of dusty, fine- and medium-grained material that cements larger fragments is about 41% of the total mass of the waste mass. The Hanniv dump, as well as the adjacent Pershomai dump, is a source of dust pollution of the atmospheric air in nearby urban residential areas (Fig. 5).

Hanniv dump has been fully reclaimed yet, so it would be advisable to apply biological reclamation to improve the surface layer of the dump. The working projects for the reclamation of landfills of Northern GZK [14, 15] provide, mainly, for implementation during the storage of overburden and the formation of the dump. The biological stage of reclamation is carried out by the land user, to whom restored land is

**Legend:**

- |                  |                    |                                      |  |
|------------------|--------------------|--------------------------------------|--|
| 1. Hanniv dump   | 3.- May Day dump   | 5.- Voikiv sludge storage facility   |  - the limits |
| 2. Hanniv quarry | 4.- May Day quarry | 6.- Mykolaiv sludge storage facility |  |

**Fig. 5** – Territorial location of the Gannivsky dump

transferred, at the expense of the company that disturbed the surface layer. The biological stage begins immediately after the technical stage of reclamation.

The technology of biological reclamation depends on its chosen direction, the technology of technical reclamation, the capacity of scree layer and its structure, as well as agrochemical and water-physical properties of rocks located on the restored territory [15]. The selection of the assortment of plants for the creation of artificial forest communities on man-made landscapes is very important. At the first stages of land development, it is most appropriate to grow species that are undemanding to nutrition and moisture, capable of withstanding high temperatures that can exceed 50°C on the surface of the dumps - poplars, narrow-leaved larch, Tatar honeysuckle, etc. Common pine, common oak, white acacia, small-grained birch, common apricot, common ash, common hemlock, Crimean pine, Tatar maple, and other types of tree and shrub cultures are widely used.


To green the slopes of Hanniv dump it is proposed to create row of plantings from a

combination of white acacia and narrow-leaved loach, assuming a distance between plants in a row of 1 m, a distance between rows of 2.5 m, and taking into account that the total area of the slopes of the dumps is 10 hectares.

To ensure maximum germination and normal development of plants, it is necessary to carry out their careful care. Dust removal from the above-ground part of plants is carried out by washing plants with water, water consumption for trees under 10 years of age is 5-10 liters per 1 plant, 10-20 years - 20-30 liters. Care of the soil and the root system of trees and shrubs includes the following operations: loosening the surface of the trunk areas, watering, applying fertilizers. Watering rates: for plants up to 10 years old - 50 liters, older than 10 years - 100-150 liters. The optimal fertilizer is humus, 5-6 kg is applied to the hole; 350-400 g of mineral fertilizers are applied per 1 m of the hole. 3-4 kg of organic fertilizers and 200 g of a mixture of mineral fertilizers are applied under the bush.

Carrying out reclamation works is an expensive measure, but necessary for improving

**Legend:**

1. Hanniv dump      2. Hanniv quarry       - city limits of Kryvyi Rih

**Fig. 6** – Landscape structure of the territory of the Hannivsky dump

the ecological condition of Kryvyi Rih landscape technical system.

Therefore, the following types of trees were selected for the biological reclamation of

the Hanniv dump: white acacia, narrow-leaved larch, small-leaved birch, common apricot, poplar, and white acacia and narrow-leaved larch for greening the slopes.

### *Conclusions*

Therefore, based on the results of the research, it can be proven that the surface layer of the mining landscapes of KLTS was formed as a result of the active action of technogenesis, the areas of mining landscapes are growing every year. By the example of the Shymaniv and Hanniv dumps, it is possible to trace the reclamation of the surface layer of mining landscapes. The Shymaniv dump is currently reclaimed, it belongs to mixed dumps, according to the type of terrain, the Shimaki dump belongs to a plateau-like multi-level dump, built by the Southern Mining and Processing Plant in 1960–1967, has an area of 2.5 hectares and a height of 80 m. The dump was formed due to of automobile tailings, and due to this, tiers with a leveled and plateau-like surface were formed, due to which it is possible to clearly follow the tiering of the dump. Vegetation on Shymaniv dump grows

unevenly, and this is explained by the fact that the plants on the upper tier struggle not only with an extreme lack of moisture, since the only source is atmospheric precipitation, but also with the poverty of mineral nutrients. Hanniv dump, compared to the Shymaniv dump, is not fully rehabilitated, it also belongs to the mixed dumps, the height is 90 m, but it was built by Northern Mining and Processing Plant. During the study of the reclamation of the surface layer of the mining landscapes of KLTS, it was determined that it is necessary to introduce biological reclamation to improve disturbed lands, in order to overcome the man-made situation. A step-by-step biological reclamation technology of the surface layer of mining landscapes of KLTS is proposed for the improvement of the ecological condition of Kryvyi Rih landscape technical system on the example of Hanniv dump.

### *Conflict of interest*

The author declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this manuscript. In addition, the author fully complied with ethical standards, including plagiarism, data falsification, and double publication.

### *References*

1. Voyna, I. M. (2010). Altitude differentiation and diversity of anthropogenic landscapes: monograph. Vinnytsia: VDPU. (in Ukrainian)
2. Denysyk, G. I., & Zadorozhnyia, H. M. (2013). Derivative processes and phenomena in the landscapes of technogenesis zones: monograph. Vinnytsia: Vinnytsia regional printing house. (in Ukrainian)
3. Denysyk, G. I., Kazakov, V. P., & Yarkov, S. V. (2012). Syngensis of plant cover in landscapes of technogenesis zones: monograph. Vinnytsia: PP "Edelweiss and K". (in Ukrainian)
4. Denysyk, G. I., & Koptieva, T. S. (2021). Kryvyi Rih landscape technical system: development, current state, ways of optimization. *Physical geography and geomorphology*. No. 105–107. P. 25–29. <https://doi.org/10.17721/phgg.2021.1-3.03> (in Ukrainian)
5. Kazakov, V.L. (2007). Anthropogenic landscapes of Kryvyi Rih: history of development, structure. Geographical studies of Kryvbas: materials of cathedral research topics. Kryvyi Rih: *Publishing House*. Issue 2. P. 27–35. (in Ukrainian)
6. Koptieva, T.S. (2021). Altitude differentiation and diversity of mining landscapes of Kryvorizhzhia: dissertation. to obtain the scientific degree of Doctor of Philosophy (PhD). Vinnytsia: VDPU. (in Ukrainian)
7. Koptieva, T. S. (2021). Mining landscapes of the Kryvyi Rih landscape and technical system. *Man and environment. Issues of neoecology*, (35), 18–26. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2021-35-02>
8. Koptieva, T.S. (2022). Reclamation and phytoreclamation of disturbed lands of the Kryvyi Rih landscape and technical system: materials of the VII International Congress "Sustainable development: environmental protection. Energy saving. Balanced nature use", October 12-14. Lviv, P. 63-64. (in Ukrainian)
9. Koptieva, T.S. (2022). The history of the formation of two-tiered mining landscapes of the Kryvyi Rih landscape and technical system: materials of the All-Ukrainian scientific conference "Seventh Sumy Scientific Geographical Readings", October 14 - 16, Sumy, P. 134-137. (in Ukrainian)
10. Koptieva, T. S. (2018). Modern mining landscapes of Kryvorizhzhia. Geographical science and education: from ascertainment to constructivism: materials of the International. conference, September 28–29, 2018. Kyiv: *Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine*, P. 84–86. (in Ukrainian)
11. Koptieva, T. S., & Denysyk, B. G. (2021). Quarry and dump landscape systems of Kryvorizhzhia. *Proceedings of the 20-th International Multidisciplinary Scientific GeoConference: Surveying, Geology and Mining, Ecology and Management - SGEM 2020*. Bulgaria. Albena, 665–670. <https://doi.org/10.5593/sgem2020/5.1/s20.082> (in English)
12. Koptieva, T. S. (2022). Soil and vegetation cover of mining landscapes of Kryvyi Rih landscape technical system (on the example of Burschchysk, Shymakiv and Step dumps). Publishing House "Baltija Publishing". 178-203. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-212-8-9> (in English)
13. Kyryliuk, L.M., & Mudrak, O.V. (1999). Altitude differentiation of plain landscapes: the essence and history of research. *Geography and modernity*, pp. 34–39. (in Ukrainian)
14. Reclamation of land plots disturbed by mining operations of the Northern GOK. (2003). Working project. Kryvyi Rih: Severny GOK. (in Russian).
15. Reclamation of land areas disturbed by mining operations of the Northern GOK. (2003). Environmental impact assessment. Working project. Kryvyi Rih: Severny GOK. (in Russian)
16. The current state of fundamental and applied natural sciences research (2022). Scientific monograph. Riga, Latvia: "Baltija Publishing". <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-212-8-9> (in English)
17. Scientific and educational dimensions of natural sciences (2023). Scientific monograph. Riga, Latvia: "Baltija Publishing". <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-289-0-22> (in English)
18. Yarkov, S.V. (2008). Landscape and technical systems of Kryvyi Rih: ecotopic conditions of syngensis. *Physical geography and geomorphology*. (54). 246–254. (in Ukrainian)

The article was received by the editors 27.04.2023

The article is recommended for printing 12.06.2023

Т. С. КОПТЄВА, PhD (Науки про Землю),

викладач кафедри суспільно-економічних дисциплін і географії

e-mail: [koptevatania36@hnpu.edu.ua](mailto:koptevatania36@hnpu.edu.ua) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9405-1674>

Харківський національний педагогічний університет імені Г.С.Сковороди,  
вул. Алчевських, 29, Харків, 61000, Україна

## РЕКУЛЬТАЦІЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЯРУСУ ГІРНИЧОПРОМИСЛОВИХ ЛАНДШАФТІВ ЛАНДШАФТНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ КРИВОГО РОГУ

**Мета.** Дослідити рекультивацию поверхневого ярусу гірничопромислових ландшафтів Криворізької ландшафтно-технічної системи на прикладі Шиманівського та Ганнівського відвалів:

**Методи.** Історичний аналіз, порівняльний, картографічний, метод антропогенно-ландшафтознавчого прогнозу.

**Результати:** Визначено, що Шиманівський відвал складений Південним гірничо-збагачувальним комбінатом 1960–1967рр, відноситься до змішаних відвалів, сформований автомобільною відсипкою і, внаслідок цього утворилися яруси з вирівняною і платоподібною поверхнею. Відвал у геологічній будові має нижню акумулятивну мікросмугу, яка складається із кристалічних порід, які не задіяні з розробками, вапняки, лесоподібні суглинки; середню акумулятивну – денудаційну мікросмугу, якій характерні щебень, супісок, кам'яні брили та верхню денудаційну мікросмугу, яка представлена брилами та гранітами. Відвал є рекультивованим і має сприятливі умови для проростання рослинності. На прикладі Ганнівського відвалу розглянуто можливість раціонального використання поверхневого ярусу гірничопромислових ландшафтів. Ганнівський відвал є змішаним відвалом висотою 90 м, частково рекультивованим. Для проведення біологічної рекультивации Ганнівського відвалу обгрунтовано і запропоновано поетапна технологія біологічної рекультивации задля швидкого пристосування рослин до несвоєрідної місцевості та покращенню порушених земель Криворізької ландшафтно-технічної системи. Розроблені карти та технологія біологічної рекультивации, які відображають поверхневий ярус гірничопромислових ландшафтів Криворізької ландшафтно-технічної системи.

**Висновки:** Поверхневий ярус гірничопромислових ландшафтів Криворізької ландшафтно-технічної системи наявний і потребує детального дослідження задля запобігання деградації порушених земель внаслідок дії гірничодобувної промисловості. На прикладі Шиманівського та Ганнівського відвалів досліджено поверхневий ярус гірничопромислових ландшафтів, виділені яруси, визначено історію формування відвалів, обгрунтовано геолого - геоморфологічні, гідрологічні, кліматичні, ґрунтово - біотичні процеси, які вплинули на утворення поверхневого ярусу відвалів, а також запропоновано поетапна технологія біологічної рекультивации на прикладі Ганнівського відвалу.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *поверхневий ярус, гірничопромисловий ландшафт, Шиманівський відвал, Ганнівський відвал, біологічна рекультивация, мікросмуги*

### Список використаної літератури

1. Война І. М. Висотна диференціяція та різноманіття антропогенних ландшафтів : монографія. Вінниця: ВДПУ, 2010. 220 с.
2. Денисик Г. І., Задорожня Г. М. Похідні процеси та явища в ландшафтах зон техногенезу: монографія. Вінниця: Вінницька обласна друкарня, 2013. 220 с.
3. Денисик Г. І., Казаков В. П., Ярко С. В. Сингенез рослинного покриву у ландшафтах зон техногенезу: монографія. Вінниця: ПП «Едельвейс і К», 2012. 240 с.
4. Денисик Г. І., Коптева Т. С. Криворізька ландшафтно-технічна система: розвиток, сучасний стан, шляхи оптимізації. *Фізична географія та геоморфологія*. 2021. № 105–107. С. 25–29. DOI : <https://doi.org/10.17721/phgg.2021.1-3.03>
5. Казаков В. Л. Антропогенні ландшафти Криворіжжя: історія розвитку, структура. *Географічні дослідження Кривбасу*: матеріали кафедральних науково-дослідницьких тем. Кривий Ріг : Видавничий дім, 2007. Вип.2. С. 27–35.
6. Коптева Т.С. Висотна диференціяція та різноманіття гірничопромислових ландшафтів Криворіжжя: дисер. на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD). Вінниця: ВДПУ, 2021. 163 с.
7. Кортієва Т. S. Mining landscapes of the Kryvyi Rih landscape and technical system *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2021. № 35. С. 18–26. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2021-35-02>
8. Коптева Т.С. Рекультивация та фіторекультивация порушених земель Криворізької ландшафтно-технічної системи: матеріали VII Міжнародний конгрес «Сталий розвиток: захист навколишнього

- середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування», 12 – 14 жовтня 2022 р. Львів, 2022. С. 63 – 64.
9. Коптева Т.С. Історія формування двоярусності гірничопромислових ландшафтів Криворізької ландшафтно-технічної системи: матеріали Всеукраїнської наукової конференції «Сьомі сумські наукові географічні читання», 14 - 16 жовтня 2022 р. Суми, 2022. С. 134-137.
  10. Коптева Т. С. Сучасні гірничопромислові ландшафти Криворіжжя. *Географічна наука та освіта: від констатації до конструктивізму*: матеріали Міжнар. конф., 28–29 вересня 2018 р. Київ: Інститут географії НАН України, 2018. С. 84–86.
  11. Koptieva T. S., Denysyk B. G. Quarry and dump landscape systems of Kryvorizhzhia. *XX-th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Surveying, Geology and Mining, Ecology and Management – SGEM 2020*. Bulgaria. Albena, 2021, 665–670. DOI: <https://doi.org/10.5593/sgem2020/5.1/s20.082>
  12. Koptieva T. S. Soil and vegetation cover of mining landscapes of Kryvyi Rih landscape technical system (on the example of Burshchytskyi, Shymakivskyi and Stepovyi dumps). Publishing House «Baltija Publishing». 2022, 178-203. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-212-8-9>
  13. Кирилюк Л. М., Мудрак О. В. Висотна диференціація рівнинних ландшафтів: суть та історія дослідження. *Географія і сучасність*. 1999. С. 34–39.
  14. Рекультивация земельных участков, нарушенных горными работами Северного ГОКа. Рабочий проект. Кривой Рог: Северный ГОК, 2003.
  15. Рекультивация земельных участков, нарушенных горными работами Северного ГОКа. Оценка воздействия на окружающую среду. Рабочий проект. Кривой Рог: Северный ГОК, 2003.
  16. The current state of fundamental and applied natural sciences research: Scientific monograph. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2022. 384 p. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-212-8-9>
  17. Scientific and educational dimensions of natural sciences : Scientific monograph. Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. 740 p. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-289-0-22>
  18. Ярков С.В. Ландшафтно-технічні системи Кривого Рогу: екологічні умови сингенезу. *Фізична географія та геоморфологія*. 2008. № 54. С. 246–254.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2023

Стаття рекомендована до друку 12.06.2023



DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-06>

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](mailto:bezsonny@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8089-7724>  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
майдан Свободи, 4, м. Харків, Україна 61022

## МЕТОД АНАЛІЗУ ВРАЗЛИВОСТІ ВОДНИХ РЕСУРСІВ У НЕСТАБІЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ НА ОСНОВІ ЕНТРОПІЙНОГО ПІДХОДУ

**Мета.** Синтез методу аналізу вразливості водних ресурсів на основі ентропії зв'язку на підставі визначення факторів водної системи, розглядаючи у взаємозв'язку антропогенну соціально-економічну систему та систему «людина-довкілля» та аналізу процесів трансформації водної системи в мінливому середовищі.

**Результати.** Проаналізовано механізм вразливості водних ресурсів у мінливому середовищі. Встановлено структуру вразливості водних ресурсів на основі чутливості, природної стійкості та штучної адаптації шляхом аналізу чотирьох станів водної системи: чутливий стан, пошкоджений стан, стан відновлення та стан рівноваги та супутніх процесів трансформації. Запропоновано метод аналізу вразливості водних ресурсів на основі ентропії зв'язку, що розширює концепцію контактної ентропії. Ступінь вразливості водних ресурсів щодо мінливого середовища можна розділити на п'ять рівнів з 11 індексами: низький (I), незначний (II), помірний (III), високий (IV) і екстремальний (V). Розрахунок контактної ентропії показує приблизне значення контактної ентропії  $S$  із діапазоном  $(-1,314; 1,314)$ . Цей інтервал ділиться на п'ять частин:  $[0,877; 1,314)$ ,  $[0,292; 0,877)$ ,  $[-0,292; 0,292)$ ,  $[-0,877; -0,292)$ ,  $(-1,314; -0,877)$ , позначаючи низький (I), незначний (II), помірний (III), високий (IV) та надмірний (V) ступені вразливості водних ресурсів відповідно.

**Висновки.** Стан водної системи зазвичай змінюється від пошкодженого до відновлення через природні чинники, після чого відбувається перехід від стану відновлення до стану рівноваги переважно через штучні фактори. Перше визначається як природна стійкість, а друге – як штучне пристосування. Результати цього механізму пропонують необхідне розуміння вразливості водних ресурсів у мінливому середовищі, механізм процесу трансформації між чотирма станами є центром подальших досліджень.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** вразливість водних ресурсів, ентропія зв'язку, зміна середовища, парний аналіз множини

**Як цитувати:** Безсонний В. Л. Метод аналізу вразливості водних ресурсів у нестабільному середовищі на основі ентропійного підходу. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2023. Вип. 39. С. 65 - 76. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-06>

**In cites:** Bezsonnyi, V. L. (2023). Method for analyzing the vulnerability of water resources in an unstable environment based on the entropy approach. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (39), 65 - 76. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-06> (In Ukrainian)

### Вступ

Концепція вразливості сягає своїм корінням у географію та дослідження природних небезпек, більше того — це ступінь ймовірності пошкодження системи через вплив небезпеки [1, 2]. На сьогодні вразливість вважається центральною концепцією в багатьох інших дослідницьких контекстах,

включаючи антропологію, соціологію, економіку, аерографію, екологію, управління та науку про сталий розвиток [3]. Існують дві ключові точки зору на вразливість водних ресурсів.

Перша полягає у дослідженні вразливості водних об'єктів певних типів, таких як

поверхневій воді, підземній воді, джерел питної води тощо. Так представлено глобальний аналіз вразливості міського водопостачання в 70 містах [4], що мають водопостачання з поверхневих джерел, у базовому стані (2010 р.) та майбутньому сценарії (2040 р.), який враховував збільшення попиту внаслідок зростання міського населення та прогнозованого сільськогосподарського попиту за нормальних кліматичних умов, але не враховував зміни клімату. Оцінено вразливість підземних вод [5] до забруднення внаслідок антропогенної діяльності та вторгнення морської води на основі більш надійного «індексу глобального ризику», а параметричні методи DRASTIC і GALDIT потім були пов'язані з новим індексом землекористування. Також визначено внутрішню вразливість підземних вод від забруднення за допомогою платформи ГІС і застосовано модель DRASTIC для району Ахмедабад в Гуджараті (Індія) [6], що також сприяє підтвердженню існування більш високих концентрацій забруднюючих речовин/індикаторів щодо статусу вразливості підземних вод району дослідження. Просторово нанесено на карту та проаналізовано водний слід Флагстаффа (Аризона, США) [7], використовуючи базу даних гідроелектрики США на рівні округу, яка може надати міським службам можливість операціоналізувати інформацію про водний слід міста для зменшення вразливості і підвищення стійкості. Оцінено потенційні наслідки зміни клімату та вразливість джерел води для підтримки прийняття обґрунтованих рішень у Мехіко [8]. Представлено кількісну національну оцінку доступності та вразливості води в містах для 225 міст США з населенням понад 100000 осіб [9]. Розроблений індекс вразливості водних ресурсів, представлений в роботі [10], стосується ринку водокористувачів та включає в себе показники вразливості обумовлені попитом і пропозицією.

Інша точка зору стосується дослідження вразливості та факторів, що впливають на водні системи. Розглядається також соціально-еколого-економічна система у взаємозв'язку «людина-довкілля». Основна мета цієї точки зору полягає в оцінці ступеню того, наскільки система сприйнятлива чи ні до несприятливих наслідків зміни клімату. Це включає мінливість клімату та екстремальні явища, враховані Міжурядовою

групою експертів зі зміни клімату (ІРСС) [11]. Крім того, зазначено, що вразливість до зміни клімату залежить від характеру, величини та швидкості кліматичних змін, яким піддається система, її здатності реагувати та адаптуватися. Індекс вразливості до зміни клімату як функцію фізичної вразливості, чутливості та здатності до адаптації представлено в роботі [12], а також обговорено його взаємозв'язок із підтримкою політики пом'якшення наслідків зміни клімату. А в роботі [13] встановлено структуру вразливості шляхом оцінки вразливості ( $V$ ) як функції впливу ( $E$ ), чутливості ( $S$ ) і адаптаційної здатності ( $AC$ ), де вплив на  $V$  за допомогою  $E$  і  $S$  можна узагальнити як зовнішні впливи ( $EL$ ). Результат оцінки вказує на різницю між поточною ситуацією та обраним сценарієм змін. Також представлено багатофункціональну систему індикаторів ієрархії [14], засновану на чутливості та адаптивності, і створено модель оцінки, модель аналітичного ієрархічного процесу, що об'єднує парний аналіз (АНПСА). Модель АНПСА використана для оцінки вразливості водних ресурсів Пекіна (Китай). Розроблено узагальнену методологічну основу оцінки вразливості для підтримки механізму спільного прийняття рішень у галузі управління водними ресурсами [15], приділяючи особливу увагу адаптації до зміни клімату. Це на додаток до полегшення роботи тих, хто активно працює в галузі управління водними ресурсами в країнах, що розвиваються, шляхом переходу до оперативних рішень. Також представлено контури формальної структури вразливості до зміни клімату, розробленої на основі граматичного дослідження [16], яке впливає з повсякденного значення вразливості до технічного споживання в контексті зміни клімату. Розроблено індекс вразливості водних ресурсів країни, який є сукупністю соціально-економічних і природних компонентів [17]. Цей підхід об'єднує позицію на рівні країни, враховуючи при цьому пов'язані з цим проблеми з енергією та продовольством, які можуть зменшити вразливість водних ресурсів. Проаналізовано стан вразливості системи водних ресурсів у Равалпінді та Ісламабаді (Пакистан) за допомогою аналітичного процесу ієрархії [18], маючи на увазі складний, інтегрований, комплексний та ієрархічний характер оцінки вразливості водних ресурсів. Концептуальну основу та

термінологію вразливості представлено в [3], що дає змогу розробити стислу характеристику будь-якої концепції вразливості та ключові відмінності між різними концепціями. Таким чином, подолано розрив між різними традиціями дослідження вразливості.

Мета роботи – синтез двох розглянутих вище дослідницьких поглядів. Для цього необхідно: визначити фактори водної системи, розглядаючи у взаємозв'язку антропогенну соціально-економічну систему та систему «людина-довкілля»; проаналізувати чотири процеси трансформації водної системи

в мінливому середовищі: чутливий стан, пошкоджений стан, стан відновлення та стан рівноваги.

Ключовий вплив природних факторів визначено як природна стійкість, яка пов'язана з переходом від пошкодженого стану до стану відновлення. Основна дія штучних факторів визначається як штучна адаптація, спрямована на перехід від стану відновлення до стану рівноваги. Також проведені дослідження вразливості водних ресурсів за чутливістю до синтезу ( $S$ ), природної стійкості ( $R$ ) та штучної адаптації ( $A$ ).

### *Механізм вразливості водних ресурсів у мінливому середовищі.*

Дослідження вразливості приділяють значну увагу реакції та стійкості антропогенної соціально-економічної системи у відповідь на небезпечні ситуації. Відповідно, поняття вразливості повинно включати вплив, чутливість, адаптацію та стійкість, коли система порушена, зруйнована або зазнала впливу. Розглянемо концепцію вразливості водних ресурсів, яка є станом системи водних ресурсів, у якій нормальна структура та функція порушуються мінливим середовищем. Вразливість також включає в себе чутливість і адаптацію до порушень і руйнування в мінливому середовищі, здатність переносити і справлятися з такими змінами, а також рівень стійкості до пошкоджень [12-14, 19].

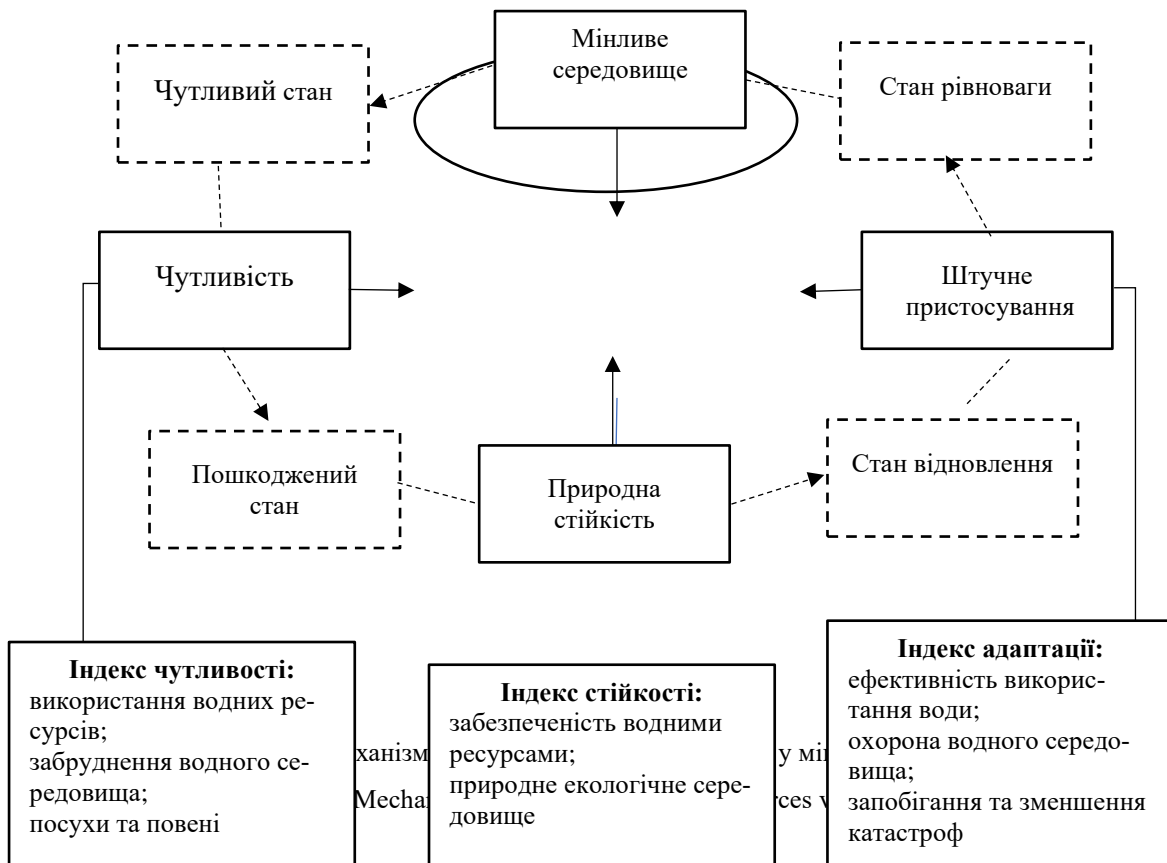
У механізмі трансформації водна система може перебувати в чотирьох станах: чутливий стан, пошкоджений стан, стан відновлення та стан рівноваги. Водна система зазнає змін через втручання та руйнування мінливого навколишнього середовища, на додаток до впливу факторів зміни навколишнього середовища. Таким чином, можна сказати, що система водопостачання знаходиться в чутливому стані. Ступінь зміни чутливого стану є результатом чутливості водних ресурсів [20], вираженою чутливими факторами. Можна сказати, що водна система перебуває в пошкодженому стані внаслідок втручання та руйнування навколишнього середовища. У цьому сценарії водна система здатна саморегулюватися та відновлюватися через системні фактори, наприклад, такими як забезпеченість водними ресурсами та природне екологічне середовище. Ця здатність до саморегулювання та відновлення називається природною стійкістю, яка є адаптацією у відповідь на вплив середовища [20].

Природна стійкість – це потужність водної системи, хоча вона має відносну слабкість. Система здатна до самовідновлення, коли ступінь пошкодження слабкий, але, перебуваючи в пошкодженому стані, вона не може відповідати вимогам соціально-економічного розвитку та екологічного середовища, якщо пошкодження перевищує природну здатність відновлення. Саме з цієї причини ми повинні зменшити потребу у воді разом із соціально-економічним розвитком та екологічним середовищем шляхом коригування людської поведінки та режиму соціально-економічного розвитку. Це робиться за допомогою поліпшення, наприклад, екологічного середовища для адаптації до пошкодженого стану, що визначається як штучна або соціальна адаптація. Штучна адаптація – це здатність водних систем, людей, соціальної економіки та довкілля пристосовуватися до потенційної шкоди, використовувати можливості або реагувати на наслідки [21]. Ступінь пошкодження водної системи постійно зменшується шляхом спільної дії природного відновлення та штучної адаптації, крім того, що система є системою відносної рівноваги. Цей стан рівноваги є динамічним, коли система перебуває в мінливому середовищі. Найкращим станом для відновлення пошкодженої водної системи є стан до зміни навколишнього середовища. Загалом, досягти оптимального стану досить важко, тому може бути легшою справою сформулювати нову водну систему в мінливому середовищі. Механізм вразливості водних ресурсів у мінливому середовищі представлений на рис. 1.

**Чутливість.** Водні системи зазнають впливу навколишнього середовища та

руйнування. До таких факторів впливу на-самперед належать використання водних ре-сурсів, забруднення водного середовища, по-сухи та повені. Чутливість водних ресурсів визначається і виражається індексом чутли-вості, який розглядає рівень використання води (тобто співвідношення споживання води до наявності водних ресурсів),

інтенсивність викидів промислових стічних вод (скидання промислових стічних вод до ВВП), скидання стічних вод на душу насе-лення (скидання побутових стічних вод на загальну кількість населення), а також част-ка економічних втрат від водних лих у ВВП (економічні збитки від посух і повеней у ВВП), табл. 1.



Індекс чутливості водних ресурсів

Таблиця 1

Sensitivity Index of water resources

Table 1

Фактор чутливості	Індекс чутливості
Використання водних ресурсів ( $x_1$ )	Рівень використання води (%)
Забруднення водного середовища ( $x_2, x_3$ )	Інтенсивність викидів промислових стічних вод ( $t/10^4$ ) Скидання стічних вод на душу населення ( $t/особу$ )
Посуха і повені ( $x_4$ )	Частка економічних збитків від водних катастроф у ВВП (%)

Запропоновано функцію чутливості водних ресурсів  $S(x)$  для кількісного визна-чення чутливості, яка виражається наступ-ним чином:

$$S(x) = S(x_1, x_2, x_3, x_4) \quad (1)$$

де  $S(x)$  – чутливість водних ресурсів,

$x_1$  – коефіцієнт використання води;  
 $x_2$  – інтенсивність викидів промислових сті-чних вод;  
 $x_3$  – скид стічних вод на душу населення;  
 $x_4$  – частка економічних втрат від водних лих до ВВП.

**Природна стійкість.** Водна система переходить у пошкоджений стан через втручання та руйнування навколишнього середовища. Пошкоджена водна система здатна саморегулюватися та відновлюватися за допомогою запасу водних ресурсів, екологічної якості води, якості екологічного середовища та інших факторів, спрямованих на відновлення пошкодженої водної системи. Ця здатність до саморегулювання та відновлення

пошкодженої водної системи обумовлена та виражається індексом стійкості, який розглядає одиницю площі доступних водних ресурсів (тобто співвідношення наявних водних ресурсів до національної територіальної площі), якість поверхневих вод навколишнього середовища (тобто коефіцієнт обводнення ділянки моніторингу) та лісистість (табл. 2).

Індекс стійкості водних ресурсів  
Sustainability Index of of water resources

Таблиця 2

Table 2

Фактор стійкості	Індекс стійкості
Забезпеченість водними ресурсами ( $x_5$ )	Доступна кількість водних ресурсів на одиницю площі ( $10^4 \cdot \text{м}^3/\text{км}^2$ )
Екологічна якість води ( $x_6$ )	Якість поверхневих вод (%)
Екологічна якість довкілля ( $x_7$ )	Лісистість (%)

Для кількісної оцінки природної стійкості пропонується функція природної стійкості водних ресурсів  $R(x)$ , яка виглядає таким чином:

$$R(x) = R(x_5, x_6, x_7) \quad (2)$$

де  $x_5$  — доступна вода на одиницю площі ресурсів;

$x_6$  — якість середовища поверхневих вод;

$x_7$  — лісистість.

**Штучна адаптація.** Природна стійкість водних ресурсів обмежена. Водна система залишається в пошкодженому стані, коли збиток перевищує природну здатність відновлення. У цій ситуації необхідно вживати заходів, щодо адаптації до змін навколишнього середовища, наприклад, підвищуючи ефективність використання води, посилюючи захист водного середовища, запобігаючи стихійним лихам і зменшуючи їх з метою адаптації до пошкодженого стану. Ця штучна адаптація обумовлена і виражається адаптивним індексом, який включає в себе

споживання води на одиницю ВВП (відношення споживання води до ВВП), рівень відповідності промислових стічних вод і ступінь очищення міських стічних вод (стандарт скиду промислових стічних вод) та міські стічні води, а також економічні вигоди від контролю за повеннями та боротьби з посухами (економічні вигоди від запобігання та пом'якшення наслідків стихійних лих) табл. 3.

Запропоновано функцію штучної адаптації водних ресурсів  $A(x)$  для кількісної оцінки штучної адаптації, яка представлена рівнянням:

$$A(x) = A(x_8, x_9, x_{10}, x_{11}) \quad (3)$$

де  $x_8$  — споживання води на одиницю ВВП;

$x_9$  — рівень відповідності промислових стічних вод;

$x_{10}$  — швидкість очищення міських стічних вод;

$x_{11}$  — економічні вигоди від повеней контроль і боротьба з посухою.

Адаптивний індекс водних ресурсів

Таблиця 3

Adaptive index of water resources

Table 2

Адаптивний фактор	Адаптивний індекс
Ефективність використання води ( $x_8$ )	На одиницю ВВП споживання води ( $\text{м}^3/10^4$ )
Охорона водного середовища ( $x_9, x_{10}$ )	Рівень відповідності промислових стічних вод (%) Рівень очищення міських стічних вод (%)
Запобігання та зменшення катастроф ( $x_{11}$ )	Економічні переваги боротьби з повеннями та посухою ( $10^8$ )

**Вразливість водних ресурсів у мінливому середовищі.** Вразливість водних ресурсів у мінливому середовищі ( $V$ ) є синтетичним ефектом трьох елементів, а саме чутливості водних ресурсів ( $S$ ), природної стійкості ( $R$ ) та штучної адаптації ( $A$ ), і виглядає таким чином:

$$V(x) = f[S(x), R(x), A(x)] \quad (4)$$

де  $V$  – вразливість водних ресурсів у мінливому середовищі;  
 $S(x)$  – чутливість;  
 $R(x)$  – природна стійкість;  
 $A(x)$  – штучна адаптація.

### Методологія ентропійного підходу

**Ентропія** — це поняття, яке широко використовується в природничих і соціальних науках. Воно було розроблено і вдосконалено у цих галузях, незважаючи на те, що є простим описом термодинамічної концепції, яка бере свій початок у фізичних дослідженнях. Еволюція ентропії є, по суті, розширенням «стану», який є «функцією стану» в термодинаміці. Ентропія необхідна для того, щоб охарактеризувати атрибути функції всього стану з використанням методу «математичної аналогії». Визначення ентропії зв'язку також пропонується методом «математичних аналогій».

Поняття ентропії було введено в термодинаміку Клаузіусом у 1854 році. Спочатку він використовував термін «значення еквівалентності» для визначення цього поняття. З погляду статистичної механіки ентропія системи дорівнює логарифму числа  $W$  доступних мікростанів, що відповідають макроскопічному стану цієї системи:

$$S = k \ln W \quad (5)$$

де  $k$  – постійна Больцмана;

$W$  – кількість мікростанів, що відповідають заданому рівноважному макростану.

Використання інтуїтивно зрозумілої логарифмічної міри для інформації вперше введено Хартлі [22], ним висунуто припущення, що самоінформативність події зростає зі зростанням її невизначеності, це додатково означає, що ймовірність появи цієї події зменшується. У цьому відношенні  $S$  називають мірою невизначеності.

Шредінгер [23] висунув припущення щодо локального зменшення ентропії для живих систем, коли ( $1/D$ ) представляє собою стани, які перешкоджають випадковому розподілу:

$$-S = k \ln(1/D) \quad (6)$$

де  $D$  – кількість можливих енергетичних станів у системі, які можуть бути випадковим чином заповнені енергією.

Крім того,  $D$  вказує на міру безладу, а його зворотне значення  $1/D$  можна розглядати як пряму міру порядку.

У 1948 році Шеннон [24] опублікував свою відому статтю під назвою «Математична теорія комунікації», в якій він ввів ентропію дискретного розподілу ймовірностей ( $p_1, p_2, \dots, p_n$ ), подаючи функцію  $H$  такого вигляду:

$$H = -K \sum_{i=1}^n p_i \log p_i \quad (7)$$

де  $K$  – додатна константа, що, відіграє центральну функцію в теорії інформації як міри інформації, вибору та невизначеності [24].

У 1972 році дослідники [25] знову оприлюднили концепцію ентропії для скінченних нечітких множин, подібну до ентропії Шеннона, хоча й концептуально зовсім іншу, де діапазон є набором невід'ємних дійсних чисел.

У 1992 році [26] запропоновано концепції ідентичної ентропії, ентропії розбіжності, ентропії протилежності та ентропії зв'язку на основі визначення традиційної ентропії для вимірювання ідентичності, різноманітності, протилежностей та асоціативності систем, які містять  $n$  пар множин.

**Ентропія зв'язку.** Аналіз пар множин (АПМ) – це новий підхід до системного аналізу, запропонований [1]. АПМ розглядає як визначеність, так і невизначеність як систему з метою проведення аналізу ідентичних розбіжностей і протилежностей, а також подальшого кількісного математичного аналізу з використанням кількості зв'язків. Завдяки своєму реалістичному підходу до роботи з невизначеністю АПМ знайшов широке застосування в соціології, економіці, інженерних технологіях та менеджменті, і приніс численні результати досліджень [14, 27-30].

У випадку окремих питань було проведено аналіз ідентичності, розбіжності та протилежності пар наборів “ $H$ ” для заданих умов, які описують зв’язок між визначеністю та невизначеністю. Вираз відносно пари множин “ $H$ ” представлено таким чином [1]:

$$u = a + bI + cJ \quad (8)$$

де  $a, b, c \in [0, 1]$  і  $a + b + c = 1$ ;  
 $a$  – ідентичний ступінь пари множин  $H$ ;  
 $b$  – ступінь невідповідності;  
 $c$  – зворотний ступінь;  
 $I$  – коефіцієнт невідповідності,  $I \in [-1, 1]$ ;  
 $J$  – коефіцієнт зворотності, який дорівнює  $-1$ , іноді його можна розглядати лише як знак протилежності.

У цьому випадку досягається  $n$  ступенів зв’язку:  $u_1 = a_1 + b_1I_1 + c_1J_1$ ,  $u_2 = a_2 + b_2I_2 + c_2J_2$ , ..., та  $u_n = a_n + b_nI_n + c_nJ_n$  шляхом аналізу  $n$  пар множин.

Ідентична ентропія визначається наступним чином:  $S_s = \sum_{i=1}^n a_i \ln a_i$ , ентропія невідповідності так:  $S_f = \sum_{i=1}^n b_i \ln b_i \times I$ , зворотна ентропія:  $S_p = \sum_{i=1}^n c_i \ln c_i \times J$ , а ентропія зв’язку наступним чином [1]:

$$S = S_s + S_f + S_p = \sum_{i=1}^n a_i \ln a_i + \sum_{i=1}^n b_i \ln b_i \times I + \sum_{i=1}^n c_i \ln c_i \times J \quad (9)$$

Ентропія — це «функція стану» системи, яка вважається мірою випадковості або безладу. Варіація термодинамічної ентропії розглядалася як міра варіації недоступної енергії. Статистична ентропія характеризуватиме (відносно макростану, відповідно до наданого закону ймовірності) нашу невизначеність щодо набору всіх мікроскопічних експериментів, які можуть бути задумані.

### Метод аналізу вразливості водних ресурсів на основі ентропії зв’язку

Як представлено в рівнянні (8), число зв’язків встановлюється на основі відмінностей: ідентичності, невідповідності і зворотності, що називають числом зв’язків ідентичності-невідповідності-зворотності.

На практиці недостатньо розділити описаний об’єкт на три компоненти, тому важливо розширити базовий вираз контактного числа (рівняння (8)), щоб включити більше вимірів, які називають пластичністю з’єднання. Число, що розширює число зв’язків визначається [31]:

Інформація про ентропію Шеннона є мірою невизначеності або інформацією про випадкові події. Точніше, це міра невизначеності результатів тесту до тесту рандомізації або обсягу інформації в події, що слідує після події. Нечітка ентропія є мірою нечіткості системи.

Таким же чином, ідентична ентропія є мірою безладу. Крім того, ентропія невідповідності є мірою порядку, а зворотна ентропія є хаотичною мірою невизначених систем [23]. Невідповідність включає тотожні та протилежні ступені зв’язку, тому ентропія невідповідності є комплексною ентропією, яка містить ідентичну ентропію та зворотну ентропію. Різницю можна відокремити за допомогою пластичності ступеня зв’язку. Таким чином, ентропія поділяється на ідентичну ентропію, ентропія невідповідності та зворотну ентропію.

Досить важливо покращити кореляційну ентропію, як це визначено в [1], оскільки логарифмічна функція не має смислу, якщо  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , дорівнюють нулю у ступені зв’язку. Загальний вираз покращення ентропії зв’язку наводиться наступним чином:

$$S = \sum_{i=1}^n a_i \ln(a_i + e) + \sum_{i=1}^n b_i \ln(b_i + e) \times I + \sum_{i=1}^n c_i \ln(c_i + e) \times J \quad (10)$$

де  $S_s = \sum_{i=1}^n a_i \ln(a_i + e)$  – ідентична ентропію;

$S_f = \sum_{i=1}^n b_i \ln(b_i + e) \times I$  – ентропія невідповідності;

$S_p = \sum_{i=1}^n c_i \ln(c_i + e) \times J$  – зворотна ентропія.

$$u = (a_1 + a_2 + \dots + a_r) + (b_1I_1 + b_2I_2 + \dots + b_sI_s) + (c_1J_1 + c_2J_2 + \dots + c_tJ_t) \quad (11)$$

де  $a_x, b_y, c_z$  – компоненти зв’язку,  $a_x, b_y, c_z \in [0, 1]$ ;

$\sum a_x + \sum b_y + \sum c_z = 1$ ;

$I_1, I_2, \dots, I_s$  – коефіцієнти невідповідності,  $I_1, I_2, \dots, I_s \in [-1, 1]$ ;

$J_1, J_2, \dots, J_t$  – коефіцієнти зворотних ступенів, що дорівнюють мінус одиниці.

На основі рівняння (11) число зв'язків та побудова ієрархічної структури числа зв'язків ідентичності-невідповідності-зворотності можна виразити таким чином:

$$u = a_1 + a_2 + b_1 I_1 + b_2 I_2 + b_3 I_3 + c_1 J_1 + c_2 J_2 \quad (12)$$

де  $a_1$  і  $a_2$  представляють ідентичний ступінь і частковий диференціал ідентичного ступеню, відповідно, і їх коефіцієнти можна вважати одиничними.

$b_1 I_1, b_2 I_2$  та  $b_3 I_3$  вказують частково подібні, середні та частково протилежні ступені невідповідності, відповідно, а їх коефіцієнти  $I_1 \in [-1, 0], I_2 \in [-0,5, 0,5],$  та  $I_3 \in [0, 1];$

$c_1 J_1$  та  $c_2 J_2$  – частковий диференціал зворотного ступеню і зворотний ступінь відповідно, а  $J_1, J_2$  є їхніми коефіцієнтами, які регулюються таким чином, щоб бути рівними мінус одиниці.

Вразливість водних ресурсів зазвичай поділяється на п'ять рівнів [14, 19], і припускаючи, що  $x_{ij} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$  позначає індексну вибірку, а  $s_{kj} (k = 0, 1, 2, \dots, 5)$  порогове значення стандарту, число зв'язків методу ієрархії ідентичності-невідповідності-зворотності описується таким чином [31]:

$$\begin{cases} \frac{x_{ij}-s_{1j}}{2(s_{0j}-s_{1j})} + 0.5 + \frac{x_{0j}-s_{1j}}{2(s_{0j}-s_{1j})} I_1 + 0I_2 + 0I_3 + 0J_1 + 0J_2, & x_{ij} \in \text{рівень I} \\ 0 + \frac{x_{ij}-s_{2j}}{2(s_{1j}-s_{2j})} + 0.5I_1 + \frac{x_{1j}-s_{2j}}{2(s_{1j}-s_{2j})} I_2 + 0I_3 + 0J_1 + 0J_2, & x_{ij} \in \text{рівень II} \\ 0 + 0 + \frac{x_{ij}-s_{3j}}{2(s_{2j}-s_{3j})} I_1 + 0.5I_2 + \frac{x_{2j}-s_{3j}}{2(s_{2j}-s_{3j})} I_3 + 0J_1 + 0J_2, & x_{ij} \in \text{рівень III} \\ 0 + 0 + 0I_1 + \frac{x_{ij}-s_{4j}}{2(s_{3j}-s_{4j})} I_2 + 0.5I_3 + \frac{x_{3j}-s_{4j}}{2(s_{3j}-s_{4j})} 0J_1 + 0J_2, & x_{ij} \in \text{рівень IV} \\ 0 + 0 + 0I_1 + 0I_2 + \frac{x_{ij}-s_{5j}}{2(s_{4j}-s_{5j})} I_3 + 0.5J_1 + \frac{x_{4j}-s_{5j}}{2(s_{4j}-s_{5j})} 0J_2, & x_{ij} \in \text{рівень V} \end{cases} \quad (13)$$

де  $x_{ij}$  – значення  $i$ -ї вибірки в  $j$ - му індексі;  
 $s_{kj} (k = 0, 1, 2, \dots, 5)$   $k$ -й стандарт значення вузла в тому самому індексі;  
 $I_1, I_2, I_3, J_1, J_2$  – теж саме, що у рівнянні (12).

**Ентропія зв'язку індексу вразливості.** Індекс вразливості водних ресурсів розглядається як множина  $A = \{x_{ij} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)\}$ , а пороги ступеня вразливості розглядаються як множина  $B_k = \{s_{kj} (k = 0, 1, 2, \dots, 5)\}$ ; після цього два набори складають пару  $H_k = (A, B_k)$ .

Число зв'язків індексу вразливості за рівнянням (13), а потім і ентропія зв'язку індексу вразливості описані таким чином:

$$\begin{aligned} S_{ij} = & a_{1ij} \ln(a_{1ij} + e) + a_{2ij} \ln(a_{2ij} + e) + \\ & + b_{1ij} \ln(b_{1ij} + e) \times I_1 + b_{2ij} \ln(b_{2ij} + e) \times I_2 + \\ & + b_{3ij} \ln(b_{3ij} + e) \times I_3 + \\ & + c_{1ij} \ln(c_{1ij} + e) \times J_1 + \\ & + c_{2ij} \ln(c_{2ij} + e) \times J_2 \end{aligned} \quad (14)$$

де  $S_{s1} = a_{1ij} \ln(a_{1ij} + e)$  – ідентична ентропія;  
 $S_{s2} = a_{2ij} \ln(a_{2ij} + e)$  – критична ідентична ентропія;

$S_{f1} = b_{1ij} \ln(b_{1ij} + e) \times I_1$  – верхня ентропія невідповідності;

$S_{f2} = b_{2ij} \ln(b_{2ij} + e) \times I_2$  – передбачає середня ентропія невідповідності;

$S_{f3} = b_{3ij} \ln(b_{3ij} + e) \times I_3$  – нижня ентропію невідповідності;

$S_{p1} = c_{1ij} \ln(c_{1ij} + e) \times J_1$  є – критична зворотна ентропію;

$S_{p2} = c_{2ij} \ln(c_{2ij} + e) \times J_2$  – зворотна ентропія.

**Синтез зв'язку ентропії вразливості водних ресурсів.** Загалом, відповідно до значущості індексу вразливості, надаються відповідні ваги для інтегрованої вразливості. Отже, використовуючи переваги адитивно-зваженого методу синтезу (методу середнього), мультиплікативно-зваженого методу синтезу (методу геометричного середнього) або адитивно-мультиплікативно-зваженого методу синтезу [32–35], ентропія зв'язку одного індексу помножується з метою генерації інтегрованого зв'язку ентропії  $S_i$ . Це виражається як:

$$S_i = \prod_{j=1}^m w_j \times S_{ij} \quad (15)$$

де  $\Pi$  – метод синтезу системи;  
 $w_j$  – вага  $j$ - го індексу вразливості.



**Критерій прийняття рішення щодо вразливості водних ресурсів.** Ступінь вразливості водних ресурсів щодо мінливого середовища можна розділити на п'ять рівнів з 11 індексами: низький (I), незначний (II), помірний (III), високий (IV) і екстремальний (V). Розрахунок контактної ентропії за допомогою рівняння (14) показує приблизне

значення контактної ентропії  $S$  із діапазоном  $(-1,314; 1,314)$ . Цей інтервал ділиться на п'ять частин:  $[0,877; 1,314)$ ,  $[0,292; 0,877)$ ,  $[-0,292; 0,292)$ ,  $[-0,877; -0,292)$ ,  $(-1,314; -0,877)$ , позначаючи низький (I), незначний (II), помірний (III), високий (IV) та надмірний (V) ступені вразливості водних ресурсів, відповідно.

### Висновки

Розглянуто механізм вразливості водних ресурсів у мінливому середовищі. Увагу зосереджено на аналізі чотирьох ключових станів водної системи: чутливий стан, пошкоджений стан, стан відновлення та стан рівноваги. Стан водної системи зазвичай змінюється від пошкодженого до відновлення через природні чинники, після чого відбувається перехід від стану відновлення до стану

рівноваги переважно через штучні фактори. Перше визначається як природна стійкість, а друге – як штучне пристосування. Результати цього механізму пропонують необхідне розуміння вразливості водних ресурсів у мінливому середовищі, механізм процесу трансформації між чотирма станами є центром майбутніх досліджень.

### 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. Zhao K.Q. Set Pair Analysis and Preliminary Application; *China Science Technology Press*: Hangzhou, China, 2000.
2. Turner B.L., II; Kasperson R.E.; Matson P.A.; McCarthy J.J.; Corell R.W.; Christensen L.; Eckley, N.; Kasperson J.X.; Luers A.; Martello M.L.; et al. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2003. Vol. 100. P. 8074–8079. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>
3. Fussler H.M. Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Glob. Environ. Chang.* 2007. Vol. 17. P. 155–167. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.05.002>
4. Padowski J.C.; Gorelick S.M. Global analysis of urban surface water supply vulnerability. *Environ. Res. Lett.* 2014. Vol. 9. 104004. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/104004>
5. Allouchea N.; Maanab M.; Gontaraa M.; Rollob N.; Jmala I.; Bouria S. A global risk approach to assessing groundwater vulnerability. *Environ. Model. Softw.* 2017. Vol. 88. P. 168–182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.11.023>
6. Khakhar M.; Ruparelia J.P.; Vyas A. Assessing groundwater vulnerability using GIS-based DRASTIC model for Ahmedabad district, India. *Environ. Earth Sci.* 2017. Vol. 76. P. 440. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6761-z>
7. Rushforth R.R.; Ruddell B.L. The vulnerability and resilience of a city's water footprint: The case of Flagstaff, Arizona, USA. *Water Resour. Res.* 2016. Vol. 52. P. 2698–2714. DOI: <https://doi.org/10.1002/2015WR018006>
8. Martinez S.; Kralisch S.; Escolero O.; Perevochtchikova M. Vulnerability of Mexico City's water supply sources in the context of climate change. *J. Water Clim. Chang.* 2015. Vol. 6. P. 518–533. DOI: <https://doi.org/10.2166/wcc.2015.083>
9. Padowski J.C.; Jawitz J.W. Water availability and vulnerability of 225 large cities in the United States. *Water Resour. Res.* 2012. Vol. 48. DOI: <https://doi.org/10.1029/2012WR012335>
10. Sullivan C.A. Quantifying water vulnerability: A multi-dimensional approach. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.* 2011. Vol. 25. P. 627–640. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00477-010-0426-8>
11. McCarthy J.J.; Canziani O.F.; Leary N.A.; Dokken D.J.; White K.S. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2001.
12. Safi A.S.; Smith W.J.; Liu Z. Vulnerability to climate change and the desire for mitigation. *J. Environ. Stud. Sci.* 2016. Vol. 6. P. 503–514. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13412-016-0384-7>

13. Liersch S.; Cools J.; Kone B.; Koch H.; Diallo M.; Reinhardt J.; Fournet S.; Aich V.; Hattermann F.F. Vulnerability of rice production in the Inner Niger Delta to water resources management under climate variability and change. *Environ. Sci. Policy* 2013. Vol. 34. 18–33. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.10.014>
14. Yang X.H.; Sun B.Y.; Zhang J.; Li M.S.; He J.; Wei Y.M.; Li Y.Q. Hierarchy evaluation of water resources vulnerability under climate change in Beijing, China. *Nat. Hazards*. 2016. Vol. 84. P. 63–76. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1932-2>
15. Gain A.K.; Giupponi C.; Renaud F.G. Climate Change Adaptation and Vulnerability Assessment of Water Resources Systems in Developing Countries: A Generalized Framework and a Feasibility Study in Bangladesh. *Water*. 2012. Vol. 4. P. 345–366. DOI: <https://doi.org/10.3390/w4020345>
16. Ionescu C.; Klein R.J.T.; Hinkel J.; Kumar K.S.K.; Klein R. Towards a Formal Framework of Vulnerability to Climate Change. *Environ. Model. Assess.* 2009. Vol. 14. P. 1–16. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10666-008-9179-x>
17. Al-Saidi M.; Birnbaum D.; Buriti R.; Diek E.; Hasselbring C.; Jimenez A.; Woinowski D. Water Resources Vulnerability Assessment of MENA Countries Considering Energy and Virtual Water. *Procedia Eng.* 2016. Vol. 145. P. 900–907. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.117>
18. Shabbir R.; Ahmad S.S. Water resource vulnerability assessment in Rawalpindi and Islamabad, Pakistan using Analytic Hierarchy Process (AHP). *J. King Saud Univ. Sci.* 2016. Vol. 28. P. 293–299. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2015.09.007>
19. Pan Z.; Jin J.; Wu K.; Res K.D. Earch on the Indexes and Decision Method of Regional Water Environmental System Vulnerability. *Resour. Environ. Yangtze Basin*. 2014. Vol. 23. P. 518–525. DOI:<http://dx.doi.org/10.11870/cjlyzyyhj201404011>
20. Field C.B.; Barros V.R.; Dokken D.J.; Mavh K.J.; Mastrabrea M.D.; Bili, T.E.; Chatterjee M.; Ebi K.L.; Estrada Y.O.; Genova R.C.; et al. (Eds.) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summaries, Frequently Asked Questions, and Cross-Chapter Boxes. A Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; World Meteorological Organization: Geneva, Switzerland, 2014.
21. Hassan R.; Scholes R.; Ash N. (Eds.) Appendix D: Glossary. In *Ecosystems and Human Well-being: Current States and Trends*; Island Press: Washington, DC, USA. 2005. Vol. 1. P. 893–900.
22. Hartley R.V. Transmission of Information. *Bell Syst. Tech. J.* 1928. Vol. 7. P. 535–563. DOI:<http://dx.doi.org/10.1002/j.1538-7305.1928.tb01236.x>
23. Schrödinger E. *What Is Life? The Physical Aspects of Living Cell*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1944.
24. Shannon C.E. A mathematical theory of communication. *Bell Syst. Tech. J.* 1948. Vol. 27. 379–423. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
25. De Luca A.; Termini S. A definition of a nonprobabilistic entropy in the setting of fuzzy sets. *Inf. Control*. 1972. Vol. 20. P. 301–312. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0019-9958\(72\)90199-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0019-9958(72)90199-4)
26. Zhao K. Study on set pair analysis and entropy. *J. Zhejiang Univ.* 1992. Vol. 6, 65–72.
27. Su M.R.; Yang Z.F.; Chen B. Set pair analysis for urban ecosystem health assessment. *Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul.* 2009. Vol. 14. 1773–1780. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cnsns.2007.07.019>
28. Wang W.; Jin J.; Ding J.; Li Y. A new approach to water resources system assessment—Set pair analysis method. *Sci. China Ser. E Technol. Sci.* 2009. Vol. 52. P. 3017–3023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11431-009-0099-z>
29. Kumar K.; Garg H. TOPSIS method based on the connection number of set pair analysis under interval-valued intuitionistic fuzzy set environment. *Comput. Appl. Math.* 2016. P. 1–11. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s40314-016-0402-0>
30. Pan Z.; Wang Y.; Jin J.; Liu X. Set pair analysis method for coordination evaluation in water resources utilizing conflict. *Phys. Chem. Earth* 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2017.05.009>
31. Pan Z.; Wu C.; Jin J. *Set Pair Analysis Methods for Water Resource System Evaluation and Prediction*; Science Press: Beijing, China, 2016.
32. Jin J.; Wei Y. *Generalized Intelligent Evaluation Method for Complex System and Its Application*; Science Press: Beijing, China, 2008.
33. Безсонний В. Л. Третьяков О.В., Пляцук Л.Д., Некос А.Н. Ентропійний підхід до оцінки екологічного стану водотоку. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2022. Вип. 27. С. 6–19. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2022-27-01>
34. Безсонний В., Третьяков О., Шерстюк М., Некос А. Термодинамічні аспекти системного підходу в екології. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2022. № 57. С. 268–281. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-20>
35. Безсонний В.Л. Методика оцінки екологічного стану водойми на основі ентропійно зваженого індексу якості води. *Екологічні науки : науково-практичний журнал*, 2023. № 2(47). С. 44–48. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.2-47.7>

Стаття надійшла до редакції 04.05.2023

Стаття рекомендована до друку 11.06.2023

V. L. BEZSONNYI, PhD (Technical),

Associate Professor of the Department of Environmental Safety and Environmental Education

e-mail: [bezsonny@gmail.com](mailto:bezsonny@gmail.com), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8089-7724>

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

## METHOD FOR ANALYZING THE VULNERABILITY OF WATER RESOURCES IN AN UNSTABLE ENVIRONMENT BASED ON THE ENTROPY APPROACH

**Purpose.** The synthesis of the method of analyzing the vulnerability of water resources based on the entropy of the connection based on the determination of the factors of the water system, considering the relationship between the anthropogenic socio-economic system and the "man-environment" system and the analysis of the transformation processes of the water system in a changing environment.

**Results.** The mechanism of vulnerability of water resources in a changing environment is analyzed. The structure of the vulnerability of water resources is established based on sensitivity, natural resistance and artificial adaptation by analyzing the four states of the water system: the sensitive state, the impaired state, the recovery state and the equilibrium state, and accompanying transformation processes. A method for analyzing the vulnerability of water resources based on contact entropy is proposed, which extends the concept of contact entropy. The degree of vulnerability of water resources to the changing environment can be divided into five levels with 11 indices: low (I), insignificant (II), moderate (III), high (IV) and extreme (V). Calculation of the contact entropy shows an approximate value of the contact entropy  $S$  with a range of  $(-1.314; 1.314)$ . This interval is divided into five parts:  $[0.877; 1.314)$ ,  $[0.292; 0.877)$ ,  $[-0.292; 0.292)$ ,  $[-0.877; -0.292)$ ,  $(-1.314; -0.877)$ , indicating low (I), insignificant (II), moderate (III), high (IV) and excessive (V) degrees of vulnerability of water resources, respectively.

**Conclusions.** The state of a water system usually changes from impaired to restored due to natural factors, followed by a transition from a state of restoration to a state of equilibrium mainly due to artificial factors. The first is defined as natural resilience, and the second as artificial adaptation. The results of this mechanism offer a necessary understanding of the vulnerability of water resources in a changing environment, the mechanism of the transformation process between the four states is the focus of further research.

**KEYWORDS:** *vulnerability of water resources, connection entropy, change of environment, pairwise set analysis*

### References

1. Zhao, K.Q. (2000). Set Pair Analysis and Preliminary Application; *China Science Technology Press*: Hangzhou, China.
2. Turner, B.L., II; Kasperson, R.E., Matson, P.A., McCarthy, J.J., Corell, R.W., Christensen, L., Eckley, N., Kasperson, J.X., Luers, A., Martello, M.L., Polsky, C., Pulsipher, A., & Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 100, 8074–8079. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>
3. Füssel, H.M. (2007). Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Glob. Environ. Chang.*, 17, 155–167. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.05.002>
4. Padowski, J.C., & Gorelick, S.M. (2014). Global analysis of urban surface water supply vulnerability. *Environ. Res. Lett.*, 9, 104004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/104004>
5. Allouchea, N., Maanab, M., Gontaraa, M., Rollob, N., Jmala, I., & Bouria, S. (2017). A global risk approach to assessing groundwater vulnerability. *Environ. Model. Softw.*, 88, 168–182. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.11.023>
6. Khakhar, M., Ruparelia, J.P., & Vyas, A. (2017). Assessing groundwater vulnerability using GIS-based DRASTIC model for Ahmedabad district, India. *Environ. Earth Sci.*, 76, 440. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6761-z>
7. Rushforth, R.R., & Ruddell, B.L. (2016). The vulnerability and resilience of a city's water footprint: The case of Flagstaff, Arizona, USA. *Water Resour. Res.*, 52, 2698–2714. <https://doi.org/10.1002/2015WR018006>
8. Martinez, S., Kralisch, S., Escolero, O., & Perevochtchikova, M. (2015). Vulnerability of Mexico City's water supply sources in the context of climate change. *J. Water Clim. Chang.*, 6, 518–533. <https://doi.org/10.2166/wcc.2015.083>
9. Padowski, J.C., & Jawitz, J.W. (2012). Water availability and vulnerability of 225 large cities in the United States. *Water Resour. Res.*, 48. <https://doi.org/10.1029/2012WR012335>
10. Sullivan, C.A. (2011). Quantifying water vulnerability: A multi-dimensional approach. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.*, 25, 627–640. <https://doi.org/10.1007/s00477-010-0426-8>
11. McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., & White, K.S. (2001). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press: Cambridge, UK.
12. Safi, A.S., Smith, W.J., & Liu, Z. (2016). Vulnerability to climate change and the desire for mitigation. *J. Environ. Stud. Sci.*, 6, 503–514. <https://doi.org/10.1007/s13412-016-0384-7>

13. Liersch, S., Cools, J., Kone, B., Koch, H., Diallo, M., Reinhardt, J., Fournet, S., Aich, V., & Hattermann, F.F. (2013). Vulnerability of rice production in the Inner Niger Delta to water resources management under climate variability and change. *Environ. Sci. Policy*, 34, 18–33. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.10.014>
14. Yang, X.H., Sun, B.Y., Zhang, J., Li, M.S., He, J., Wei, Y.M., & Li, Y.Q. (2016). Hierarchy evaluation of water resources vulnerability under climate change in Beijing, China. *Nat. Hazards*, 84, 63–76. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1932-2>
15. Gain, A.K., Giupponi, C., & Renaud, F.G. (2012). Climate Change Adaptation and Vulnerability Assessment of Water Resources Systems in Developing Countries: A Generalized Framework and a Feasibility Study in Bangladesh. *Water*, 4, 345–366. <https://doi.org/10.3390/w4020345>
16. Ionescu, C., Klein, R.J.T., Hinkel, J., Kumar, K.S.K., & Klein, R. (2009). Towards a Formal Framework of Vulnerability to Climate Change. *Environ. Model. Assess.*, 14, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s10666-008-9179-x>
17. Al-Saidi, M., Birnbaum, D., Buriti, R., Diek, E., Hasselbring, C., Jimenez, A., & Woinowski, D. (2016). Water Resources Vulnerability Assessment of MENA Countries Considering Energy and Virtual Water. *Procedia Eng.*, 145, 900–907. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.117>
18. Shabbir, R., & Ahmad, S.S. (2016). Water resource vulnerability assessment in Rawalpindi and Islamabad, Pakistan using Analytic Hierarchy Process (AHP). *J. King Saud Univ. Sci.*, 28, 293–299. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2015.09.007>
19. Pan, Z., Jin, J., Wu, K., & Res, K.D. (2014). Earch on the Indexes and Decision Method of Regional Water Environmental System Vulnerability. *Resour. Environ. Yangtze Basin*, 23, 518–525. <http://dx.doi.org/10.11870/cjlyzyyhj201404011>
20. Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mavh, K.J., Mastrabrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., et al. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summaries, Frequently Asked Questions, and Cross-Chapter Boxes. A Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, World Meteorological Organization: Geneva, Switzerland.
21. Hassan, R., Scholes, R., & Ash, N. (2005). Appendix D: Glossary. In *Ecosystems and Human Well-being: Current States and Trends*, Island Press: Washington, DC, USA, 1, pp. 893–900.
22. Hartley, R.V. (1928) Transmission of Information. *Bell Syst. Tech. J.*, 7, 535–563. <http://dx.doi.org/10.1002/j.1538-7305.1928.tb01236.x>
23. Schrödinger, E. (1944). *What Is Life? The Physical Aspects of Living Cell*, Cambridge University Press: Cambridge, UK.
24. Shannon, C.E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell Syst. Tech. J.*, 27, 379–423. <http://dx.doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
25. De Luca, A., & Termini, S. (1972). A definition of a nonprobabilistic entropy in the setting of fuzzy sets. *Inf. Control.*, 20, 301–312. [http://dx.doi.org/10.1016/S0019-9958\(72\)90199-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0019-9958(72)90199-4)
26. Zhao, K. (1992) Study on set pair analysis and entropy. *J. Zhejiang Univ.*, 6, 65–72.
27. Su, M.R., Yang, Z.F., & Chen, B. (2009). Set pair analysis for urban ecosystem health assessment. *Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul.*, 14, 1773–1780. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cnsns.2007.07.019>
28. Wang, W., Jin, J., Ding, J., & Li, Y. (2009). A new approach to water resources system assessment—Set pair analysis method. *Sci. China Ser. E Technol. Sci.*, 52, 3017–3023. <http://dx.doi.org/10.1007/s11431-009-0099-z>
29. Kumar, K., & Garg, H. (2016). TOPSIS method based on the connection number of set pair analysis under interval-valued intuitionistic fuzzy set environment. *Comput. Appl. Math.*, 1–11. <http://dx.doi.org/10.1007/s40314-016-0402-0>
30. Pan, Z., Wang, Y., Jin, J., & Liu, X. (2017). Set pair analysis method for coordination evaluation in water resources utilizing conflict. *Phys. Chem. Earth*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2017.05.009>
31. Pan, Z., Wu, C., & Jin, J. (2016). *Set Pair Analysis Methods for Water Resource System Evaluation and Prediction*, Science Press: Beijing, China.
32. Jin, J., & Wei, Y. (2008). *Generalized Intelligent Evaluation Method for Complex System and Its Application*, Science Press: Beijing, China.
33. Bezsonnyi, V. L., Tretyakov, O. V., Plyatsuk, L. D., & Nekos, A. N. (2022). Entropy approach to assessment of the ecological state of a water course. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*, (27), 6–19. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2022-27-01>
34. 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>
35. Bezsonnyi, V.L. (2023). Methods of assessment of the ecological status of a water body based on the entropy-weighted index of water quality. *Ecological Sciences: a scientific and practical journal*. 2(47), 44–48. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.2-47.7>

The article was received by the editors 04.05.2023

The article is recommended for printing 11.06.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-07>

UDK 502.175:551.521(477.46-21Ума)

**S. P. OGILKO,**

Graduate Student of the Department of Ecology and Life Safety

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

*Uman National University of Horticulture,*

1, Instytutska Str., Uman, 20305, Ukraine

## **MONITORING OF THE RADIATION BACKGROUND OF THE CITY OF UMAN: AFTER 10 YEARS**

**Purpose.** Assess the possibility of using radiation background indicators for environmental monitoring.

**Methods.** Empirical; modeling; comparative.

**Results.** The main methodological approach is the assumption of the possibility of applying the concept of noospheric ecosystems (in particular, infraecosystems) for monitoring studies. Dangerous impact with a possible increase in the radiation background on the territory of the Uman NUS can be caused by enterprises: extraction and processing of decorative and building stone, limestone, gypsum, chalk and clay shale, sand, gravel, clay and kaolin. This impact can occur mainly through the products used in the improvement of the city of Uman and have a slightly higher radiation background (0.23-0.28 Mzv). Supplementing the database with new information, as well as their comparison using EGIS tools, allowed us to identify certain patterns in the change in radiation background values over the past 10 years (2013-2023): in most medical centers, which are located either in the area of private development or far from busy highways, the overall picture of radiation background values did not change significantly.

**Conclusions.** Repeated (after 10 years) measurements of the radiation background confirmed the conclusions of previous studies regarding purely natural or purely anthropogenic sources of small doses of radionuclides entering the environment within the city of Uman.

**KEY WORDS:** *monitoring, radiation background, communication routes, pollution, morbidity, ecological*

**Як цитувати:** Ogilko S. P. Monitoring of the radiation background of the city of Uman: after 10 years. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології.* 2023. Вип. 39. С. 77 - 86. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-07>

**In cites:** Ogilko S. P. (2023). Monitoring of the radiation background of the city of Uman: after 10 years. *Man and Environment. Issues of Neoeology*, (39), 77 - 86. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-07>

### *Introduction*

Changes in the environment occur under the influence of natural and biosphere factors caused by human activity. Understanding these changes is impossible without distinguishing anthropogenic processes against the background of natural ones. For this purpose, they organize special observations of various parameters of the biosphere, which change as a result of anthropogenic activity [1]. Observing the environment, assessing its actual state and forecasting its development for the future are the essence of monitoring. The dynamics of changes

in the radiation background of the city of Uman were also interesting to us because similar studies were conducted at the Department of Ecology and Life Safety of the Uman National University of Science and Technology 10 years ago. And then a fairly significant contribution of the anthropogenic component to the value of the radiation background was established [2].

In fact, most people associate the city of Uman with the Arboretum "Sophiivka" and thereby evoke associations of an ecologically clean area. At the same time, on the territory of

the mentioned arboretum and around it, there are outcrops of Precambrian granites, which have a fairly significant natural radiation background. In previous studies, a close correlation between the values of the natural radiation background and the dynamics of the incidence of neoplasms in the population turned out to be unexpected. Therefore, knowing the values of the radiation background, localized by a certain address binding, it becomes possible to make certain forecasts of the dynamics of morbidity in certain territories. Solving such problems lies within the realm of many Earth sciences - geology, physical geography, medical geography. At the same time, the contribution to the meaning of the radiation background of the anthropogenic component, noted in previous studies, should connect the approaches of social geography and geo-urbanism to our analysis.

The indicated problems do not limit the range of our scientific interests. Actually, environmental monitoring of communication routes, which is the main problem of our research, logically includes problems of environmental quality along the main roads. Surveys of the radiation background were conducted by us directly along the communication routes, but within the limits of the city of Uman. We plan to use the results of these studies as a methodical technique when surveying larger territories (Cherkasia Region).

Actually, the relevance of our research is determined by these problems.

The main goal set by the author is to

assess the possibility of using radiation background indicators for environmental monitoring of communication routes (highways).

Therefore, the object of the study is the territory of the city of Uman.

The subject of the research is the comfort of the urban environment, investigated with the help of modern methods of environmental monitoring, in particular through the indicators of the radiation background measured along the communication routes.

Tasks that were set during the research:

- by studying literary sources, justify the need for monitoring the environment at the local level and determine its main tasks, in particular, investigate the dynamics of changes in the radiation background over 10 years;

- to study the conditions, objects and substantiate the research methodology;

- with the help of data from previous publications, carry out a preliminary assessment of possible sources of radiation radiation in the territory of the city of Uman;

- apply the possibilities of modern GIS technologies in monitoring studies of the territory of the city of Uman, in particular, the elementary GIS methodology developed at the Department of Ecology and Life Safety of the Uman National University of Science and Technology;

- to conduct a comparative analysis of the results of monitoring the radiation background of the territory of the city of Uman 10 years ago and today.

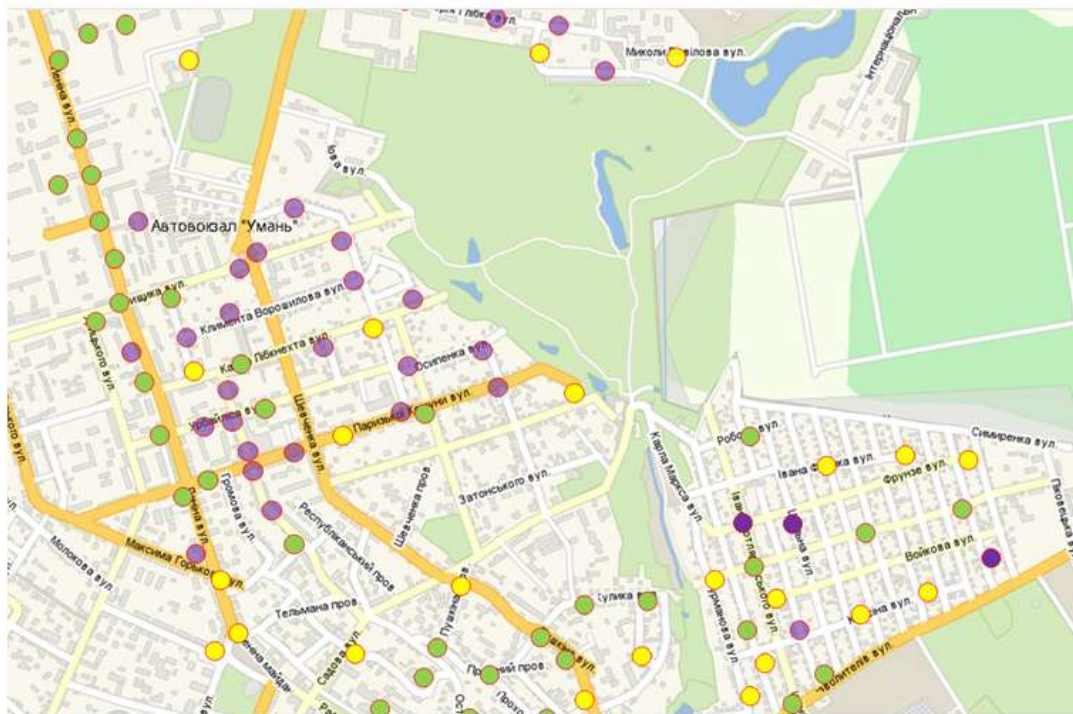
### *Research methodology*

Monitoring surveys at the local level, in particular, the city (as in our case) should be carried out according to an extended program that includes measurements not only on the territory of the city, but also outside its borders, as well as at different heights above the city. This is necessary in order to assess the range and height of the spread of harmful impurities from cities, their influence on the change in concentrations in the entire vital layer in the territory of the city or in the entire industrial district.

According to the generally accepted method of monitoring at the local level [3], observation posts are located at the intersections of streets with busy traffic, at regular major highways, at different distances from powerful industrial enterprises or industrial sites according to the prevailing wind direction. Posts are also located in residential areas of various types of buildings, in public recreation areas, on the territories of schools and kindergartens, in landforms (hills and depressions), in the area of the weather station. The selected points should be located as evenly as possible throughout the

city on sites with a dust-free regime or in ventilated places. To detect the impact of the city on the surrounding area, it is also advisable to install one stationary post at a distance of 1-3 km from the city on the windward side in the prevailing wind direction and at a distance of 2-5 km. The authors of the studies conducted in

2013-2014 followed these exact requirements. In particular, more than 300 measurement points of the radiation background were designated on the territory of the city of Uman (Fig. 1). Measurements were made using two devices "BELLA" and "TERRA-P" (to reduce the measurement error).



**Fig. 1** – Measurement points of the radiation background in the territory of the city of Uman (fragment)

Therefore, our task was made easier, because there was no need to choose the measurement points again. They were already appointed. However, to facilitate the further comparison of data for 2013 and 2023, we have developed a corresponding database in the form of tables (Tabl. 1). The coordinates of the points and their height above sea level were determined using the tools of the popular and publicly available program "Google Earth". In particular, we deliberately included the value of height above sea level in the database due to the fact that in previous studies the slope of the terrain could affect geochemical processes in the urban landscape. For example, in work [4], the

moderately dangerous areas were assigned to sites No. 6, 23, 29, 33 and 37, where the indicators are within the range of 0.16-0.22 (from the incidence level) and 0.19-0.22  $\mu\text{Sv}/\text{hour}$  (from the radiation background level). The reasons for such a radiation background at sites No. 33 and No. 37 are that they are located near the bulk cargo unloading area of the Uman railway station, which has been in operation for more than 40 years (coal, granite chips, mineral fertilizers, etc.). During this time, various radioactive particles accumulated on the soil surface, which can cause an increased radioactive background. The increased radiation background at site No. 29 is explained by the

Table 1

Database for conducting a comparative analysis of radiation background values (fragment) when the water converges from sites No. 33 and No. 37 to site No. 29.

ID №	Address binding of radiation background measurement points	Latitude coordinates (N)	Longitude coordinates (E)	Altitude (m)	Value of radiation background (mSv) in 2013	Value of radiation background (mSv) in 2023	Belonging to a medical ward (number of the medical ward according to the map)
Medical ward No. 9							
1/9	St. Lisna	48°45'42"	30°13'20"	218	>0.23	<b>0,27</b>	9
2/9	St. Tishchika	48°45'37"	30°13'14"	225	>0.23	<b>0,28</b>	9
3/9	Corner of St. Tyshchika - str. Kirova	48°45'40"	30°13'27"	210	>0.23	<b>0,25</b>	9
4/9	St. Voroshilov	48°45'35"	30°13'29"	213	>0.23	<b>0,25</b>	9
5/9	St. Liebknecht	48°45'33"	30°13'37"	210	>0.23	<b>0,27</b>	9
6/9	prov. Palanin	48°45'29"	30°13'24"	222	>0.23	<b>0,28</b>	9
7/9	Corner of St. Liebknekhta - Kirova	48°45'31"	30°13'31"	217	0.18 - 0.23	<b>0,24</b>	9
8/9	Corner of St. Gogol - Osypenka	48°45'27"	30°13'37"	218	>0.23	<b>0,24</b>	9

fact that the sloping topography of this part of the city promotes the biogeochemical migration of radioactive and toxic substances, due to rain showers, when water runs from sites No. 33 and No. 37 to site No. 29.

The second important part of the research methodology was the use of elementary GIS (EGIS), implemented in the standard MS Office package, in particular, MS Word. The sequence of instrumental operations in EGIS is described in [5], so we will not dwell on it in detail. The main ones are:

- vectorization from a detailed raster map (Google Maps) of the territory of the city of Uman (the scale is not deliberately indicated, as the Google Maps toolkit allows you to use almost unlimited scaling possibilities in both directions);

- plotting the measurement points of the radiation background (according to the results of previous studies);

- creation of a database with the assignment of an ID for each point (Tabl. 1);
- creation of a search and reference system using the tool "MS Word" "hint" (Fig. 2);
- comparative analysis of current measurement values with previous ones (10 years ago).

Measurements of the radiation background were carried out by us with the help of the "TERRA-P" dosimeter by traveling by car along routes that included predetermined points (Fig. 1).

The author tries to fit the above methodological techniques into a rather unusual methodological scheme for monitoring studies [6]. In particular, we consider the connection paths along which the measurements were carried out as "infraecosystems", or ecosystems that have a linear spatial configuration and along which specific ecosystem relations are formed. This methodological approach is outlined in the studies of Professor Sonko S.P. and confirmed in other works [7] and we fully adhere to it.



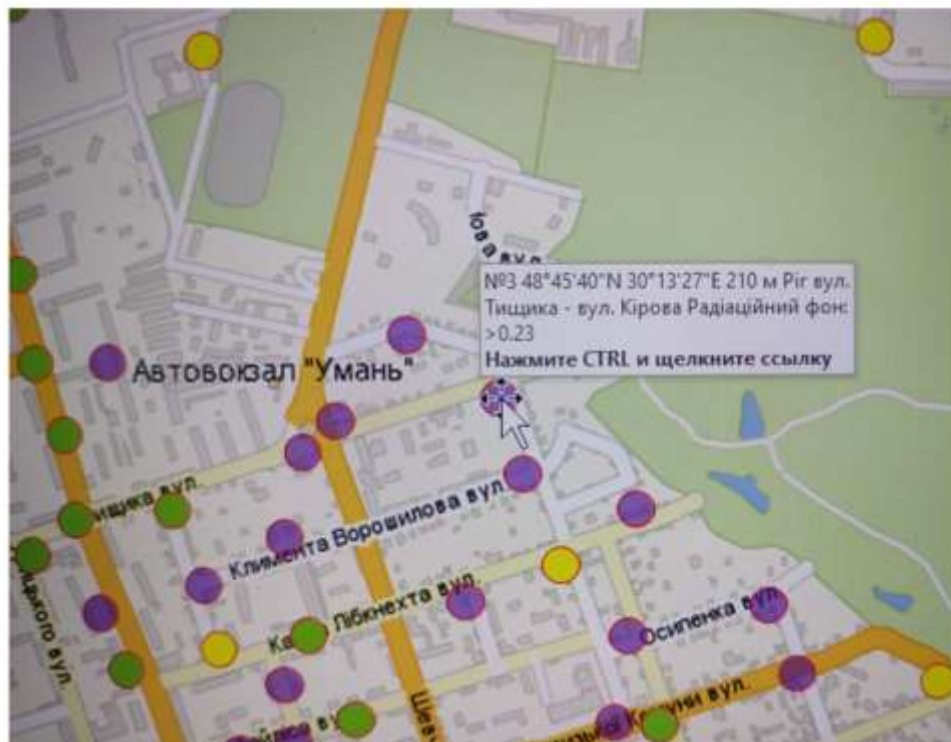


Fig. 2 – Creating a search and help system using the "hint" tool (fragment)

In the future, the author will not limit himself to measurements of the radiation background, but will try to investigate the dynamics of spatial changes in linear ecosystems

in a larger area (Cherkasy region) depending on distance towards landscapes typical for a certain area (mainly anthropogenic).

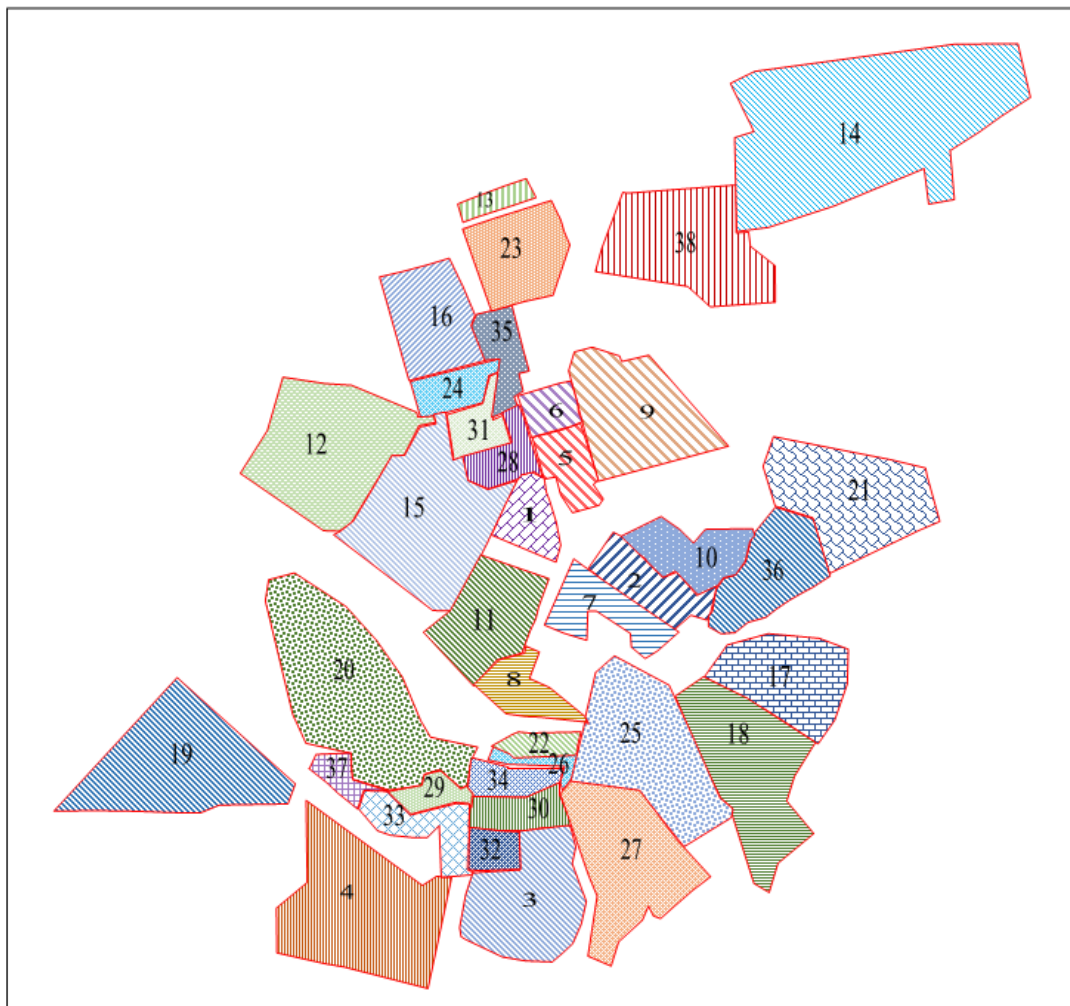
### *Research results*

The map of medical districts of the city of Uman, of which there are 38 (Fig. 3), became the cartographic basis for the research. According to the requirements [8], about 2,000 residents are attached to each of the medical districts, whose health is taken care of by district doctors. As a matter of fact, this connection to medical districts became the basis for easier formalization of information in the database (Tabl. 1).

Further reform of the health care system slightly changed the status of both district doctors and health care institutions. Today, the health of citizens is not taken care of by district doctors, but by family doctors, however, the distribution of the number of residents per doctor has hardly changed. Despite the fact that we did

not conduct medical-geographical studies due to the lack of data on the incidence of the population, we consider it appropriate to link the updated data (for the year 2023) precisely to the borders of the medical districts, as this will help in the future to establish a connection between the incidence and radiation background to those researchers who are interested in this problem.

The first stage of our research was familiarization with possible sources of environmental pollution. In particular, with productions that (at a certain concentration of the finished product or waste) can be a source of a slight increase in the radiation background. In particular, in previous studies [9] it was established that the storage of bulk goods such as coal, mineral fertilizers, gravel, crushed stone can be a source of a slight



**Fig. 3** – The boundaries of medical districts of the city of Uman (as of 2013-2014)

increase in the radiation background. In addition, temporary sources of a slight increase in radiation can be food waste (for example, potato husks or wood) obtained from products grown in radiation-contaminated regions [9].

According to the estimates of specialists of the Department of Ecology and Natural Resources of the Cherkasy Regional State Administration [10], the main polluters of the environment in the territory of the city of Uman and its surroundings are PJSC "Umansky Zavod "Megometr", Uman (production of instruments and equipment for measurement, research and navigation);

- PJSC "Umanfermmash", Uman (production of machines and equipment for agriculture and forestry);

- "SerNik and Co" LLC, Uman (production of bricks, tiles and other construction products from fired clay);

- PE "Uman Factory of Reinforced Concrete Products", Uman (production of reinforced concrete products);

- ABZ of the branch "Umansky RAD" SE "Cherkasky Oblavtodor" OJSC "State Joint Stock Company "Automobilni dorogi Ukrainy", Uman city (construction of roads and freeways);

- PJSC "Umansky "Agroshlyahbud", p. Pikivets, Umansky district (construction of roads and highways);

- OJSC "Umanavtodor", Uman (construction of roads and highways);

- PrJSC "Technology", Uman (production of basic pharmaceutical products);

- PJSC "Vitaminy", Uman (production of basic pharmaceutical products);

There are 28 gas stations operating in the territory of the city of Uman and the Uman district, which trade in solid, liquid, gaseous fuel and similar products.

17 registered landfills also operate on the territory of the Uman district. They can have a harmful effect on the territory of the city of Uman due to the accumulation of both household and some construction waste, which can be a potential source of radiation.

Enterprises that discharge waste water into the rivers of the district operate on the territory of the Uman district. It:

- KP "Umanvodokanal" the volume of discharge of return water into the Umanka River in 2016 was 2,538.0 thousand m<sup>3</sup>/year, including the amount of pollutants discharged together with return water, 885,774 t/year;

- LLC "Umanskiy Grankarrier" discharged return water into the Umanka River in 2016, 31.0 thousand m<sup>3</sup>/year, including the amount of pollutants discharged together with return water 5.01 t/year;

- Starobabaniv correctional colony No. 92, the volume of return water discharge into the Revukha River in 2016 was 189.0 thousand m<sup>3</sup>/year, including the amount of pollutants discharged together with return water, 3.37 t/year.

There are 6 registered and 11 non-registered waste disposal sites of category B (hazardous) in the Uman district[4].

From the listed economic facilities, the following may cause a possible dangerous influx with a possible increase in the radiation background on the territory of the Umansky NUS:

- OJSC "Starobaban Granite Quarry", p. Stari Babany, Uman district (mining of decorative and building stone, limestone, gypsum, chalk and clay slate);

- LLC "Umansky Grankarrier", p. Pikivets, Umansky district (extraction of sand, gravel, clay and kaolin);

- PJSC "Kyiv Granit Plant", p. Tanske, Uman district (cutting, processing and decoration of decorative and building stone);

Their impact occurs mainly through products used in the improvement of the city of Uman and which have a slightly higher radiation background (0.23-0.28 MZv/h) [4].

From the point of view of the monitoring of communication routes, measurements of the radiation background conducted along these routes focus the observer's attention, as it were, on the sources associated with road transport. However, other ways of gradually increasing the radiation background cannot be excluded. Thus, according to the results of previous studies [11], significant values of the radiation background (more than 0.22  $\mu$ Sv/h) were noted within medical districts No. 5,9. According to these studies, the reason for this is also the powerful outcrops of Precambrian granites in the Sofiivka Arboretum. Precincts Nos. 6, 23, 29, 33 and 37 were classified as moderately dangerous, where the indicators of the radiation background level were equal to 0.19-0.22  $\mu$ Sv/hour. The reasons for such a radiation background at sites No. 33 and No. 37 are that they are located near the bulk cargo unloading area of the Uman railway station, which has been in operation for more than 40 years (coal, granite chips, mineral fertilizers, etc.). During this time, various radioactive particles accumulated on the soil surface, which can cause an increased radioactive background. The increased radiation background at site No. 29 is explained by the fact that the sloping topography of this part of the city promotes the biogeochemical migration of radioactive and toxic substances, due to rain showers, when water runs from sites No. 33 and No. 37 to site No. 29.

Supplementing the database with new information, as well as comparing them using EGIS tools, made it possible to identify certain regularities in the changes in the values of the radiation background over the past 10 years. At most medical centers, which are located either in the zone of private development or away from busy highways, the general picture of the values of the radiation background has not changed much. Below, we will dwell in more detail on those precincts where the radiation background was exceeded in 2013-2014

- 9 points remained at the level of 10 years ago (0.22-0.25  $\mu$ Sv/h) in medical district No. 9

(Str.: Lisna, Tyshchika, Gogolya, Par. Komuny, etc.) out of 14 sampling points. In four points, the values reached 0.25-0.27  $\mu\text{Sv/h}$  (ID: 1/9,2/9,5/9,6/9). And only at one point (ID12/9) was a slight decrease in the values of the radiation background (0.16  $\mu\text{Sv/h}$ ).

- In the medical district No. 5 (Str.: Respublikanska, Urbailisa, Ave. Sadovy, etc.), 4 points remained from 10 sampling points at the level of 10 years ago (0.22-0.25  $\mu\text{Sv/h}$ ) (ID: 1/5,5/5,75,9/5). In two points, the values reached 0.26-0.27  $\mu\text{Sv/h}$  (ID: 2/5,3/5). And in four points

(ID: 4/5, 6/5, 8/5, 10/5) a slight decrease in radiation background values (0.15 - 0.19  $\mu\text{Sv/h}$ ) was found.

- In the medical district No. 6 (Str.: Tyshchyka, Voroshilova, R.Luxemburg, etc.), of the 6 sampling points at the level of 10 years ago (0.21-0.23  $\mu\text{Sv/h}$ ), 2 points remained (ID: 2/6, 3/6). In two points (ID: 4/6, 5/6) the values reached 0.21  $\mu\text{Sv/h}$ . And in two points (ID: 1/6, 6/6) a slight decrease in the values of the radiation background (0.12 - 0.13  $\mu\text{Sv/h}$ ) was found.

### Conclusions

From the point of view of the methodology of monitoring studies of transport routes, the following points attract attention:

1. The study of the radiation background, taken as the main indicator, can give an approximate idea of the role of transport routes in the spread of this type of pollution in cities. In particular, within the city of Uman, where car traffic is not characterized by significant intensity, it can be confidently asserted that the value of the radiation background does not depend on the movement of motor vehicles, since it cannot be a source of radionuclides distribution.

2. Repeated (after 10 years) measurements of the radiation background confirmed the conclusions of previous studies regarding purely natural (Precambrian granites) or purely anthropogenic (storage of bulk goods) sources of small doses of radionuclides entering the environment within the city of Uman.

3. When conducting monitoring studies of communication routes in the future, it will be most appropriate to divide the methods of conducting such studies on linear sections of roads (between populated areas) and directly in

populated areas. At the same time, measurements of the radiation background are not enough to establish geographic patterns in the spread of pollution.

4. The elementary GIS methodology makes it possible to conduct comparative monitoring studies in the conditions of the city of Uman.

In the future, conducting monitoring studies of communication routes will require the study of other environmental parameters in roadside lanes [12]. In particular, it can be soil research for the presence of heavy metals, the presence of residues of organic substances, plastic, detection of violations of the groundwater regime due to the support of aquifers by a road embankment (on intercity sections of roads). As for cities, the most probable results, in our opinion, can be given by measurements using special devices of gas and dustiness of the environment [13]. Ecosystem studies on the distribution of various plants (including invasive ones) along the roadways, as well as the formation of food chains "tied" to the roadways, can be of considerable interest.

### Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interest regarding the publication of this manuscript. In addition, the author fully complied with ethical standards, including plagiarism, falsification of data, and double publication.

### References

1. Faweya, E.B., Olojede, D.S., Adewumi, T. & Ikubanni, S. O. (2023). Radiogeochemistry, mineralogy, lithology, radiogenic heat production, and health implication using airborne radiometric data of Ilesha and its surroundings. *Environ Monit Assess*, 195, 620 <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11168-y>
2. Drach, A.Yu., & Sonko, S.P. (2014). The development of morbidity in the population of the city of Uman according to the possible effect of pathogenic environmental factors. *Proceedings of the Xth All-Ukrainian Scien-*

- tific Taliyivsky readings: Environmental protection*, Kharkiv, 2014, April 17-18. (pp.62-66). Kharkiv: V.N. Karazina KhNU.
3. Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine: Environmental monitoring - Electronic text data. Retrieved from <https://menr.gov.ua/>
  4. Sonko, S.P., Sandul, V.A., & Shiyan, D.V. (2016). Medico-geographic study of the harmful effects of radiation on the human body. *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference: Current environmental problems of Ukrainian Polissia and adjacent territories (to the 30th anniversary of the accident at the Chernobyl nuclear power plant)*. Nizhin, 2016, April 20-22. (pp.145-150). Nizhin.
  5. Sonko, S.P. (2019). Experience of using elementary GIS in environmental studies. *Proceedings of the International Science and Practice. Conf. Dedicated to the 25th anniversary of the opening of the specialty "Ecology" at the Ternopil National Pedagogical University named after V. Hnatyuk: Interdisciplinary integration processes in the system of geographic and environmental science (May 7-8, 2019, p.p. 53-59.)*. Ternopil: SMP "Type".
  6. Sonko, S. (2019). Man in Noosphere: Evolution and Further Development. *Philosophy and Cosmology*, 22, 51–75. <https://doi.org/10.29202/phil-cosm/22/5>.
  7. Parakhnenko, V. G. (2022). Economic losses of phytoremediation of the ecosystems of the territory around railways by adventitious plants in the city of Znamyanka, Kirovohrad region. *Economic Horizons*, (1(19)), 64-72.
  8. The structure of medical and preventive institutions, peculiarities of the organization of their work. (2013). Sumy. Retrieved from [https://elearning.sumdu.edu.ua/free\\_content/d75b8e6a55718efc7908e92bd541a7aa22ef2d5b/latest/1028/index.html](https://elearning.sumdu.edu.ua/free_content/d75b8e6a55718efc7908e92bd541a7aa22ef2d5b/latest/1028/index.html)
  9. Myronenko, V.V., & Sonko, S.P. (2019). Ecological monitoring of the territory of the university campus of the Uman University of Applied Sciences .*Proceedings of the 8th All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference dedicated to the 175th anniversary of the founding of the Uman National University of Horticulture: Ecology - ways of harmonizing relations between nature and society*. (Uman, October 16, 2019. p.p.35-38). Publishing department of UNUS, Uman.
  10. Environmental passport of the Cherkasy region for 2018. (2019). Retrieved from. [https://menr.gov.ua/files/docs/eco\\_passport/2017/%D0%A7%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%B0%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20Ecopasport2017.pdf](https://menr.gov.ua/files/docs/eco_passport/2017/%D0%A7%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%B0%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20Ecopasport2017.pdf)
  11. Sonko, S.P., & Motruk, S.S. (2016). About the impact of small doses of radiation on the human body. *Proceedings of the All-Ukrainian conference of young scientists, students, postgraduates with international participation: Modern assessments of the consequences of radiation accidents: radioecological, medical, social aspects (on the occasion of commemorating the 30th anniversary of the Chernobyl accident)*. (Mykolaiv, 2016.-p.p.76-78). Publication of the Black Sea State University named after Peter Mohyla.
  12. Yeom, K. (2021). Development of urban air monitoring with high spatial resolution using mobile vehicle sensors. *Environ Monit Assess* 193, 375 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09139-2>
  13. Vahidnia, M.H. (2023). Citizen participation through volunteered geographic information as equipment for a smart city to monitor urban decay. *Environ Monit Assess* 195, 181 <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10796-0>

The article was received by the editors 04.05.2023

The article is recommended for printing 09.06.2023

### С. П. ОГІЛЬКО,

аспірант кафедри екології та безпеки життєдіяльності

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

Уманський національний університет садівництва

вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська область, Україна

## МОНІТОРИНГ РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ МІСТА УМАНЬ: ЧЕРЕЗ 10 РОКІВ

**Мета.** Оцінити можливість використання показників радіаційного фону для екологічного моніторингу.

**Методи.** Емпіричний; моделювання; порівняльний.

**Результати.** Основним методологічним підходом є припущення про можливість застосування концепції ноосферних екосистем (зокрема інфраекосистем) для моніторингових досліджень. Небезпечний вплив з можливим підвищенням радіаційного фону на території Уманського НУС можуть спричинити підприємства: по

видобутку та обробці декоративного та будівельного каменю, вапняку, гіпсу, крейди та глинистого сланцю, піску, гравію, глини та каоліну. Цей вплив може відбуватися переважно через продукцію, яка використовується при благоустрої міста Умань і має дещо вищий радіаційний фон (0,23-0,28 Мзв). Поповнення бази даних новою інформацією, а також їх порівняння за допомогою засобів EGIS дозволили виявити певні закономірності у зміні значень радіаційного фону за останні 10 років (2013 – 2023 роках): у більшості медичних центрів, які розташовані або в зоні приватної забудови, або далеко від жвавих магістралей, загальна картина значень радіаційного фону суттєво не змінилася.

**Висновки.** Повторні (через 10 років) вимірювання радіаційного фону підтвердили висновки попередніх досліджень щодо суто природних або суто антропогенних джерел надходження малих доз радіонуклідів у навколишнє середовище в межах міста Умань.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** моніторинг, радіаційний фон, шляхи сполучення, забруднення, захворюваність, екологія

### Список використаної літератури

1. Faweya, E.B., Olojede, D.S., Adewumi, T. *et al.* Radiogeochemistry, mineralogy, lithology, radiogenic heat production, and health implication using airborne radiometric data of Ilesha and its surroundings. *Environ Monit Assess.* (2023). Vol. 195. 620. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11168-y>
2. Драч А.Ю., Сонько С.П. Розвиток захворюваності населення міста Умань за можливою дією патогенних факторів середовища. *Охорона навколишнього середовища: матеріали Х Всеукр. наук. Таліївських читань 17-18 квітня 2014 р.* Харків, Каразінський національний університет. С. 62-66.
3. Міністерство екології та природних ресурсів України: Моніторинг навколишнього природного середовища - Електронні текстові дані. URL: <https://menr.gov.ua/>
4. Сонько С.П., Сандул В.А., Шиян Д.В. Медико-географічне вивчення шкідливого впливу радіації на організм людини. *Сучасні екологічні проблеми Українського Полісся та прилеглих територій (до 30-річчя аварії на Чорнобильській АЕС): матеріали міжнар. наук.-практ. конф.* 20-22 квітня 2016 р. Ніжин, 2016. С.145-150.
5. Сонько С. П. Досвід використання елементарних ГІС в екологічних дослідженнях. *Міждисциплінарні інтеграційні процеси в системі географічної та екологічної науки: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. присвячена 25-річчю відкриття спеціальності «Екологія» у Тернопільському національному педагогічному університеті імені В. Гнатюка (7-8 травня 2019 р.).* Наук. вид. Л.П.Царик, М.Я. Сивий, А.В. Кузишин, Я.О. Мариняк. Тернопіль: СМП «Тип», 2019. С. 53-59.
6. Sonko Sergiy. Man in Noosphere: Evolution and Further Development. *Philosophy and Cosmology, Volume 22.* The Academic Journal. P. 51–75. Kyiv, 2019. DOI: <https://doi.org/10.29202/phil-cosm/22/5>.
7. Parakhnenko V. G. Economic losses of phytoremediation of the ecosystems of the territory around railways by adventitious plants in the city of Znamyanka, Kirovohrad region. *Economic Horizons*, No. 1(19). 2022. P.64-72.
8. Структура лікувально-профілактичних закладів, особливості організації їх роботи. Суми, 2013. URL:[https://elearning.sumdu.edu.ua/free\\_content/d75b8e6a55718efc7908e92bd541a7aa22ef2d5b/latest/1028/index.html](https://elearning.sumdu.edu.ua/free_content/d75b8e6a55718efc7908e92bd541a7aa22ef2d5b/latest/1028/index.html)
9. Мироненко В.В., Сонько С.П. Екологічний моніторинг території університетського містечка Уманського ДЮСШ. *Екологія – шляхи гармонізації відносин природи і суспільства.* Збірник тез 8-ї Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції до 175-річчя заснування Уманського національного університету садівництва. Умань, 16 жовтня 2019 р. / За ред. Доктор економічних наук О.О. Непочатенко. Ред.-видавничий відділ УНУС, Умань, 2019. С.35-38.
10. Environmental passport of the Cherkasy region for 2018 . [https://menr.gov.ua/files/docs/eco\\_passport/2017/%D0%A7%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%B0%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20Ecopasport2017.pdf](https://menr.gov.ua/files/docs/eco_passport/2017/%D0%A7%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%B0%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20Ecopasport2017.pdf)
11. Сонько С.П., Мотрук С.С. Про вплив малих доз радіації на організм людини. Збірник тез Всеукраїнської конференції молодих учених, студентів, аспірантів з міжнародною участю «Сучасні оцінки наслідків радіаційних аварій: радіоекологічні, медичні, соціальні аспекти» (з нагоди вшанування 30-х роковин аварії на ЧАЕС). – Миколаїв, 2016.- Вид-во Чорноморського державного університету імені Петра Могили. С.76-78.
12. Yeom, K. Development of urban air monitoring with high spatial resolution using mobile vehicle sensors. *Environ Monit Assess.* 2021. Vol. 193. N375. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09139-2>
13. Vahidnia, M.H. Citizen participation through volunteered geographic information as equipment for a smart city to monitor urban decay. *Environ Monit Assess.* 2023. Vol. 195. N181. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10661-022-10796-0>

Стаття надійшла до редакції 04.05.2023

Стаття рекомендована до друку 09.06.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-08>  
УДК 911.9 (477)

**М. Р. ПИТУЛЯК<sup>1</sup>**, канд. геогр. наук, доц.  
доцентка кафедри географії та методики її навчання  
e-mail: [myroslava.pytuliak@gmail.com](mailto:myroslava.pytuliak@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5565-4915>

**Г. М. ДОЛОПКУЛА<sup>1</sup>**  
магістрант кафедри географії та методики її навчання  
e-mail: [dolopikulaganna@gmail.com](mailto:dolopikulaganna@gmail.com)

**Б. Б. ГАВРИШОК<sup>1</sup>**, канд. геогр. наук, доц.  
доцент кафедри географії та методики її навчання  
e-mail: [gavrok2911@tntpu.edu.ua](mailto:gavrok2911@tntpu.edu.ua) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8746-956X>  
<sup>1</sup>Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка,  
вул. М. Кривоноса, 2, м. Тернопіль, 46027, Україна

### ЕКОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНОГО СТАНУ ЛІСІВ ДП «БЕРЕГІВСЬКИЙ ЛІСГОСП»

**Мета.** Аналіз сучасного стану лісів на території ДП «Берегівське лісове господарство», геопросторові особливості їх функціональної, вікової структури, складу порід з метою оптимізації лісокористування.

**Методи.** Польові спостереження, системний підхід, аналіз та синтез, узагальнення, системно-структурний, порівняльно-географічний, картографічний, статистичний.

**Результати.** Проаналізовано особливості геопросторового поширення лісових масивів на території ДП «Берегівський лісгосп», їх вікову структуру, склад порід та розподіл у межах лісництв. На основі вивчення первинних матеріалів побудовано та проаналізовано картосхему: «Категорій лісів ДП «Берегівський лісгосп» в розрізі лісництв. Встановлено, що ліси на території лісгоспу виконують природоохоронну, рекреаційно-оздоровчу, захисну функції. Попри низьку лісистість регіону та фрагментарність лісових масивів, у трьох лісництвах домінують експлуатаційні ліси. На підставі просторового аналізу вікової структури та складу порід в лісах ДП «Берегівський лісгосп» визначено, що у видовому складі порід лісових урочищ домінують твердолистяні насадження, провідне місце належить дубовим та буковим деревостанам. Хвойні не набули поширення завдяки специфіці умов місцезростання. Мізерні площі малоцінних м'яколистяних деревостанів свідчать про активну і успішну роботу лісників. У віковій структурі лісів переважають середньовікові насадження, які зосереджені переважно у центральній та східній частині території дослідження. На півночі домінують стиглі і перестійні насадження.

**Висновки.** Регіон дослідження є найменш залісненою частиною Закарпаття. Експлуатаційні ліси зосереджені у найбільш залісненій центральній та північній частині лісгоспу, тоді як інші категорії домінують на східних і західних околицях. Зона діяльності ДП «Берегівський лісгосп» потребує комплексу заходів по залісненню малородючих кислих ґрунтів та оптимізації вікової структури наявних лісових масивів.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ліс, лісництво, категорії лісів, твердолистяні породи, лісокористування

**Як цитувати:** Питуляк М. Р., Долопікула Г. М., Гавришок Б. Б. Еколого-географічні особливості сучасного стану лісів ДП «Берегівський лісгосп». *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2023. Вип. 39. С. 87 - 97. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-08>

**In cites:** Pytuliak, M. R., Dolopikula, H. M., & Havryshok, B. B. (2023). Ecological and geographical peculiarities of the forests current state in state-owned forest enterprise "Berehiv forestry". *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (39), 87-97. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-08> (in Ukrainian)

#### Вступ

Питання аналізу і оцінки лісів і лісових ресурсів, ефективності їх використання є актуальним як для України так і окремих

регіонів. Ліси і лісові ресурси Закарпатської області є невід'ємною складовою її природно-ресурсного потенціалу.

© Питуляк М. П., Долопікула Г. М., Гавришок Б. 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/)

Вивченню особливостей лісових ресурсів, ефективності їх використання, розвитку лісової сфери України та лісоресурсного потенціалу присвячені праці І. М. Лицура [1], Я. В. Ковалю [2], В. А. Хвесика [3] та інших. Цікавим з теоретичних та методичних позицій є дослідження польських авторів П. Цебрикова та В. Каламуцької [4] присвячене вивченню просторово-часових змін лісистості на території західної частини «Розточчя». Подібній проблематиці, але для горбистого пасма Товтр та пониженої акумулятивної рівнини Малоого Полісся присвячені дослідження Б. Гавришка із співавторами [5, 6]. Дослідження конфліктів природокористування з метою розробки ландшафтно-екологічного планування лісових екосистем запропоновано у публікації Н. В. Максименко із співавторами [7]. Лісогосподарському землекористуванню в умовах антропогенного навантаження присвячене також дослідження О. А. Мартинюк [8]. У 2005 р. на конференції в Івано-Франківську розглядалась проблематика ведення лісового господарства в контексті концепції сталого розвитку [9]. З позиції методичних підходів до вивчення лісогосподарського природокористування загалом і рекреаційного лісокористування зокрема на прикладі Тернопільської області цікавими є дослідження М. Р. Питуляк із співавторами [10, 11].

У наукових публікаціях Л. М. Бойко, В. П. Мікловди [12], М. А. Лендела [13], Л. І. Сахарницької [14], О. В. Мошак [15]

висвітлено проблеми раціонального використання лісових ресурсів для забезпечення сталого розвитку лісового господарства Закарпатської області. С. Миклиш із співавторами [16] вивчав букові деревостани у рівнинних лісах.

У праці С. С. Попа [17] – проведено аналіз природних ресурсів Закарпатської області, в тому числі лісових та їх раціонального використання. Детальне дослідження лісового покриву Українських Карпат представлено в наукових доробках С.А. Генсірука [18].

Характеристику рослинності України, в тому числі Українських Карпат (передгірських і гірських районів) подано у навчальному посібнику «Рослинність України» [19].

Таким чином слід зазначити, що дослідження лісів і лісових ресурсів Закарпатської області є актуальною темою впродовж тривалого часу. Разом з тим регіональні дослідження лісових ресурсів часто залишаються поза увагою науковців, оскільки більша увага звертається на дослідження лісів гірських районів Карпат. Тому актуальним є дослідження лісів та лісових ресурсів на території Закарпатської низовини в межах ДП «Берегівський лісгосп».

Метою є аналіз сучасного стану лісів на території ДП «Берегівське лісове господарство», геопросторові особливості їх функціональної, вікової структури, складу порід з метою оптимізації лісокористування.

### *Об'єкт та методи дослідження*

Об'єктом дослідження є сучасний стан лісів на території ДП «Берегівський лісгосп» Закарпатської області.

В процесі дослідження використано комплекс загальнонаукових та спеціальних методів дослідження, основними серед яких є: спостереження, системний підхід, аналіз та синтез, узагальнення, системно-структурний, порівняльно-географічний, картографічний, математичний. За допомогою методу математичного моделювання в дослідженнях лісів і лісогосподарського використання земель виявлялись взаємозв'язки стану лісів із чинниками, що впливають на них, а також аналізувались проблеми лісогосподарського використання земель досліджуваного регіону.

Об'єднання різних методів і прийомів в єдину методику комплексних географічних

досліджень відбувалось на основі власне географічного підходу, який характеризується територіальністю, конкретністю, комплексністю і глобальністю; при цьому використовувалися такі важливі засоби реалізації цього підходу як районування і картографування. Вони забезпечили інтегрування усіх методів географічних досліджень в єдину систему – алгоритм дослідження об'єкта та досягнення поставлених мети і завдань.

Традиційним у дослідженнях лісів є картографічний метод. Він включає побудову картографічних моделей та отримання нового знання шляхом їх аналізу та перетворення. Побудована та проаналізована картографічна модель «категорії лісів ДП «Берегівський лісгосп»».



### Результати та обговорення

Територія Берегівського лісгоспу знаходиться в південно-західній частині Закарпатської області. Лісистість тут дуже низька (12 - 16%) в порівнянні з середнім показником в межах області (48,8%). Загалом в області найвища лісистість в Україні, що пов'язано з впливом природних чинників – рельєфу і ґрунтово-кліматичних особливостей Закарпаття. Лісова рослинність має розірвані ареали внаслідок високого рівня освоєності території. Значну площу тут займають луки та агроценози [16].

До складу ДП «Берегівський лісгосп», який сформований внаслідок реструктуризації двох лісгоспів входить сім лісництв: Берегуйфалівське, Чизайське, ім. Маурера,

Кідьошське, Виноградівське, Шаланківське і Затисянське (рис. 1). Загальна площа земель лісгоспу становить 20044,8 га. Найбільшу площу займає Затисянське лісництво, загальна площа лісових земель в якому становить 3377,3 га.

На території всіх лісництв частка земель вкритих лісовою рослинністю є досить високою (більше 91%). У Кідьошському і Виноградівському лісництвах найвища частка земель вкритих лісовою рослинністю – 97,7 – 97,6%. У структурі земель, які не вкриті лісовою рослинністю, переважають лісові дороги, стежки, просіки, а також галявини. Незначні площі у всіх лісництвах займають згарища, рідколісся (0,7 - 1,1 га).

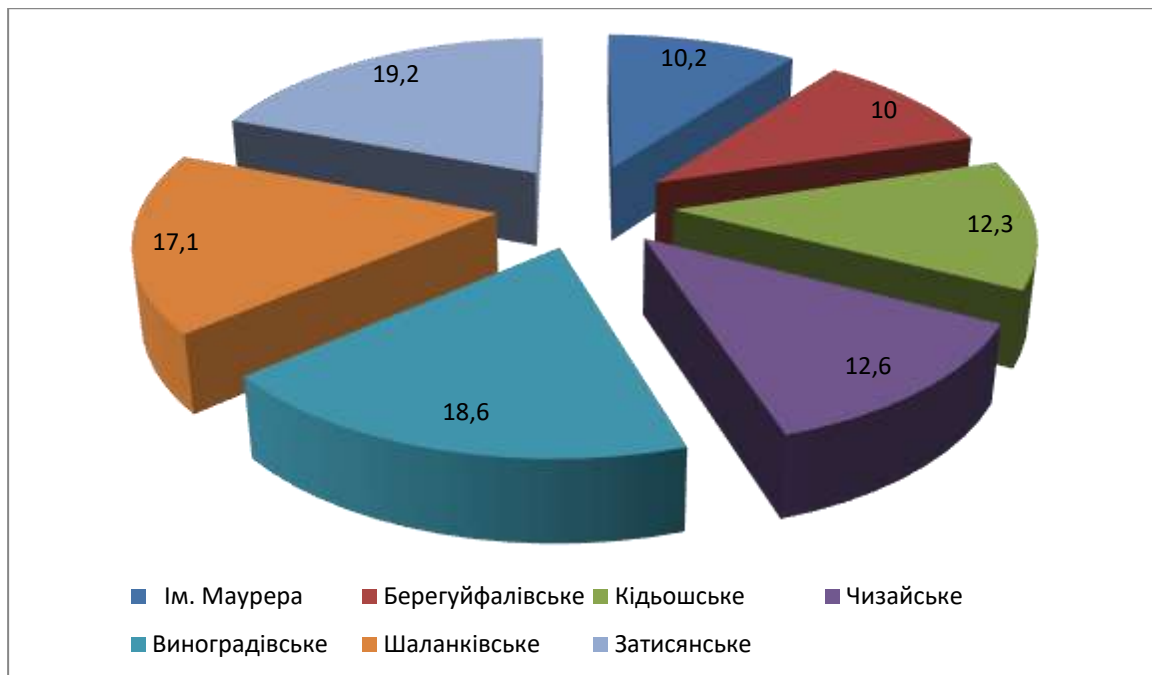


Рис. 1 – Лісництва Берегівського лісгоспу (%) [20, 21]

Fig. 1 – Berehiv forestry areas (%) [20, 21]

У лісгоспі представлені всі категорії лісів, виділення яких передбачено «Лісовим кодексом України» [22]. Найбільшу площу займають експлуатаційні ліси (7980,1 га) (рис. 2). Разом з тим нами виявлені певні геопросторові особливості поширення лісів різних категорій. У центральній та північній частинах лісгоспу, а саме в Шаланківському, Берегуйфалівському лісництвах та лісництві ім. Маурера найбільшу частку займають експлуатаційні ліси (74,8% – 90,9%). Найбільша їх частка у структурі лісових насаджень лісництва ім. Маурера (90,9%).

Ліси природоохоронного, наукового та історико-культурного призначення займають в лісгоспі площу 2641 га. Найбільші площі лісів природоохоронного, наукового та історико-культурного призначення знаходяться в східній і південно-східній частині лісгоспу – у Виноградівському (1170,9 га) та Затисянському (738 га) лісництвах. Частка цих лісів у загальній структурі коливається від 0,2% у лісництві ім. Маурера до 33,1% у Виноградівському. Ці ліси представлені у біосферному заповіднику (зона регульованого заповідного режиму), Регіональному ландшафтному



Рис. 2 – Категорії лісів у Берегівському лісгоспі (%) [20, 21, 23]

Fig. 2 – Categories of forests in Berehiv forestry (%) [20, 21, 23]

парку (заповідна зона), на території пам'яток природи та заказників. У Берегівському лісництві ліси цієї категорії відсутні взагалі.

Серед об'єктів природо заповідного фонду на території Виноградівського лісництва найбільшу площу займає Карпатський біосферний заповідник (зона регульованого заповідного режиму, 923га) та регіональний ландшафтний парк (заповідна зона) «Притисянський» (390 га) [23]. Частина цього регіонального ландшафтного парку знаходиться на території Шаланківського (243 га) та Затисянського (218 га) лісництв.

Також до цієї категорії лісів відносять пам'ятки природи та заказники місцевого значення серед яких на території лісгоспу два ботанічні заказники – Чорнянський деренковач (охороняються зарості дерена звичайного, рідкісні види рослин, що занесені до Червоної книги України – підсніжник білосніжний, шафран Гейфеля, пальчатокорінник травневий, зозулинець салеповий, дзвоники карпатські, плаун річковий та ін.) та «Холмовецька гора» (охороняється ділянка лісового масиву з раритетними видами флори і фауни, зокрема єдиного природного місця зростання в Україні дуба бургундського, занесеного до Червоної книги України) у Затисянському лісництві, «Чорна гора» (охороняються осередки степових, скельних та середземноморських фітоценозів на крутих південних схилах. Тут зростають рідкісні для Українських Карпат види — вишня

степова, жостір проносний, клокичка периста, зіновать австрійська, ковила найкрасивіша, гадюча цибулька гронаподібна, костриця борозниста, перлівка трансільванська, півники угорські та інші. Загалом на території заказника зростає близько 400 видів вищих рослин) та «Егреш» (охороняється унікальний заплавний ліс з насадженнями вільхи клейкої. Це найбільший за площею і найліпше збережений вільховий ліс Закарпаття) у Виноградівському лісництві, «Залуж» (охороняється популяція нарцису вузьколистого, занесеного до Червоної книги України.) в лісництві ім. Маурера, «Ардов» (під охороною знаходиться рідкісний вид липи сріблястої та інші види флори) в Кідьошському лісництві, «Сілаш» (охороняється в'язово-ясеневі діброви та рідкісні види флори і фауни) і «Косоньська гора» (охороняється насадження дуба гірського) в Чизайському лісництві.

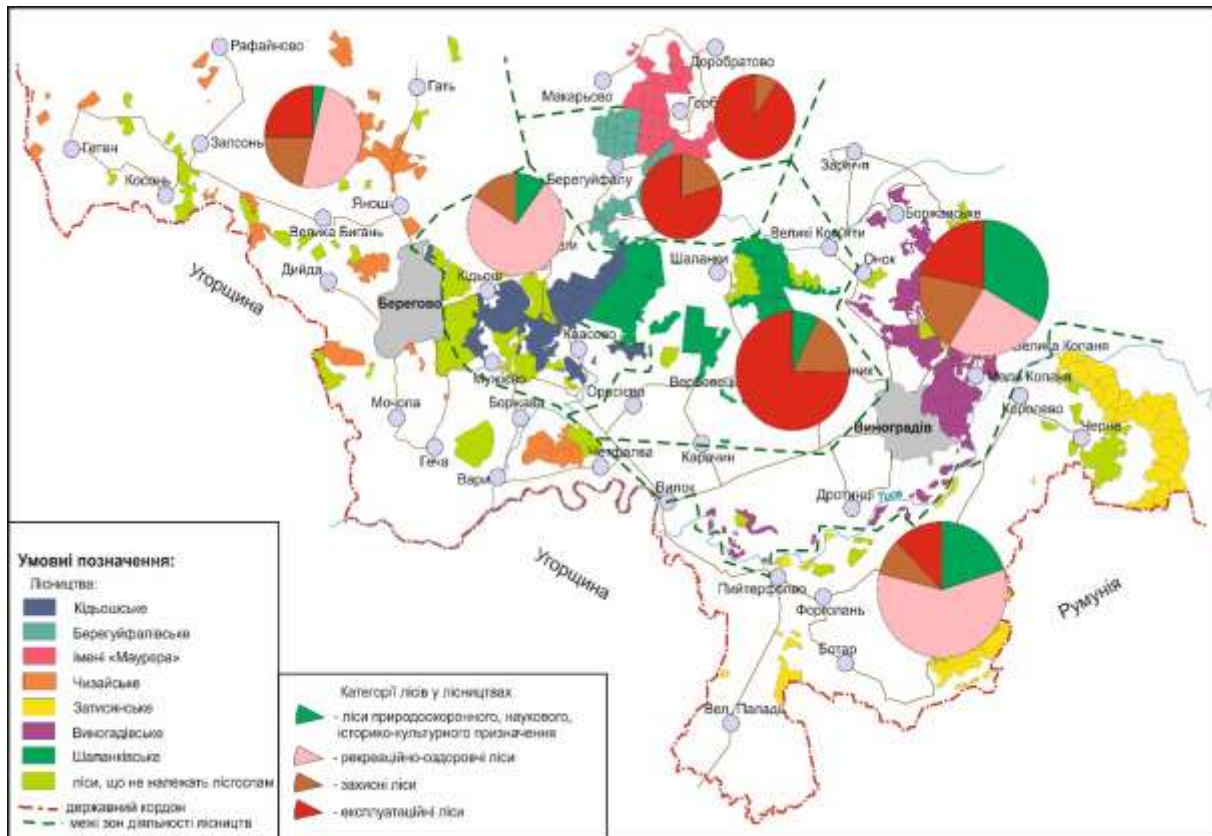
На території Кідьошського лісництва знаходиться лісова пам'ятка природи «Берегівське горбогір'я», де охороняються насадження дуба скельного та липи пухнастої, у Затисянському лісництві є дві пам'ятки природи, серед яких пралісова пам'ятка природи «Природний ліс», де під охороною буюкові праліси на площі 29,3 га і ботанічна «Холмовець» де охороняються дубово-грабові насадження із рідкісною реліктовою рослиною – клокичка периста [24].

Рекреаційно-оздоровчі ліси поширені у Виноградівському, Затисянському, Кідьо-

шському та Чизайському лісництвах. Найбільшу площу вони займають у Затисянському лісництві (2111,6 га), а також в західній частині лісгоспу – Чизайському (1198,2 га) та Кідьошському (1746,3 га) лісництвах. Найбільша частка рекреаційно-оздоровчих лісів у Кідьошському лісництві – 73,8%. Ліси цієї категорії на території Шаланківського, Бере-

гуйфалівського лісництв та лісництва ім. Маурера відсутні (рис. 3).

Захисні лісові масиви, які мають важливе протиерозійне, водоохоронне значення є у всіх лісництвах Берегівського лісгоспу. Загальна площа цих лісів 3174,7 га. Найбільшу частку (20,5% - 20,7%) вони займають у структурі лісів Берегівського і Чизайського лісництв



**Рис. 3** – Категорії лісів у ДП «Берегівський лісгосп» (побудовано за даними [20, 21])

**Fig. 3** – Categories of forests in Berehiv forestry (made according to the data received [20, 21])

Така структура і поділ лісів на категорії зумовлена як природними чинниками так і особливостями природокористування в даному регіоні.

Склад порід в лісах Берегівського лісгоспу сформувався під впливом природних чинників, а також в процесі трансформації лісової рослинності на даній території внаслідок тривалого господарського використання лісів та інших ресурсів. Домінантною групою порід у всіх лісництвах є твердолистяні породи, які поширені на площі 17533,4 га (94,1%) (рис. 4.). Площа і частка м'яколистяних порід є незначною і становить відповідно 1016,7 га (5 %). Хвойні породи в структурі лісів зустрічаються

на території Затисянського (8,0 га) і Виноградівського (57,2 га) лісництв. У порівнянні з 2011 роком площа хвойних деревостанів суттєво зменшилась (на 41,4 га). Серед хвойних порід в обох лісництвах переважає сосна звичайна, частка якої у Затисянському лісництві становить 73,8%, а у Виноградівському – 96,3%. Незначні площі займає тут модрина та ялина.

У структурі твердолистяних порід переважає дуб звичайний – 8 тис. га (39, (%)). Значно менші площі займає бук лісовий – 2,6 тис. га, дуб скельний – 2,3 тис. га, граб звичайний – 0,61 тис. га та ясен звичайний – 0,38 тис. га, акація – 0,66 тис. га. У лісах також зустріча-



**Рис. 4** – Склад порід в лісах Берегівського лісгоспу (%) (побудовано за[20, 21])

**Fig. 4** – Wood species in Berehiv forestry (%) (made according to[20, 21])

ється ясен зелений, ясен вузьколистий, дуб червоний, липа дрібнолиста.

Найбільша площа твердолистяної групи порід на території Затисянського лісництва – 3349,4 га (92,5%). Частка твердолистяних порід у структурі лісових насаджень на території лісгоспу є досить високою – від 81,7% у Виноградівському до 98,7% в Шаланківському і Кідьошському лісництвах. Максимальна частка твердолистяних порід у лісництві ім. Маурера – 99,3%.

На території лісгоспу простежуються відмінності у видовому складі твердолистяної групи порід в межах окремих лісництв. Дуб звичайний домінує на території всього лісгоспу, але його частка є найвищою у лісництві ім. Маурера (89,6%), а також у Чизайському (80,7%), Кідьошському (80,7%) та Берегуйфалівському (81,9%) лісництвах. У східній частині лісгоспу на території Виноградівського та Затисянського лісництв частка дуба звичайного значно менша (41,5% - 44,6%). Тут субдомінантом є бук звичайний частка якого у Виноградівському лісництві становить 28,1% і у Затисянському – 49,6%. На території Шаланківського лісництва у структурі твердолистяних порід субдомінантом є ясен звичайний – 15,9%.

Вікова структура лісів відображає співвідношення між площами лісів за групами віку. Для лісів України використовується такий поділ на вікові категорії [22] – молодняки (вік до 40 років), середньовікові (40-60 років), пристигаючі (60-80 років) і стиглі та перестійні (понад 80 років). Цей

показник є важливим з огляду на господарське використання лісів.

У віковій структурі лісів ДП «Берегівський лісгосп» переважають середньовікові насадження (8799,5 га) (рис. 5). Така вікова структура лісових насаджень відображає процес інтенсивного лісочористування особливо у східній частині лісгоспу, де частка середньовікових насаджень становить 51,1%. Стигли і перестійні насадження займають у лісгоспі 24,3% лісовкритих площ (4534,4 га). Найменша площа молодняків і пристигаючих насаджень становить відповідно – 2680,1 га і 2617,9 га (14,4% і 14,1%).

Щодо розподілу вікових груп лісових насаджень в межах окремих лісництв, то найвища частка середньовікових насаджень в східній та центральній частинах лісгоспу (Затисянське лісництво – 59,6%, Берегуйфалівське – 57%, Кідьошське – 68,1%, Чизайське – 57,5%). Найбільша частка стиглих і перестійних насаджень спостерігається на території лісництва ім. Маурера – 62%, найменша у Кідьошському – 15,2% лісництві. В Кідьошському лісництві серед категорій лісів переважають рекреаційно-оздоровчі, а в лісництві ім. Маурера – експлуатаційні. Разом з тим у Шаланківському лісництві де 74,8% становлять експлуатаційні ліси, частка стиглих і перестійних насаджень лише 24,5%, а у Берегуйфалівському – 45%, тобто у два рази вища.

Таким чином, у західній і центральній частинах лісгоспу у віковій структурі порід частка стиглих перестійних насаджень є

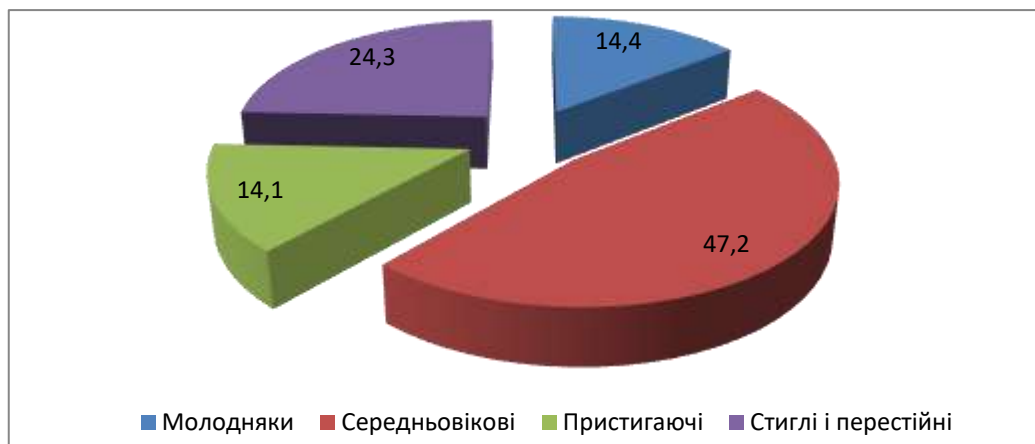


Рис. 5 – Вікова структура лісів ДП «Берегівський лісгосп» (побудовано за [20,21])

Fig. 5 – Age structure of forests in Berehiv forestry (made according to [20,21])

вищою і становить 31,8%, а у східній – 18,2%. Частка середньовікових насаджень вища у східній частині (на 9%), що можливо пов'язане з особливостями лісокористування. Вікова структура хвойних порід характеризується майже однаковою часткою середньовікових і пристигаючих вікових груп – 48,7% і 44,1% відповідно. Найменшою є площа і частка стиглих і перестійних порід (0,8 га) – 1,4%. Молодняків у цій групі дуже мало – 3,3 га (5,8%).

У групі твердолистяних порід є значні відмінності щодо вікової структури. Тут переважають середньовікові породи дерев, частка яких у східній частині становить 53,7%, у західній дещо менша – 43%. Середньовікові насадження твердолистяної групи порід займають досить значну площу – 8528,4 га (48,6%). Меншу площу займають стиглі і перестійні за віком твердолистяні – 3972,7 га (22,7%). Найменшою є площа пристигаючих – 2456,9 га (14%) і молодняків – 2575,4 га (14,7%).

У групі м'яколистяних порід найбільшу площу займають стиглі і перестійні насадження – 549,1 га (54%), а найменшу молодняки – 101,4 га (10%). Площа і частка

середньовікових насаджень становить 236,3 га (23,2%), а пристигаючих 129,9 га (12,8%).

Майже у всіх лісництвах (крім лісництва ім. Маурера і Берегуйфалівського лісництва) переважають середньовікові насадження. Максимальна частка їх у Кідьошському лісництві – 68,1%. Частка молодих за віком насаджень є незначною і коливається в межах від 7,2% в Кідьошському лісництві до 20,6% - в Шаланківському лісництві. Стигли і перестійні деревостани займають найбільшу площу в лісництві ім. Маурера – 1153,2 га (62%). Значна площа і частка стиглих і перестійних порід у Берегуйфалівському лісництві – 812,4 га (45%). Ціх лісництвах значна частка експлуатаційних лісів – 90,5% у лісництві ім. Маурера і 79,9% - у Берегуйфалівському лісництві. Хоча в Шаланківському лісництві частка експлуатаційних лісів також висока – 74,8%, проте частка стиглих і перестійних деревостанів тут становить 24,5%. На основі проведеного аналізу вікової структури насаджень в Берегівському лісгоспі можна говорити про переважання у складі всіх груп порід середньовікових насаджень. Частка стиглих і перестійних насаджень є незначною (24,3%).

### Висновки

Лісистість території дослідження є найнижчою в Закарпатській області (Берегівська міська територіальна громада - 16,6%). З метою оптимізації природокористування і підвищення екологічної стійкості земельних ресурсів на території новостворених територіаль-

них громад важливим є підвищення лісистості до оптимальних значень.

На основі зібраних первинних матеріалів лісгоспу нами побудовано та проаналізовано картосхему категорій лісів в розрізі лісництв. Ліси на території лісгоспу виконують

природоохоронну, рекреаційно-оздоровчу, захисну функції. Разом з тим значною є частка експлуатаційних лісів (39,8%), особливо на території Виноградівської міської територіальної громади.

Рекреаційно-оздоровчі ліси частка яких у функціональній структурі становить 31,2% найбільшу площу займають у східній частині лісгоспу (Затисянське лісництво – 2111,6 га). у структурі рекреаційно-оздоровчих лісів майже однакова частка лісопаркової частини зелених зон (50,9%) і лісгосподарської (48,5%).

Захисні ліси займають найбільші площі у східній частині лісгоспу: Виноградівському, Шаланківському та Чизайському лісництвах. У цій категорії переважають захисні ліси, які розміщені вздовж берегів річок та інших водойм (962,1 га).

За результатами дослідження з'ясовано особливості вікової структури та складу порід в усіх лісах на території ДП «Берегівський лісгосп», а також в окремих категоріях лісів. У віковій структурі лісів переважають середньовікові насадження (47,2%). Найбільша частка середньовікових насаджень характерна для рекреаційно-оздоровчих лісів (66,3%) і лісів природоохоронного, наукового та історико-культурного призначення (49,2%). Така вікова структура лісових насаджень потребує оптимізації для всіх категорій лісів.

Лісистість території є важливим показником лісоресурсного потенціалу, який визначає головне, побічне користування лісом, рекреаційне лісокористування та використання інших корисних функцій лісу. Еколого-збалансоване лісокористування на даній території дасть можливість підвищити лісистість та екологічну стійкість земельних угідь.

### **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. Лицур І.М. Еколого-економічні проблеми просторової організації лісового комплексу України. за ред. д.е.н., проф., акад. НАН України Б.М. Данилишина.К.: РВПС України НАН України, 2010. С. 297-317.
2. Коваль Я. В. Комплексна економічна оцінка лісових ресурсів: критерії, механізми формування і використання. *Лісове і садово-паркове господарство*. 2012. № 1. URL: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgoc>
3. Хвесик М. А., Шубалий О. М., Василик Н. М. Комплексне використання лісоресурсного потенціалу: механізм стимулювання, інституціонально-інвестиційне забезпечення. Монографія. Київ: ТОВ «ДКС», 2011. 498 с.
4. Cebrykow P., Kałamucka W. Znaczenie kartograficznych materiałów źródłowych w ocenie realizacji zrównoważonego rozwoju na przykładzie lasistości zachodniej części Rezerwatu Biosfery „Roztocze”. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, sectio B–Geographia, Geologia, Mineralogia et Petrographia*, Vol. 76. N 1. P. 263-276. DOI: <http://dx.doi.org/10.17951/b.2021.76.0.263-276>
5. Гавришок Б., Сивий М., Лісова Н., Клапоушак І., Шмигельська Х. Лісгосподарське землекористування Буського лісгоспу: історико-географічні особливості та сучасний стан. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: географія. Том 52. Вип.1. С.185-195 DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.22.1.23>
6. Havryshok B., Lisova N., Syvyj M., Sztangret I., Volik O. Retrospective and geographical features of forestry use of lands in Podilski Tovtry . IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 3rd International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (Kryvyi Rih, 24 May 2022 – 27 May 2022). 2022. Vol. 1049. N 1. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1049/1/012040>
7. Максименко Н. В., Дорогань В. В., Карпець К. М. Аналіз конфліктів природокористування, як основа ландшафтно-екологічного планування лісових екосистем. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. Вип.32. С. 30 – 41. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-32-03>
8. Мартинюк О.А. Стан та роль земель лісгосподарського призначення в умовах антропогенного навантаження. URL [http://natureus.org.ua/repec/archive/3\\_2014/16.pdf](http://natureus.org.ua/repec/archive/3_2014/16.pdf)
9. Наукові основи ведення сталого лісового господарства. *Матеріали доповідей міжнародної науково-практичної конференції* (Україна, Івано-Франківськ, вересень, 28-30.2005 р.). Івано-Франківськ: Екор, 2005. 302 с.

10. Питуляк М. Р., Питуляк М. В. Особливості рекреаційного лісокористування в Тернопільській області. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія*. 2017. № 2. С. 185-190. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNPUg\\_2017\\_2\\_30](http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNPUg_2017_2_30)
11. Питуляк М. Р., Питуляк М. В., Гавришок Б. Б. Лісові ресурси та лісокористування. *Географія Тернопільської області: монографія: в 2 т. Т.1. Природні умови та ресурси. 2-е вид., перероблене і доповнене*. Тернопіль: Осадца Ю. В, 2020. С. 326 – 343.
12. Бойко Я. М., Мікловда В.П. Тенденції розвитку лісового господарства регіону в сучасних умовах (на прикладі Закарпатської області) *Економіка промисловості*. 2008. №2(41). С.142-152 URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/2566/>
13. Лендел М. А., Жулканич В. О. Особливості управління розвитком лісопромислового комплексу Закарпатської області *Науковий вісник Мукачівського державного університету, Серія Економіка*. 2018. Вип. 1(9). С. 105-109 URL: <https://economics-msu.com.ua/web/uploads/pdf/Scientific>
14. Сахарнацька Л.І. Аспекти управління лісовими та земельними ресурсами в умовах об'єднаних територіальних громад. *Збалансоване природокористування*, 2019. № 4. С. 107-111 URL: <http://journals.urau.ua/bnusing/article/view/199084/200306>
15. Мошак, О. В. Регіональні проблеми формування і розвитку лісоресурсного потенціалу. *Науковий вісник Ужгородського університету: Серія: Економіка*. 2013. Вип. 3(40). С. 211–215. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/2078>
16. Миклиш С., Миклиш Ю., Гаврилюк С., Дебриняк І., Савчин В. Стиглий буковий деревостани у різних категоріях лісів рівнинної частини України. *Наукові праці лісівничої академії України*, 2021, № 22. С. 156 – 164. DOI: <https://doi.org/10.15421/412113>
17. Поп С.С. Природні ресурси Закарпаття. 3-є вид., допов. Ужгород: «Карпати», 2009. 340 с.
18. Генсірук С. Оптимізація лісистості України. *Ойкумена*. 1994. № 1-2. С. 124-133.
19. Григора І.М., Соломаха В.А, Рослинність України (еколого-ценотичний, флористичний та географічний нарис). К.: Фітосоціоцентр, 2005. 452 с.
20. Проект організації та розвитку лісового господарства ДП «Берегівське лісове господарство» Закарпатського обласного управління лісового та мисливського господарства. Ірпінь, 2021, 146 с.
21. Проект організації та розвитку лісового господарства ДП «Виноградівське лісове господарство» Закарпатського обласного управління лісового та мисливського господарства. Ірпінь, 2021, 146 с.
22. Лісовий кодекс України. [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show>
23. Закарпатське обласне управління лісового та мисливського господарства. URL: <https://zakarpatlis.gov.ua/>
24. Доповідь про стан навколишнього природного середовища Закарпатської області за 2021 рік. URL [https://ecozakarp.gov.ua/wp-content/nd/Zakarp\\_reh\\_dop\\_2021.pdf](https://ecozakarp.gov.ua/wp-content/nd/Zakarp_reh_dop_2021.pdf)
25. Ярова І. Є., Мішеніна Н. В., Пізняк Т. І. Просторовий аналіз відтворення лісоресурсного потенціалу: еколого-економічний аспект *Маркетинг і менеджмент інновацій*, 2018. №1. С. 406-418. URL: <https://repo.snau.edu.ua.8080/xmlui/handle/123456789/5951>

Стаття надійшла до редакції 27.03.2023

Стаття рекомендована до друку 12.04.2023

**M. R. PYTULIAK**<sup>1</sup>, Phd (Geography),

Associate Professor of the Department of Geography and the Methods of its Teaching  
e-mail: [myroslava.pytuliak@gmail.com](mailto:myroslava.pytuliak@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5565-4915>

**H. M. DOLOPIKULA**<sup>1</sup>,

Master student of the Department of Geography and the Methods of its Teaching  
e-mail: [dolopikulaganna@gmail.com](mailto:dolopikulaganna@gmail.com)

**B. B. HAVRYSHOK**<sup>1</sup>, Phd (Geography),

Associate Professor of the Department of Geography and the Methods of its Teaching  
e-mail: [gavrok2911@tnpu.edu.ua](mailto:gavrok2911@tnpu.edu.ua) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8746-956X>

<sup>1</sup>*Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University,  
2, Maksyma Kryvonosa Str., Ternopil, 46027, Ukraine*

## ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL PECULIARITIES OF THE CURRENT STATE OF THE FORESTS IN STATE-OWNED FOREST ENTERPRISE “BEREHIV FORESTRY”

**Purpose.** To analysis of the current state of the forests on the territory of Berehiv forestry, geospatial features of their functional and age structure, species composition with the aim of optimizing forest use.

**Methods.** Observation, systematic approach, analysis and synthesis, generalization, system-structural, comparative-geographical, cartographic, mathematical

**Results.** The peculiarities of the geospatial distribution of forest areas on the territory of the state-owned forestry enterprise “Berehiv forestry”, their age structure, species composition, and distribution within forestry have been analyzed. Based on the primary materials, a map of forest categories in terms of forestry has been constructed and analyzed: “The categories of forest of the state-owned forestry enterprise “Berehiv forestry” in the context of forestry”. It has been defined that the forests perform the following functions: nature protecting, recreational and health-improving, and protective on the territory of the forestry. Despite the fact that the level of forest cover in the region is low and the forest areas are fragmented the production forests dominate here. Spatial analysis of the age structure and species composition in the forests of the State Enterprise “Berehiv Forest Farm” has been carried out. It has been found out that hardwood plantations dominate among the species composition of forest tracts. The leading place belongs to oak and beech stands. Conifers did not become widespread due to the peculiarities of local growth conditions. Tiny areas of low-value soft-leaved stands show the active and successful work of foresters. It has been clarified that the age structure of forests is dominated by medieval plantations. They are located mainly in the central and eastern parts of the territory that has been under the research. Mature and overmature stands dominate in the northern part.

**Conclusions.** It has been identified that, the area, which has been under the research is the least forested in Thanscarpathia region. The production forests are located in the most forested central and northern parts of the forestry, while the other categorizes dominate in the eastern and western outskirts. The area of Berehiv forestry requires a set of measures to be done to grow forests on infertile acidic soils and optimization of the age structure of existing forest areas.

**KEY WORDS:** *forest, forestry, categories of forests, hardwoods, forest use*

### References

1. Lytsur, I.M. (2010). Ecological and economic problems of the spatial organization of the forest complex of Ukraine. In B.M. Danylyshyn (Ed.). Kyiv: RVPS of Ukraine NAS of Ukraine, 297-317. (In Ukrainian)
2. Koval, Y.V. (2012). Comprehensive economic assessment of forest resources: criteria, mechanisms of formation and use. *Forestry and horticulture*, (1). Retrieved from <http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgoc> (In Ukrainian)
3. Khvesyk, M. A., Shubalyi, O. M., & Vasylyk, N. M. (2011). Complex use of forest resource potential: mechanism of stimulation, institutional and investment support. Monograph. Kyiv: LLC "DKS". (In Ukrainian)
4. Cebrykow, P., & Kałamucka, W. Znaczenie kartograficznych materiałów źródłowych w ocenie realizacji zrównoważonego rozwoju na przykładzie leśistości zachodniej części Rezerwatu Biosfery „Roztocze”. *Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska, sectio B–Geographia, Geologia, Mineralogia et Petrographia*, 76(1), 263-276. <http://dx.doi.org/10.17951/b.2021.76.0.263-276>
5. Havryshok, B., Syvii, M., Lisova, N., Klapoushchak, I., & Shmyhelska, H. (2022). Forestry land use of Buskii forest farm: historical and geographical features and current state. *Scientific notes of Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatiuk. Series: Geography*, 52(1), 185-195 <https://doi.org/10.25128/2519-4577.22.1.23> (In Ukrainian)



6. Havryshok, B., Lisova, N., Syvyj, M., Sztangret, I., & Volik, O. (2022). Retrospective and geographical features of forestry use of lands in Podilski Tovtry . IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 3rd International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (Kryvyi Rih, 24 May 2022 through 27 May 2022). 1049(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1049/1/012040>
7. Maksymenko, N. V., Dorohan, V. V., & Karpets, K. M. (2019). Analysis of nature use conflicts as a basis for landscape and ecological planning of forest ecosystems. *Man and environment. Issues of neoecology*. Issue (32), 30-41. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-32-03> (In Ukrainian)
8. Martyniuk, O.A. The state and role of forestry land under conditions of anthropogenic load. Retrieved from [http://natureus.org.ua/repec/archive/3\\_2014/16.pdf](http://natureus.org.ua/repec/archive/3_2014/16.pdf) (In Ukrainian)
9. Scientific foundations of sustainable forestry management. (2005). Proceedings of the international scientific and practical conference (Ukraine, Ivano-Frankivsk, September, 28-30.2005). Ivano-Frankivsk: Ekor. (In Ukrainian)
10. Pytuliak, M.R., & Pytuliak, M.V. (2017). Peculiarities of recreational forest use in Ternopil region. *Scientific notes of Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatyuk. Series: Geography*, (2), 185-190. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNPUg\\_2017\\_2\\_30](http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNPUg_2017_2_30) (In Ukrainian)
11. Pytuliak, M.R., & Pytuliak, M.V., & Havryshok, B.B. (2020). Forest resources and forest use. In *Geography of Ternopil region: monograph: in 2 volumes, T.1. Natural conditions and resources*. 2nd ed., Ternopil: Osadtsa Y. V., 326 – 343. (In Ukrainian)
12. Boyko, Y.M., & Miklovda, V.P. (2008). Trends in the development of forestry in the region in modern conditions (on the example of Zakarpattia region). *Economy of industry*, 2(41), 142-152. Retrieved from <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/2566/> (In Ukrainian)
13. Lendel, M. A., & Zhulkanych, V. O. (2018). Peculiarities of managing the development of the forestry complex of the Transcarpathian region. *Scientific bulletin of the Mukachevo State University, Economics Series*. 1(9), 105-109. Retrieved from <https://economics-msu.com.ua/web/uploads/pdf/Scientific> (In Ukrainian)
14. Sakharnatska, L.I. (2019). Aspects of forest and land resource management in the conditions of united territorial communities. *Balanced environmental management*, (4), 107-111. Retrieved from <http://journals.uran.ua/bnusing/article/view/199084/200306> (In Ukrainian)
15. Moshak, O. V. (2013). Regional problems of formation and development of forest resource potential. *Scientific bulletin of Uzhhorod University: Series: Economics*, 3(40), 211–215. Retrieved from <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/2078> (In Ukrainian)
16. Myklysh, S., Myklysh, Yu., Havryliuk, S., Debrynyak, I., & Savchyn, V. (2021). Ripe beech stands in different categories of forests of the plain part of Ukraine. *Scientific works of the Forestry Academy of Ukraine*, (22), 156 – 164. DOI: <https://doi.org/10.15421/412113> (In Ukrainian)
17. Pop, S.S. (2009). Natural resources of Transcarpathia. 3rd ed., Uzhgorod: "Karpaty". (In Ukrainian)
18. Hensiruk, S. (1994). Optimizing the forestry of Ukraine. *Oikumena*, (1-2), 124-133. (In Ukrainian)
19. Hryhora, I.M., & Solomakha, V.A. (2005). Vegetation of Ukraine (ecological, cenotic, floristic and geographical sketch). Kyiv: Fitosociotsentr. (In Ukrainian)
20. The project of the organization and development of forestry of the SE "Berehiv lisov svodstvo" of the Transcarpathian regional department of forestry and hunting. (2021). Irpin. (In Ukrainian)
21. The project of the organization and development of forestry of the SE "Vynohradiv Forestry" of the Transcarpathian Regional Department of Forestry and Hunting. (2021). Irpin. (In Ukrainian)
22. Forest Code of Ukraine. [Electronic resource] Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua › laws › show> (In Ukrainian)
23. Zakarpattia Regional Department of Forestry and Hunting. Retrieved from <https://zakarpatlis.gov.ua/> (In Ukrainian)
24. Report on the state of the natural environment of Zakarpattia region for 2021. Retrieved from [https://ecozakarp.at.gov.ua/wp-content/nd/Zakarp\\_reh\\_dop\\_2021.pdf](https://ecozakarp.at.gov.ua/wp-content/nd/Zakarp_reh_dop_2021.pdf) (In Ukrainian)
25. Yarova, I.E., Mishenina, N.V., & Piznyak, T.I. (2018). Spatial analysis of reproduction of forest resource potential: ecological and economic aspect Marketing and management of innovations, No. 1. 406-418. Retrieved from <https://repo.snau.edu.ua:8080/xmlui/handle/123456789/5951> (In Ukrainian)

The article was received by the editors 27.03.2023

The article is recommended for printing 12.04.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-09>

УДК 504+712.4

**Н. В. МАКСИМЕНКО**<sup>1</sup>, д-р геогр. наук, проф.,  
завідувачка кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи  
e-mail: [maksymenko@karazin.ua](mailto:maksymenko@karazin.ua) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7921-9990>

**О. О. ГОЛОЛОБОВА**<sup>1</sup>, канд. с.-г. наук, доцент  
доцентка кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи  
e-mail: [elena.gololobova@karazin.ua](mailto:elena.gololobova@karazin.ua) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5558-2114>

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

## ЕКОЛОГО-ЕСТЕТИЧНІ АСПЕКТИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕРИТОРІЙ СУСПІЛЬНОГО ВИКОРСТАННЯ ЗАСОБАМИ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

**Актуальність.** Тенденції розвитку концепції зеленої інфраструктури в пострадянських містах спонукає до переосмислення підходів до озеленення територій, що оточують адміністративні будівлі, корпуси навчальних закладів та науково-дослідних установ. Північний корпус Каразінського університету – один з символів освіти Харкова, для якого також актуальною є екологічна реконструкція простору перед будівлею.

**Мета.** Розробка концепції та формування проектних пропозицій щодо благоустрою території перед головним фасадом Північного корпусу Каразінського університету.

**Методи.** Для розробки концепції здійснено аналіз історичної та картографічної інформації. Для створення проекту використана програма Realtime Landscaping Architect 2023.02, Trial Free Version.

**Результати.** На основі аналізу історії формування території на майдані Свободи між корпусами Каразінського університету та враховуючи її сучасний стан, запропоновано розвинути ландшафтну ідею використання нових екологічних трендів озеленення мегаполісів, початок якої покладений під час проходження акції «Greening of the Planet» (2021 р.). Обґрунтована пропозиція екологічної реконструкції території перед головним фасадом Північного корпусу Каразінського університету на Майдані Свободи, 6 м. Харків з використанням культиварів щепленої форми сакури дрібнопильчастої на високому штабмі для створення нових локацій озеленення. Складено асортиментний каталог рослинного матеріалу, запропонованого для оновлення партерів перед будівлею та розраховано орієнтовні економічні витрати на його реалізацію. Обґрунтовано використання малих архітектурних форм, зокрема лав для відпочинку, автентичного парканчика тощо. Для візуалізації створено файл анімації проекту формату .mp4.

**Висновки.** Розроблена пропозиція екологічної реконструкції території перед головним фасадом Північного корпусу Каразінського університету забезпечить створення єдиного стильового рішення озеленення території Майдану Свободи і будівель, які на ньому розташовані.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ландшафтний дизайн, зелена інфраструктура, Каразінський університет, Північний корпус, екологічна реконструкція, асортимент рослин, візуалізація проекту

**Як цитувати:** Максименко Н. В., Гололобова О. О. Еколого-естетичні аспекти організації територій суспільного використання засобами зеленої інфраструктури. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2023. Вип. 39. С. 98-108. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-09>

**In cites:** Maksymenko N. V., & Gololobova O. O. (2023). Ecological and aesthetic aspects of the organization of public use areas by means of green infrastructure. *Man and Environment. Issues of Neocology*, (39), 98- 108. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-09> (in Ukrainian)

### Вступ

Розвиток концепції зеленої інфраструктури в сучасних містах покликаний забезпечувати екологічну організацію простору. Вона спрямована не лише на послаблення негативного впливу «теплового острова», перерозподіл надлишку поверхневого стоку,

збільшення площі відкритих ґрунтів, але й на покращення естетичного сприйняття території [1]. Особливої уваги заслуго вують простори поблизу адміністративних будівель, корпусів наукових установ, навчальних закладів та інших споруд суспільного

© Максименко Н. В., Гололобова О. 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/)

використання. Традиційне для пострадянських міст озеленення, як правило не відповідає саме еколого-естетичним вимогам в облаштування об'єктів зеленої інфраструктури, що спонукає до пошуку альтернативних дизайнерських рішень [2].

**Постановка проблеми.** Яскравим прикладом будівлі з пострадянською системою облаштування зеленої зони прибудинкової території є Північний корпус Каразінського університету – одного із символів освіти Харкова. Озеленення партерів Північного корпусу Каразінського університету не відповідає статусу цієї славетної установи, спостерігається деградація минулих ландшафтних рішень, відсутній обґрунтований сучасний рослинний асортимент для озеленення. Спостерігається втрачений композиційний зв'язок між архітектурним стилем будівлі і його ландшафтним оточенням. Тому актуальним є проведення екологічної реконструкції простору перед будівлею Північного корпусу Каразінського університету.

Північний корпус Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна – це частина визначного архітектурного ансамблю круглої частини Майдану Свободи м.

Харкова, одна з найбільш відомих будівель міста та один з символів його освіти [3]. Найкращі роботи архітекторів завжди ґрунтуються на принципі цілісного рішення будинку та його оточення. Необхідно обрати таке рішення, яке забезпечить цей в'язок і детальну організацію безпосереднього оточення людини, буде сприяти синтезу природних та штучних елементів середовища [4].

Авторами цього архітектурного шедевра є академік архітектури О.І. Дмитрієв, за участю О.Р. Мунца. Будівництво проводилось архітекторами П.Ю. Шпарою і П.О. Бельчиковим. Архітекторам було поставлене завдання – не порушувати візуально-оптичний образ, що склався завдяки побудові у конструктивістському стилі Держпрому і Дому проектів. Споруда Будинку кооперації (наразі Північний корпус Каразінського університету) завершує оформлення визначного архітектурного ансамблю круглої частини майдану міста Харкова. [3].

**Метою** дослідження є розробка концепції та формування проектних пропозицій щодо благоустрою території перед головним фасадом Північного корпусу Каразінського університету.

### *Методика дослідження*

Як основа для створення ландшафтного проекту та вибору майданчика з геолокацією використовувався пакет QGIS 3.28.3–Firenze 2022-08-31. Це вільна крос-платформена геоінформаційна система (ГІС). Для створення проекту на карті OSM Standart обрано ділянку простору перед будівлею Північного корпусу університету імені В. Н. Каразіна площею 30000 м<sup>2</sup>.

Для створення ландшафтного проекту та візуалізації програмою нашого вибору стала програма Realtime Landscaping Architect 2023.02, Trial Free Version.

Програма має зручний інтерфейс з великими і зрозумілими піктограмами, можливість красивого графічного оформлення проекту, можливість створення форм рельєфу, функціональність в створенні масивів рослин, створення якісного тривимірного зображення в режимі реального часу [5].

Задля створення рельєфу простору згідно ізолініям топографічної карти виставлені висоти та створені поверхні Landscape – Region, зокрема:

1). Поверхня, де знаходяться партери №№3-6;

2). Сходи;

3). Поверхня партерів №№1-2;

4). Будівля Північного корпусу Каразінського університету.

Для того, щоб отримати реалістичну візуалізацію в програмі Realtime, за допомогою програми Sketchup 2020 власноруч створені такі елементи дизайну, як автентичний парканчик, зображення дерев, яких не було в бібліотеці програми Realtime.

Редактор зображень у реальному часі дозволяє швидко редагувати імпортовані рослини та інші фотографії. Програмне забезпечення Realtime Landscaping містить редактор зображень. Він виконує такі завдання редагування фотографій, як кадрування, маскування та корекція кольорів. Редактор зображень у реальному часі можна використовувати для редагування фотографій до або після того, як їх імпортовано у пакет програмного забезпечення ландшафтного дизайну. Його також можна використовувати в поєднанні з існуючими рослинами, щоб зробити їх більш привабливими [6].

### Результати та обговорення

Північний корпус поряд з іншими найважливішими адміністративними установами знаходиться на Майдані Свободи, який за розмірами є найбільшим в Україні та п'ятнадцятим у світі майданом.

Проект благоустрою простору перед головним фасадом Північного корпусу Каразінського університету містить такі складові:

- екологічна реконструкція партерів Північного корпусу Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна;
- використання малих архітектурних форм;
- використання автентичного парканчика задля розмежування проїжджої та пішохідної частини майдану Свободи;
- використання сучасних матеріалів для покриття пішохідного простору перед

будівлею Північного корпусу Каразінського університету.

Схема із зображенням партерів Північного корпусу Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна представлений на рис. 1.

Партери фасадної частини були умовно пронумеровані, їх інвентаризаційні характеристики надані у таблиці 1.







Ландшафтна реконструкція партерів №1 і №2 передбачає збереження ландшафтної групи з ялини колючої. Форми ялини колючої (*Picea pungens* Engelm.) з блакитно-зеленою хвоєю, що зберігає своє забарвлення цілий рік, є високодекоративними хвойними рослинами і знаходяться вони у доброму стані.

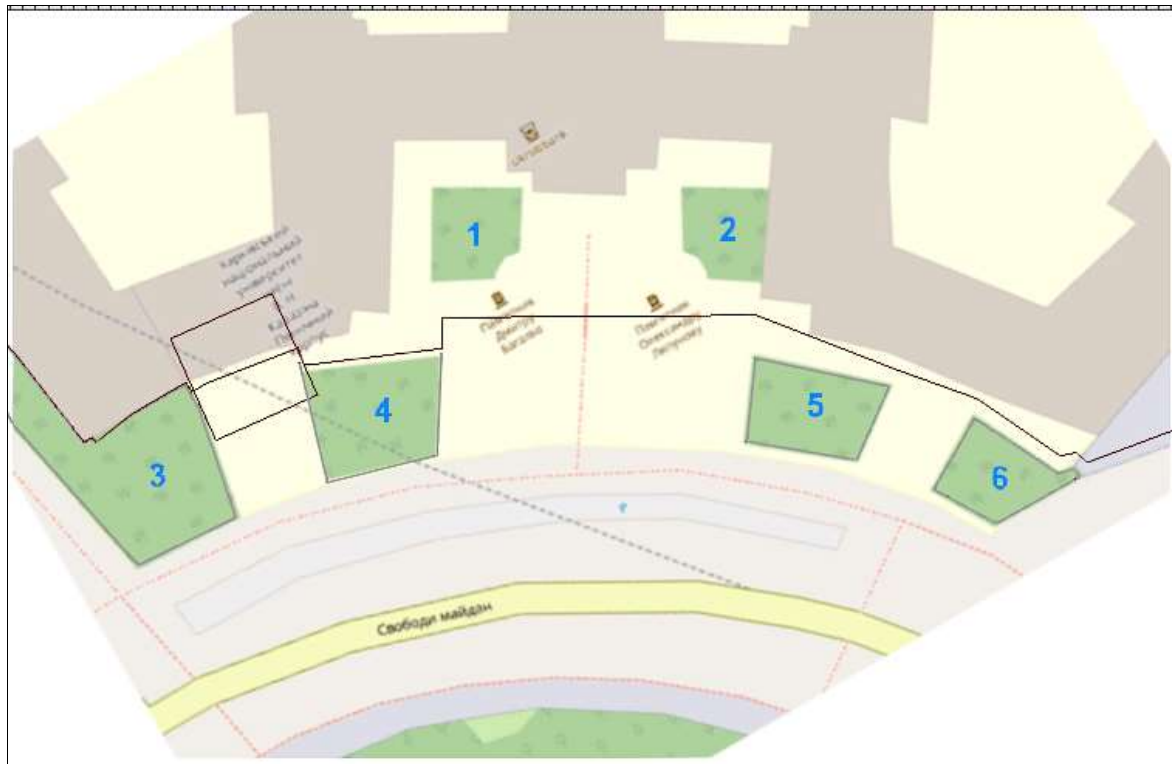
Таблиця 1

Інвентаризація партерів будівлі Північного корпусу

Table 1

Inventory of the parterres of the Northern Building

Партер, №	Площа, м <sup>2</sup> Периметр, м	Партер, №	Площа, м <sup>2</sup> Периметр, м
	$\frac{182}{26}$		$\frac{321}{80}$
	$\frac{190}{25}$		$\frac{286}{78}$
	$\frac{1580}{70}$		$\frac{220}{65}$



**Рис. 1** – Розміщення партерів Північного корпусу Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна

**Fig. 1** – The location of the sites of of the North Building of V. N. Karazin Kharkiv National University

Бордюри партерів №1 і №2 підлягають оновленню, оскільки:

- формування бордюрів з бирючини звичайної (*Ligustrum vulgare*) проводилось з порушенням технології створення формованого живоплоту,
- додаткова втрата естетичної привабливості має місце за рахунок самосіву клену ясенелисного (американського) (*Acer negundo* L.).

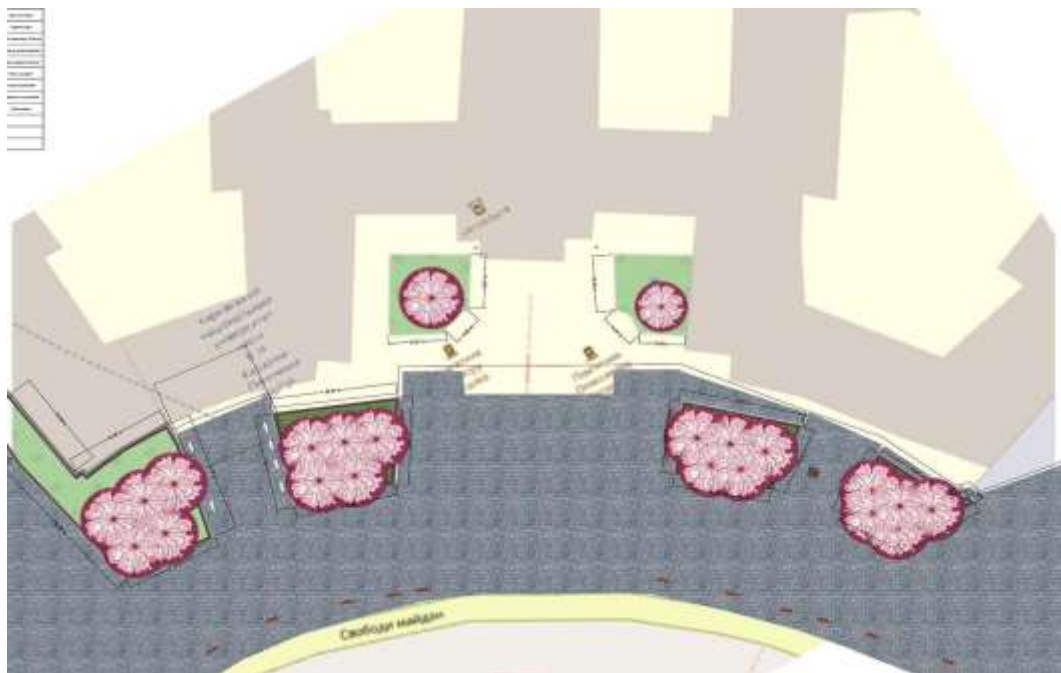
Для оновлення бордюрів партерів №1 і №2 та створення бордюрів для інших партерів рекомендується пухироплідник калинолистий «Diabolo». Це дуже стійкий сорт, вкрай рідко уражається шкідниками і хворобами. Рослина добре переносить пересадку, прижившись, швидко нарощує щільну крону; дуже добре підходить для створення чудових живоплотів. Культивар має декоративність протягом усього вегетативного періоду; стійкий до міських умов, невибагливий, Живоплоти з пухиреплідника червонолистого дуже ефектні, щільні і легкі в догляді. Дуже перспективний сорт для озеленення великих відкритих міських вулиць, парків, майданів нашої кліматичної зони [7].

Під час проходження акції «Greening of the Planet» у квітні 2021 р. були використані нові екологічні тренди озеленення мегаполісів, зокрема на території Саду імені Тараса Шевченка, яка безпосередньо прилягає до Майдану Свободи, була створена чудова композиція з культиварів щепленої форми сакури дрібнопильчастої на високому штампі [8].

Культивари сакури дрібнопильчастої, зокрема культивари «Роял бургунді», «Kanzan» – прищеплені форми сакури на штампі певної висоти. Культивари мають воронковидну форму крони зі строго вертикальними, сильними основними гілками, з віком - широко розлогими, гілки швидкокорслі, трохи звисають. Листя: при розпусканні бронзові, влітку блискучі зелені, осіннє забарвлення жовто-помаранчеве, завдовжки 8-12 см. Цвітіння: густомахрові (до 30 пелюсток), запахні, пурпурно-рожеві квітки, до 6 см в діаметрі, на довгих квітконіжках, зібрані в пучки по 2-5 штук, розташовані уздовж всієї довжини гілок [7]. За цей час сакури добре прижилися, показали себе як морозостійкі та високо декоративні рослини.

Для створення єдиного стильового рішення території Майдану Свободи і будівель, які знаходяться на Майдані пропонуємо розвинути цю ландшафтну ідею. Зокрема, необхідно провести екологічну реконструкцію партерів Північного корпусу Хар-

ківського національного університету імені В. Н. Каразіна з використанням культиварів сакури дрібнопильчастої. Така організація простору надасть відчуття цілісності, гармонійного, художньо-виразного впізнаваного ландшафту (рис 2).



**Рис. 2** – План розміщення культиварів сакури дрібнопильчастої при оновленні партерів Північного корпусу Каразінського університету

**Fig. 2** – Plan for the placement of cherry blossom cultivars during the renovation of the parterres for the North Building of Karazin University

У м. Харкові рулонні газони активно використовуються під час екологічної реконструкції загальноміських ландшафтно-рекреаційних територій, зокрема, Центрального парку культури та відпочинку, Саду імені Т. Г. Шевченка, водно-пейзажного парку «Саржин Яр», скверу «Стрілка», парку Молодіжний, скверу на Майдані Свободи, ділянок зеленого будівництва магістральних вулиць і доріг, тощо [2, 9, 10, 11]. Тому очікуваним рішенням є укладка рулонного газону під час екологічної реконструкції партерів будівлі Північного корпусу Каразінського університету.

Загалом, для оновлення партерів Північного корпусу Каразінського університету необхідно використати 22 одиниці Сакури дрібнопильчастої «Kanzan» (*Prunus serrulata*

«Kanzan») та 688 одиниць пухиро-плідника калинолистого «Diabolo» (*Physocarpus opulifolius «Diabolo»*) та 2750 м<sup>2</sup> рулонного газону. Орієнтуючись на ціни 2023 року загальна вартість рослинного матеріалу може скласти близько 430310,00 грн.

Як вже зазначали в розділі «Методика дослідження» для створення 3D-паркану використовувалася програма Sketchup 2020.

Програмне забезпечення Realtime Landscaping містить редактор зображень. Ми використовували редактор зображень для імпортування фотографій фасаду будівлі Північного корпусу ХНУ імені В.Н. Каразіна, а також для імпортування рослин з бібліотеки і поєднання цих доданих об'єктів з існуючими рослинами (рис. 3).



**Рис. 3** – Використання редактора зображень Realtime Landscaping Architect 2023.02 для візуалізації проекту благоустрою будівлі Північного корпусу Каразінського університету. Оновлення партерів

**Fig. 3** – Using the Realtime Landscaping Architect 2023.02 image editor to visualize the project for the improvement of the building of the North Building of Karazin University. Updating the parterres

Декоративне покриття є вкрай необхідним компонентом формування багатьох ландшафтних композицій. Декоративні якості покриття: колір, форма, величина елементів і їхній малюнок мають істотне значення в створенні гармонійних ландшафтних композицій. При виборі типу покриття в першу чергу слід враховувати призначення доріжок, проїздів, проходів, умови їхньої експлуатації, а також економічні і естетичні вимоги [4, 12].

Під час останньої реконструкції простору для покриття поверхні використане асфальтове покриття. Але для створення впізнаваного простору пропонуємо використати бруківку з натурального каменю (Рис. 4). Бруківка створює особливий настрій і додає території акуратний закінчений вигляд [13].

В формуванні ландшафтних об'єктів широко застосовуються меблі для відпочинку, зокрема різноманітні типи лав. Кожну малу форму слід використовувати тільки у співвідношенні до тієї функції, для використання якої вона призначена. Вони мають здебільшого функціональне призначення, але й істотно впливають на просторову організацію будь-якої території. Від форми, розміру і кольору лав, а також від того, як вони будуть розміщені в поєднанні з рослинністю, рельєфом, багато в чому залежать умови

відпочинку людей і естетичний вигляд простору.

В залежності від функціонального призначення ландшафтного об'єкту можливо різноманітне розміщення лав: біля входу в офісні та житлові будинки, на прибудинкових територіях, на майданчиках відпочинку, дитячих, спортивних і господарських майданчиках, на головних і другорядних алеях, тощо. В залежності від розміщення визначається форма лави, розміри, архітектурно-художній вигляд та вибирається матеріал [4, 12]. Варіант розміщення лав, які гармонічно вписались в просторову організацію території, представлений на рис. 5.

Декоративні паркани використовуються для розмежування простору, орієнтації руху пішоходів в потрібному напрямку, ізоляції місця відпочинку. Вони можуть бути суцільними або ажурними, виготовленими з різноманітних матеріалів – дерева, металу, каменю, збірних залізобетонних елементів, панелей, кераміки, склопластики. Можуть бути використані і комбінації цих матеріалів. Висота і розмір паркану залежить від його призначення і розташування на території ділянки. Задля розмежування проїжджої та пішохідної частини майдану Свободи нами запропоновано використання автентичного парканчика (Рис. 6).



**Рис. 4** – Використання редактора зображень Realtime Landscaping Architect 2023.02 для візуалізації проекту благоустрою будівлі Північного корпусу Каразінського університету.

Використання бруківки з натурального каменю

**Fig. 4** – Using the Realtime Landscaping Architect 2023.02 image editor to visualize the project for the improvement of the building of the Northern Building of Karazin University.

The use of paving stones made of natural stone



**Рис. 5** – Використання редактора зображень Realtime Landscaping Architect 2023.02 для візуалізації проекту благоустрою будівлі Північного корпусу Каразінського університету.

Розміщення лав для відпочинку

**Fig. 5** – Using the Realtime Landscaping Architect 2023.02 image editor to visualize the project for the improvement of the building of the Northern Building of Karazin University.

Placement of benches for rest





**Рис. 6** – Використання редактора зображень Realtime Landscaping Architect 2023.02 для візуалізації проекту благоустрою будівлі Північного корпусу Каразінського університету. Автентичний парканчик задля розмежування проїжджої та пішохідної частини майдану Свободи

**Fig. 6** – Using the Realtime Landscaping Architect 2023.02 image editor to visualize the project for the improvement of the building of the North Building of Karazin University. Authentic fence to delimit the roadway and pedestrian part of Svobody Square

Файл анімації проекту формату Project.mp4 знаходиться на гугл диску кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи навчально-наукового інституту

екології за посиланням:  
[https://drive.google.com/file/d/15T0Qgvik9sW2-ahn1QRICnSr27dsmTSo/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/15T0Qgvik9sW2-ahn1QRICnSr27dsmTSo/view?usp=share_link)

### **Висновки**

Еколого-естетичне оновлення території, прилеглої до фасаду Північного корпусу Каразінського університету доцільно здійснювати на основі принципів концепції зеленої інфраструктури, що поєднує утилітарну і емоційну складові.

Для створення єдиного стильового рішення території Майдану Свободи і будівель, які знаходяться на Майдані, запропоновано розвинути ландшафтну ідею використання нових екологічних трендів озеленення мегаполісів [2, 14] та використати під час екологічної реконструкції партерів перед будівлею Північного корпусу Каразінського університету культури щепленої форми сакури дрібнопильчастої на високому штампі.

Завершеність єдиному ландшафтному рішенню додають бордюри для всіх партерів з

пухироплідника калинолистого «Diabolo» та рулонний газон.

До малих архітектурних елементів запропоновано включити лави для відпочинку та автентичний парканчик, що виконує функцію відокремлення від проїжджої частини майдану.

З використанням програми Realtime Landscaping Architect 2023.02, Trial Free Version розроблено анімаційну модель проекту формату .mp4, що знаходиться на гугл диску кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи навчально-наукового інституту екології за посиланням:  
[https://drive.google.com/file/d/15T0Qgvik9sW2-ahn1QRICnSr27dsmTSo/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/15T0Qgvik9sW2-ahn1QRICnSr27dsmTSo/view?usp=share_link)

**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. 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"*. Вип. 55. С. 274-284. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-20>
2. Зелено-блакитна інфраструктура в містах пострадянського простору: вивчення спадщини та підключення до досвіду країн V4 : колективна монографія. За ред. Н. В. Максименко, А. Д. Шкаруба. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. 400 с.
3. Григор'єв А. В. Північний корпус Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна: архітектурний силует на фоні епохи. *Збірник наукових праць. Харк. нац. пед. ун-т імені Г. С. Сковороди. Серія «Історія та географія»*. Харків, 2012. Вип. 45. С. 188-190. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpkhnpu\\_ist\\_2012\\_45\\_49](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpkhnpu_ist_2012_45_49) (дата звернення 04.04.2023).
4. Вотінов М. А. Ландшафтна архітектура : конспект лекцій для студентів 2 курсу денної форми навчання освітнього рівня «бакалавр» із спеціальності 191 – Архітектура та містобудування освітньої програми Архітектура. Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. 2-е вид., зі змінами. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 73 с.
5. Landscape Design Software. URL: <https://www.ideaspectrum.com> (дата звернення 10.04.2023).
6. GET INTO PC. URL: <https://getintopc.today> (дата звернення 10.04.2023).
7. PROXIMA. Декоративні рослини. URL: <https://proxima.net.ua/ua/sakura-vishnja-melkopilchataja-prunus-serrulata-kanzan.html> (дата звернення 04.04.2023).
8. Укрінформ. У рамках екоакції «Greening of the Planet» в Харкові висадили 20 сакур і 4 магнолії. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/3225394-u-harkovi-priednalisa-do-globalnoi-ekologichnoi-akcii.html> (дата звернення 04.04.2023).
9. Максименко Н. В. Гололобова О. О. 3.3. Інновації в організації зеленої інфраструктури м. Харків та перспективи її розвитку. Зелено-блакитна інфраструктура в містах пострадянського простору: вивчення спадщини та підключення до досвіду країн V4 : колективна монографія / За ред. Н. В. Максименко, А. Д. Шкаруба. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. С. 265–292.
10. Максименко Н., Гололобова О., Щербань В., Погоріла М. Впровадження стійких рослинних компонентів в зелену інфраструктуру в контексті природоорієнтованих рішень. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2021. Вип. 35. С. 58–71. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2021-35-06>
11. Максименко, Н. В., Гололобова, О. О., Коваль, І. М., Калиновський, О. І. Моніторинг стану зелених насаджень Шевченківського району м. Харків (на прикладі гіркокаштану (*Aesculus Hippocastanum* L.)). *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2021. Вип. 36. С.56-71. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2021-36-05>
12. Крижановська Н. Я., Вотінов М. А., Смірнова О. В. Основи ландшафтної архітектури та дизайну : підручник /; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 348 с.
13. Гордієнко С. М. Міські вулиці та дороги : конспект лекцій (для студентів денної та заочної форм навчання та слухачів другої вищої освіти, спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія). Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 105 с.
14. 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. 2022. Vol. 25. N 1. P. 37–43. DOI: <https://doi.org/10.2478/ahr-2022-0005>

Стаття надійшла до редакції 19.05.2023

Стаття рекомендована до друку 10.06.2023

N. V. MAKSYMENKO<sup>1</sup>, DSc (Geography), Prof.,  
Head of the Department of Environmental Monitoring and Protected Area  
e-mail: [maksymenko@karazin.ua](mailto:maksymenko@karazin.ua) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7921-9990>

O. O. GOLOLOBOVA<sup>1</sup>, PhD (Agriculture)  
Associate Professor of the Department of Environmental Monitoring and Protected Area  
e-mail: [elena.golobova@karazin.ua](mailto:elena.golobova@karazin.ua) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5558-2114>

<sup>1</sup>V. N. Karazin Kharkiv National University,  
4, Svobody Square Kharkiv, 61022, Ukraine

## ECOLOGICAL AND AESTHETIC ASPECTS OF THE ORGANIZATION OF PUBLIC USE AREAS BY MEANS OF GREEN INFRASTRUCTURE

Trends in the development of the concept of green infrastructure in post-Soviet cities prompts a rethinking of approaches to landscaping the areas surrounding administrative buildings, educational and research institutions. The Northern Building of Karazin University is one of the symbols of education in Kharkiv, and the ecological reconstruction of the space in front of the building is also relevant.

**Purpose.** To develop a concept and formulate design proposals for the improvement of the territory in front of the main facade of the North Building of Karazin University.

**Methods.** To develop the concept, we analyzed historical and cartographic information. To create the project, we used the program Realtime Landscaping Architect 2023.02, Trial Free Version.

**Results.** Based on the analysis of the history of the formation of the territory on Svobody Square between the buildings of Karazin University and taking into account its current state, it is proposed to develop a landscape idea of using new environmental trends in urban greening, which was launched during the Greening of the Planet campaign (2021). A proposal for the ecological reconstruction of the area in front of the main facade of the North Building of Karazin University at 6 Svobody Square is substantiated. Kharkiv, using cultivars of the grafted form of fine-sawed sakura on a tall stem to create new landscaping locations. The assortment catalog of plant material proposed for the renovation of the parterres in front of the building was compiled and the approximate economic costs for its implementation were calculated. The use of small architectural forms, such as benches for rest, authentic fences, etc. is substantiated. An animation file of the project in .mp4 format was created for visualization.

**Conclusions.** The developed proposal for the ecological reconstruction of the area in front of the main facade of the Northern Building of Karazin University will ensure the creation of a single style solution for the landscaping of the territory of Freedom Square and the buildings located on it.

**KEYWORDS:** *landscape design, green infrastructure, Karazin University, North Building, ecological reconstruction, plant assortment, project visualization*

### References

1. 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>
2. Maksymenko N. V., Shkaruba, A. D. (Eds). (2022). *Green & Blue Infrastructure in Post-USSR cities: exploring legacies and connecting to V4 experience: collective monograph*. Kharkiv : V. N. Karazin Kharkiv National University.
3. Grigoriev, A. V. (2012) The Northern Building of V. N. Karazin Kharkiv National University: Architectural Silhouette on the Background of the Epoch. *Kharkiv National Pedagogical University named after H. S. Skovoroda. Series "History and Geography"*, (45), 188-190. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpkh-npu\\_ist\\_2012\\_45\\_49](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpkh-npu_ist_2012_45_49) (In Ukrainian).
4. Votinov, M. A. (2019) Landscape architecture: lecture notes for 2nd year full-time students of the educational level "Bachelor" in specialty 191 - Architecture and Urban Planning of the educational program Architecture. Kharkiv National University of Municipal Economy named after A.N. Beketov. 2nd edition, with changes: A.N. Beketov Kharkiv National University of Urban Economy. 73. (In Ukrainian).
5. Landscape Design Software. Retrieved from <https://www.ideaspectrum.com> (in English).
6. GET INTO PC. Retrieved from <https://getintopc.today> (in English).
7. PROXIMA. Ornamental plants. Retrieved from <https://proxima.net.ua/ua/sakura-vishnja-melkopolchataja-prunus-serrulata-kanzan.html> (In Ukrainian).
8. Ukrinform. As part of the Greening of the Planet campaign, 20 sakuras and 4 magnolias were planted in Kharkiv. Retrieved from <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/3225394-u-harkovi-priednalis-a-do-globalnoi-ekologicnoi-akcii.html> (In Ukrainian).

9. Maksymenko, N., Gololobova, O. (2022). Innovations in the organization of the green infrastructure of city Kharkiv and prospects for its development. In Maksymenko N. V., Shkaruba, A. D. (Eds). *Green & Blue Infrastructure in Post-USSR cities: exploring legacies and connecting to V4 experience: collective monograph*. Kharkiv: V. N. Karazin Kharkiv National University. 265–292. (In Ukrainian)
10. Maksymenko, N. V., Gololobova, O., Shcherban, V. I., & Pohorila, M. V. (2021). Introduction of Sustainable Plant Components in Green Infrastructure in the Context of Nature-Oriented Solutions. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 35, 58-71. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2021-35-06>
11. Maksymenko, N. V., Gololobova, O. O., Koval, I. M., & Kalynovskyi, O. I. (2021). Monitoring of the Condition of Green Plantations in Shevchenkivskyi 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>
12. Kryzhanovska, N. Ya., Votinov, M. A., & Smirnova, O. V. (2019) Fundamentals of landscape architecture and design : textbook. Kharkiv National University of Urban Economy named after O. M. Beketov (In Ukrainian)
13. Gordienko, S. M. (2019) City streets and roads: lecture notes (for full-time and part-time students and students of the second higher education, specialty 192 - Construction and Civil Engineering). Kharkiv National University of Municipal Economy named after A.N. Beketov. (In Ukrainian)
14. Maksymenko, N., Shpakivska, I., Burchenko, S., & Utkina, K. (2022). Green Infrastructure in Lviv - example of park zones. *Acta Horticulturae et Regiotecturae*. 25 (1). 37–43. <https://doi.org/10.2478/ahr-2022-0005>

The article was received by the editors 19.05.2023

The article is recommended for printing 10.06.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-10>

УДК 574(075.8)

**В. М. ЧЕЛЯБІЄВА**, канд. техн. наук, доц.,  
доцент кафедри харчових технологій  
e-mail: [vika.chl@ukr.net](mailto:vika.chl@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5364-4633>  
Національний університет «Чернігівська політехніка»  
вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна

## ТИПОЛОГІЯ ХАРЧУВАННЯ ЯК ФАКТОР ВПЛИВУ НА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ

**Мета.** Дослідити потенціальні джерела біологічно активних речовин з позитивним ефектом для здоров'я людини, які можуть бути використані для розробки оздоровчих продуктів харчування.

**Методи.** Метод окисно-відновного титрування за перекісним числом.

**Результати.** Досліджено антиоксидантні властивості порошку, отриманого із суміші шкірок різних сортів червоного винограду Сіверського регіону України, і водно-спиртового екстракту порошку. При додаванні порошку шкірки червоних сортів винограду або його водно-спиртового екстракту до модельної сировини підвищується стійкість сировини до окиснення. Додавання водно-спиртового екстракту більш ефективно гальмує процес окиснення, ніж порошок. Перекісне число масла какао, до якого був доданий екстракт, після перебування у модельних умовах при температурі 30°C збільшилось у 1,1 рази, олії соняшникової і олії оливкової – у 1,6 рази, у той час, як перекісне число контрольних зразків без добавок зросло за цих умов у 2,3 рази для масла какао, у 2,5 рази для олій соняшникової і оливкової. Отже шкірка червоних сортів винограду є джерелом антиоксидантів. Антиоксидантні властивості зберігає порошок, отриманий зі шкірок червоних сортів винограду шляхом висушування, а також водно-спиртовий екстракт цього порошку.

**Висновки.** Біологічно активні речовини поліфенольного і стельбенового рядів, які містяться в шкірці червоних сортів винограду є потужними антиоксидантами. Шкірка червоних сортів винограду може бути використана в технології продуктів специфічного оздоровчого призначення, які запобігають хворобам серця або геронтологічного призначення.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** антиоксиданти, продукти харчування, харчові біологічно активні добавки, шкірка червоних сортів винограду

**Як цитувати:** Челябієва В. М. Типологія харчування як фактор впливу на екологічні аспекти життєдіяльності людини. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2023. Вип. 39. С. 109-116. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-10>

**In cites:** Cheliabieva, V. N. (2023). Diet typology as a factor of influence on environmental aspects of human life activity. *Man and Environment. Issues of Neoeology*, (39), 109 -116. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-10> (in Ukrainian)

### Вступ

Екологія людини – напрям екології, який пов'язаний як з відносинами людини й природного середовища, так і з морально-естетичними цінностями, які формують активну життєву позицію і нову відповідальність [1]. Вибудовування відносин у системі «людина – природа – здоров'я» повинно передбачати вивчення впливу позитивних і негативних параметрів середовища проживання людини, впливу типології харчування у різних середовищах проживання людини на

здоров'я, фізичний розвиток, тривалість життя. Це дасть можливість адекватно використовувати природні ресурси для досягнення фізичного, і, як наслідок, душевного та соціального благополуччя [2].

Один з визначальних факторів, який впливає на здоров'я людини є клімат. Сонячне випромінювання збільшує працездатність людини, підвищує опірність організму до різних інфекцій, підсилює тканинне дихання. Люди, які проживають у південних

© Челябієва В. М., 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/).

регіонах, де набагато більше сонячних днів на рік, ніж у північних регіонах, більш енергійні і життєрадісні. Морська вода має свій характерний мінеральний склад. Повітря у примор'ї насичується макро- та мікроелементами, які позитивно впливають на самопочуття людей, що живуть біля моря. Лісиста місцевість зменшує втому, поліпшує самопочуття, заспокоює. Накопичений протягом століть досвід позитивного впливу навколишнього середовища на самопочуття людини сьогодні використовується з метою оздоровлення.

Давно відомий метод оздоровлення – кліматотерапія. Кліматотерапія включає аеротерапію – профілактичний вплив свіжого повітря, геліотерапію – терапія сонячними променями, таласотерапію – вплив приморського клімату, морської води, морських грязей та інших продуктів моря [3, 4]. З оздоровчою метою використовують ландшафтотерапію, спелеотерапію [5].

Інший фактор, який є складовою здоров'я людини – це харчування. Харчування впливає на рівень захворюваності та смертність, а також визначає тривалість життя населення різних географічних регіонів [6, 7]. Тривалість життя – найбільш інформативно віддзеркалює стан здоров'я населення і навколишнього середовища проживання. Авторами [6] показано, що тривалість життя позитивно корелює з кількістю спожитих жирів і часткою енергії, отриманої з жирів. Причому позитивним є вплив не лише рослинних олій на здоров'я, але й тваринних жирів, на що вказують результати досліджень цього питання [8, 9]. А от вплив алкоголю на організм має високу ступінь модифікації в залежності від форми та дози споживання [6], і це питання досі залишає місце для дискусії [10]. Міцні спиртні напої збільшують серцево-судинні захворювання ( $r = 0,78$ ), вино зменшує ( $r = -0,56$ ), а пиво має нейтральну дію ( $r = -0,01$ ) [6].

Географічно і еволюційно цікавою є середземноморська типологія харчування. Ця типологія характерна для південного регіону Європи. Сьогодні середземноморська культура харчування вважається однією із самих здорових, доказово збільшує тривалість життя і захист від серцево-судинних захворювань і раку [11]. Середземноморська типологія харчування включає багато овочів, фруктів, круп з цільного зерна, оливкову

олію, морепродукти. У цій культурі харчування у пріоритеті виноградні вина серед спиртових напоїв [12]. Однією з властивостей червоних виноградних вин і продуктів з червоного винограду є властивість позитивно впливати на тривалість життя [7]. Ця властивість обумовлена наявністю антоціанів, які є антиоксидантами поліфенольного ряду, у виноградній шкірці. Антоціани представлені переважно D-глюкозидами мальвідіна, ціанідіна, дельфінідіна, пеонідіна, петунідіна та пеларгонідіна, а також їх естерами з похідними бензойної та гідроксикоричної кислот [13, 14]. Крім антоціанів шкірка винограду містить антиоксиданти стилбенового ряду – ресвератрол (рис. 1). Це потужний природний антиоксидант, який переважає за антиоксидантними властивостями такі відомі антиоксиданти, як  $\beta$ -каротин у 5 разів, вітамін С у 20 разів, вітамін Е у 50 разів.

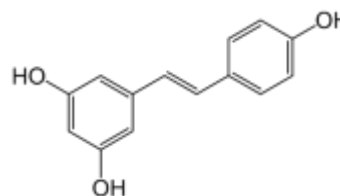


Рис. 1 – Структурна формула ресвератролу  
Fig. 1 – Structural formula of resveratrol

Ресвератрол захищає від окиснення ліпопротеїди низької щільності, які здійснюють в організмі транспорт ліпідів, сприяє розрідженню крові, що зменшує ризик тромбозування, а також було показано, що він володіє властивостями, що збільшують тривалість життя [12, 15].

У 1981 році винороб Рено, а у 1990 році доктор Сен-Леже озвучували наступні показники зниження атеросклеротичних артеріальних пошкоджень: для вина білого – 23-30 %; для вина червоного – 63-70% [16]. Для порівняння для віскі цей показник становив 10-16% [16]. Антиоксидантна властивість вин з білих і рожевих сортів винограду значно нижча, ніж з червоних сортів [16, 17], що обумовлено низьким вмістом поліфенолів у шкірці цих сортів винограду [17].

Оздоровча цінність для людської популяції червоного винограду та отриманих з нього продуктів харчування заслуговує на

подальше вивчення [18]. Дослідження нутрієнтної цінності довкілля не менш актуальне, ніж питання екологічної безпеки харчових продуктів чи вплив стану довкілля на якість

продуктів харчування, бо розкриває потенціал навколишнього середовища, його ресурси для збереження здоров'я людини, подовження тривалості життя.

### *Методика дослідження*

Досліджували антиоксидантні властивості порошку шкірок червоного винограду і водно-спиртового екстракту порошку шкірок червоних сортів винограду. Для дослідження брали суміш шкірок різних сортів червоного винограду, як джерела природних антиоксидантів. Шкірки сушили при 60°C до досягнення постійної маси, подрібнювали на електричному млині і отримували порошок. Вологість отриманого порошку не більше 6-7,5%. Екстракт порошку шкірок винограду готували наступним чином: 1 частину порошку змішували з 9 частинами 70% розчину спирту і витримували при 15-20°C при періодичному перемішуванні протягом 4 діб. Потім витяжку зливали, залишки сировини віджимали пресом, промивали невеликою кількістю 70 % розчину спирту і знову віджимали. Першу витяжку і витяжку кожного наступного віджиму з'єднували. Отриманий порошок і його екстракт вводили у кількість 1% до маси у модельну сировину.

У якості модельної сировини для оцінки антиоксидантної активності порошку та водно-спиртового екстракту порошку шкірок червоного винограду були взяті жир рослинний (масло какао) та олії соняшникова і

оливкова. Обрана сировина, містить тригліцериди моно- та поліненасичених вищих карбонові кислот, які піддаються окисненню на повітрі. За агрегатним станом рослинні олії рідкі при кімнатній температурі, а рослинні жири є твердими. Дослідження проводили у модельних умовах прискореним методом (температура 30±2°C, час випробувань становив 21 добу). На початку досліді і після витримки в модельних умовах визначали перекисне число досліджуваної сировини.

Перекисне число характеризує процес окислення жирів та олій під впливом кисню повітря [19]. Визначення перекисного числа проводили відповідно до ДСТУ 4570:2006. Метод визначення ґрунтується на реакції взаємодії продуктів окиснення олій та жирів (пероксидів і гідропероксидів) із калій йодидом у розчині оцтової кислоти і хлороформу. Йод, який виділяється під час реакції кількісно визначають шляхом титрування розчином тіосульфату натрію. За результатами титрування розраховували перекисне число у ммоль ½ О/кг.

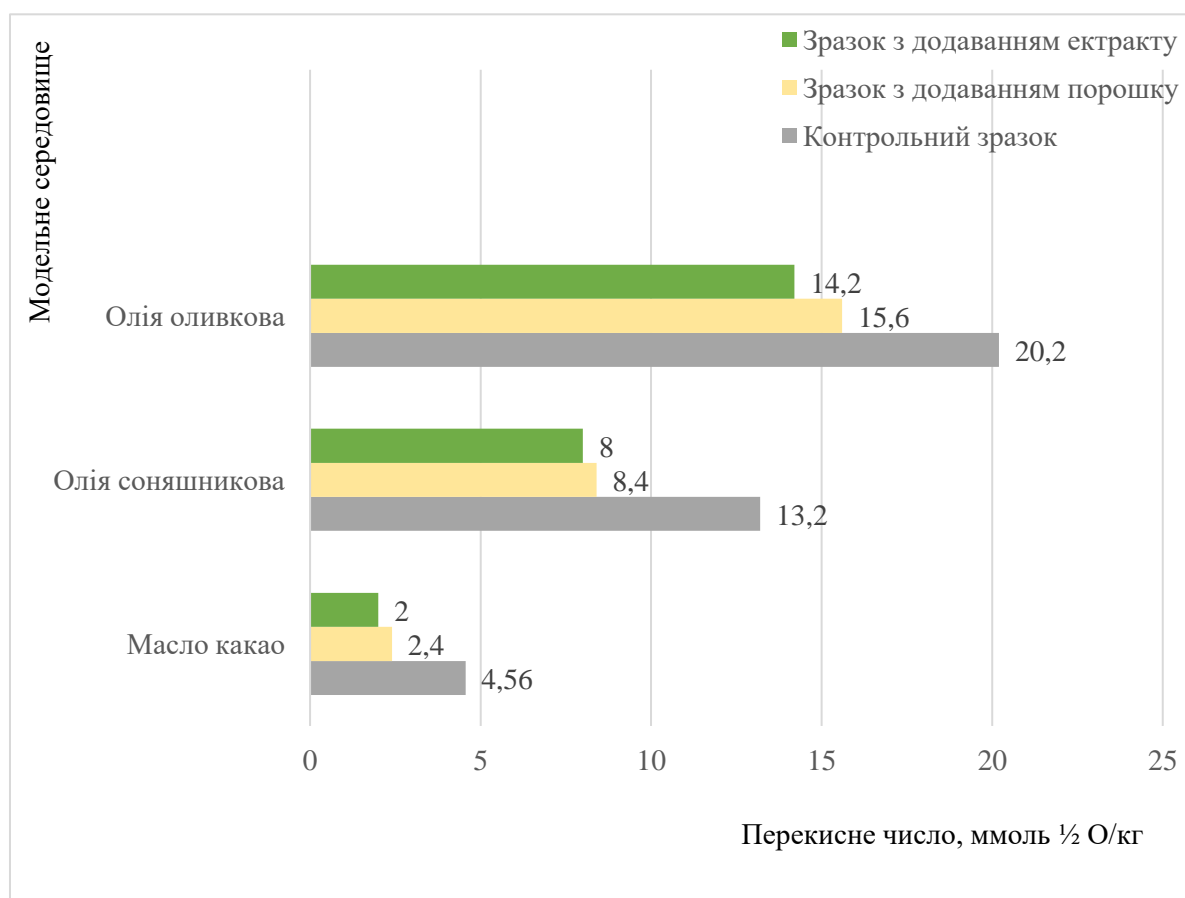
Статистичну обробку результатів дослідження проводили для рівня вірогідності 0,95 (кількість паралельних тестів – 5).

### *Результати дослідження та обговорення*

На початку дослідження перекисне число модельної сировини складало: для зразків масла какао – 1,8 ммоль ½ О/кг; олії соняшникової нерафінованої – 5 ммоль ½ О/кг, олії оливкової – 8,9 ммоль ½ О/кг. Через 21 добу, після витримки у модельних умовах зразків без додавання (контрольні зразки) і зразків з додаванням порошку шкірок червоних сортів винограду або водно-спиртового екстракту з нього, були визначені значення перекисного числа (рис. 2).

Аналіз динаміки перекисного числа кожної модельної сировини показує, що найбільше за 21 добу окисненню піддалися контрольні зразки. Їх перекисне число зросло у 2,3-2,5 рази порівняно з початковим значенням. Через 21 добу витримки у модельних

умовах перекисне число соняшникової і оливкової олій перевищило допустимі для цього виду олій значення. Перекисне число для олій соняшникової нерафінованої допускається не більше 10,0 ммоль ½ О/кг відповідно до ДСТУ 4492:2017, а для олій оливкової першого віджиму – не більше 20,0 ммоль ½ О/кг, ДСТУ 5065:2008. Тобто сировина стала не прийнятною для споживання. Перекисне число масла какао досягло межі допустимого значення, яке становить 5 ммоль ½ О/кг для усіх жирів рослинних (кондитерських і кулінарних), ДСТУ 4335:2004. Треба визначити, що виробники рослинних жирів додають у рецептуру антиоксиданти, наприклад, масло какао може бути збагачене вітаміном Е, який є природним антиоксидантом.



**Рис. 2** – Динаміка перекисного числа досліджуваних зразків  
**Fig. 2** – The dynamics of the peroxide value of the studied samples

Тому у випадку масла какао через 21 добу не спостерігали псування контрольного зразка, тобто перевищення допустимого для цієї сировини значення перекисного числа, але його значення наблизилося до граничного.

Зразки модельної сировини, до яких був доданий порошок шкірки червоних сортів винограду або водно-спиртовий екстракт цього порошку, виявились значно стійкішими до окиснення у створених модельних умовах. При додаванні порошку шкірки червоного винограду до жиру рослинного, його перекисне число по закінченню терміну дослідження зросло у 1,3 рази, олії соняшникової – у 1,7 разів, олії оливкової – у 1,8 рази порівняно з початковим значенням перекисного числа модельної сировини. Тобто перекисне число для цих зразків у 1,3-1,4 рази менше порівняно з контрольними зразками за тих же умов. У випадку використання водно-спиртового екстракту порошку шкірок червоних сортів винограду спостеріга-

ється ще більше гальмування окисного процесу модельної сировини. Так через 21 добу перекисне число жиру рослинного, до якого був доданий екстракт збільшилось лише у 1,1 рази, олії соняшникової і олії оливкової – у 1,6 рази, порівняно з початковим.

Таким чином шкірка червоних сортів винограду є джерелом антиоксидантів. Антиоксидантні властивості зберігає порошок, отриманий зі шкірок червоних сортів винограду шляхом висушування, а також водно-спиртовий екстракт цього порошку.

Натуральні вина, вироблені без додавання продуктів невиноградного походження, поділяються на [16] сухі, виготовлені шляхом повного зброджування (сусла) вичавленого соку, без шкірки, насіння та гребнів; напівсухі – вина, які на відміну від сухих містять не заброджений цукор у кількості 5-30 г/дм<sup>3</sup>; напівсолодкі – вина, вироблені шляхом неповного зброджування сусла або м'язги. Вміст цукру у напівсолодких ви-



нах становить 50-80 г/дм<sup>3</sup>. З огляду на отримані результати дослідження можна стверджувати, що червоні натуральні вина, отримані шляхом зброджування м'язги мають виражені антиоксидантні властивості. Такі висновки співвідносяться з дослідженнями інших авторів у цьому напрямку [20, 21]. Наприклад, відмічається [21], що у французів з півдня Франції, значно нижчий рівень смертності через ішемічні хвороби серця, незважаючи на те, що харчовий раціон тут традиційно багатий на жири, а також досить поширена пристрасть до паління. Цей так званий «французький парадокс» частково пояснюється вживанням вина, особливо червоного [12, 16, 20, 21].

Цінність такого побічного продукту виробництва як шкірка червоного винограду дозволяє використовувати її як сировину для

отримання функціональних продуктів харчування [13, 20] і, як наслідок, для покращення здоров'я населення. Використання побічних продуктів одних виробництва у якості сировини для інших у свою чергу забезпечує зменшення їх негативного впливу на навколишнє середовище. Так використання виноградної вижимки, до складу якої входить шкірка винограду і яка є відходом цеху переробки винограду, зменшить навантаження на поверхневий шар ґрунту за рахунок зменшення кількості розміщених відходів, що відповідає європейським підходам до поводження з побічними продуктами харчових виробництв. Згідно з цими принципами у пріоритеті є технології, які дозволяють скоротити кількість побічних продуктів при одночасному підвищенні їх цінності за рахунок повторного залучення у виробництво.

### Висновки

Шкірка червоних сортів винограду містить біологічно активні речовини поліфенольного і стельбенового рядів – антоціани, ресвератрол, які є потужними природними антиоксидантами. Шкірка червоних сортів винограду може бути використана для виробництва функціональних продуктів харчування, а залучення таким способом побічних продуктів переробки червоних сортів винограду у виробництво у якості сировини забезпечить зменшення негативного впливу на довкілля за рахунок зменшення кількості відходів, розміщених на поверхні ґрунту.

Встановлення взаємозв'язків між типологією харчування і рівнем здоров'я і тривалістю життя населення у різних географі-

чних регіонах дозволить визначити природні джерела ефективних біологічно активних речовин. Такі речовини можуть бути залучені у якості харчових добавок до розробки екологічно безпечних харчових продуктів специфічного оздоровчого використання шляхом їх додавання до традиційних продуктів споживання у тому чи іншому регіоні.

Використовуючи природний ресурс довкілля, будь-яким харчовим продуктам можна надати функціональних властивостей шляхом збагачення їх функціональними інгредієнтами і зробити у такий спосіб нашу їжу нашими ліками, зважаючи на взаємозв'язок у системі «людина-харчування-здоров'я».

### 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. Дуднікова І. І. Соціально-філософський дискурс екології людини. *Гуманітарний вісник Запорізької державної інженерної академії: збірник наукових праць*. 2009. Вип.37. С.226-233. URL: [https://old-zdia.znu.edu.ua/gazeta/VISNIK\\_37\\_23.pdf](https://old-zdia.znu.edu.ua/gazeta/VISNIK_37_23.pdf)
2. Сімахіна, Г. О., Науменко Н. В. Зв'язок харчування та стану здоров'я населення. *Progress in Science and Education : Proceedings of the International Conference, 26-27 September, New York*. 2019. P.106-117. URL: [http://dspace.nuft.edu.ua/bitstream/123456789/31567/1/Simakhina\\_tezy.pdf](http://dspace.nuft.edu.ua/bitstream/123456789/31567/1/Simakhina_tezy.pdf)
3. Droli M., Bašan L., Vassallo F. G.. Positioning Climate Therapy Stays as a Health Tourism Product: An Evidence-Based Approach. *Emerging Science Journal*. 2022. Vol. 6. N 2. P.256-272. URL: <https://air.uniud.it/bitstream/11390/1223920/1/797-2789-2-PB.pdf>

4. Сичук Т. В. Обґрунтування основних методів оздоровлення та лікування в регіонах України. *Науковий вісник Чернівецького університету*. 2013. Вип.672-673. С 84-88. URL: [https://collectedpapers.com.ua/wp-content/uploads/2013/12/672\\_673\\_019\\_Emchuk.pdf](https://collectedpapers.com.ua/wp-content/uploads/2013/12/672_673_019_Emchuk.pdf)
5. Dodev Y, Zhiyanski M, Glushkova M, Borisova B, Semerdzhieva L, Ihtimanski I, Dimitrov S, Nedkov S, Nikolova M, Shin W-S. An Integrated Approach to Assess the Potential of Forest Areas for Therapy Services. *Land*. 2021. Vol. 10. N 12. 1354. DOI: <https://doi.org/10.3390/land10121354>
6. Мехова Л. В., Писарук А. В., Кошель Н. М. Тривалість життя та серцево-судинна патологія в різних регіонах Європи: зв'язок зі структурою харчування. *Проблеми старення и долголетия*. 2016. Т.25. №2. С.187-195. URL: <http://geront.kiev.ua/library/psid/t25/n2/Mekhova.pdf>
7. Передерій В. Г. Пити помірно чи взагалі не пити? Що краще? Науково і популярно про користь та шкідливість алкоголю. *Харчування і здоров'я*. 2010. № 1. С. 93-98. URL: [http://www.vitapol.com.ua/user\\_files/pdfs/mtu/691769274049090\\_09022011113908.pdf](http://www.vitapol.com.ua/user_files/pdfs/mtu/691769274049090_09022011113908.pdf)
8. Gebbers Jan-Olaf. Atherosclerosis, cholesterol, nutrition, and statins—a critical review. *GMS German Medical Science*, 2007.№ 5. P. 1-11. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2703237/pdf/GMS-05-04.pdf>
9. Spieker L., Ruschitzka F., Lüscher T. F., Noll G. HDL-Cholesterin bei Atherosklerose-zu wenig des Guten. *Swiss Medical Forum*. 2003. Vol.3. No.39. P.920-926. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/6bd6/d9d52afe19114baceea39ae89673731c6dc1.pdf>
10. Silva A. P., Jager G., Van Zyl H., Voss H. P., Pintado M., Hogg T., De Graaf, C. Cheers, proost, saúde: Cultural, contextual and psychological factors of wine and beer consumption in Portugal and in the Netherlands. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2017. Vol. 57. No 7. P. 1340-1349. DOI:<https://doi.org/10.1080/10408398.2014.969396>
11. Berry E., Arnoni Y., Aviram M. The Middle Eastern and biblical origins of the Mediterranean diet. *Public Health Nutrition*. 2011. Vol. 14. No 12A. P. 2288-2295. DOI:<https://doi.org/10.1017/S1368980011002539>
12. Donini L., Serra-Majem L., Bulló M., Gil Á., Salas-Salvadó J. The Mediterranean diet: Culture, health and science. *British Journal of Nutrition*. 2015. Vol. 113. No 52. P.51-53. DOI:<https://doi.org/doi:10.1017/S0007114515001087>
13. Челябієва В. М., Костюченко А. М., Семенюк О. Ю. Використання природних антиоксидантів у виробництві борошняних кондитерських виробів. *Технічні науки та технології*. 2017. №4(6). С. 211-217. URL: <http://tst.stu.cn.ua/article/view/95963>
14. de Andrade R.B, Machado B.A.S, Barreto Gd.A, Nascimento R.Q, Corrêa L.C, Leal I.L, Tavares P.P.L.G, Ferreira Ed.S, Umsza-Guez M.A. Syrah Grape Skin Residues Has Potential as Source of Antioxidant and Anti-Microbial Bioactive Compounds. *Biology*. 2021. Vol. 10. No 1).1262. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology10121262>
15. Schneider Y., Vincent F., Durantou B., Badolo L., Gossé F., Bergmann Ch., Seiler N., Raul F. Anti-proliferative effect of resveratrol, a natural component of grapes and wine, on human colonic cancer cells. *Cancer Letters*. 2000. Vol. 158. No 1. P. 85-91. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0304-3835\(00\)00511-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3835(00)00511-5)
16. Шиян, П. Л., Сосницький, В. В., Шевченко, О. Ю., Кириленко, Р. Г. Алкогольні напої-досвід покоління. Київ: Інтерсервіс, 2022. 364 с. URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/37698>
17. Fuhrman B., Volkova N., Suraski A., Aviram M. White Wine with Red Wine-like Properties: Increased Extraction of Grape Skin Polyphenols Improves the Antioxidant Capacity of the Derived White Wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2001. Vol. 49. No 7. P. 3164-3168. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf001378j>
18. Rasines-Perea Z., Teissedre P.-L. Grape Polyphenols' Effects in Human Cardiovascular Diseases and Diabetes. *Molecules*. 2017. Vol. 22 . No 1.P. 68. DOI:<https://doi.org/10.3390/molecules22010068>
19. Zhang N, Li Y., Wen Sh., Sun Y., Chen J., Gao Y., Sagymbek A., Yu X., Analytical methods for determining the peroxide value of edible oils: A mini-review. *Food Chemistry*, 2021. Vol. 358. P.129834. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129834>
20. Michalaki A., Pliopoulou E. N., Douvika A., Nasopoulou C., Skalkos D., Karantonis H. Ch. Bioactivity of Grape Skin from Small-Berry Muscat and Augustiatis of Samos: A Circular Economy Perspective for Sustainability. *Sustainability*. 2022. №14 (21). 14576. DOI: <https://doi.org/10.3390/su142114576>
21. Hung L.-M., Chen J.-K., Huang Sh.-S., Lee R.-Sh., Su M.-J., Cardioprotective effect of resveratrol, a natural antioxidant derived from grapes, *Cardiovascular Research*. 2000. Vol. 47. No 3. P. 549-555. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0008-6363\(00\)00102-4](https://doi.org/10.1016/S0008-6363(00)00102-4)

Стаття надійшла до редакції 03.02.2023

Стаття рекомендована до друку 16.03.2023

**CHELIABIEVA V. N.**, PhD (Technic)

Associate Professor of the Department of Food Technologies

e-mail: [vika.chl@ukr.net](mailto:vika.chl@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5364-4633>

Chernihiv Polytechnic National University,  
Shevchenka Str., 95, Chernihiv, 14035, Ukraine

## DIET TYPOLOGY AS A FACTOR OF INFLUENCE ON ENVIRONMENTAL ASPECTS OF HUMAN LIFE ACTIVITY

**Purpose.** To study sources of biologically active substances with a positive effect on health in order to use them in the development of health food products.

**Methods.** The antioxidant properties of the biologically active substances of the powder of the skins of red grape varieties were studied by the redox titration method.

**Results.** The antioxidant properties of red grape skin powder and its water-alcohol extract were studied. Grape skin powder was obtained from different varieties of red grapes of the Seversky region of Ukraine. The introduction of powder or water-alcohol extract of the skin of red grape varieties into the model raw material increases the resistance of the raw material to oxidation. The addition of a water-alcohol extract inhibits the oxidation process more effectively than the powder. Research in model conditions at temperature showed that the peroxide value of cocoa butter increases by 1.1 times when the extract is added, sunflower oil and olive oil - by 1.6 times. Under these conditions, the peroxide number of control samples without additives increased by 2.3 times for cocoa butter, and by 2.5 times for sunflower and olive oils. The skin of red grapes is a source of antioxidants. Antioxidant properties are preserved by the powder obtained from the skin of red grape varieties by drying, as well as by the water-alcohol extract of this powder.

**Conclusions.** The skin of red grape varieties contains biologically active substances of the polyphenolic and stem series. These substances are powerful antioxidants. The skin of red grape varieties can be used in the technology of food for specific health purposes. This food to prevent heart diseases and gerontological purposes.

**KEYWORDS:** *antioxidants, food, food biologically active additives, skin of red grapes*

### References

1. Dudnikova, I. I. (2009). Social and philosophical discourse of human ecology. *Humanitarian Bulletin of the Zaporizhzhya State Engineering Academy: collection of scientific works*, 37, 226-233. Retrieved from [https://old-zdia.znu.edu.ua/gazeta/VISNIK\\_37\\_23.pdf](https://old-zdia.znu.edu.ua/gazeta/VISNIK_37_23.pdf) (In Ukrainian).
2. Simakhina, G.O., & Naumenko, N.V. (2019). The relationship between nutrition and the health status of the population. *Progress in Science and Education: Proceedings of the International Conference, September 26-27, New York*, 106-117. Retrieved from [http://dSPACE.nuft.edu.ua/bitstream/123456789/31567/1/Simakhina\\_tezy.pdf](http://dSPACE.nuft.edu.ua/bitstream/123456789/31567/1/Simakhina_tezy.pdf) (In Ukrainian).
3. Droli, M., Bašan, L., & Vassallo, F. G. (2022). Positioning Climate Therapy Stays as a Health Tourism Product: An Evidence-Based Approach. *Emerging Science Journal*, 6(2), 256-272. Retrieved from <https://air.uniud.it/bitstream/11390/1223920/1/797-2789-2-PB.pdf> (In Italy)
4. Yemchuk, T. V. (2013). Justification of the main methods of recovery and treatment in the regions of Ukraine. *Scientific Bulletin of Chernivtsi University*, 672-673, 84-88. Retrieved from [https://collectedpapers.com.ua/wp-content/uploads/2013/12/672\\_673\\_019\\_Emchuk.pdf](https://collectedpapers.com.ua/wp-content/uploads/2013/12/672_673_019_Emchuk.pdf) (In Ukrainian).
5. Dodev, Y., Zhiyanski, M., Glushkova, M., Borisova, B., Semerdzhieva, L., Ihtimanski, I., Dimitrov, S., Nedkov, S., Nikolova, M., & Shin, W-S. (2021). An Integrated Approach to Assess the Potential of Forest Areas for Therapy Services. *Land*, 10(12),1354. <https://doi.org/10.3390/land10121354> (In Bulgaria).
6. Myekhova, L.V., Pizaruk, A.V., & Koshel, N.M. (2016). Life expectancy and cardiovascular pathology in different regions of Europe: relationship with nutrition structure. *Problems of aging and longevity*. 25(2), 187-195. Retrieved from <http://geront.kiev.ua/library/psid/t25/n2/Mekhova.pdf> (In Ukrainian).
7. Perederii, V. G. (2010). To drink moderately or not to drink at all? Which is better? Scientifically and popularly about the benefits and harms of alcohol. *Nutrition and health*, 1, 93-98. Retrieved from [http://www.vitapol.com.ua/user\\_files/pdfs/mtu/691769274049090\\_09022011113908.pdf](http://www.vitapol.com.ua/user_files/pdfs/mtu/691769274049090_09022011113908.pdf) (In Ukrainian).
8. Gebbers, J.-O. (2007). Atherosclerosis, cholesterol, nutrition, and statins—a critical review. *GMS German Medical Science*, 5, 1-11. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2703237/pdf/GMS-05-04.pdf> (In Germany)
9. Spieker, L., Ruschitzka, F., Lüscher, T. F., & Noll, G. (2003). HDL-Cholesterin bei Atherosklerose-zu wenig des Guten. *Swiss Medical Forum*, 3(39), 920-926. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/6bd6/d9d52afe19114baceea39ae89673731c6dc1.pdf> (In Switzerland).

10. Silva, A. P., Jager, G., Van Zyl, H., Voss, H. P., Pintado, M., Hogg, T., & De Graaf, C. (2017). Cheers, proost, saúde: Cultural, contextual and psychological factors of wine and beer consumption in Portugal and in the Netherlands. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(7), 1340-1349. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.969396> (In the Netherlands).
11. Berry, E., Arnoni, Y., & Aviram, M. (2011). The Middle Eastern and biblical origins of the Mediterranean diet. *Public Health Nutrition*, 14(12A), 2288-2295. <https://doi.org/10.1017/S1368980011002539> (In Israel).
12. Donini, L., Serra-Majem, L., Bulló, M., Gil, Á., & Salas-Salvadó, J. (2015). The Mediterranean diet: Culture, health and science. *British Journal of Nutrition*, 113(52), 51-53. <https://doi.org/doi:10.1017/S0007114515001087> (In Italy).
13. Cheliabiieva, V. M., Kostyuchenko, A. M., & Semenyuk, O. Yu. (2017). The use of natural antioxidants in the production of flour confectionery products. *Technical sciences and technologies*, 4(6), 211-217. Retrieved from <http://tst.stu.cn.ua/article/view/95963> (In Ukrainian).
14. de Andrade, R.B, Machado, B.A.S, Barreto, Gd.A, Nascimento, R.Q, Corrêa, L.C, Leal, I.L, Tavares, P.P.L.G, Ferreira, Ed.S, & Umsza-Guez, M.A. (2021). Syrah Grape Skin Residues Has Potential as Source of Antioxidant and Anti-Microbial Bioactive Compounds. *Biology*, 10(12), 1262. <https://doi.org/10.3390/biology10121262> (In Brazil).
15. Schneider, Y., Vincent, F., Durantou, B., Badolo, L., Gossé, F., Bergmann, Ch., Seiler, N., & Raul, F. (2000). Anti-proliferative effect of resveratrol, a natural component of grapes and wine, on human colonic cancer cells. *Cancer Letters*, 158(1), 85-91. [https://doi.org/10.1016/S0304-3835\(00\)00511-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3835(00)00511-5) (In France).
16. Shiyan, P.L., Sosnytskyi, V.V., Shevchenko, O.Yu., & Kyrlyenko, R.G. (2022). Alcoholic drinks - experience of generations. Retrieved from <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/37698> (In Ukrainian).
17. Fuhrman, B., Volkova, N., Suraski, A., & Aviram, M. (2001). White Wine with Red Wine-like Properties: Increased Extraction of Grape Skin Polyphenols Improves the Antioxidant Capacity of the Derived White Wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(7), 3164-3168 <https://doi.org/10.1021/jf001378j> (In Israel).
18. Rasines-Perea, Z., & Teissedre, P.-L. (2017). Grape Polyphenols' Effects in Human Cardiovascular Diseases and Diabetes. *Molecules*, 22 (1), 68. <https://doi.org/10.3390/molecules22010068> (In France).
19. Zhang, N, Li Y., Wen, Sh., Sun, Y., Chen, J., Gao, Y., Sagymbek, A., & Yu, X., (2021). Analytical methods for determining the peroxide value of edible oils: A mini-review. *Food Chemistry*, 358, 129834. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129834> (In Kazakhstan).
20. Michalaki, A., Iliopoulou, E. N., Douvika, A., Nasopoulou, C., Skalkos, D., & Karantonis H. Ch. (2022). Bioactivity of Grape Skin from Small-Berry Muscat and Augustiatis of Samos: A Circular Economy Perspective for Sustainability. *Sustainability*, 14 (21), 14576. <https://doi.org/10.3390/su142114576> (In Greece)
21. Hung, L.-M., Chen, J.-K., Huang, Sh.-S., Lee, R.-Sh., & Su, M.-J. (2000). Cardioprotective effect of resveratrol, a natural antioxidant derived from grapes, *Cardiovascular Research*, 47(3), 549-555. [https://doi.org/10.1016/S0008-6363\(00\)00102-4](https://doi.org/10.1016/S0008-6363(00)00102-4) (In Taiwan).

The article was received by the editors 03.02.2023

The article is recommended for printing 16.03.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-11>

УДК (UDC) 502.5: 502.7

**М. В. ТЕСЛОВИЧ<sup>1</sup>,**

аспірантка кафедри конструктивної географії і картографії  
e-mail: [teslovich\\_marjana@ukr.net](mailto:teslovich_marjana@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9071-7077>

**Д. А. КРИЧЕВСЬКА<sup>1</sup>,** канд. геогр. наук, доц.,  
доцент кафедри конструктивної географії і картографії  
e-mail: [diana\\_kr@ukr.net](mailto:diana_kr@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3423-5943>

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. Петра Дорошенка, 41, м. Львів, 79000, Україна

## ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОТЕНЦІЙНО ВАЖЛИВИХ ТЕРИТОРІЙ ДЛЯ ПЕРЕБУВАННЯ ВЕДМЕДЯ БУРОГО У ЗАКАРПАТСЬКІЙ ОБЛАСТІ

**Мета.** Здійснити пошук потенційно важливих територій для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*) у межах Закарпатської області із використанням інструментів геоінформаційного моделювання для оптимізації меж структурних елементів екомережі.

**Методи.** Геоінформаційне моделювання, геопросторовий аналіз, опрацювання фондових матеріалів природоохоронних служб.

**Результати.** В межах Закарпатської області проведено комплексну оцінку природного середовища із використанням інструментів геоінформаційного моделювання через попередній аналіз придатності для життєдіяльності виду таких п'ятьох параметрів: типів наземного покриву, близькості нелісових біотопів до лісових, висотних біокліматичних поясів, ступенів розчленування рельєфу, віддаленості від населених пунктів і доріг. У результаті отримано картографічну модель «Інтегральна придатність біотопів для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*)» на якій також продемонстровано зафіксовані експертами оселища та місця реєстрації виду. Встановлено, що загальна площа територій, які потенційно придатні для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*) в межах Закарпаття становить 574,6 тис. га, і охоплює близько 45,1% території області. Найбільше таких ареалів зосереджено у гірській південно-західній частині області в межах орографічного екорегіону підвищеного розчленованого середньогір'я. Найбільш придатні та придатні біотопи, утворені в результаті моделювання, зустрічаються також у межах Горганської Верховини (на межі Закарпатської і Івано-Франківської областей), яка відноситься до екорегіону підвищеного низькогір'я. Змодельовані території достатньо добре корелюють із локалітетами, де зафіксовані реальні ознаки поширення виду. На другому етапі досліджень відповідно до обраної методики отримано картографічну модель «Потенційно важливі території для перебування ведмеда бурого», на якій окреслено популяційні, відтворювальні та інші ділянки, а також ключові території екомережі області та природоохоронні території. Охарактеризовано також просторові особливості розташування популяційних, відтворювальних ділянок в інших морфогенних екорегіонах Карпат, встановлено природні та антропогенні перешкоди, а також загрози для міграції та життєдіяльності виду. Зазначено, що природні умови прикордоння є сприятливими для міграції ссавців із Румунії, Словаччини та Польщі, що підтверджують також моніторингові дослідження, які проводять природоохоронні установи, управління лісового та мисливського господарства тощо.

**Висновки.** У Закарпатській області склалися сприятливі умови для існування ведмеда бурого (*Ursus Arctos*), зокрема велика частка лісових екосистем, наявність важкодоступних ділянок, скорочення чисельності населення маленьких гірських сіл тощо. Проте постійний розвиток рекреаційної та енергетичної інфраструктури може зумовити фрагментацію природного середовища. Тому окреслені нами ділянки, що є важливими для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*), можуть бути основою для оптимізації меж структурних елементів екомережі гірської частини Закарпатської області. У подальшому потрібно продовжувати моніторингові дослідження за перебуванням ведмеда бурого у межах ключових територій екомережі Закарпаття та більш чітко делімітувати екологічні коридори із впровадженням заходів щодо дотримання норм природоохоронних обмежень.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ведмідь бурий (*Ursus Arctos*), ключові території, екологічні коридори, Смарагдова мережа

**Як цитувати:** Теслович М. В., Кричевська Д. А. Геоінформаційне моделювання потенційно важливих територій для перебування ведмеда бурого у Закарпатській області. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2023. Вип. 39. С. 117 - 131. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-11>

© Теслович М. В., Кричевська Д. А., 2023



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

**In cites:** Teslovych M. V., & Krychevska D. A. (2023). Geoinformation modeling of potentially important territories for the brown bear's stay in the Transcarpathian region. *Man and Environment. Issues of Neoeecology*, (39), 117 -131. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-11> (in Ukrainian)

### Вступ

Однією з причин скорочення біотичного різноманіття є фрагментація середовищ існування видів. Часто вона зумовлена розвитком житлової та транспортної інфраструктури, створенням нових об'єктів господарства тощо. Найбільш чутливими до наслідків фрагментації у Карпатах є великі ссавці, зокрема, ведмідь бурий (*Ursus arctos*) [1]. Цей вид із 2003 року занесено до Червоної книги України як «вразливий», а у 2009 році його статус було змінено на «зникаючий».

Згідно з Додатком до Плану дій щодо збереження ведмеда бурого (*Ursus arctos* L.) в Україні, затвердженого Наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України №679 від 20.10.2021 року (Далі «План ...») [2], чисельність його популяції в Українських Карпатах на сьогодні становить близько 335 особин, що у 3 рази менше, ніж на початку 70-х років минулого століття. Для порівняння чисельність ведмеда бурого (*Ursus arctos* L.) у Румунських Карпатах становить близько 6 тис. осіб, у Словацьких Карпатах — 1256 особин [3], проте через недосконалість методик обліку цей показник може бути суттєво завищеним. Зі Словаччини близько 2-5 особин на рік мігрує до Угорщини, де за офіційними даними не виявлено постійного населення виду [4]. У Польських Карпатах чисельність популяції оцінюється у 369 осіб [4] і спостерігається тенденція до збільшення.

В усіх країнах Карпатського регіону ведмідь бурий (*Ursus arctos* L.) охороняється за національним та міжнародним законодавством. Проте досі актуальними є дослідження, спрямовані на виявлення та охорону його середовищ існування [5]. Серед заходів, спрямованих на подолання негативних наслідків фрагментації середовищ існування, є розвиток мережі природоохоронних територій та формування екологічної мережі із системою екокоридорів. Ці заходи передбачають попереднє вивчення *потенційної придатності біотопів для перебування ведмеда бурого* (*Ursus arctos* L.), реальних місць

його розселення та міграційних шляхів. Сьогодні поведінкові особливості виду є предметом дослідження закордонних [6] та вітчизняних [7; 8; 9; 10] науковців. Окремі з них визначають ведмеда бурого (*Ursus arctos* L.) як такого, що здатен мігрувати на значні відстані [11] і є дуже чутливим до штучних бар'єрів. Багато сучасних наукових досліджень, спрямовано на виявлення особливостей розселення виду в Румунії [12; 13; 14], оскільки тут збереглась найбільш чисельна його популяція серед країн Карпатського регіону.

В Україні на сьогодні триває процес напрацювання підходів до моніторингу за чисельністю популяції ведмеда бурого (*Ursus arctos* L.) та його охорони. Окремі наукові дослідження спрямовані на вивчення просторових особливостей поширення виду [8], окреслення екологічних коридорів на загальнокарпатському рівні [7] та в межах Мараморощини [15]. У 2010 році групою фахівців здійснено моделювання екологічних коридорів (для ведмеда бурого, зокрема) з використанням ГІС технологій: Турківського (між регіональним ландшафтним парком «Надсянський» і національним природним парком «Сколівські Бескиди») та Буковинського (між національним природним парком «Вишницький» та загальнозоологічним заказником «Зубровицький») [16].

Зазначимо, що ведмідь бурий (*Ursus arctos*) є середовищеутворювальним та одним із найбільш чутливих до фрагментації видом [16]. Саме тому встановлення ключових територій та екологічних коридорів із використанням знань про місця його перебування, можуть забезпечити міграційні потреби інших видів, які співіснують із ним в однакових умовах.

Загалом розробка структурних елементів екомережі для Закарпатської області триває ще з часу прийняття перших нормативних документів про її формування [17, 18; 19, 20, 21, 22]. Проте вони переважно схематичні, не всі з них мають чітко встановлені межі. Крім того, на сьогодні в Україні відсутні дієві правові механізми, які регулю-

ють природокористування у межах цих елементів екомережі, особливо в межах екокоридорів [23]. Це суттєво ускладнює можливість для розробки та впровадження системи менеджменту на цих територіях, яка дозволила б забезпечити можливість для вільної міграції видів, зокрема і ведмеда бурого (*Ursus arctos*).

### Методика дослідження

Використано головні методичні прийоми та принципи, які запропоновані групою фахівців (Ф.Д.Деодатус, Л.Проценко, А.Т.Башта, І.Круглов та інш.) і викладені у посібнику «Створення екологічних коридорів в Україні» (2010) [15]. Відповідно до цієї методики екологічні коридори пропонується визначати з використанням ГС шляхом інтегральної оцінки різних геопросторових даних, які є важливими для існування популяції певних модельних видів. Так для визначення важливих оселищ для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*) запропоновано аналізувати такі п'ять параметрів: 1) типи наземного покриття; 2) співвідношення площ лісу і лук в околиці 250 м (у %); 3) висотні біокліматичні пояси; 4) ступінь вертикальної розчленованості рельєфу; 5) віддаленість від населених пунктів і доріг.

У представленому дослідженні адаптовано цю методику до більш дрібного масштабу (1:500 000) та програмного забезпечення QGIS 3.16.8. Параметр «співвідношення площ лісу і лук в околиці 250 м (у %)» замінено на параметр «близькість нелісових екосистем до лісових біотопів (у м)», що дало можливість визначити найбільш придатні за цим показником біотопи для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*) доступними для зазначеного програмного забезпечення інструментами.

При аналізі 4-го і 5-го параметрів і формуванні відповідних растрових шарів використано дані SRTM (N47E022, N47E023, N47E024, N48E021, N48E022, N48E023, N48E024, N49E022) із розміром комірки 30x30 м.

Геоінформаційний аналіз кожного з параметрів дозволив побудувати п'ять растрових шарів. Більш детально особливості застосування методів для отримання растрових шарів описано нижче у розділі «результати і обговорення». З метою комплексного аналізу сформованих шарів і проведення інтегральної оцінки придатності біотопів

Мета дослідження – здійснити пошук потенційно придатних територій для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*) в межах Закарпатської області із використанням інструментів геоінформаційного моделювання для оптимізації меж структурних елементів екомережі

для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*) отримані растрові шари поєднано за допомогою зваженого адитивного оверлейного аналізу. При цьому всі показники, крім віддаленості від заселених територій та доріг, вважалися рівнозначними і для них застосовано ваговий коефіцієнт, який дорівнював 1. Для шару оцінки віддаленості від населених пунктів та доріг застосовано ваговий коефіцієнт, який дорівнює 2, оскільки ведмідь бурий (*Ursus arctos*) є досить чутливим видом до людської присутності. Отримані значення інтегральної придатності біотопів для перебування виду ми привели до бальної шкали від 0 до 100 та відобразили на відповідній картосхемі (рис.1), де вказано шість градацій територій: від «абсолютно непридатних для перебування ведмеда» (придатність становить 0 балів) до «найбільш придатних для перебування ведмеда» (придатність — більше 71 балу).

З метою визначення найбільш цінних оселищ на складену нами карту потенційно важливих територій для перебування ведмеда нанесені площинні та точкові локалітети реальних місць розселення виду, які зафіксовані зоологами під час польових та інструментальних досліджень [7, 15, 24]. Такі критично цінні оселища, на нашу думку, мають бути захищені на державному рівні в межах природоохоронних територій різного статусу.

Відповідно до запропонованої методики території потенційного перебування ведмеда бурого, що отримали бали вищі за 55, можуть формувати популяційні та відтворювальні ділянки. Для популяційних ділянок мінімальна площа може становити 10 тис. га, для відтворювальних — 2 тис. га. Ділянки, які непридатні для постійного перебування чи відтворення виду і можуть використовувались лише для міграції, мають площу меншу за 2 тис. га. Враховуючи цей критерій відповідні оселища поділені на три групи і представлені на картосхемі (рис.2).

Для просторового аналізу стану захищеності визначених оселищ та потенційно важливих територій для перебування ведмедя додано шари із межами природоохоро-

ронних територій національного та міжнародного значення, а також ключових територій, окреслених на схемах науковців [17, 18] та геопланувальних документах Закарпатської області [21, 22].

### Результати дослідження та обговорення

Відповідно до обраної методики проаналізовано п'ять параметрів, які є важливими для визначення *потенційно придатних територій для перебування ведмедя бурого* (*Ursus arctos*): типи наземного покриття, близькість нелісових екосистем до лісових біотопів, висотні біокліматичні пояси, ступінь вертикальної розчленованості рельєфу та віддаленість від населених пунктів і доріг. Нижче охарактеризовано головні методичні прийоми та отримані результати по кожному з параметрів, а також подано просторовий аналіз результатів інтегральної оцінки цих параметрів.

Для створення растрового шару, що характеризує *придатність типів наземного покриття для перебування ведмедя*, використано геодані лабораторії Global Land Analysis and Discovery (GLAD) із розміром комірки 30x30 м [25] для території Закарпатської області та частково суміжних областей і країн (аркуш 50N020E). Растрове зображення перекласифіковано таким чином, щоб кожна комірка містила інформацію про один із наведених класів земельного покриття: хвойний ліс, листяний і мішаний ліс, луки у т.ч. з чагарниками, рілля, поселення, водойми. Серед векторних шарів OpenStreetMap вибрано лінійні об'єкти, які позначають залізниці, магістральні, основні і другорядні дороги, водотоки, та об'єднали їх в один растровий шар. У результаті отримано 2 растрові зображення (з площинними і лінійними типами об'єктів), які містять інформацію про 10 типів наземного покриття (хвойний ліс, листяний і мішаний ліс, луки у т.ч. з чагарниками, рілля, поселення, водойми, залізниці, магістральні, основні і другорядні дороги, водотоки). Кожен із зазначених типів оцінено відповідно до його придатності для перебування (життєдіяльності) ведмедя бурого (*Ursus arctos*).

Відомо, що для ведмедя бурого у Карпатах оптимальним середовищем є лісові екосистеми, серед яких він надає перевагу масивам старих букових, смерекових та ялицевих гірських лісів з вітровалами та ярами,

розчленованими скелястими ділянками. Зважаючи на масштаб дослідження, всі лісові екосистеми області оцінені у 100 балів.

У пошуку сезонно доступних кормів ведмідь бурий використовує старі, заростаючі ожиною та малиною зруби, що старші за 10 років. Також відвідує території біля населених пунктів із фруктовими садами, пасіками. У період врожаю чорниці звірі концентруються на субальпійських луках. Відповідно луки у т.ч. з чагарниками оцінені у 20 балів, а інші типи наземного покриття (об'єкти водного фонду, території з житловою та транспортною інфраструктурою, рілля), які є загрозливими для життєдіяльності виду, визначені як «абсолютно непридатні» та відповідно оцінені у 0 балів.

Проведений ГІС аналіз растрового шару типів наземного покриття на предмет виявлення потенційно придатних екосистем для перебування ведмедя дозволив встановити наступне. Загалом до таких екосистем віднесено 1070,4 тис. га, що становить 83,9 % від площі області. Серед них виділяються лісові екосистеми (775,3 тис. га; 60,8% від території Закарпаття) та луки в т.ч. із чагарниками (295,1 тис. га; 23,1% від території Закарпатської області). Серед лісових типів наземного покриття виділені широколистяні, хвойні і мішані ліси (табл. 1). До лук у т.ч. з чагарниками ми віднесли гірські субальпійські і альпійські, вторинні луки, а також сільськогосподарські угіддя за винятком ріллі.

Зауважимо, що за офіційними даними Закарпатського управління лісового та мисливського господарства площа всіх лісів області становить 687,9 тис. га (53,9% від території області). Така відмінність із нашими показниками може бути зумовлена наявністю площ необлікованих самосійних лісів, що переважно займають закинуті пасовища, сіножаті, які не використовуються за призначенням. Крім того, обчислений нами показник враховує всі території із деревною рослинністю, до яких можуть належати також захисні лісосмуги, багаторічні насадження (сади), міські парки тощо.



До типів наземного покриття, які є абсолютно непридатними для перебування ведмедя віднесено: значні за розмірами водотоки та водойми, які є бар'єром для пересування виду (18,4 тис.га; 1,4% від площі області), а також території зі щільною житловою, транспортною інфраструктурою і рілля

(187,5 тис. га; 14,7% від території Закарпатської області).

Зауважимо, що малі водотоки при більш крупномасштабних дослідженнях все ж можуть бути долучені до місць перебування ведмедів, оскільки є середовищами існування риби, якою харчується цей звір.

Таблиця 1

Типи наземного покриття Закарпатської області придатні для перебування ведмедя бурого (*Ursus arctos*) та їх природоохоронний статус

Table 1

Land cover types of the Transcarpathian region are suitable for the presence of the brown bear (*Ursus arctos*) and their conservation status

№	Типи наземного покриття, придатні для перебування ведмедя бурого ( <i>Ursus arctos</i> )	Площа*, тис.га	Землі, що перебувають у складі території природно-заповідного фонду (ПЗФ)*		Землі, що перебувають у складі затверджених Постійним комітетом Бернської конвенції територій Смарагдової мережі*			
					із врахуванням ПЗФ		без врахування ПЗФ	
			тис. га	%	тис. га	%	тис. га	%
1	Широколисті ліси	397,6	46,6	11,7	44,3	11,1	9,0	2,3
2	Мішані ліси	302,0	90,2	29,9	94,4	31,3	0,0	0,0
3	Хвойні ліси	75,7	29,7	39,2	47,6	62,9	20,4	27,0
	<i>Разом лісові землі</i>	<i>775,3</i>	<i>166,2</i>	<i>21,4</i>	<i>186,3</i>	<i>24,0</i>	<i>29,4</i>	<i>3,8</i>
4	Луки в т.ч. із чагарниками	295,1	21,6	7,3	30,2	10,2	10,6	3,6
5	Загалом	1070,4	188,1	17,6	216,5	20,2	40,0	3,7

\*отримано за розрахунками на основі растрових просторових даних [25]

\*obtained according to calculations based on raster spatial data [25]

Для створення растрового шару, що характеризує *близькість нелісових екосистем до лісових біотопів* (*y m*) за допомогою калькулятора растрів цільовим коміткам растрового шару наземного покриття, які містять інформацію про заліснені території, було присвоєно значення 1, а всім іншим (нелісовим) — відповідно 0. Із використанням інструменту «близькість (растрова відстань)» створено буфер розміром 250 м (за координатами географічної прив'язки) навколо цільових коміток. Відповідно у радіусі 250 м навколо будь-якої комітки, що містить інформацію про нелісові екосистеми і розміщена на межі або за межами отриманого буферу, значення кількості коміток, які відображають заліснені території, буде рівне 0. Це дозволяє віднести їх до абсолютно непридатних за зазначеним параметром, тоді як найбільш придатними є власне заліснені території. Значення коміток растру, які потрапляють у межі буферу навколо заліснених територій було перекласифіковано таким чином, щоб згрупувати їх у 3 рівні категорії за значенням відстані: від 1 до 83 м, від 84 до

166 м, від 167 до 249 м. Зі збільшенням віддалі зменшується рівень придатності території для перебування виду. Відповідні значення близькості нелісових екосистем до лісових біотопів було оцінено таким чином, як наведено у таблиці 2.

Зазначимо, що буфер навколо заліснених територій може враховувати не лише лучні екосистеми, а й суттєво трансформовані внаслідок господарського освоєння – ріллю, населені пункти тощо. Проте під час обчислення інтегрального показника придатності біотопів, таким растровим коміткам присвоєно найнижчі значення за параметрами «типи наземного покриття» та «віддаленість від населених пунктів і доріг», що дозволяє відокремити їх від найбільш придатних біотопів.

У результаті отримано растр, комітки якого містять інформацію про близькість нелісових екосистем до лісових біотопів і мають розмір 30x30 м. Цей шар відображає поведінкові особливості ведмедя бурого, що надає перевагу лісовим масивам, біля яких розташовані лісо-лучні екотопи. На відкриті ділянки він заходить у літній час для пошуку

Таблиця 2

Оцінка близькості нелісових екосистем до лісових екоотопів для перебування ведмедя бурого (*Ursus arctos*)

Table 2

Valuation of the proximity of non-forest ecosystems to forest ecotopes for the presence of the brown bear (*Ursus arctos*)

Параметр	Значення близькості нелісових екосистем до лісових біотопів (м)				
	≥ 250	167 — 249	84 — 166	1 — 83	0
Оцінка (бали)	0	25	50	75	100

їжі: чорниці, ожини, малини та ін. На території Закарпаття найбільш придатними за цим показником є її гірська частина, а також збережені лісові масиви низовини, які розташовані навколо урочища Чорний Мочар і в пониззі річок Тиса, Боржава та Латориця.

Для отримання третього растрового шару, який відображає оцінку *придатності висотних біокліматичних поясів для перебування ведмедя*, використано дані SRTM із розміром комірки 30x30 м. Оціночні бали висотних біокліматичних поясів представлені у таблиці 3. Відповідно до методики [13] найбільш придатними для ведмедя бурого є біокліматичні висотні пояси помірно-

прохолодних смереково-букових та прохолодних буково-смерекових лісів, що проходять на інтервалі висот від 700 до 1300 м. над р. м., яким присвоєно 100 балів. Досить придатними є також пояси помірно теплих букових лісів (350 — 700 м. над р.м.) та дуже прохолодних смерекових лісів (1300 — 1500 м. над р.м.) (80 балів). Посередньо придатним є пояс теплих дубових лісів (0 — 350 м. над р.м.), який природно охоплює низовинну частину Закарпатської області, а найменш придатними — помірно холодний субальпійський та холодний альпійський пояси (понад 1500 м. над р.м.), що проходять у високогірній частині області (табл.3).

Таблиця 3

Придатність висотних біокліматичних поясів для ведмедя бурого (*Ursus arctos*)

Table 3

Suitability of high-altitude bioclimatic zones for the brown bear (*Ursus arctos*)

№	Висотні біокліматичні пояси	Висоти (м. н р. м.)	Оцінка (бали)
1	Теплих дубових лісів	0 — 350	50
2	Помірно теплих букових лісів	350 — 700	80
3	Помірно прохолодних смереково-букових лісів	700 — 1100	100
4	Прохолодних буково-смерекових лісів	1100 — 1300	100
5	Дуже прохолодних смерекових лісів	1300 — 1500	80
6	Помірно холодний субальпійський	1500 — 1800	30
7	Холодний альпійський	Понад 1800	10

Встановлено, що площа найбільш придатних територій за вказаним параметром становить 384,7 тис. га (30,2% від території Закарпатської області). Вони переважно поширені у південно-східній частині Закарпатської області, охоплюючи північні схили Марамороського та південно-західні схили Черногірського гірських хребтів. Також найбільш придатними є верхні частини схилів Полонинського та Вододільно-Верховинського хребтів. У низькогір'ї придатними є привершинні схили гір Вітрова Скала (1025 м над р. м), Анталовецька Поляна (968 м над р. м), Маковиця (978 м над р. м), Дунавка

(1018 м над р. м), Дехманів Верх (1018 м над р. м), Бужора (1081 м над р. м) Вулканічного хребта.

Для представлення растрового шару, який відображає придатність ландшафтів із певним ступенем вертикальної розчленованості рельєфу для перебування ведмедя, також використано дані SRTM із розміром комірки 30x30 м. За допомогою відповідного інструменту аналізу растрів програмного забезпечення QGIS3.16.8 на основі цих даних обчислено відносні перевищення у метрах, що відображають ступінь розчленованості рельєфу, оцінка придатності яких наведена у таблиці 4.

Таблиця 4

Придатність рельєфу залежно від ступеня його розчленованості для ведмедя бурого (*Ursus arctos*)

Table 4

The suitability of the terrain depending on the degree of its dismemberment for the brown bear (*Ursus arctos*)

№	Відносне перевищення, м	Оцінка
1	0 — 50	50
2	50 — 100	100
3	100 — 200	100
4	Понад 200	100

Встановлено, що найвищі показники вертикального розчленування характерні для гірської частини Закарпатської області, а саме для Черногірського, Марамороського та Полонинського (до річки Латориця) гірських хребтів. Дещо нижчим рівнем розчленованості характеризуються Вододільно-Верховинський та Вулканічний хребти, а також Полонинський хребет на північний захід від річки Латориця. Найменш придатною за цим показником є рівнинна частина Закарпатської області.

Для здійснення оцінки придатності території за параметром «віддаленість від населених пунктів і доріг» нами були використані дані SRTM із розміром комірки 30x30 м та векторні шари OpenStreetMap, які позначають залізниці, магістральні, основні і другорядні дороги, а також забудовані території. На основі даних SRTM у межах території дослідження за допомогою відповідного інструменту растрового аналізу QGIS3.16.8 були обчислені значення крутизни схилів у градусах. На основі векторних просторових даних про залізниці, магістральні, основні і другорядні дороги, а також забудовані території, нами було створено растр, де зазначеним об'єктам відповідає значення комірки 1, а 0 — всім іншим територіям. За допомогою інструменту «Близькість (растрова відстань)» програмного забезпечення QGIS3.16.8 було встановлено значення віддаленості будь-якої точки в межах території дослідження від залізниць, магістральних, основних і другорядних доріг, а також забудованих територій у метрах. На основі отриманих растрів за допомогою інструменту «Калькулятор растрів» QGIS3.16.8 було обчислено шар віддаленості від населених пунктів і доріг за формулою:

$$D = \left(\frac{\alpha}{5} + 1\right) \times L,$$

де: D — віддаленість від населених пунктів і доріг;

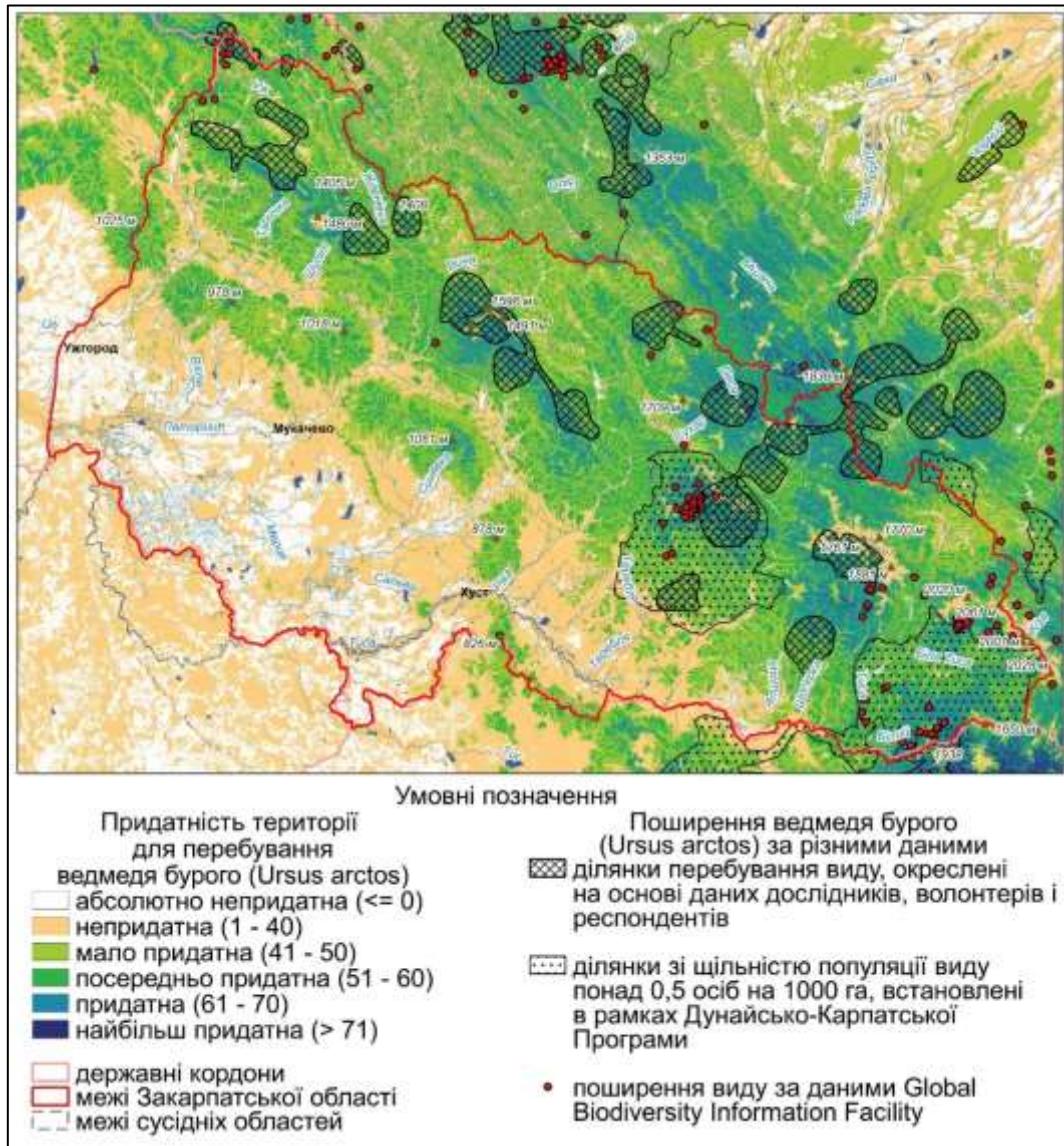
$\alpha$  — крутизна схилів, °;

L — відстань від населених пунктів і основних доріг, м.

Отримані значення приведено до шкали від 0 до 100, де 0 — це власне дороги та населені пункти, а 100 — найвіддаленіші від них території. Отримана геомодель показала, що найбільш віддалені від антропогенного чинника території знаходяться в умовах підвищеного розчленованого середньогір'я та підвищеного низькогір'я (за Кругловим, 2008) на межі із Румунією та Івано-Франківською областю, а також уздовж верхів'їв Полонинського та Вулканічного хребтів. Натомість, досить заселеними є вирівняні днища долин великих та середніх річок (Тиси, Тересви, Терєблі, Боржави, Латориці, Ріки, Ужа) та Закарпатська низовина.

З метою інтегральної оцінки придатності біотопів для перебування ведмедя бурого (*Ursus arctos*) отримані нами п'ять растрових шарів було поєднано за допомогою зваженого адитивного оверлейного аналізу. У результаті отримали картографічну модель (рис. 1), за якою встановлено, що загальна площа територій, які потенційно придатні для перебування ведмедя бурого (*Ursus arctos*) в межах Закарпаття, становить 574,6 тис. га, і охоплює близько 45,1% території області. При цьому найбільш придатні та придатні території (з інтегральною оцінкою більше 61 балу) займають 98,3 тис. га (2,4 і 95,9 тис. га, відповідно).

Найбільше таких ареалів зосереджено у гірській південно-західній частині області в межах підвищеного розчленованого середньогір'я (за Кругловим, 2008). До цього орографічного екорегіону належать такі морфогенні екорегіони, як Внутрішні Горгани, Полонини



**Рис. 1** – Інтегральна придатність біотопів для перебування ведмедя бурого (*Ursus arctos*), зафіксовані оселища та місця реєстрації виду (складено за [7, 15, 16, 24])

**Fig. 1** – Integral suitability of biotopes for the presence of the brown bear (*Ursus arctos*), recorded habitats and places of registration of the species (compiled according to [7, 15, 16, 24])

Чорногори, Свидівця та Боржави-Красної, Рахівські флішові та кристалічні полонини [26]. Найбільш придатні та придатні біотопи, утворені в результаті моделювання, зустрічаються також у межах Горганської Верховини (на межі Закарпатської і Івано-Франківської областей), яка відноситься до орографічного екорегіону підвищеного низькогір'я.

Значно меншою є частка таких ареалів у межах середньогір'я. Вони приурочені переважно до заліснених схилів у межах таких морфогенних мезоекорегіонів як Полонина Брдо-Манчула та Полонина Равки-Руни, практично відсутні в межах Полонини Буковець.

Найменші за площею території потенційно придатних для перебування виду розташовані в межах екорегіону Вигорлат-Гутинської гряди, який репрезентує низькогірний морфогенний екорегіон.

Аналіз літературних джерел [7, 15] про поширення ведмедя бурого (*Ursus arctos*) в Українських Карпатах відображає певну кореляцію між територіями потенційного поширення виду, що були отримані нами за допомогою геоінформаційного моделювання, та оселищами, у яких були зафіксовані реальні місця перебування ведмедя бурого. У наукових публікаціях (І. В. Дикий, М. Г. Шквиря, П. Б. Хоецький, Є. М. Улюра,

Є. Б. Яковлев, Н. П. Коваль) зафіксовано близько 12-ти осередків реєстрації виду в межах Закарпаття [7]. Згідно з просторовими даними Глобального інформаційного фонду біорізноманіття [24] місця перебування ведмедя бурого (*Ursus arctos*) та інші знахідки слідів його життєдіяльності були зареєстровані переважно в межах діючих природоохоронних установ: у масивах Карпатського біосферного заповідника, національних природних парках «Ужанський» (Стужицьке та Лубнянське лісництва) та «Синевир», де проводиться постійний моніторинг за станом біотичного різноманіття.

Іншим важливим центром дослідження міграцій ведмедя бурого (*Ursus arctos*) є біотоп, що знаходиться на південному сході на кордоні з Румунією у Рахівсько-Чивчинських горах (Мармароші). Зазначимо, що популяція виду тут суттєво поповнюється завдяки міграції із Румунії. Це підтверджується результатами досліджень, що були проведені науковцями [15] в рамках реалізації Дунайсько-Карпатської програми WWF. Саме в Румунії на сьогодні збереглась найбільш чисельна популяція ведмедя бурого (*Ursus arctos*). З цієї ж причини частими тут є випадки виникнення конфліктів «хижак-людина» [14].

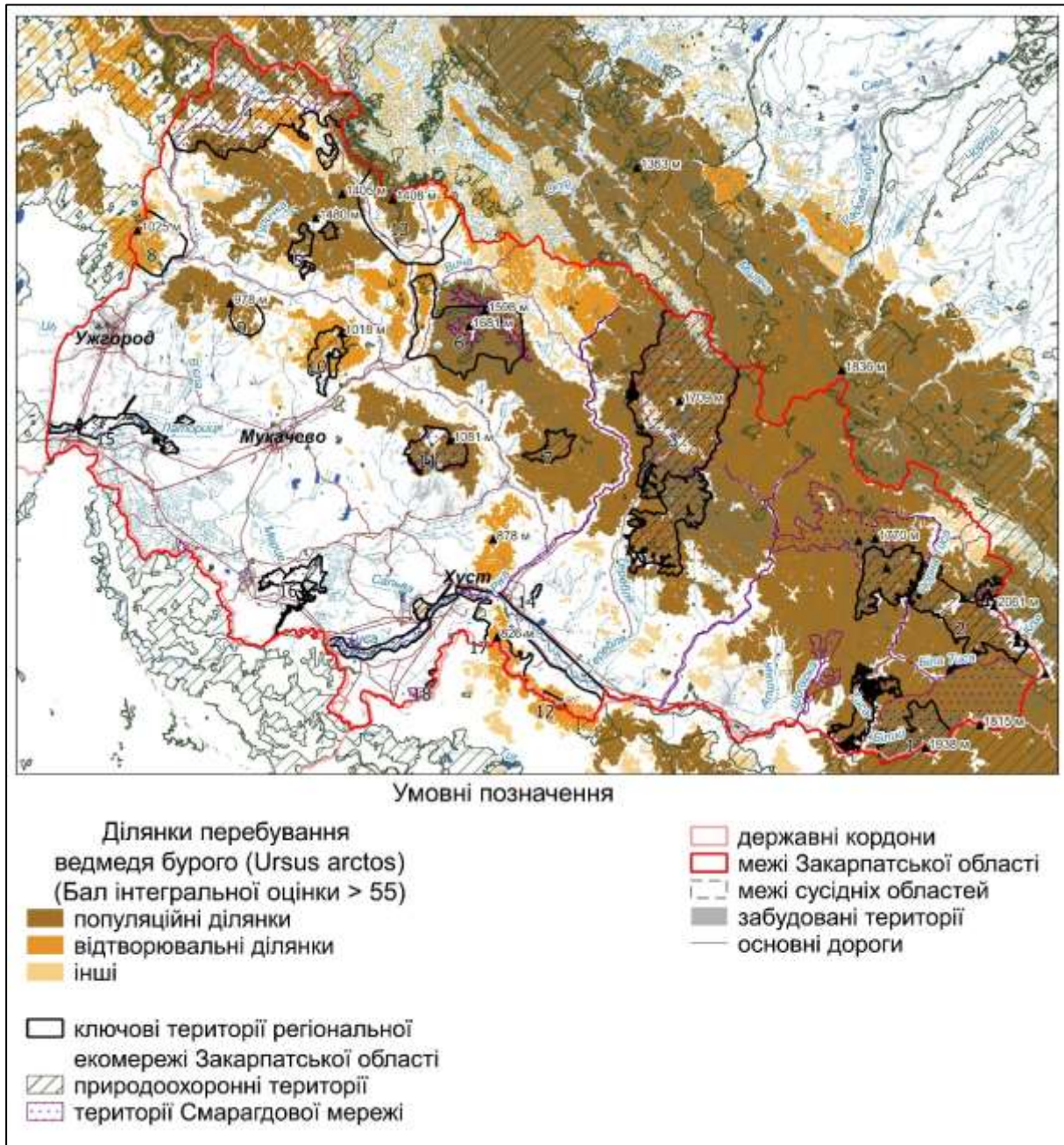
Осередки поширення виду зафіксовані також у лісових біотопах Полонинського хребта, у гірських масивах Горган, Свидовця та Чорногори. На нашу думку такі реально зафіксовані оселища ведмедя бурого мають бути захищені в межах ключових територій екомережі, інші території, важливі для перебування виду є основою для встановлення меж екокоридорів (рис. 2).

Відповідно до обраної методики серед територій, що потенційно придатні для перебування ведмедя, визначено близько 7 популяційних ділянок загальною площею 477,0 тис. га, 14 відтворювальних (55,1 тис. га) та 639 інших (42,5 тис. га.). Серед них лише 22,8% знаходиться у межах об'єктів ПЗФ. Переважно за межами природоохоронних територій розташовані відтворювальні та інші ділянки перебування ведмедя бурого.

Найбільші за площею популяційні ділянки ведмедя бурого (*Ursus arctos*) розташовані в межах підвищеного розчленованого середньогір'я. Лише на крайньому північному заході екорегіонів Внутрішніх Горган та Полонини Боржави-Красної знаходяться менші за площею відтворювальні ділянки. Бар'єрами на

шляху міграції тут є: річка Тиса із притоками Чорна та Біла Тиса, уздовж яких розташовані такі населені пункти, як м. Рахів, села Ділове, Костилівка, Новоселиця, Білин, Розтоки, Видричка та ін.; річка Тересва з притоками Мокрянка і Брустурянка та населені пункти Усть-Чорна, Красна, Руська Мокра, Лопухів та ін.; річка Теремля із населеними пунктами Колочава та Мерешор; річка Ріка із населеними пунктами Верхній Бистрий, Майдан, Запереділля, Вучкове, Підчумаль; а також річки Вича та Латориця. Зазначимо, що уздовж перелічених річок проходять також шляхи автомобільного сполучення. Зокрема уздовж р. Латориця проходить траса міжнародного значення М-06, а вздовж річок Вича та Тиса (разом із притокою Чорна Тиса) – залізничні дороги. Крім того, варто відзначити, що застосування застарілих підходів до ведення лісового господарства, зокрема проведення суцільних рубок, а також інші чинники (хвороби, пожежі) призводять до формування зрубів та ослаблених деревних насаджень. Так згідно з геопросторовими даними онлайн-платформи моніторингу лісів Global Forest Watch загальна площа ділянок із втраченим з 2000 року лісовим покривом становить близько 53,0 тис. га (6,8% від усіх лісових екосистем Закарпатської області). Найбільше ділянок із втраченим лісовим покривом поширено на південному сході Закарпатської області, що переважно належить до екорегіонів Внутрішніх Горган, Рахівських флішових та кристалічних полонин [27]. Загрозою для змодельованих тут популяційних ділянок є також реалізація великих рекреаційних та енергетичних проєктів. Так у межах мезоекорегіону Полонини Свидовця планується збудувати масштабний гірськолижний курорт, який призведе до суттєвої фрагментації природних середовищ існування, обмежить міграційні та відтворювальні можливості ведмедя бурого. Крім того, реалізація такого проєкту ускладнить переміщення виду між Свидовецько-Чорногірською (Свидовецько-Чорногірсько-Горганською) та Синевірсько-Угольсько-Широколужанською (Полонинсько-Горганською) ключовими територіями екологічної мережі області. Водночас у межах екорегіону Полонини Боржави-Красної планується встановити вітрові енергоустановки загальною потужністю 120 МВт. Вони матимуть відлякуючий ефект для виду, а мережа під'їзних доріг та ліній електропередач разом із охоронними зонами стануть бар'єром для його міграції.

У межах середньогір'я представлені популяційні, відтворювальні та інші ділянки,



**Ключові території:** 1. Мармароська (Кузійсько-Мармароська). 2. Свидовецько-Черногірська (Свидовецько-Черногірсько-Горганська). 3. Синевірсько-Угольсько-Широколужанська (Полонинсько-Горганська). 4. Ужансько-Сянська (Стужицько-Сянська). 5. Тур'є-Полянська. 6. Осішнянська (Ждмирська). 7. Річанська. 8. Вигорлатська (Вигорлат-Перечинська). 9. Маковицька. 10. Іршавська. 11. Синяцька (Синяк-Чинадіївська). 12. Шаянська. 13. Жденіївська. 14. Хустська. 15. Великодобрунська (Чопсько-Великодобронська). 16. Берегівська. 17. Виноградівсько-Тисенська (Черногорська). 18. Юлівська.

**Рис. 2** – Потенційно важливі території для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*), ключові та природоохоронні території регіональної екологічної мережі Закарпатської області (складено за [16, 17, 18, 21, 22, 28, 29])

**Key territories:** 1. Marmaroska (Kuziysko-Marmaroska). 2. Svydovetsko-Chornohirska (Svydovetsko-Chornohirsko-Gorganska). 3. Synevirsko-Ugolsko-Shyrokoluzhanska (Poloninsko-Gorganska). 4. Uzhansko-Syansk (Stuzhytsk-Syansk). 5. Turye-Polyanska. 6. Osishnianska (Zhdy-myrska). 7. Richanska. 8. Vyhirlatska (Vyhirlat-Perechynska). 9. Makovytska. 10. Irshavska. 11. Syniatska (Synyak-Chinadiivska). 12. Shayanska. 13. Zhdenniivska. 14. Khustska. 15. Velikodobrunska (Chopsko-Velikodobronska). 16. Berehivska. 17. Vynogradivsko-Tysensk (Chornogorsk) 18. Yulivsk.

**Fig. 2** – Potentially important areas for the brown bear (*Ursus arctos*), key and nature conservation areas of the regional ecological network of the Transcarpathian region (compiled according to [16, 17, 18, 21, 22, 28, 29])

які розділені річкою Теремля із с. Вільшани; річкою Ріка, уздовж якої розміщені населені пункти Противень, Нижній Бистрий, Гонцош та ін.; річкою Боржава із с. Березники; річкою Вича, а також річкою Латориця та її притокою — річкою Жденіївка, де розташовані смт. Жденієво, села Підполоззя, Збини, Буковець та ін.; річкою Мала Пиня із населеними пунктами Уклин та Поляна; річкою Уж, уздовж якої розташовані села Ставне, Жорнава, Кострина, Сіль та ін., а також її притокою р. Люта із однойменним населеним пунктом. Фрагментацію природних середовищ існування тут також зумовлюють населені пункти, розташовані в улоговинах між гірськими масивами – села Верхня Грабівиця, Родникова Гута та Вишка.

Підвищене низькогір'я представлене лише на межі з Івано-Франківською областю. Тут розташовані частини великих популяційних ділянок, які відокремлені від інших невеликих та фрагментованих ділянок річкою Чорна Тиса із притокою Лазещина, та прилеглими населеними пунктами: Ясіня, Лазещина, Чорна Тиса (екорегіон Гуцульська Верховина), річкою Слобода (притока р. Теремля) із однойменним населеним пунктом (мезоекорегіон Горганська Верховина).

У межах розчленованого низькогір'я представлені лише відокремлені популяційні та інші ділянки. Така фрагментація зумовлена тим, що тут беруть початок річки Латориця, Вича, Ріка, уздовж яких проходять шляхи автомобільного та залізничного сполучення, а також густа мережа їх приток. Крім того, тут розташовані населені пункти: Міжгір'я, Воловець, Пилипець та ін., активно розвиваються туризм та рекреація на базі існуючих гірськолижних курортів, а природна лісова рослинність суттєво фрагментована.

Однією із найважливіших причин скорочення чисельності популяції ведмеда бурого (*Ursus arctos*) є фрагментація його середовищ існування. Серед природоохоронних заходів, які можуть бути впроваджені для забезпечення міграційних можливостей виду, є обмеження антропогенної діяльності в межах ключових територій та екологічних коридорів, які визначають із врахуванням природних потреб та поведінкових особливостей ведмеда бурого.

В умовах низькогір'я змодельовані популяційні та відтворювальні ділянки ведмеда бурого простягаються почергово уздовж верхніх частин заліснених схилів Вулканічного хребта. Найбільші з них охоплюють схили гір Анталовецька Поляна (968 м над р. м) та Маковиця (978 м над р. м), Дехманів Верх. Бар'єрами для міграцій тут виступають широкі долини річок Уж, Латориця, Боржава, Ріка, де проходять шляхи автомобільного сполучення та розміщені населені пункти (Перечин, Чинадієво та ін.). Зазначимо, що сучасні зоологічні дослідження [7, 15, 24] не підтверджують наявності тут постійних місць перебування чи фактів міграції ведмеда бурого.

Окрім міграцій у межах Закарпаття, важливою проблематикою є забезпечення міграцій ведмеда бурого до інших країн Карпатського регіону. На основі виявлених біотопів поширення виду науковцями [7] вже запроєктовано 11 транскордонних екокоридорів: сім із Польщею, два із Румунією, два зі Словаччиною. Також окреслено два екокоридори на межі Івано-Франківської та Закарпатської областей.

У подальшому потрібно продовжувати моніторингові дослідження за перебуванням ведмеда у межах ключових територій екомережі Закарпаття та більш чітко делімітувати екологічні коридори. Для цього потрібно врахувати розташування важливих біотопів для інших ключових карпатських видів. Просторово встановлені екокоридори можуть бути як окремими категоріями у природоохоронному законодавстві, так і зонами територій Смарагдової мережі із обмеженим впливом. Впровадження системи природоохоронного менеджменту на цих територіях позитивно вплине на загальне біотичне різноманіття області.

### **Висновки**

Проведена інтегральна оцінка придатності біотопів Закарпатської області для перебування ведмеда бурого (*Ursus arctos*) за п'ятьма параметрами показала, що загальна площа таких біотопів потенційно становить 574,6 тис. га, і охоплює близько 45,1% території області. При цьому найбільш придатні та придатні території (з інтегральною оцінкою більше 61 балу) займають 98,3 тис. га (2,4 і 95,9 тис.га, відповідно). Найбільше таких ареалів зосереджено у гірській південно-західній частині області в межах підвищене-

ного розчленованого середньогір'я. Відповідно, у цьому морфогенному екорегіоні зосереджені і найбільші за площею популяційні ділянки ведмеда бурого. Змодельовано також популяційні та відновлювальні ділянки в межах інших морфогенних екорегіонів області. У дослідженні зазначені головні бар'єри для міграцій та загрози для життєдіяльності виду. Відмічено також, що сприятливі умови для транскордонної міграції виду склалися на кордонах із Румунією, Польщею та Словаччиною.

На сьогодні природоохоронний статус мають лише 22,8% із виділених ділянок, які було змодельовано у ході дослідження. Та-

кож близько 25,6% входить до складу затверджених Постійним комітетом Бернської конвенції територій Смарагдової мережі. Низький рівень охорони може призвести до подальшої фрагментації природних середовищ існування внаслідок реалізації великих проектів енергетичної та рекреаційної галузей господарства, розвитку дорожньої інфраструктури тощо. У подальшому потрібно продовжувати моніторингові дослідження за перебуванням ведмеда бурого у межах ключових територій екомережі Закарпаття та більш чітко делімітувати екологічні коридори із впровадженням заходів щодо дотримання норм природоохоронних обмежень.

### 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. Scanes C. G. Chapter 19 - Human Activity and Habitat Loss: Destruction, Fragmentation, and Degradation. *Animals and Human Society*. 2018. P. 451-482. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805247-1.00026-5>
2. План дій щодо збереження ведмеда бурого (*Ursus arctos* L.) в Україні: затв. наказом М-ва. а захисту довкілля та природних ресурсів України від 20.10.2021 р. №679. URL: <https://mepr.gov.ua/documents/3554.html> (дата звернення: 30.11.2022)
3. Antal V. et al. Protection and Management of Large Carnivores in Slovakia. / Lešová A, Antal V. (Eds). Banská Bystrica: Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, 2015. 23 p.
4. Hackländer K, Frair J, Ionescu O. Large Carnivore Monitoring in the Carpathian Mountains. A joint publication by the International Council for Game and Wildlife Conservation and the Secretariat of the Carpathian Convention: BOKU-Reports on Wildlife Research & Game Management 24. Vienna: University of Natural Resources and Life Sciences, 2021. 71 p.
5. Bears of the World. Ecology, Conservation and Management / Penteriani V., Melletti M (Eds). Cambridge: Cambridge University Press, 2020. 389 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781108692571>
6. Garcia-Rodriguez A., Albrecht J., Szczytkowska S., Valido A., Farwig N., Selva N. The role of the brown bear *Ursus arctos* as a legitimate megafaunal seed disperser. *Scientific Reports*. 2021. №1282. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80440-9>
7. Ведмідь бурий (*Ursus arctos*): проблеми збереження та дослідження популяції в Україні / за заг. ред. Дикого І. В., Шквирі М. Г. Київ: ТОВ "СІК ГРУП УКРАЇНА", 2015. 135 с.
8. Делеган І. В., Лушак М. М., Делеган І.І. Динаміка чисельності популяції ведмеда бурого в Українських Карпатах. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. С. 16-24.
9. Джорджеску А., Башта А.-Т., Проць Б. Бурий ведмідь як дорогоцінність Карпатських гір. Байа Маре, Румунія: Студіо Імпресс Дизайн, 2014. 34 с.
10. Методики обліку рисі, ведмеда та вовка: метод. рекомендації. / Б. Вихор та ін. WWF-Україна, 2022. 64 с. URL: [https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/1\\_1\\_1\\_1.pdf](https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/1_1_1_1.pdf)
11. Barton K. A., Zwijacz-Kozica T., Zięba F., Sergiel A., Selva N. Bears without borders: Long-distance movement in human-dominated landscapes. *Global Ecology and Conservation*. 2019. Vol. 17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00541>
12. Garcia-Sanchez M.P., Gonzalez-Avila S., Solana-Gutierrez J., Popa M., Jurj R., Lonescu G., Lonescu O., Fedorca M., Fedorca A. Sex-specific connectivity modelling for brown bear conservation in the Carpathian Mountains. *Landscape Ecology*. 2022. №37. P.1311-1329. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01367-8>
13. Pop I. M., Bereczky L., Chiriac S., Iosif R., Nita A., Popescu V. D., Rozyłowicz L. Movement ecology of brown bears (*Ursus arctos*) in the Romanian Eastern Carpathians. *Nature Conservation*. 2018. №26. P. 15-31. DOI: <https://doi.org/10.3897/natureconservation.26.2295>



14. Neagu A. C., Manolache S., Rozyłowicz L. The drums of war are beating louder: Media coverage of brown bears in Romania. *Nature Conservation*. 2022. №50. P.65–84. DOI: <https://doi.org/10.3897/natureconservation.50.86019>
15. Проць Б. Г., Башта А-Т. В., Ямелинець Т. С. Екологічні коридори міграції бурого ведмедя. 2022. URL: <https://en.calameo.com/read/0071837756d38c631d2b5>
16. Створення екологічних коридорів в Україні: наук. посібн. А-Т. Башта та ін.; за заг. ред. Ф. Деодатус, Л. Проценко. Київ: «Журнал «Радуга»», 2010. 162 с.
17. Брусак В., Безусько А., Возний Ю., Фельбаба-Клушина Л., Масікевич Ю., Матвеев С., Мовчан Я., Попович С., Приходько М. Схема екомережі Українських Карпат (національний рівень). *Жива Україна*. 2006. №9-10. С.8-9.
18. Кричевська Д., Зінко Ю., Брусак В. Географічні основи розробки регіональних екологічних мереж (на прикладі Українських Карпат). *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія: географія*. 2010. № 1 (27).С.316-322.
19. Про екологічну мережу України: Закон України від 24.06.2004 р. № 1864-IV. Дата оновлення: 22.03.2018. URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1864-15#Text> (дата звернення: 15.11.2022).
20. Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 роки: Закон України від 21.09.2000 р. № 1989-III. Дата оновлення: 17.05.2012. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1989-14#Text> (дата звернення: 15.11.2022).
21. Схема планування території Закарпатської області: URL: <https://oda.carpathia.gov.ua/storinka/shema-planuvannya-terytoriyi-zakarpatskoyi-oblasti> (дата звернення: 19.10.2022).
22. Турис Е.В., Дробнич В. Г., Мигаль А. В., Кічура В. П., Поляновський А. О. До питання формування структури регіональної екологічної мережі Закарпатської області. *Науковий вісник Ужгородського університету: серія: Біологія*. 2015. №38-39. С. 47-51.
23. Теслович М. В., Кричевська Д. А. Історичні та геопросторові аспекти формування екомережі Закарпатської області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2021. №55. С. 299-317. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-22>
24. Animalia. GBIF. URL: <https://www.gbif.org/species/1> (date of access: 08.02.2023).
25. The Global 2000-2020 Land Cover and Land Use Change Dataset Derived From the Landsat Archive: First Results / P. Potapov et al. *Frontiers in Remote Sensing*. 2022. Vol. 3. URL: <https://doi.org/10.3389/frsen.2022.856903> (date of access: 08.02.2023).
26. Круглов І. Делімітація, метризація та класифікація морфогенних екорегіонів Українських Карпат. *Український географічний журнал*. 2008. Т. 3. С. 59–68.
27. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change / M. C. Hansen et al. *Science*. 2013. Vol. 342, no. 6160. P. 850–853. URL: <https://doi.org/10.1126/science.1244693> (date of access: 08.02.2023).
28. Система моніторингу довкілля Закарпатської області. Природно-заповідний фонд: веб-сайт. URL: <http://ecozakarpat.net.ua/parks/> (дата звернення: 07.09.2022).
29. Protected planet: веб-сайт. URL: <https://www.protectedplanet.net/en> (дата звернення: 16.11.2022)

Стаття надійшла до редакції 07.03.2023

Стаття рекомендована до друку 14.04.2023

#### M. V. TESLOVYCH<sup>1</sup>

graduate student of the Department of Constructive Geography and Cartography  
e-mail: [teslovich\\_marjana@ukr.net](mailto:teslovich_marjana@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9071-7077>

D. A. KRYCHEVSKA<sup>1</sup>, PhD (Geography),

Associate Professor of the Department of Constructive Geography and Cartography  
e-mail: [diana.kr@ukr.net](mailto:diana.kr@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3423-5943>

<sup>1</sup>Ivan Franko National University of Lviv,  
41, Petro Doroshenko St., Lviv, 79000, Ukraine

### GEOSINFORMATION MODELING OF POTENTIALLY IMPORTANT TERRITORIES FOR THE BROWN BEAR'S STAY IN THE TRANSCARPATHIAN REGION

**Purpose.** Search for important areas for the presence of the brown bear (*Ursus arctos*) within the Transcarpathian region using geosinformation modeling tools to optimize the boundaries of the structural elements of the econetwork.

**Methods.** Geoinformation modeling, geospatial analysis, processing of stock materials of environmental protection services.

**Results.** In order to delineate potentially important areas for the presence of the brown bear (*Ursus arctos*) within the Transcarpathian region, a comprehensive assessment of the natural environment was carried out using geoinformation modeling tools. This modeling involved a preliminary analysis of the suitability for the life of the species of the following five parameters: types of land cover, proximity of non-forest biotopes to forest, high-altitude bioclimatic zones, degrees of dismemberment of the terrain, distance from settlements and roads. As a result of the integral assessment of these parameters, a cartographic model "Integral suitability of biotopes for the presence of the brown bear (*Ursus arctos*)" was obtained, which also demonstrated the habitats recorded by experts and the places of registration of the species. It was established that the total area of territories that are potentially suitable for the brown bear (*Ursus arctos*) within Transcarpathian region is 574.6 thousand hectares, and covers about 45.1% of the territory of the region. The largest number of such habitats is concentrated in the mountainous southwestern part of the region within the orographic ecoregion of the elevated dissected highlands. The most suitable and suitable biotopes, formed as a result of modeling, are also found within the boundaries of Gorganska Verhovyna (on the border of Transcarpathian and Ivano-Frankivsk regions), which belongs to the ecoregion of elevated lowlands. The simulated territories correlate well enough with localities where real signs of the distribution of the species have been recorded. At the second stage of research, in accordance with the chosen methodology, a cartographic model of "Potentially important areas for the presence of the brown bear" was obtained, on which the population, reproduction and other areas, as well as key areas of the region's eco-network and nature protection areas were outlined. Spatial features of the location of population and breeding areas in other morphogenic ecoregions of the Carpathians were also characterized, natural and anthropogenic obstacles and threats to the species' migration and survival were identified. It is noted that the natural conditions of the border are favorable for the migration of mammals from Romania, Slovakia and Poland, which is also confirmed by monitoring studies conducted by environmental protection institutions, forestry and hunting management, etc.

**Conclusions.** The Transcarpathian region has favorable conditions for the existence of the brown bear (*Ursus Arctos*), in particular, a large share of forest ecosystems, the presence of hard-to-reach areas, a decrease in the population of small mountain villages, etc. However, the constant development of recreational and energy infrastructure can lead to the fragmentation of the natural environment. Therefore, the areas outlined by us, which are important for the presence of the brown bear (*Ursus arctos*), can be the basis for optimizing the boundaries of the structural elements of the eco-network of the mountainous part of the Transcarpathian region. In the future, it is necessary to continue monitoring studies on the presence of the brown bear within the key territories of the Zakarpattia econetwork and to more clearly delimit ecological corridors with the implementation of measures to comply with the norms of environmental protection restrictions.

**KEYWORDS:** brown bear (*Ursus Arctos*), key areas, ecological corridors, geoinformation modeling, Emerald network, Transcarpathian region

### References

1. Scanes, C. G. (2018). Chapter 19 — Human Activity and Habitat Loss: Destruction, Fragmentation, and Degradation. In C. G. Scanes, S. R. Toukhsati, (Eds). *Animals and Human Society*, (pp. 451-482). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805247-1.00026-5>
2. Action plan on conservation of the Brown bear (*Ursus Arctos*) in Ukraine dated October 20, 2021 (№679, <https://mepr.gov.ua/documents/3554.html>)
3. Lešová, A., & Antal, V. (Eds). (2015). *Ochrana a manažment veľkých šeliem na Slovensku: Protection and Management of Large Carnivores in Slovakia*. Banská Bystrica: Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky.
4. Hackländer, K., Frair, J., & Ionescu O. (2022). *Large Carnivore Monitoring in the Carpathian Mountains. A joint publication by the International Council for Game and Wildlife Conservation and the Secretariat of the Carpathian Convention*. Vienna: University of Natural Resources and Life Sciences.
5. Penteriani, V & Melletti, M (Eds). (2020). *Bears of the World. Ecology, Conservation and Management*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108692571>
6. Garcia-Rodriguez, A., Albrecht, J., Szczutkowska, S., Valido, A., Farwig, N., & Selva, N. (2021). The role of the brown bear *Ursus arctos* as a legitimate megafaunal seed disperser. *Scientific Reports*. 1282. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80440-9>
7. Dykyy, I. V., & Shkvyria, M. G. (Eds.). (2015). *Brown bear (Ursus Arctos): Problems of conservation and studying of population in Ukraine*. Kyiv: LLC «SIK GROUP UKRAINE».
8. Delehan, I.V., Lushchak, M.M. & Delehan, I.I. (2011). Population dynamics of brown bear populations in the Carpathians Ukrainian. *Scientific Bulletin of UNFU*. 16-24.
9. Georgescu, A., Bashta, A-T. & Prots, B. (2014). *The Brown Bear, the Treasure of the Carpathian Mountains (Ukrainian)*. Baia Mare, Romania.

10. World Wildlife Fund of Ukraine. (2022). Lynx, bear, and wolf monitoring methods. Retrieved from [https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/1\\_1\\_1\\_1.pdf](https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/1_1_1_1.pdf)
11. Barton, K. A., Zwijacz-Kozica, T., Zięba, F., Sergiel, A. & Selva, N. (2019). Bears without borders: Long-distance movement in human-dominated landscapes. *Global Ecology and Conservation*, 17, <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00541>
12. Garcia-Sanchez, M.P., Gonzalez-Avila, S., Solana-Gutierrez, J., Popa, M., Jurj, R., Lonescu, G., ... Lonescu, O. (2022). Sex-specific connectivity modelling for brown bear conservation in the Carpathian Mountains. *Landscape Ecology*, 37, 1311–1329. <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01367-8>
13. Pop, I. M., Bereczky, L., Chiriac, S., Iosif, R., Nita, A., Popescu, V. D., & Rozyłowicz, L. (2018). Movement ecology of brown bears (*Ursus arctos*) in the Romanian Eastern Carpathians. *Nature Conservation*, 26, 15–31. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.26.2295>
14. Neagu, A. C., Manolache, S., & Rozyłowicz, L. (2022). The drums of war are beating louder: Media coverage of brown bears in Romania. *Nature Conservation*, 50, 65–84. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.50.86019>
15. Prots, B., Bashta, A-T., & Yamelinets, T. (2022). *Ecological corridors of brown bear migration*. Retrieved from <https://en.calameo.com/read/0071837756d38c631d2b5>
16. Deodatus, F. & Protsenko, L. (Eds.). (2010). Creation of ecological corridors in Ukraine. Kyiv: "Rainduga Magazine" Publishing House.
17. Brusak, V., Bezusko, A., Voznyi, Yu., Zinko, Yu., Felbaba-Klushyna, L., Masikevych, Yu., ... Prykhodko, M. (2006). Scheme of the eco-network of the Ukrainian Carpathians (national level). *Alive Ukraine*. 9-10, 8-9.
18. Krychevska, D., Brusak, V & Zinko, Yu. (2010). The geographical grounds of regional ecological networks development (on Ukrainian Carpathian example). *Scientific notes of Ternopil National Pedagogical University. Series: geography*. 1(27), 316-322. Ternopil: SMP "Type"
19. Law of Ukraine «On Environmental Network of Ukraine» dated June 24, 2004 (№1864-IV, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1864-15#Text>)
20. Law of Ukraine «On the National Formation Program of the national ecological network of Ukraine for 2000-2015» dated September 21, 2000 (1989-III, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1864-15#Text>)
21. The planning scheme of the territory of Zakarpattia Oblast. (2022, October 19). Retrieved from <https://oda.carpathia.gov.ua/storinka/shema-planuvannya-terytoriyi-zakarpatskoyi-oblasti>
22. Turys, E., Drobnych, V., Myhal, A., Kichura, V. & Polianovskiy, A. (2015). On the question of structure formation regional ecological network of the Zakarpata region. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Biology series*. 36, 47-51. Uzhhorod
23. Teslovych, M.V., & Krychevska, D.A. (2021). Historical and geospatial aspects of formation of the eco-network of the Transcarpathian region. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (55), 299-317. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-22>
24. Animalia. (б. д.). GBIF. Retrieved from <https://www.gbif.org/species/1>
25. Potapov, P., Hansen, M. C., Pickens, A., Hernandez-Serna, A., Tyukavina, A., Turubanova, S., Zalles, V., Li, X., Khan, A., Stolle, F., Harris, N., Song, X.-P., Baggett, A., Kommareddy, I., & Kommareddy, A. (2022). The Global 2000-2020 Land Cover and Land Use Change Dataset Derived From the Landsat Archive: First Results. *Frontiers in Remote Sensing*, 3. <https://doi.org/10.3389/frsen.2022.856903>
26. Kruhlov, I. (2008). Delimitation, metrisation and classification of morphogenic ecoregions for the Ukrainian Carpathians. *Ukrainian Geographical Journal*, 3, 59–68.
27. 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. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6160), 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
28. Environmental monitoring system of Transcarpathian region. Nature reserve fund. (2022, September 7). Retrieved from <http://ecozakarp.net.ua/parks/>
29. Protected planet (2022, November 16). Retrieved from <https://www.protectedplanet.net/en>

The article was received by the editors 07.03.2023

The article is recommended for printing 14.04.2023

Наукове видання навчально-наукового інституту екології Харківського національного університету «Людина та довкілля. Проблеми неоекології» є науковим журналом, який включено до Переліку фахових видань ВАК (Б), де публікуються основні результати дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора і кандидата географічних наук.

#### ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

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

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. Усі рисунки підписувати як **Рис. 1** – Назва рисунку (розмір 10). Таблиці також оформляти 10 розміром. Слово **Таблиця 1** (жирним, праворуч), на наступному рядку назва таблиці – жирним, по центру, розмір 10. **Назви рисунків та таблиць надаються також англійською.**

Орієнтація сторінок – книжкова. Вирівнювання – по ширині. Абзац – 1,0 см.

Для статей необхідно вказати УДК (UDC) (ліворуч, розмір 11), **ініціали та прізвище автора** (розмір 11, жирним, прописними, по центру), науковий ступінь та звання (розмір 11), на наступному рядку вказати посаду, на наступному - вказати e-mail та ORCID ID. на наступному рядку вказати повну назву установи (розмір 11, курсив) та її повна адреса

**Назва статті** (жирними прописними, по центру, 11 розмір)

Далі подати анотацію (не менше 1800 знаків) та ключові слова (5-6) мовою статті: розмір 10, інтервал 1,0. Для експериментальних статей подати структуроване резюме, де має бути вказані слова: **Meta. Методи. Результати. Висновки.**

Статті друкуються українською та англійською мовами.

Текст експериментальної статті повинен складатися з наступних розділів: «Вступ», «Методика» («Об'єкти та методи дослідження»), «Результати», «Обговорення» (можливий об'єднаний розділ «Результати та обговорення»), «Висновки», «Список використаної літератури».

Розділ «Вступ» повинен містити постановку проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими або практичними завданнями; короткий аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких розпочато рішення даної проблеми, виділення конкретних невирішених питань, яким присвячена стаття, формулювання мети роботи.

Розділ «Методика» повинен містити відомості про об'єкт (об'єкти) дослідження, умови експериментів, аналітичні методи, прилади та реактиви.

У розділі «Результати досліджень» надаються отримані результати та повинно відображувати закономірності, які витікають з отриманих даних. Отриману інформацію необхідно порівняти з наявними літературними даними та показати її новизну.

У розділі «Висновки» надається узагальнення та інтерпретація результатів, аналіз причинно-наслідкових зв'язків між виявленими ефектами, і повинно завершуватись відповіддю на питання, яке поставлено у вступі.

Посилання на джерела у тексті подаються у прямокутних дужках з вказуванням номера **за порядком посилання.**

**Список використаної літератури** обов'язково оформляється за ДСТУ 8302:2015, до 60% мають бути джерела, що опубліковані за останні 5 років, **URL** – де є (розмір 10, міжрядковий інтервал 1,0). Кількість посилань має бути не менше 15.

Через 2 інтервали також подати прізвище, науковий ступінь та наукове звання, посаду, e-mail та ORCID ID, організацію, її повну адресу, назву статті, розширену анотацію та ключові слова англійською (не менше 1800 знаків, 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 ключові слова (5-6).

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

**Адреса редакції:** навчально-науковий інститут екології, 4 поверх, к. 473а, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Майдан Свободи, 6, Харків, Україна, 61022  
тел. 057 / 707-56-36, 057 / 707-53-86 моб. 068-612-40-69 e-mail: [ecology\\_journal@karazin.ua](mailto:ecology_journal@karazin.ua)  
Сайт журналу: <http://luddovk.univer.kharkov.ua/> <http://periodicals.karazin.ua/humanenviron/about>

Наукове видання

ЛЮДИНА ТА ДОВКІЛЛЯ. ПРОБЛЕМИ НЕОЕКОЛОГІЇ

Випуск 39

Українською та англійською мовами

Макетування та комп'ютерне верстання  
Баскакова Л. В.

Підписано до друку 25.06.23  
Формат 60x84/8  
Ум. друк. арк. 13,1, Обл.-вид. арк. 14,6.  
Наклад 100 пр. Зам.

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

Надруковано ХНУ імені В. Н. Каразіна  
61022, Харків, майдан Свободи, 4. Тел. 705-24-32  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.09