

Міністерство освіти і науки України  
**Київський національний університет імені Тараса Шевченка**

Ministry of Education and Science of Ukraine  
**Taras Shevchenko National University of Kyiv**

**Фізична географія  
та геоморфологія** | **Physical Geography  
and Geomorphology**

Науковий журнал  
Scientific Journal

**Том 46**  
**Випуск 1-6 (117-122)**  
**Volume 46**  
**Issue 1-6 (117-122)**

**Київ**  
**2023**

## ФІЗИЧНА ГЕОГРАФІЯ ТА ГЕОМОРФОЛОГІЯ

Науковий журнал “Фізична географія та геоморфологія” публікує оригінальні статті з усіх напрямів фізичної географії та геоморфології, зокрема: теоретичних та методологічних проблем географії, ландшафтознавства, геоecології, палеоеcології, палеогеографії четвертинного періоду, ґрунтознавства, метеорології, кліматології, гідрології, структурної, динамічної, еcологічної та палеогеоморфології. Окремі рубрики журналу присвячені використанню ГІС у природничо-географічних дослідженнях, організації природничого туризму, геоплануванню, природоохоронній діяльності, управлінню еcологічними проектами та географічній освіті.

Заснований у 1970 р.

Виходить шість разів на рік.

Публікації приймаються українською та англійською мовою.

### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Наталія П. Герасименко (**головний редактор**), *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*,  
natalia.gerasimenko@knu.ua  
Сергій Ю. Бортник (**заступник головного редактора**),  
*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*  
Петро Г. Шищенко (**заступник головного редактора**),  
*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*  
Яцек Шманьда (**заступник головного редактора**),  
*Краківський педагогічний університет*  
Даніель Верес, *Клузький університет імені Бабеша-Бойяї*  
Григорій І. Денисик, *Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського*  
Лідія Ф. Дубіс, *Львівський національний університет імені Івана Франка*  
Т. Каліцкі, *Університет імені Яна Кохановського*  
Іван П. Ковальчук, *Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
Олександр О. Комлев, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Карлос Кордова, *Університет штату Оклахома*  
Марчел Міндреску, *Сучавський університет імені Штефана Великого*  
Олександр Г. Ободовський, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*  
Володимир М. Пашенко, *Українське географічне товариство*  
Богдан Т. Рідуш, *Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*  
Віктор М. Самойленко, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*  
Єва Смольска, *Варшавський університет*  
Сергій І. Сніжко, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*  
Володимир В. Стецюк, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*  
Юрій Д. Шуйський, *Одеський національний університет імені І. І. Мечникова*

### ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР

Тетяна М. Лаврук  
tetiana.lavruk@knu.ua

### ТЕХНІЧНИЙ РЕДАКТОР

Ілля В. Кравчук  
elijah.kravchuk@gmail.com

Редакція “Фізична географія та геоморфологія”  
Географічний факультет  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка  
просп. Глушкова, 2А, Київ, МСП–680, Україна

(044) 521 32 28  
Web: <https://phgg.knu.ua>

*Рекомендований до друку  
Вченою радою географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка*

© Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2023

## PHYSICAL GEOGRAPHY AND GEOMORPHOLOGY

Physical Geography and Geomorphology publishes original research papers, review articles and short contributions in all areas of physical geography and geomorphology, namely: theoretical and methodological research in physical geography and geomorphology, landscape studies, geoecology, palaeoecology, Quaternary palaeogeography, soil science, meteorology, climatology, hydrology, structural, dynamic, ecological and palaeogeomorphology, application of GIS in natural geographic research, and geographical education.

The journal is published since 1970.

Published bi-monthly.

Publications are accepted in Ukrainian and English.

### EDITORIAL BOARD

Natalia P. Gerasimenko (**editor-in-chief**), *Taras Shevchenko National University of Kyiv*

natalia.gerasimenko@knu.ua

Sergii Yu. Bortnyk (**associate editor**), *Taras Shevchenko National University of Kyiv*

Petro H. Shyschenko (**associate editor**), *Taras Shevchenko National University of Kyiv*

Jacek Szymańda (**associate editor**), *Pedagogical University of Krakow*

Daniel Veres, *Babeş-Bolyai University*

Hryhorii I. Denysyk, *Vinnitsia State Pedagogical University*

Lidia F. Dubis, *University of Lviv*

Tomasz Kalicki, *Uniwersytet Jana Kochanowskiego in Kielcach*

Ivan P. Kovalchuk, *National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

Oleksandr O. Komliev, *Taras Shevchenko National University of Kyiv*

Carlos Cordova, *Oklahoma State University*

Marcel Mindrescu, *Ştefan cel Mare University of Suceava*

Oleksandr H. Obodovskyi, *Taras Shevchenko National University of Kyiv*

Volodymyr M. Pashchenko, *Ukrainian Geographical Society*

Bohdan T. Ridush, *Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University*

Viktor M. Samoilenko, *Taras Shevchenko National University of Kyiv*

Ewa Smolska, *University of Warsaw*

Serhii I. Snizhko, *Taras Shevchenko National University of Kyiv*

Volodymyr V. Stetsiuk, *Taras Shevchenko National University of Kyiv*

Yurii D. Shuiskyi, *Odesa I. I. Mechnykov National University*

### EDITORIAL ASSISTANT

Tetiana M. Lavruk

tetiana.lavruk@knu.ua

### COPY EDITOR

Elijah V. Kravchuk

elijah.kravchuk@gmail.com

**Physical Geography and Geomorphology**

Faculty of Geography

Taras Shevchenko National University of Kyiv

2A, Hlushkova prosp., Kyiv, Ukraine

+38 (044) 521 32 28

Web: <https://phgg.knu.ua>

*Recommended for print by  
the Scientific Board of Faculty of Geography, Taras Shevchenko National University of Kyiv*

© Taras Shevchenko National University of Kyiv, 2023

## ЗМІСТ

Історичні ландшафти перших цукроварень Поділля <b>О. Дьомін, Ю. Тютюнник, Л. Сорокіна</b>	7
Міжнародні системи класифікації земного покриву та землекористування: особливості і перспективи використання у ландшафтознавчих дослідженнях <b>Л. Тимуляк</b>	18
Сучасні геоекологічні проблеми північної частини басейну р. Ірпінь та шляхи їх вирішення (на основі матеріалів космічних зйомок і наземних досліджень) <b>А. Г. Мичак, В. Є. Філіпович, Н. Г. Мичак</b>	28
Оцінка екосистемних послуг зі зниження рівнів пилового забруднення атмосферного повітря міста вздовж автошляхів <b>Наталія Корогода, Юлія Яценко</b>	38
Вплив воєнних дій на природоохоронні території Донецької області <b>Наталія В. Нагорна</b>	47
Палеогеографічні та фізико-хімічні дослідження ґрунту в межах античного полісу Ольвія <b>Анатолій Кушнір, Жанна Матвійшина, Ірина Харитонова</b>	54
Пам'яті Михайла Дмитровича Гродзинського	60
Памяті Олега Максимовича Адаменко	61

## CONTENTS

The first sugar factories of Podillia and their historical landscapes <b>O. Diomin, Yu. Tyutyunnik, L. Sorokina</b>	7
International systems of classification of land cover and land use: features and prospects of use in landscape research <b>L. Tymuliak</b>	18
Modern geo-ecological problems of the northern part of the Irpin river basin and ways to solve them (based on space imaging materials and terrestrial research) <b>A. G. Mychak, V. Ye. Filipovych, N. G. Mychak</b>	28
Assessment of ecosystem services to reduce the level of dust pollution in the urban air along roads <b>Nataliia Korohoda, Yuliia Yatsenko</b>	38
The impact of hostilities on the conservation areas of Donetsk region <b>Nataliia V. Nahorna</b>	47
Palaeogeographical and physicochemical research of soil within the ancient polis of Olbia <b>Anatolii Kushnir, Zhana Matviishyna, Iryna Kharytonova</b>	54
In memory of Mykhailo Dmytrovych Grodzynskyi	60
In memory of Oleh Maksymovych Adamenko	61



# Історичні ландшафти перших цукроварень Поділля

Олександр Дьомін<sup>1</sup>, Юліан Тютюнник<sup>2</sup> , Людмила Сорокіна<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Бершадська загальноосвітня школа I-III ступенів № 3, вул. Ю. Коваленка, 54, м. Бершадь, Вінницька обл., Україна, 24400

<sup>2</sup> Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут” імені Ігоря Сікорського, пр-т Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

<sup>3</sup> Інститут географії НАН України, вул. Володимирська, 44, м. Київ, Україна, 01054

## Реферат

Ідентифіковано місця локалізації перших цукрових заводів Поділля, вивчені посттехногенні ландшафти, що утворилися в межах цих локацій. Викладена історія виникнення в 1824–1827 роках і зникнення (зупинки у середині 1840-х, на початку 1860-х років) найстаріших подільських цукрових заводів України, що знаходилися неподалік від міста Бершадь Вінницької області. Встановлено, що заводи розміщувалися на околиці села Глинське і на хуторі Ворони неподалік Бершаді. Методами археологічного ґрунтознавства і ландшафтної індикації доведена автентичність посттехногенних ландшафтів, сформованих у місцях розташування заводів. Одна цукроварня знаходилася біля села Глинське, на корінному лівому схилі долини та фрагменті високої заплави річки Дохни, правої притоки Південного Бугу. Другий завод розміщувався поблизу хутора Ворони на крутому корінному схилі невеликої річки Війтівочки поблизу місця її впадіння в Дохну. В структурі сучасних ландшафтів віднайдено об’єкти-свідчення наявності тут в минулому промислових об’єктів (стара під’їзна дорога, рештки камінних підмурків, численні техногенні включення у відслоненнях, в нижній частині схилів – ділянки з характерним для сильно дематованих посттехногенних ландшафтів цукроварень горбисто-ямковим мікрорельєфом штучного походження тощо). Результати буріння (270 см) та описи ґрунтових розрізів засвідчують наявність в минулому техногенної активності, пов’язаної з виробничими процесами цукроваріння. Обґрунтовано історичний статус цих ландшафтів – як пам’яток історії науки і техніки України, і відповідно – вимога юридичного закріплення за ними такого статусу.

## Ключові слова

Перші цукрові заводи Поділля, демутація посттехногенних ландшафтів, пам’ятки історії науки і техніки України

Надійшла до редакції: 23 січня 2023 / Прийнята: 26 травня 2023 / Опублікована онлайн: 30 листопада 2023

## The first sugar factories of Podillia and their historical landscapes

Oleksandr Diomin<sup>1</sup>, Yulian Tyutyunnik<sup>2</sup>, Liudmyla Sorokina<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Bershad' secondary school of grades I-III №3, 54, Y.Kovalenko st., Bershad', Vinnytsia region, 24400, Ukraine*

<sup>2</sup> *Igor Sikorsky National Technical University of Ukraine "KPI", 37, Peremogy Avenue, Kyiv, 03056, Ukraine*

<sup>3</sup> *Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine, 44, Volodymyrska str., Kyiv, 01054, Ukraine*

## Abstract

The locations of the first sugar factories in Podillia have been identified. The post-technogenic landscapes formed within these locations were studied. The history of the emergence in 1824–1827 and the disappearance (mid-1840s, beginning of 1860s) of the oldest Podil sugar factories in Ukraine is described. These factories were located near the city of Bershad', Vinnytsia region. The locations of these factories have been established on the outskirts of Glynyske village and on Vorony village near the Bershad'. The authenticity of the post-technogenic landscapes formed at the locations of factories was proven by the methods of archaeological soil science and landscape indication. The first sugar factory was located near Glynyske village, on the left slope of the valley and on a fragment of the high floodplain of the Dokhna River, the right tributary of the Southern Bug. The second plant was located near Vorony village on the steep slope of the valley of the small Viitivochka River near its confluence with the Dokhna. In the structure of modern landscapes, evidence of the presence of industrial facilities in the past was found here (an old driveway, remains of stone foundations, numerous man-made inclusions in outcrops, in the lower part of the slopes – areas with a hilly characteristic of strongly dematted post-man-made landscapes of sugar mills -pit microrelief of artificial origin, etc.). The results of drilling (up to 270 cm) and descriptions of soil sections testify to the presence of man-made activity in the past related to the production processes of sugar production. The historical status of these landscapes – as a monument of the history of science and technology of Ukraine, and accordingly – the requirement of legal confirmation of such a status for them is substantiated.

## Keywords

The first sugar factories of Podillia, demutation of post-technological landscapes, monuments of the history of science and technology of Ukraine

Received: 23 January 2023 / Accepted: 26 May 2023 / Published online: 30 November 2023

## 1. Вступ

Економічна історія українського цукроваріння, яка донедавна здавалась цілком зрозумілою, насправді містить багато загадок та інтриг. Вітчизняне бурякове цукроварне виробництво постало досить швидко, можна сказати за

п’ятирічку – з 1822-го чи 1824-го по 1827 рік. За різними літературними джерелами (Plevako, 1927; Voblyi, 1928; The birth of the working class in Ukraine..., 1982; Tyutyunnik, 2016) відомо, що в 1827 році на територіях, які належали Російській і Австро-Угорській імперіям, а сьогодні є теренами нашої держави, функціонувало вже 7 цукрових

### Corresponding author:

Oleksandr Diomin, Bershad' secondary school of grades I-III №3; 54, Y.Kovalenko st., Bershad', Vinnytsia region, 24400, Ukraine  
Email: diominol@i.ua

© 2023 The Authors. Published by Taras Shevchenko National University of Kyiv. This is an open-access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

заводів. Вони розташовувалися в селі Бучак сьогодношньої Черкаської обл. (збудований в 1822 чи в 1824 році), містечку Макошине нинішньої Чернігівської обл. (1825), селах Соколівці Івано-Франківської обл. (1827) і Рижавці Черкаської обл. (1827), а також – два заводи – на околицях містечка Бершадь сучасної Вінницької обл. (1824–1827). Є відомості також про “цукровий завод Ляліна” (1827) на території нинішньої Сумської обл. (більш точних вказівок щодо його локалізації в літературі не знайдено). Це були перші українські цукроварні. Самою першою з них була та, що знаходилася у Бучаку. Предметом цієї статті є два цукрових заводи, поставлених в 1820-х роках біля містечка Бершадь, – *перші подільські* (назвемо їх “бершадськими”).

## 2. Матеріали і методи

Інформаційні джерела дослідження – архівні документи, опубліковані історичні та краєзнавчі роботи, результати власних польових досліджень, що були виконані у липні 2022 р. Використовувалися такі методи сучасних історико-ландшафтознавчих досліджень. 1. Опрацювання і аналіз архівних (Центральний історичний архів України) і фондів (музей Бершадського цукрового заводу, що сьогодні вже не працює) матеріалів. 2. Історико-картографічний (вивчення і аналіз карт різних років видання). 3. Дистанційний (вивчення і аналіз сучасних аерофото- і космоснімків). 4. Інтерв'ю з ветеранами праці Бершадської цукроварні (поставленої в 1870–1872 роках, працювала до 2002 р.). 5. Методи археологічного ґрунтознавства. 6. Ландшафтна індикація. 7. Біоіндикація.

## 3. Результати та обговорення

### 3.1. Час побудови та власники перших цукроварень Поділля.

Найбільш повні відомості щодо двох цукроварень, побудованих неподалік від Бершаді, знаходимо у фундаментальних роботах 1927–1928 рр. О.А. Плевако і К.Г. Воблого<sup>1</sup>.

О.А. Плевако пише наступне. Згідно П. Ляліну, на Поділлі до 1830-го року існував “дуже великий завод Собанських” (Plevako, 1927, С.1005). Згідно журналу Міністерства внутрішніх справ за 1833 рік, в 1832 році на Поділлі працювало “дві цукроварні Собанських” (Plevako, 1927, С.1016). За архівними джерелами, опрацьованими Плевако, мова йде також про “цукроварню Мошенських” (Plevako, 1927, С.1016). Далі автор висловлює жаль, що на момент написання ним свого нарису не вдалося встановити точні дати побудови цих заводів, але робить припущення з цього питання, спираючись на деякі непрямі відомості та

<sup>1</sup> Факт виходу у світ робіт О.А. Плевако і К.Г. Воблого з розривом в один рік має значення. Воблий, монографія якого побачила світ на рік пізніше статті Плевако, не посилається на останнього не з якихось навколонукових міркувань, а тому, що опубліковані дослідниками результати отримувалися і друкувалися ними майже одночасно і, швидше за все, незалежно (хоча це не виключає їхнє обоюдне ознайомлення з розвідками один одного).

міркування. Найпізнішою можливою межею утворення бершадських цукрозаводів він вважає 1830-й рік, “бо-ж р. 1831-го під час польського повстання, присвячувати свій час та увагу такому будівництву власник не зміг-би” (Plevako, 1927, С.1017). Далі, аналізуючи тодішню продуктивність цукрозаводів, Плевако приходять до висновку, що один завод почав працювати не пізніше 1829-го року, а другий – не пізніше 1828-го (Plevako, 1927, С.1019). І, нарешті, з посиланням на працю ботаніка Г. Танфільєва від 1923 року, історик опускає планку побудови хоча б однієї з бершадських цукроварень до року 1827-го (Plevako, 1927, С.1019).

В розвідці К.Г. Воблого також є посилання на вказані П. Ляліним і Т. Танфільєвим дати побудови цукроварні Собанського: до 1830-го – за першим автором і у 1827-му – за другим. Він так само, як і Плевако, вдається до економічних розрахунків і на їх підставі приходять до висновку щодо часу заснування заводу Собанського. Дати, визначені Плевако і Воблим, виявляються близькими: 1828–1829 рр. у першого і 1825–1828 рр. у другого (Voblyi, 1928, С.103). Але якщо у Плевако мова йде про *два* заводи Собанського, то у Воблого – лише про один. Другу з бершадських цукроварень він визначає як завод Петра Мошинського і ставить під сумнів дату її заснування – 1827 рік на тій підставі, що маєтності Мошинського були в 1826–1834 роках заарештовані за його зв'язки з декабристами. В таких умовах будувати цукроварню – цілком логічно міркує Воблий – було неможливо (Voblyi, 1928, С.103).

Ґрунтовніших пізніших розвідок з історії бершадських цукроварень, аніж роботи О.А. Плевако і К.Г. Воблого, не було. Подальші наші міркування щодо дат побудови цих заводів ґрунтуються на власному аналізі, архівних і краєзнавчих дослідженнях.

Насамперед зазначимо, що будівничими бершадських цукрових заводів були відомі на той час магнати і політичні діячі Ісідор Собанський, якому належало село П'ятківка, і Петро Мошинський, котрий володів Бершадью (Плевако помилково називає його Мошенським, плутаючи із засновником цукроварні у селі Рижавці біля Умані). Але архівні дані від 1832 року (Central State Historical Archive of Ukraine, F.442, Exp.1, File 1195, sh. 47) говорять про те, що в маєтностях Ісідора Собанського, конфіскованих в 1831 році (за участь у польському повстанні), було два цукрових заводи. Куди подівалася цукроварня Мошинського, котра, за словами сучасника П. Ляліна, як вище вже зазначалося, була “дуже великою”? Інтрига вирішується дуже просто: Мошинський продав свій завод Собанському. Сталося це не пізніше 1826-го року, оскільки в цьому році Петра Мошинського було заарештовано за зв'язки з декабристами. Так і з'явилися “дві цукроварні Собанського”. При цьому факт продажу заводу говорить нам про те, що Петром Мошинським цукрозавод був зведений не пізніше 1825-го року, можливо, що і в 1824-му (Diomin, 2020). Якщо 1824 рік взяти за дату спорудження цукроварень і Петром Мошинським біля Бершаді, і Гнатом Понятовським у селі Бучак (там можлива ще й дата “1822 рік” (Гуцууннік, 2016), то можна говорити, що українське цукроваріння стартувало водночас і в Канівському



Придніпров'ї і на Поділлі, а його засновниками були родини Понятовських і Мошинських.

### 3.2. Місце розташування перших цукроварень на Поділлі

Одна з бершадських цукроварень розташовувалася біля села П'ятківка Ольгопольського повіту. На це чітко, з посиланням на А.І. Ярошевича говорить, Плевако (Plevako, 1927). На те ж саме місце вказує і К.Г. Воблий, але посилаючись вже на П. Ляліна, який, в свою чергу, керувався працями Історико-статистичного комітету Подільської єпархії (Voblyi, 1928). Про те, що завод був біля П'ятківки, говорять і архівні джерела (Central State Historical Archive of Ukraine, F. 445, Exp. 1, File 2, sh. 443). Здавалося б усе ясно. Але це не зовсім так. Насторожує вираз “біля П'ятківки”. Село велике, з якого боку саме і на якій відстані розміщувався завод? Мало того, неподалік на схід від П'ятківки є невеличке село Глинське, яке в минулому могло бути хутором. Ясно, що будувати велике і досить брудне підприємство безпосередньо у самому селі навіть в 1820-х роках навряд чи стали б. То ж є підстави думати, що Глинське є успадкованим населеним пунктом, похідним від робітничого поселення – хутора при заводі. Географічним свідченням на користь такого припущення є те, що раніше на східній околиці Глинського розміщувався ставок, а цукроварне виробництво, як відомо, є водоемним і без надійного джерела води, представленого найчастіше одним або декількома заводськими ставками, не обходиться. Цей ставок дуже гарно відображається на військово-топографічній карті Російської імперії масштабу три версти в одному дюймі, складеною Ф.Ф. Шубертом і П.А. Тучковим в 1843-1863 рр. (перевидавалася до 1919 р.). Його можна побачити також на німецьких військових топокартах масштабу три кілометри в одному сантиметрі від 1941 року. Зараз цієї водойми немає і у новіших картографічних джерелах вона не відображається. Припущення, що “п'ятківська цукроварня” розміщувалася на східній околиці Глинського, згодом підтвердилося (див. нижче).

З другою бершадською цукроварнею – Мошинського/Собанського – справа складніша. Архівних свідчень щодо місця її розташування ми не зустріли. А в літературі є лише одна вказівка на цю тему – у краєзнавчій праці Г. Погончика (Pogonchuk, 2013). Він вказує, що Мошинський збудував цукроварню на північний схід від Бершаді приблизно на відстані 2,5 км від того місця, де потім, на початку 1870-х років, збудували Бершадський цукровий завод. Це місце зветься “хутір Вобони”. Дані Погончика не оригінальні і запозичені з рукопису інженера Бершадського цукрового заводу А. Новікової “Короткі відомості щодо виникнення цукробурякового виробництва у Бершаді”, які вона склала в 1964 році до “140-річчя Бершадської цукроварні”, як зазначалося у заголовку документа (його реєстраційний номер № 98с від 04.07.1964 р.) (рис. 1). Відомості, подані у записці Новікової, були зібрані в році 1947-му тодішнім директором Бершадського цукрозаводу К. Казіміровим, головним інженером І. Великом і старшим хіміком Я. Максименком. Вказувалося, що історичні дані зібрані

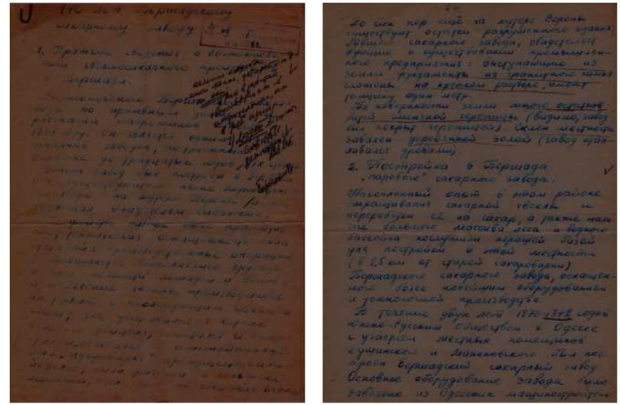


Рис. 1. Перші дві сторінки записки з історії Бершадського цукрового заводу, підготовленої інженером А. Новіковою в 1964 році до 140-річчя підприємства.

Fig. 1. The first two pages of a note on the history of the Bershad' sugar factory, prepared by engineer A. Novikova in 1964 for the 140th anniversary of the enterprise.

на підставі вивчення архівних матеріалів і розпитувань старих робітників Бершадського заводу.

Які саме архівні матеріали використовувалися, не зазначено, найвірогідніше це були якісь документи чи нотатки з заводського архіву. Всі вище зазначені матеріали були опубліковані колишнім (1980-1999) директором Бершадської цукроварні в газеті “Бершадський край” від 18 липня 1998 р. Рукописні матеріали щодо історії цукроварні Мошинського увесь час зберігалися в заводському музеї.

Звернімо увагу: 140-річчя Бершадського заводу святкувалося в 1964 році (як зазначено в записці А. Новікової). Але це значить, що завод був заснований в 1824 році (1824+140=1964). Між тим, власне Бершадська цукроварня ставилася у 1870–1872 рр., запрацювала в 1873 р., а значить, в році 1964-му вона мала трохи більше 90 років. То ж за рік відліку існування Бершадського цукрозаводу офіційно був взятий рік 1824-й – рік утворення заводу Мошинського. Ніякого парадоксу або помилки тут немає: частина обладнання цукроварні Мошинського була демонтована і поставлена на Бершадському заводі. Так в машинах уречевлювалася історична пам'ять про попередника. То ж перенесення дати народження “попередника” на час заснування “наступника”, або краще “спадкоємця” заводських потужностей, слід вважати історично коректним. Бершадська цукроварня тут була не оригінальною: на цілій низці цукрових заводів України можна стикнутися з такою ж самою ситуацією (в тому числі й на колишньому Трошинському заводі, який довгий час вважався першим в Україні).

### 3.3. Роки зупинки заводів

Питання “коли зник завод?” не менш цікаве й інтригуюче, аніж питання “коли завод постав?”. При цьому академічна історична актуальність першого питання в другому доповнюється ще й практичним екологічним моментом. Справа в тім, що після зупинки і занедбання заводу (а цей процес на теренах сучасної України для цукрових заводів був перманентний, починаючи з 1850-х років), на тому місці, де він стояв, утворювався

*посттехногенний цукрозаводський ландшафт.* Природні процеси з плином часу намагаються повернути у стан, близький до вихідного природного – квазіприродний, ті території, де раніше знаходилися заводи, фабрики, кар’єри і навіть цілі промзони. В екології і ландшафтознавстві ці процеси звуть демуаційними або просто *демуацією*. Якщо їх як слід вивчити, навчитися управляти ними і застосовувати, то сучасні завдання рекультивації, ревалоризації і ревіталізації старих промислових територій можна вирішувати простіше, швидше, дешевше. Очевидно, що в такому випадку знання дати зупинки і занедбання підприємства набуває особливого значення. Але дату цю, виявляється, встановити часто важче і складніше, аніж дату утворення підприємства. Дату заснування підприємства заводчани, як правило бережуть, передають з покоління у покоління, святкують, вписують в документи, вивішують у музеях і навіть перетворюють в елементи архітектурного оздоблення, викладаючи цеглою на димових трубах і фронтонах цехів. Дату зупинки і руйнації пам’ятає із жалем лише одне покоління – свідків цієї руйнації. Ані заводських музеїв, ані споруд, де б її можна було зафіксувати. Лише десь у нетрях відомчої та судової документації залишаються позначки: в такому-то році завод став, в такому-то – збанкрутів, а в таких роках його порізали на металевий брухт і розібрали на будівельні матеріали: цегла ж бо старих цехів відрізняється від сучасної високою якістю...

Знаючи, що обладнання заводу Мошинського/Собанського було використано у будівництві нової цукроварні в 1870-1872 рр., отримуємо першу порогову цифру зупинки цукроварні у Воропах: не пізніше 1870 року.

Посилаючись на П. Ляліна, Плевако пише, що цукроварня Собанських “не збереглася навіть до того часу, коли було запроваджено акциз” (Plevako, 1927, С. 1019). Про яку саме цукроварню йдеться, Плевако не уточнює, але є підстави вважати, що про Глинсько-П’ятківську: оскільки, якби до року введення в Російській імперії акцизу на цукор, а це був 1848 рік, устаткування стояло б законсервованим на Воронівському заводі, то на момент будівництва Бершадської цукроварні воно мало б вже 23-24 роки, як мінімум, і навряд чи було б придатне для подальшого використання у виробництві.

Викладені факти, припущення і оцінки щодо строків зупинки бершадських цукроварень можна доповнити такими архівними відомостями, отриманими нами в Центральному державному історичному архіві України:

1832 р. – в конфіскованих маєтках поміщиків Собанських було дві цукроварні (Central State Historical Archive of Ukraine, F. 442, Exp.1, File 1195, sh.47);

1837 р. – існує цукрозавод в П’ятківці Ольгопольського повіту<sup>2</sup> (Right there, F. 445, Exp.1, File 2, sh. 443);

1859 р. – в селі Чарномин Ольгопольського повіту була цукроварня (Right there, F. 486, Exp. 5, File 391, sh. 45);

1863 р. – в Ольгопольському повіті існував лише один цукровий завод (“Статистические таблицы за 1863 год”) (Right there, F. 442, Exp. 43, File 4, sh. 71);

1864 р. – в Ольгопольському повіті існував лише один цукровий завод (“Статистические сведения Ольгопольского уезда за 1864 год”) (Right there, F. 442, Exp. 43, File 4, sh. 6);

1866 р. – в селі Устя Ольгопольського повіту споруджено завод (Right there, F. 730, Exp. 1, File 63, sh. 1);

1871 р. – в Ольгопольському повіті було два цукрових заводи – в селах Чарномин і Устя (“Ведомости о количестве сахарных заводов...”) (Right there, F. 442, Exp. 55, File 210, sh. 47);

1873 р. – в Ольгопольському повіті існували три цукрових заводи – в селах Чарномин, Устя і Грушківка (“Ведомости о количестве сахарных заводов...”) (Right there, F. 442, Exp. 55, File 210, sh. 87);

1874 р. – в Бершаді стала до ладу нова цукроварня (Right there, F. 730, Exp. 1, File 103).

Остання працювала до 2001-2002 рр. Потім була зупинена і розорена, як і багато інших цукрозаводів по всій Україні. Але частину промислового майданчика колишнього заводу пристосували під нове виробництво – будівельних матеріалів. Влітку 2021 р. автори цієї статті зустрілися з директором Бершадської цукроварні в 1980-1999 рр. Олександром Івановичем Косенком. Ним в інтерв’ю датами зупинки Воронівського і Глинсько-П’ятківського заводів були названі роки 1862-й для першого і 1861-й для другого. Це дещо протирічить даним Плевако-Ляліна, наведеним вище, але цілком вкладається в хронологічний діапазон “1848 ÷ 1870”.

Підсумовуючи викладене, можна прийти висновку, що ті дві цукроварні, які, згідно архівним даним, існували в 1832 році у Глинському/П’ятківці і Воропах, і та, що існувала у Глинському/П’ятківці в 1837 році, в 1863 році вже не функціонували. В цьому випадку найпростіше погодитися з думкою О.І. Косенка щодо закриття заводів: 1861-й і 1862-й роки. Це цілком відповідає загальній тенденції пореформеного періоду: після реформи 1861-го року йшло масове закриття технологічно примітивних, конкурентно-неспроможних цукрозаводів у зв’язку з формуванням нових економічних відносин в промисловості. Але думку Плевако щодо закриття одного з заводів перед 1848-м роком теж слід враховувати. Тим більше, що за переказами, правда, джерельною базою не підтвердженими, один із заводів закrywся не з економічних причин, а згорів: в нього влучила блискавка. То ж на даному етапі вивченості питання найбільш вірогідними датами зупинки перших бершадських цукроварень можна вважати такі: 1) завод у Воропах зупинився в 1861-1862 роках; 2) завод у Глинському/П’ятківці зупинився перед 1848-м роком (умовно кажучи, в середині 1840-х років<sup>3</sup>). Після зупинки господарська діяльність на проммайданчику останнього не припинилася. О.А. Плевако пише, що його будівлі певний час використовувалися під стайні, хлібний магазин тощо (Plevako, 1927, С. 1019).

<sup>2</sup> Бершадь, П’ятківка, Глинське в 1830-х – 1870-х роках відносилися до Ольгопольського повіту

<sup>3</sup> Приймаючи такі терміни зупинки перших бершадських заводів, бачимо, що обладнання Воронівського заводу на момент будівельних робіт із спорудження Бершадської цукроварні (1870-1872 рр.) мало 8-9-річну давнину, а устаткування Глинсько-П’ятківського – мінімум 23-24 роки, тобто воно було менш придатним для поновлення експлуатації, якщо таке поновлення взагалі представлялося можливим.

### 3.4. Посттехногенні історичні ландшафти бершадських цукрозаводів

У пам'яткознавстві вважається, що місця розташування перших індустріальних об'єктів якогось регіону і навіть тієї чи іншої країни слід вважати пам'ятками науки і техніки, що відносяться до групи пам'яток *меморіальні місця*. Наприклад, відомий пам'яткознавець Л.С. Майстров вважає меморіальним об'єктом ландшафт на березі річки Локтєвки поблизу селища Коливань (Алтай), де в першій половині 18-го ст. розташовувався перший мідеплавильний завод, від якого пішли Коливано-Воскресенські заводи Алтаю (Maistrov, 1981). Норвезький дослідник М. Джонс вважає пам'яткою старі, від 17-18-го століть, мідеплавильні шлаковідвали біля міста Рьороса (Cultural landscape as a heritage site, 2004). Місце розташування першого українського цукрового заводу у селі Бучак сьогодні затоплене Канівським водосховищем, але залишився фрагмент ландшафту, де колись розміщувалася промислова зона, до якої належала цукроварня. Ми вважаємо це місце меморіальним. Так само слід поставитися і до ландшафтних слідів Макошинської цукроварні 1825-го року, котрі теж були віднайдені нами на місцевості (Тутууннік, 2016). Але застосування категорії *меморіальне місце* видається недостатнім. В перелічених і аналогічних випадках слід говорити про *історичний ландшафт* і розглядати його як пам'ятку історії, науки і техніки, а в ширшому сенсі – *індустріальної культури*. Так і поставимося до східної околиці села Глинського і до урочища Ворони, де розміщувалися перші подільські цукроварні.

Аналіз картографічних матеріалів минулих років, зокрема вказаних вище карт, аерокосмознімків, вивчення архівних і літературних матеріалів, опитування ветеранів цукроваріння Бершадщини, дозволили приблизно окреслити місця ймовірного розташування Глинсько-П'ятківського і Воронівського заводів – рис. 2.

Наступний етап вишукувань – польові дослідження методами археологічного ґрунтознавства (Demkin, 1997) та біо- і ландшафтної індикації (Didukh, 2012; Viktorov et al, 1990). Під час таких досліджень в місцях, окреслених як території можливого розташування Глинсько-П'ятківської та Воронівської цукроварень, було виявлено наступне.

**Глинське.** Місцина вірогідного розташування Глинсько-П'ятківської цукроварні є корінним лівим схилом долини річки Дохни (правої притоки Південного Бугу) з частиною плакору (рис. 3), де зараз розміщені поля, і її високої заплави (рис. 4), де знаходиться вигін і сіножаті. Віднайдені тут ландшафтні об'єкти-свідчення наявності в минулому промислового об'єкта є такими:

1) стара, гарно накатана дорога, яка веде від автодороги "Бершадь – П'ятківка" до місця можливого розташування заводу. Дорога закінчується, досягаючи досліджуваної місцини і не просувається далі: це вказує на те, що вона – не що інше, як під'їзний шлях до якогось крупного об'єкта, який тут колись існував і експлуатувався;

2) чотири господарські споруди складського типу, розташовані безпосередньо на схилі долини Дохни. Споруди функціональні і використовуються за призначенням. Вони мають відносно молодий вигляд,



Рис. 2. Місця розташування колишніх Глинсько-П'ятківського і Воронівського цукрових заводів.  
Fig. 2. Locations of the former Glynko-Pyatkiivskiy and Voronivskiy sugar factories.



вигляд з плакору  
view from the plain



вигляд із горішньої частини схилу  
view from the top of the slope

**Рис. 3.** Центральна частина місця розташування Глинсько-П'ятківського цукрового заводу, долина річки Дохни, східна околиця села Глинське Вінницької обл.

**Fig. 3.** The central part of the location of the Glynsko-Pyatktivskiyi sugar factory, the valley of the Dokhna River, the eastern outskirts of Glynske village, Vinnytsia region.

тому вважати їх безпосередніми залишками заводу не можна. Але як перебудовані або збудовані на старих підмурках, вони цілком можуть бути техногенними об'єктами, успадкованими від складських, цехових споруд Глинсько-П'ятківської цукроварні;

3) старі камінні підмурки, поховані під шаром новоутвореного ґрунту на глибині понад 30 см (табл. 1). Це вже – явні залишки фундаменту давно зруйнованих споруд, що є прямим свідченням розташування на території у відносно віддаленому минулому потужного техногенного об'єкта;

4) новітні відслонення на схилі поблизу існуючих будівель, в яких на різних глибинах (здебільшого в інтервалі 30–60 см) наявні численні техногенні включення, дуже характерні для штучних відкладів (технолітів) промайданчиків цукрових заводів, а саме – шматочки вапнякового каменю та поодинокі вуглини. Гумусовий горизонт потужністю 40–50 см на деяких ділянках відслонень має дуже різкий перехід до наступного ґрунтового шару, що вказує на те, що він колись зазнав штучного механічного переміщення і перевікладення;

5) в нижній частині і на підніжжі схилу – гарно виражений горбисто-ямковий мікрорельєф, який є дуже характерним для територій колишніх промайданчиків цукрових заводів, що знаходяться у глибоких стадіях ландшафтної та екологічної демутації (Туутуннік, 2021);

6) в заплавної частині території, на вигоні, що “підозрюється” як частина промайданчика цукрозаводу, є невелика, але чітко виражена штучна “алеєподібна” посадка старезних верб (див. рис. 4). Це вказує на те, що в цьому місці колись відбувалася якась активна діяльність людини, котра згодом зникла, а дерева, з нею пов'язані, залишилися. Посадки і деревні насадження (заводські і передзаводські сквери та парки) були характерними для старих цукроварень (Туутуннік, 2016). В теперішній час біля самої старої верби викопана криниця, якій місцеве населення надає сакрального значення;

7) біля вище вказаної верби нами було закладено свердловину глибиною 270 см. Результати буріння подані в табл. 1. Вони також свідчать про наявність в даній точці суттєвої техногенної активності, пов'язаної з виробничими процесами.

До сказаного додамо, що місцина, яка “підозрюється” на статус колишнього промайданчика Глинсько-П'ятківської цукроварні, розташована неподалік від того пункту, де колись була дамба, що утворювала на цій території став. Тобто техногенні об'єкти, які тут існували, активно підживлювалися ставковою водою, а це – теж характерна технологічна ознака цукроварного виробництва (Туутуннік, 2016).



**Рис. 4.** Алея старих верб у заплавної частині місця розташування Глинсько-П'ятківського цукрового заводу, долина річки Дохни, східна околиця села Глинське Вінницької обл.

**Fig. 4.** Alley of old willows in the floodplain of the location of the Glynsko-Pyatktivskiyi sugar factory, Dokhna river valley, eastern outskirts of Glynske village, Vinnytsia region.

Таблиця 1. Результати вивчення ґрунтів у місці розташування Глинсько-П'ятківського цукрового заводу, с. Глинське Бершадського р-ну Вінницької обл., липень 2022 року.

Table 1. Results of the soil study at the location of the Glynsko-Pyatkiivskyi sugar factory, v. Glyniske, Bershad' district, Vinnytsia region, July 2022.

Положення в природному або штучному рельєфі (мікрорельєфі), прив'язка на місцевості, фаза демутації ґрунту	Глибина від поверхні, см	Індекс, назва горизонту і його опис*	Техногенні рештки, включення, складові
Вологі луки на пласкій заплаві річки Дохни, біля алеїки зі старих верб, 6 м від старої верби і криниці, фаза IV (повної демутації)	0 - 10	H <sub>d</sub> – щільна дернина	Немає
	10 - 40	H(τ) – гумусовий горизонт з ознаками оторфованості (нечисленні залишки торфу), сирий (РГВ на 50 см)	
	40 - 115	P-h-gl – перехідний оглеєний	
	115 - 140	P-(h)-gl – перехідний оглеєний	
	140 - 180 (185)	P – ґрунтоутвірна порода – сиза глина. На 170-180 см сиза глина має жовтуватий (“лесовий”) відтінок, що вказує на намивання в минулому лесового матеріалу	
	Власне ґрунт закінчився, далі – четвертинні відклади, середня (вгорі) і важка (знизу) глина		
180 (185) - 250	Неоднорідно забарвлена сизо-блакитна важка волога пластична (тіксотропна) глина. Її більш сизі шари і смуги перемежуються з білуватими і жовтуватими, а також з більш темними, що може вказувати на деяке затікання гумусу згори, надходження лесового матеріалу та процеси перевідкладення. На 185 см знайдені міцні вапнякові камінчики 2-3-4 мм, що вказує на залишки вапнякового каміння, вапна або фекалії. На 220-230 см до шматочків вапняку додаються охристі німці включення 2-3-4 мм, найвірогідніше – вивітрилі шматочки цегли. На ~230 см знайдене велике гніздо охристої субстанції з неоднорідною структурою і невеличкими кам'янистими включеннями і гарним відокремленням від вмшуючої його глини. Напевно, це гніздо з сильно вивітрилим шматком цегли		
	250 - 260	Глина втрачає тіксотропність, стає менш вологою, більш важкою, з рівномірним забарвленням, з неї зникають камінчики	Немає
	260 - 270	Глина набуває виразнішого блакитно-сизого відтінку, стає чистою і однотонною за кольором і дуже важкою – її частинки важко відокремити від бура: це київський мергель аутентичного залягання (не перевідкладений)	
Повна назва ґрунту: <i>Лучно-болотний слабо оторфований на перевідкладеному київському мергелі з домішками лесового матеріалу</i>			
Схил корінного берега річки Дохни, верхня частина схилу з ксерофітною рослинністю, відслонення на борту неглибокої ями, фаза III (глибокої демутації)	0 - 3 (4)	H <sub>d</sub> – щільна дернина	Немає
	3 - 30	H- <sup>ново</sup> FR <sub>1</sub> – гумусовий новоутворений горизонт на будівельно-технологічному, фабрично-заводському простому рясно-різнокам'янистому	Будівельне каміння (кварцит) різних фракцій (від дрібного до крупного), поодинокі включення вапнякового матеріалу – вивітрилих вапнякових камінців
	> 30	[ <sup>ново</sup> FR <sub>2</sub> ] – будівельний фабрично-заводський суцільно-крупнокам'янистий похований – залишки споруди, лопатою не проходить	Суцільний шар каменів
Повна назва ґрунту: <i>Чорноземовидний новоутворений на будівельних фабрично-заводських відкладах (у стані глибокої демутації)</i>			

\* Примітка. Індексация ґрунтових горизонтів техногенного походження, їхні назви і характеристики, а також назви техногенних ґрунтів і стадії їхньої демутації подані за (Тутуянник, 2021).

Підсумовуючи вище викладене, можемо з великою вірогідністю говорити, що досліджена нами місцина (див. рис. 3, 4) є історичним посттехногенним ландшафтом глибокої – близько 170 років – стадії демутації: тут розміщувалася одна з перших в Україні і на Поділлі цукроварень – Глинсько-П'ятківська.

**Околиці Бершаді – хутір Ворони.** Місцина, що “підозрюється” на статус колишнього цукрозаводського промайданчика, розташована на крутому корінному схилі долини невеликої річки Війтівочки поблизу місця її впадіння в річку Дохну. Схил денудаційний, долина – вкладена. Тут на поверхню виходять кварцити – скельні

породи Українського щита. Неповдалі досліджуваної локації є два кар'єри з видобутку кварцитового каменю. Ґрунтоутвірною породою в автономних ландшафтах місцини (плакори, бровки їхніх схилів) є елювій вивітрянання кварцитів. Це важлива обставина, з точки зору археологічного ґрунтознавства, оскільки кварцитовий матеріал, навіть якщо він мав будівельне застосування, тут не може слугувати індикатором технології, як це мало місце в Глинському. Схил крутий і закінчується практично як берег каскаду ставків, заплава чи річкова тераса або відсутні, або редуковані до 2-3-х, максимум 4-х м завширшки. Між підніжжям схилу і ставками

прокладено меліоративний канал, який доглядається. Віднайдені в цій локації об’єкти-свідки наявності в минулому промислового об’єкта є такими:

1) каскад ставків. Наявність гарного водопостачання є обов’язковою умовою для цукроваріння. Оскільки річка Війтівочка є маловодною, то влаштування на ній каскаду ставків для забезпечення функціонування цукроварного виробництва є цілком логічним, і наявність таких ставків є свідченням на користь існування в цьому місці цукроваріння;

2) на ставках і каналі залишилися металеві фрагменти гідротехнічних споруд – водоспусків і водопропускників, які мають давній вік;

3) поверхня ґрунту на схилі місцями подекуди, а місцями рясно всяєна техногенним кам’янистим матеріалом – шматками і шматочками цегли, гранітною щебінкою і бутом, а також уламками кварцитів, котрі мають місцеве походження, але використовувалися як будматеріал;

4) оголення і відслонення на річковому схилі і бортах каналу, в яких чітко проглядаються горизонтальні смуги спресованого насипного кварцитового матеріалу, що, скоріш за все, є залишками давніх підмурків;

5) в різних частинах місцини, “підозрюваної” на статус колишнього промайданчика, були закладені прикопки і розрізи. Структура та склад ґрунтових шарів свідчать, що

в цій місцині мала місце активна техногенна діяльність виробничого характеру (табл. 2);

6) розвинуті фітоценози і окремі деревні рослини, що знаходяться на засмічених техногенним камінним матеріалом ділянках і слугують біоіндикаторами, свідчать про те, що ці ділянки були закинута давно (рис. 5);

7) в одному місці на схилі віднайдений залишок більш сучасної – бетонної споруди явно виробничого призначення. За свідченнями місцевих мешканців – це рештки цеху з виробництва асфальту, який у цьому місці функціонував в 1988-1989 роках. Цей цех займав не всю територію колишнього цукрозаводського промайданчика, а обмежену його частину. Бетонні рештки споруд асфальтового цеху, як це гарно видно на одному з оголень (рис. 6), розташовуються поверх старіших підмурків більш давніх споруд;

8) весь схил ускладнений антропогенними формами рельєфу (див. рис. 5, ліворуч), серед яких можна розглядати навіть ті, що залишилися від давніх доріг. А в нижній частині “виробничого” схилу, майже впритул до меліоративного каналу, зафіксовані геометрично правильні форми мікрорельєфу у вигляді ритмічно витриманого чередування земляних валків (рис. 7). Схожий мікрорельєф був описаний нами раніше (Турунник, 2016, С. 95-96, 310) в межах достеменно ідентифікованого посттехногенного ландшафту колишньої

Таблиця 2. Результати вивчення ґрунтів в місці розташування Воронівського цукрового заводу, хутір Ворони, околиця міста Бершадь Вінницької обл., липень 2022 року.

Table 2. Results of the soil study at the location of the Voronivskiy sugar factory, Vorony village, the outskirts of the city of Bershad', Vinnytsia region, July 2022.

Положення в природному або штучному рельєфі (мікрорельєфі), прив’язка на місцевості, фаза демутації ґрунту	Глибина від поверхні, см	Індекс, назва горизонту і його опис	Техногенні рештки, вclusions, складові
Долина річки Війтівочки, лівий корінний схил, борт пересохлого меліоративного каналу, фаза IV (повної демутації), мезоксерофітне угруповання у нижній частині схилу	0 - 4 (5)	<b>H<sub>d</sub></b> – щільна дернина	Немає
	4 (5) - 60	<b>H</b> – гумусовий сучасний молодий, повнорозвинутий; суглинистий; намитий	В нижній частині горизонту рідкі руді плями, що залишилися після повного вивітрювання шматочків цегли
	60 - 68	<b>[k-<sup>61</sup>FR<sub>1</sub>-H]</b> – технологічний фабрично-заводський гарно гумусований смугасто давньо-карбонатизований похований; супісоквий	2 гарно виражені білі і білуваті смуги з вапнякового і вивітрилого карбонатного матеріалу, нечисленні вclusions гарно розкладених шматочків цеглин
	68 - 82	<b>[<sup>mono</sup>FR<sub>2</sub>-H]</b> – технологічно-будівельний фабрично-заводський, слабо-дрібнокам’янистий; гарно гумусований; похований	Численні дрібні камінці напіврозкладених цеглинок і шматочків вапняку, плями-гнізда від повністю розкладеного техногенного матеріалу, шматочок вуглини
	> 82	<b>ptr-P</b> – ґрунтоутвірний сильнокам’янистий; матеріал з природних кварцитів – дресва	Немає
Повна назва ґрунту: <i>Молодий сучасний чорнозем звичайний намитий, на давньому індустриземі, що підстиляється кам’янистим елювієм кори вивітрювання (у стані повної демутації)</i>			
Долина річки Війтівочки, лівий корінний схил, верхня частина схилу, ксеро-мезофітного угруповання, фаза IV (повної демутації)	0 - 5 (6)	<b>H<sub>d</sub></b> – щільна дернина	Немає
	5 - 25	<b>H-(k)</b> – молодий сучасний гумусовий, слабокарбонатизований; змитий	Численні вclusions гарно вивітрилих вапнякових, а також білі “гнізда” сильно вивітрилого вапнякового матеріалу
	> 25	<b>H-P-ptr</b> – перехідний, гарно гумусований; кварцитовий елювій	Немає
Повна назва ґрунту: <i>Молодий сучасний чорнозем короткопрофільний, сильно змитий, на кварцитовому елювії (у стані повної демутації)</i>			



зарості глоду  
thickets of hawthorn



стовбур дуба  
the trunk of the oak

**Рис. 5.** Рослинність, сформована на глибокій стадії (~ 160 років) демутації в місці розташування Воронівського цукрозаводу, середня частина схилу долини річки Війтівочки (притока річки Дохни), хутір Ворони, північно-східна околиця міста Бершадь Вінницької обл., липень 2022 р.  
**Fig. 5.** Vegetation formed at the deep stage (~ 160 years) of demutation at the location of the Voronivskiy Sugar Factory, the middle part of the valley slope of the Viitivochka River (a tributary of the Dokhna River), Vorony village, the northeastern outskirts of the city of Bershad', Vinnytsia Region, July 2022.



**Рис. 6.** Бетонна плита – залишок від асфальтового цеху, що функціонував в 1988-1989 роках на місці розташування Воронівського цукрозаводу. Плита розміщується на більш давніх техногенних рештках, представлених шаром будівельного каміння на глибині близько 50 см. Відслонення в нижній частині схилу річки Війтівочки (притока річки Дохни), хутір Ворони, північно-східна околиця міста Бершадь Вінницької обл., липень 2022 р.

**Fig. 6.** The concrete slab is a remnant of the asphalt plant that operated in 1988-1989 at the location of the Voronivskiy Sugar Factory. The slab is placed on older man-made remains, represented by a layer of building stones at a depth of about 50 cm. Outcrop in the lower part of the slope of the Viitivochka River (a tributary of the Dokhna River), Vorony village, northeastern outskirts of the city of Bershad', Vinnytsia Region, July 2022.



**Рис. 7.** Геометрично правильні форми рельєфу – валки в нижній частині корінного схилу долини річки Війтівочки (притока річки Дохни) у місці розташування Воронівського цукрозаводу. Такі форми мікрорельєфу залишаються від бурачних. Хутір Ворони, північно-східна околиця міста Бершадь Вінницької обл., липень 2022 р.  
**Fig. 7.** Geometrically correct forms of the relief – rolling hills in the lower part of the original slope of the Viitivochka River valley (tributaries of the Dokhna River) at the location of the Voronivskiy Sugar Factory. Such forms of microrelief remain from burachni. Vorony village, northeastern outskirts of the city of Bershad', Vinnytsia Region, July 2022.

Трошинської цукроварні (Канівський р-н Черкаської обл.), котру донедавна вважали першою в Україні. Вони були нами визначені як слід у рельєфі, залишений конструкціями бурочної – місця розвантаження і первинної мийки цукрового буряку. У зв'язку з розташуванням аналогічних валків в урочищі Ворони у безпосередній близькості від джерела водного живлення – каналу, є підстави вважати, що і в даному випадку ми маємо справу з геоморфологічними слідами колишньої бурочної.

Беручи до уваги всю суму перелічених вище біо- та ландшафтно-індикаційних ознак, а також історичні дані – як достеменні, так і вірогідні, у нас є підстави вважати, що вивчені ділянки біля села Глинське і на хуторі Ворони, котрі знаходяться недалеко від міста Бершадь, є місцями розташування і своєрідними ландшафтними слідами, залишеними першими подільськими цукровими заводами – Петра Мошинського (збудований в 1824-1825 рр.) та Ісідора Собанського (збудований не пізніше 1827 року). На цій підставі означені місця слід вважати меморіальними, а демутовані посттехногенні ландшафти-сліди, що сформувалися на руїнах колишніх заводів, – *пам'ятками історії, науки і техніки загальнодержавного значення.*

#### 4. Висновки

1. Українське цукроваріння розпочалося в декількох незалежних центрах, серед яких найдавнішими встановленими можна вважати Придніпровський (с.Бучак, Канівщина, 1822 або 1824 рік), Чернігівський (селище Макошине, середнє Подесення, 1825 рік) і Східно-Подільський (околиці міста Бершадь, південно-східне Поділля, 1824-1827 роки). Подільські – бершадські цукрові заводи, що були розташовані на хуторі Ворони поблизу містечка Бершадь і біля села П'ятківка, що також неподалік Бершаді. П'ятківський цукрозавод, біля якого згодом утворилося село Глинське, та Воронівський є найдавнішими на Поділлі і одними з найстаріших в Україні. Перший був поставлений Петром Мошинським, другий – Ісідором Собанським.

2. Глинсько-П'ятківський цукрозавод Собанського припинив своє функціонування, найвірогідніше, в середині 1840-х років, а Воронівський, заснований Мошинським, – на початку 1860-х. Після зупинки заводів в певних межах їхніх колишніх проммайданчиків мала місце деяка господарська активність, з цукроварінням не пов'язана.



3. На основі проведених комплексних – історичних, картографічних, ландшафтних, геолого-геоморфологічних, ґрунтознавчо-археологічних і ботаніко-фітоценологічних досліджень, місця розташування Глинсько-П'ятківського і Воронівського цукрових заводів з високою мірою вірогідності **ідентифіковані**. Посттехногенні ландшафти, що були вивчені, за цілим рядом різноманітних природних та антропогенних ознак пов'язані з колишніми виробничими ландшафтами саме цих підприємств.

4. У місцинах, де розташовувалися цукроварні Мошинського і Собанського, з плином часу, по мірі

згортання усякої господарської активності, або принаймні при її суттєвому редукуванні, відбулися процеси глибокої (Глинсько-П'ятківська ~175, Воронівська ~160 років) екологічної і ландшафтної демутації, що на значних площах в межах давніх цукрозаводських промзон обумовило відновлення колишніх виробничих ландшафтів до майже природного (квазіприродного) стану.

5. Місця розміщення Глинсько-П'ятківського і Воронівського цукрових заводів є меморіальними місцями, а ландшафти, що сформувалися в межах їхніх проммайданчиків, – історичними ландшафтами, пам'ятками історії, науки і техніки. Їм, як об'єктам *культурно-історичної спадщини України*, слід офіційно надати такого статусу.

#### ORCID iD

Yulian Tyutyunnik  <http://orcid.org/0000-0002-1621-6326>  
Liudmyla Sorokina  <https://orcid.org/0000-0002-0885-1745>

#### Список посилань

- Central State Historical Archive of Ukraine*, Fund 442, Exposition 1, File 1195, sheet 47. [Центральний державний історичний архів України (ЦДІАУ), фонд 442, опис 1, справа 1195, аркуш 47].
- Central State Historical Archive of Ukraine*, Fund 445, Exposition 1, File 2, sheet 443. [ЦДІАУ, ф. 445, оп. 1, спр. 2, аркуш 443].
- Central State Historical Archive of Ukraine*, Fund 486, Exposition 5, File 391, sheet 45. [ЦДІАУ, ф. 486, оп. 5, спр. 391, аркуш 45].
- Central State Historical Archive of Ukraine*, Fund 442, Exposition 43, File 4, sheet 71. [ЦДІАУ, ф. 442, оп. 43, спр. 4, аркуш 71].
- Central State Historical Archive of Ukraine*, Fund 442, Exposition 43, File 4, sheet 6. [ЦДІАУ, ф. 442, оп. 43, спр. 4, аркуш 6].
- Central State Historical Archive of Ukraine*, Fund 730, Exposition 1, File 63, sheet 1. [ЦДІАУ, ф. 730, оп. 1, спр. 63, аркуш 1].
- Central State Historical Archive of Ukraine*, Fund 442, Exposition 55, File 210, sheet 47. [ЦДІАУ, ф. 442, оп. 55, спр. 210, аркуш 47].
- Central State Historical Archive of Ukraine*, Fund 442, Exposition 55, File 210, sheet 87. [ЦДІАУ, ф. 442, оп. 55, спр. 210, аркуш 87].
- Central State Historical Archive of Ukraine*, Fund 730, Exposition 1, File 103. [ЦДІАУ, ф. 730, оп. 1, спр. 103].
- Cultural landscape as a heritage site* (2004). Moscow: Heritage Institute; St. Petersburg: Dmitry Bulanin, 620 p. pp. 313-321. (In Russian) [Культурный ландшафт как объект наследия (2004). М.: Институт Наследия; СПб.: Дмитрий Буланин, 620 с. С. 313-321].
- Demkin V.A. (1997) *Soil science and archeology* // Pushchino: ONTI NTsBI AS USSR. 213p. (In Russian) [Демкин В.А. (1997) *Почвоведение и археология* // Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР. 213с.]
- Didukh Ya.P. (2012) *Fundamentals of bioindication*. К.: Naukova Dumka, 344 p. (In Ukrainian) [Дідух Я.П. (2012) *Основи біоіндикації*. К.: Наук. думка, 344 с.]
- Diomin O.O. (2020) *Little-known pages of the history of Bershad'*, 2nd edition, add. Vinnytsia: "Mercury-Podillia" LLC, 232 p. (In Ukrainian) [Дьомін О.О. (2020) *Маловідомі сторінки історії Бершаді*, видання 2-е, доп. Вінниця: ТОВ "Меркюри-Поділля", 232с.]
- Maistrov L.E. (1981) *Monuments of science and technology and their significance* // *Monuments of science and technology*. М.: Nauka, pp. 5-12. (In Russian) [Майстров Л.Е. (1981)



- Памятники науки и техники и их значение // *Памятники науки и техники*. М.: Наука, С. 5-12]
- Plevako O.A. (1927) From materials for the history of the sugar industry in Ukraine (To the question of when the first sugar mills were built) // *Jubilee collection in honor of Academician Dmytro Ivanovich Bagaliy on the occasion of the seventieth anniversary of his life and fiftieth anniversary of scientific activity*. K.: From the printing house of the Ukrainian Academy of Sciences, P. 1001-1028. (In Ukrainian) [Плевако О.А. (1927) З матеріалів до історії цукрової промисловості на Україні (До питання, коли побудовано перші цукроварні) // *Ювілейний збірник на пошану академіка Дмитра Івановича Багалія з нагоди сімдесятої річниці життя та п'ятдесятих роковин наукової діяльності*. К.: З друкарні Української Академії Наук, С.1001-1028]
- Pogonchuk G. (2013) *Bershad' region: from the past to the future*. Vinnytsia: Mercury - Podillia, 958 p. (In Ukrainian) [Погончик Г. (2013) *Бершадщина: з минулого в майбутнє*. Вінниця: Меркьюрі – Поділля, 958 с.]
- The birth of the working class in Ukraine. The middle of the 18th century. – 1861*. (1982): Collection of documents and materials. K.: Naukova Dumka, 496 p. (In Ukrainian) [Зародження робітничого класу на Україні. Середина XVIII ст. – 1861 р. (1982): Збірник документів і матеріалів. К.: Наук. думка, 496 с.]
- Tyutyunnik Yu.G. (2016) *Sugar factories of Ukraine. Industrial heritage and landscape*. K.: "ABC-Press" Publishing House, 330 p. (In Ukrainian) [Тютюнник Ю.Г. (2016) *Цукроварні України. Індустріальна спадщина і ландшафт*. К.: Вид-во "АБС-Пресс", 330 с.]
- Tyutyunnik Yu.G. (2021) *The production landscape and its demutation*. K.: IEE NAS of Ukraine, 2021. 142 p. (In Ukrainian) [Тютюнник Ю.Г. (2021) *Виробничий ландшафт і його демутація*. К.: ІЕЕ НАН України, 142 с.]
- Viktorov S.V., Chikishev A.G. (1990) *Landscape indication and its practical application*. M.: Publishing House of Moscow State University, 197 p. (In Russian) [Викторов С.В., Чикишев А.Г. (1990) *Ландшафтная индикация и ее практическое применение*. М.: Изд-во МГУ, 197 с.]
- Voblyi K.G. (1928) *Essays on the history of the Russian-Ukrainian sugar-beet industry. T.1. Before the abolition of peasant serfdom in 1861. Vol. 1*. K.: From the printing house of the Ukrainian Academy of Sciences, 248 p. (In Ukrainian) [Воблий К.Г. (1928) *Нариси з історії російсько-української цукро-бурякової промисловості. Т.1. Перед розкріпаченням селян 1861 року. Вип. 1*. К.: З друкарні Української Академії Наук, 248 с.]

# Міжнародні системи класифікації земного покриття та землекористування: особливості і перспективи використання у ландшафтознавчих дослідженнях

Любов Тимуляк 

*Інститут географії Національної академії наук України, вул. Володимирська, 44, Київ, 01054, Україна*

## Реферат

Метою публікації є огляд міжнародних систем класифікації земного покриття та землекористування, що найчастіше використовуються у ландшафтознавчих або суміжних наукових дослідженнях в Україні – CORINE, LUCAS, EUNIS, LCCS, GlobeLand 30; встановлення тих особливостей кожної із систем, які можуть стати пріоритетними у ландшафтознавчих дослідженнях різного спрямування. Застосовуючи загальнонаукові методи пізнання (аналіз, синтез, абстрагування, узагальнення, порівняльний) опрацьовано методологічні та технічні посібники, що представляють системи класифікації земного покриття та землекористування, а також вітчизняні та зарубіжні публікації з ландшафтознавства, екології, картографії, у яких вони використовуються для вирішення прикладних задач. Використання однієї із розроблених систем класифікації у конкретному дослідженні залежить від його мети, масштабу, вихідних даних і детальності матеріалів польових спостережень. Особливу увагу приділено використанню карт земного покриття чи землекористування для визначення змін, що відбуваються у межах ландшафтів за певний період часу.

## Ключові слова

LCCS; CORINE; LUCAS; EUNIS; GlobeLand 30; антропогенне ландшафтознавство; генетичне (класичне) ландшафтознавство

Надійшла до редакції: 1 березня 2023 / Прийнята: 25 серпня 2023 / Опублікована онлайн: 30 листопада 2023

## International systems of classification of land cover and land use: features and prospects of use in landscape research

Liubov Tymuliak

*Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine, Volodymyrska Street, 44, Kyiv, 01054, Ukraine*

## Abstract

The purpose of the paper is to review the international systems of classification of land cover and land use, which are most often used in landscape or related research in Ukraine – CORINE, LUCAS, EUNIS, LCCS, GlobeLand 30; to identify those features of each of the systems that may become a priority in landscape studies in different areas. Applying general scientific methods of cognition (analysis, synthesis, abstraction, generalization, comparative), methodological and technical manuals representing the classification systems of land cover and land use have been studied. Domestic and foreign papers on landscape, ecology, cartography, in which the systems are used for solving applied tasks have also been examined. The use of one of the developed classification systems in a particular study depends on its purpose, scale, source data and details of field observation materials. Special attention is paid to the use of land cover maps to identify changes occurring within landscapes over a period of time. Classification systems, in the nomenclature of classes of which land use categories predominate, can be basic for works in the field of anthropogenic landscape science, and in the genetic field, the key categories of classification systems are categories of land cover. For recent research, the base is the map of landscape complexes, the rank of which depends on the scale of mapping the area. Field research also retains its decisive role. The use of land cover classification systems, which include field surveys, such as LUCAS and EUNIS, logically fits into large-scale research.

## Keywords

LCCS; CORINE; LUCAS; EUNIS; GlobeLand 30; anthropogenic landscape science; genetic (classical) landscape science

Received: 1 March 2023 / Accepted: 25 August 2023 / Published online: 30 November 2023

## 1. Вступ

Одним із сучасних напрямів ландшафтознавчих досліджень є вивчення антропогенних змін у ландшафтних комплексах різних рангів за певний період часу. Такі дослідження ґрунтуються, переважно, на використанні даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), за допомогою яких дешифрується земний покрив території або землекористування на кожен із обраних часових зрізів. Залежно від масштабу досліджень, їх цілей, детальності

вихідних даних і наявності чи відсутності польових спостережень можна використовувати різні напрацьовані на даний час міжнародні системи класифікації земного покриття та землекористування. Від обраної системи класифікації значною мірою залежить інформативність і якість карти земного покриття (землекористування). Такі карти, укладені на основі космічних знімків із використанням геоінформаційних систем і технологій, дозволяють оперативно відстежувати природні чи природно-антропогенні процеси і характеризуються

широким спектром можливостей для розв'язання численних прикладних задач, що постають перед сучасною географічною наукою та господарською практикою. До них, зокрема, належать: моніторинг сільськогосподарських угідь (визначення площ посівів, ідентифікація деградованих сільськогосподарських земель, наповнення Державного земельного кадастру відомостями про земельні ділянки тощо); вирішення проблем лісового господарства (визначення видового складу лісів, облік і моніторинг площ вирубаних лісів, встановлення уражених ділянок шкідниками, пожежами, вітровалами і т. д., обчислення депонування вуглецю в біомасі тощо); розвиток природоохоронних територій (обґрунтування пропозицій щодо створення нових природоохоронних об'єктів, розробка оптимального функціонального зонування); підвищення ефективності управлінських рішень у сфері природокористування, територіального планування тощо. Очевидно, що в Україні карти земного покриву і землекористування матимуть перспективи використання під час досліджень впливу воєнних дій на ландшафти, оцінювання екологічних збитків, спричинених російським вторгненням, у процесі аналізу можливостей для повоєнного відновлення ландшафтних комплексів та землекористування на уражених війною територіях.

Наявність у вільному доступі найновіших супутникових знімків, зокрема представлених на онлайн-ресурсах EarthExplorer Геологічної служби США (USGS), LandViewer (EOSDA), Copernicus Open Access Hub та інших (Sergieieva, 2019) створює передумови для досліджень, у яких використовуються дані ДЗЗ для вирішення тих чи інших завдань. Часто одним із етапів вирішення цих завдань є укладання карти земного покриву чи землекористування. З цією метою розроблено і перевірено на практиці чимало систем класифікації земного покриву і землекористування, частина із яких мають схожу номенклатуру класів на верхньому рівні, деякі є частково сумісними. У наукових дослідженнях в Україні найчастіше послуговуються такими міжнародними системами класифікації земного покриву і землекористування, як CORINE (Brodskij et al., 2009; Kuchma et al., 2012; Bondarenko, Smirnov, 2014; Zielyk et al., 2017), LUCAS (Kussul et al., 2015; Yailymov, 2016; Zielyk et al., 2017), LCCS (Ponomarenko, 2018; Golubtsov et al., 2018; Pysarenko et al., 2019), EUNIS (Kozak, 2015; Kozak, Didukh, 2015; Borsukevych et al., 2018), GlobeLand 30 (Putrenko, 2016a, 2016b). У окремих працях вітчизняних науковців досить детально описуються ті чи інші системи класифікацій – історія їх розроблення, специфіка, номенклатура класів, мета тощо (Brodskij et al., 2009; Smirnov, 2012; Yailymov, 2016; Zielyk et al., 2017). Назрілим питанням є специфіка використання опрацьованих систем класифікацій земного покриву і землекористування у ландшафтознавчих дослідженнях.

*Метою* цієї публікації є загальний огляд міжнародних систем класифікації земного покриву та землекористування, що найчастіше використовуються у ландшафтознавчих або суміжних наукових дослідженнях

в Україні, а також визначення тих особливостей кожної із систем, які слугуватимуть перевагою у дослідженнях, що ґрунтуються на засадах класичного (генетичного) чи антропогенного ландшафтознавства.

## 2. Матеріали і методи

У процесі дослідження використано загальнонаукові методи пізнання – аналіз, синтез, абстрагування, узагальнення, порівняльний.

Матеріалами для аналізу слугували методологічні та технічні посібники, що представляють системи класифікації земного покриву та землекористування (наприклад, (Bossard et al., 2000; Latham et al., 2002; Moss, 2008; Ballin et al., 2018; *Methodology...*, 2018), дослідження, присвячені аналітичним оглядам широковідомих класифікацій (Smirnov, 2012; Zielyk et al., 2017), а також вітчизняні та зарубіжні публікації з ландшафтознавства, екології, картографії та інших суміжних наук, у яких використовуються міжнародні системи класифікації CORINE, LUCAS, EUNIS, LCCS, GlobeLand 30 для вирішення певних прикладних задач.

## 3. Результати та обговорення

Система класифікації земного покриву LCCS (Land Cover Classification System) була розроблена у середині 90-х рр. XX ст. Продовольчою та сільськогосподарською організацією ООН (ФАО) з метою допомоги країнам, що розвиваються, стандартизувати класифікування та картографування їх земельних покривів (Latham et al., 2002). Ця система була створена у межах проекту AFRICOVER, однак може бути використана для реалізації проектів картографування земного покриву в будь-якому регіоні світу. На сьогодні LCCS – це комплексна методологія опису, характеристики, класифікації і порівняння більшості виявлених особливостей земного покриву у будь-якій точці світу, будь-якому масштабі і з будь-яким рівнем детальності.

На відміну від багатьох інших класифікацій, у LCCS чітко розрізняються поняття “земний покрив” та “землекористування”. *Земний покрив* – це спостережуване (біо)фізичне покриття на поверхні Землі. *Землекористування* характеризується домовленостями, діяльністю та ресурсами, які люди здійснюють (використовують) у певному типі земного покриву для його виробництва, зміни або підтримування (Di Gregorio, 2005).

В LCCS клас земного покриву визначається комбінацією набору незалежних діагностичних ознак, які мають назву “класифікаторів”, що розташовані ієрархічно. Кожен нижчий клас визначається шляхом додавання нових класифікаторів до вищого класу земного покриву. Оскільки набір критеріїв може бути необмежено розширений, LCCS є відкритою системою класифікації із практично нескінченною кількістю взаємовиключних класів (Adamo et al., 2020).

LCCS поєднує в собі дві основні фази: дихотомічну та модульно-ієрархічну. Дихотомічна фаза базується на трьох класифікаторах – наявності рослинності, едафічних умовах і штучності покриття – і включає 3 рівні класифікації. Рівень 1 поділяє класи на класи з рослинністю (A) і без рослинності (B). Рівень 2 відокремлює класи з рослинністю (A) на наземні (A1) і водні (A2), як і класи без рослинності (B) – на наземні (B1) і водні (B2). Рівень 3 додатково розчленовує попередні класи на 8 категорій (Di Gregorio, 2005; Adamo et al., 2020):

1. Оброблювальні та керовані землі (A11);
2. Природна і напівприродна наземна рослинність (A12);
3. Культивовані водні або регулярно затоплені райони (A23);
4. Природна і напівприродна водна або регулярно затоплена рослинність (A24);
5. Штучні поверхні (B15);
6. Райони без рослинності (оголені ділянки) (B16);
7. Штучні водойми, сніг та лід (B27);
8. Природні води, сніг та лід (B28).

У наступній, модульно-ієрархічній фазі, класи земного покриття створюються комбінацією наборів заздалегідь визначених класифікаторів для представлення більш детальних класів земного покриття (рівень 4). Ці класифікатори пристосовані до кожного з 8-ми основних типів земного покриття і поділяються на 3 групи: класифікатори чистого земного покриття, екологічні характеристики, конкретні технічні характеристики.

Таким чином, система класифікації LCCS характеризується високим рівнем стандартизації визначення класу. Вона дозволяє динамічно створювати (модифікувати) класи без зобов'язання користувача посилається на наперед означений список. У процесі класифікування за допомогою системи LCCS можуть використовуватись не лише дані ДЗЗ, але й дані статистичних спостережень (Smirnov, 2012).

**CORINE** – система класифікації земного покриття та землекористування, розроблена Об'єднаним дослідницьким центром (Joint Research Centre) Єврокомісії та Європейським агентством з навколишнього середовища (European Environment Agency, EEA) у межах програми з координації інформації про навколишнє середовище CORINE (Coordination of information on the environment) (Kuchma et al., 2012; Zielyk et al., 2017). Остання започаткована у 1985 р., маючи на меті збір та обмін інформацією про навколишнє середовище для створення узгодженої і співставної бази даних по землекористуванню у країнах Європи у масштабі 1:100 000. Мінімальна площа об'єктів картографування дорівнювала 25 га; заявлена точність тематичної класифікації – не менше 85 %. У межах програми було зібрано інформацію про екологічний стан природних компонентів ландшафту: повітря, вод, ґрунтів, флори, фауни, а також проводилось оцінювання ризиків розвитку надзвичайних ситуацій природного характеру (Smirnov, 2012). Беззаперечним плюсом програми CORINE стала інформація про земний покрив та землекористування у Європейському Союзі. База даних з цією інформацією періодично оновлюється

і є доступною в операційному режимі для більшості регіонів Європи у межах Copernicus Land Monitoring Service (Zielyk et al., 2017). Країни-члени ЕЕА самостійно створюють національні бази даних земного покриття, які з часом об'єднуються у цілісний просторовий набір даних із узгодженими об'єктами земного покриття Європи. Побудова карт земного покриття відбувається за допомогою середовища ГІС ArcInfo.

У 1999-2000-х роках програма CORINE включала в себе не лише чергову побудову карт земного покриття, але й оцінювання змін, що відбулися у земному покритті за період 1990-2000 років (проект I&CLC2000) (Yailymov, 2016). Отримана інформація служить підґрунтям для вивчення еволюції ландшафтів, змін у біорізноманітті, використовується у процесі моніторингу довкілля.

Система класифікації земного покриття CORINE має ієрархічну структуру (табл. 1). Номенклатура класів складається з трьох рівнів (Zielyk et al., 2017): перший рівень (5 найменувань) характеризує основні категорії земного покриття на планеті; другий рівень (15 найменувань) передбачає використання у масштабах 1:500 000 і 1:1 000 000; третій рівень (44 найменування) використовується при масштабі досліджень 1: 100 000.

Під час детальніших досліджень може бути введено четвертий рівень класів, однак методика CORINE передбачає перед його введенням обов'язкове класифікування земного покриття за вищими трьома ієрархічними рівнями (Smirnov, 2012; Bilous, 2018).

На відміну від системи класифікації земного покриття LCCS, у класифікації CORINE номенклатура класів є змішаною – відображає як категорії земного покриття (land cover), так і землекористування (land use). При цьому більша частина номенклатур класів стосується саме землекористування, однак використовується і для позначення одиниць у номенклатурі земного покриття (Zielyk et al., 2017).

Система класифікації CORINE заслужила славу стандарту у класифікуванні земного покриття і землекористування (Smirnov, 2012; Kuchma et al., 2012), вона все частіше використовується у дослідженнях науковців у всьому світі. Однак ця система класифікації має і свої слабкі сторони, до яких відносять те, що точність класифікації деяких категорій об'єктів нижча від заявленої в CORINE величини загальної точності (85 %), під час класифікування об'єктів на космічних знімках певну роль відіграє суб'єктивний чинник (Felicísimo, Sánchez Gago, 2002; Brodskij et al., 2009), деякі класи є неоднорідними за складом (Smirnov, 2012), номенклатура земного покриття має змішаний характер, необхідне використання дорогої ліцензійної ГІС ARC/INFO (Zielyk et al., 2017).

Статистичне обстеження землекористування/земного покриття (Land Use/Cover Area Frame Statistical Survey) **LUCAS** проводиться Євростатом (European Statistical Office), починаючи з 2006 р. із метою збору узгодженої інформації про землекористування та земний покрив у країнах Європейського Союзу. Ця інформація використовується Європейською Комісією у просторовому плануванні, під час аналізу впливу сільського господарства

Таблиця 1. Ієрархічні рівні системи класифікації земного покриття та землекористування CORINE (Smirnov, 2012).  
 Table 1. Hierarchical levels of the land cover and land use classification system CORINE (Smirnov, 2012).

Рівень 1		Рівень 2		Рівень 3	
Код	Назва класу	Код	Назва класу	Код	Назва класу
1	Штучні поверхні	1.1	Забудовані території	1.1.1	суцільна міська забудова
				1.1.2	несуцільна міська забудова
		1.2	Землі промислового і комерційного призначення та транспорту	1.2.1	промислові та комерційні будівлі
				1.2.2	дороги, залізниці та прилеглі до них території
				1.2.3	порти
				1.2.4	аеропорти
		1.3	Шахти, звалища та території під будівельними майданчиками	1.3.1	території, призначені для видобутку корисних копалин
				1.3.2	звалища
				1.3.3	будівельні майданчики
		1.4	Землі, вкриті рослинністю несільськогосподарського призначення	1.4.1	парки та сквери
				1.4.2	території, призначені для спорту та відпочинку
		2	Сільськогосподарські землі	2.1	Орні землі
2.1.2	зрошувані орні землі				
2.1.3	рисові поля				
2.2	Багаторічні культури			2.2.1	виноградники
				2.2.2	сади та плантації ягід
				2.2.3	насадження олив
2.3	Пасовища			2.3.1	пасовища
2.4	Гетерогенні сільськогосподарські території			2.4.1	однорічні культури з вкрапленнями багаторічних
				2.4.2	складні зразки культивування
				2.4.3	сільськогосподарські землі зі значними територіями, вкритими природною рослинністю
				2.4.4	сільськогосподарські землі, частково вкриті лісом
3	Ліси та напівприродні території			3.1	Ліси
		3.1.2	хвойні ліси		
		3.1.3	мішані ліси		
		3.2	Чагарники і трав'янисті зарослі	3.2.1	природні пасовища
				3.2.2	мохові болота і пустки
				3.2.3	склерофільна рослинність
				3.2.4	чагарники, що переходять у ліс
		3.3	Відкриті землі з незначною рослинністю або без неї	3.3.1	пляжі, дюни та піски
				3.3.2	голі скелі
				3.3.3	землі з незначною рослинністю
				3.3.4	гарі
				3.3.5	льодовики та вічні сніги
4	Болота	4.1	Внутрішні болота	4.1.1	болота
				4.1.2	торфвища
		4.2	Прибережні болота	4.2.1	солончаки
				4.2.2	солонці
				4.2.3	припливні рівнини
5	Водні об'єкти	5.1	Внутрішні води	5.1.1	річки, канали
				5.1.2	озера, ставки
		5.2	Морські води	5.2.1	лагунні
				5.2.2	естуарії
				5.2.3	моря та океани

на довкілля, моніторингу біорізноманіття і змін клімату, управління лісовими і водними ресурсами, у процесі розробки заходів із захисту ґрунтів, охорони природи, запобігання та зменшення природних небезпек тощо (Ballin et al., 2018). Обстеження LUCAS проводяться періодично – кожні 3 роки. Такі дослідження здійснено у 2006, 2009, 2012, 2015, 2018 рр., останнє відбулось у 2022 р. Кількість країн-учасниць зростала до 2015 і 2018 рр., сягнувши 28, а у 2022 р. зменшилась до 27 через вихід Великої Британії з ЄС. Варто зазначити, що під час кожного наступного дослідження задля отримання максимально точних та узгоджених даних коригувалась і удосконалювалась сама методика LUCAS, зберігаючи порівнюваність даних за різні роки. Обстеження LUCAS, як і LCCS, диференціє землекористування та земний покрив. Під *землекористуванням* мається на увазі соціально-економічне використання земель (наприклад, сільське господарство, лісове господарство, рекреаційне або житлове користування), а *земний покрив* стосується біофізичного покриття земної поверхні – це сільськогосподарські культури, трав'янисті рослини, лісові масиви, забудована територія тощо (*Methodology...*, 2018). При цьому цільовою інформацією для обстеження LUCAS є земний покрив, а землекористування вважається допоміжною інформацією.

*Ландшафт* у LUCAS характеризується як земельна ділянка, характер і функції якої визначаються комплексною і регіональною специфічною взаємодією природного процесу з діяльністю людини через економічні, соціальні, екологічні відношення. Його аналізують через показники ландшафтного різноманіття, ступеня фрагментації тощо (Zielyk et al., 2017).

Обстеження LUCAS складається з двофазної вибірки. Для статистичної вибірки першої фази на територію ЄС накладено регулярну сітку розміром 4 км<sup>2</sup> (2x2 км), яка включає більше ніж 1 100 000 точок. Кожна з цих точок на основі фотоінтерпретації супутникових знімків класифікується за визначеними категоріями земного покриття. Вибірка другої фази формується з відібраних за спеціальною методикою точок першої фази. Дані про земний покрив, землекористування, різного роду екологічна інформація збираються дослідниками у точках вибірки другої фази за допомогою *безпосередніх спостережень на місцях*. Інформація про земний покрив деякої частини з цих точок отримується шляхом камеральної інтерпретації супутникових знімків або ортофотографій. Так, у обстеженні LUCAS 2018 р. для вибірки другої фази було обрано 337 854 точки, у тому числі 240 174 – для збору даних на місцях та 97 680 – для інтерпретації даних дистанційного зондування Землі (Ballin et al., 2018). В 2022 р. у вибірку другої фази було залучено вже 400 000 точок, при цьому кількість польових даних знизилась порівняно з 2018 р. на 8 %, а дешифрованих – зросла майже вдвічі (Ballin et al., 2022).

Дослідження на місцях (польові дослідження) передбачають класифікування земного покриття і видимого землекористування згідно з гармонізованими класифікаціями LUCAS, вивчення структурних елементів

ландшафту, управління зрошенням, а також фотозйомку в напрямках основних чотирьох сторін горизонту. Крім основної програми LUCAS, на місцях збирається інформація по так званих “спеціальних модулях” – трансектах протяжністю 250 м у напрямку на схід, у яких фіксуються всі зміни земного покриття та рельєфу, а також збирається верхній зразок ґрунту (500 г) в 10 % точок обстеження. Зразки ґрунту аналізуються в лабораторіях і використовуються для оцінювання екологічних чинників, оновлення ґрунтових карт Європи, вимірювання кількості органічного вуглецю в ґрунті і т. д.

У результаті обстеження LUCAS генерується три види інформації: 1) мікродані, що містять статистичну інформацію, зібрану у кожній вибірковій точці; 2) фотографії точок, пейзажів; 3) статистичні таблиці з узагальненими результатами по земному покриттю та землекористуванню у просторовому плані.

Номенклатура земного покриття LUCAS поступово удосконалюється з метою отримання максимально точних і узгоджених даних і станом на 2022 р. включає 8 категорій (табл. 2), які розчленовуються на 29 класів та 76 підкласів. Землекористування LUCAS має свою систему класифікації, яка включає 4 основні категорії, 16 класів та 31 підклас (LUCAS ..., 2021).

Європейська природоохоронна інформаційна система класифікації біотопів EUNIS (European Nature Information System Habitat Classification) розроблена Європейським центром захисту природи і біорізноманіття для Європейської екологічної агенції (EEA) і Європейської екологічної інформаційної та наглядової мережі (EIONET) в кінці XX- на початку XXI ст. Ця класифікація сформована на основі раніше існуючих класифікацій, зокрема Палеарктичної класифікації оселищ у межах Європи

**Таблиця 2.** Верхній рівень класифікації земного покриття LUCAS у дослідженнях 2015-2022 рр. (Ballin et al., 2018; Ballin et al., 2022).

**Table 2.** The upper level of LUCAS land cover classification in the studies of 2015-2022 years (Ballin et al., 2018; Ballin et al., 2022).

2022 р.	2018 р.	2015 р.
Орні землі	Орні землі	Орні землі
	Багаторічні культури	Багаторічні культури
Луки	Луки	Луки
Ліси	Залісені ділянки	Залісені ділянки та чагарники
Чагарники	Чагарники	
Ділянки не вкриті рослинністю	Ділянки не вкриті рослинністю	Ділянки не вкриті рослинністю, з низькою або рідкою рослинністю
Штучні землі	Штучні землі	Штучні землі
Води	Внутрішні води	Води
Водно-болотні угіддя		
	Перехідні води (лимани, прибережні лагуни)	
	Неможливо фотоінтерпретувати	

(A classification of Palaearctic habitats), переліку біотопів CORINE (Corine Biotopes and Corine Land Cover databases), системи синтаксонів рослинності (European Vegetation Survey), системи типології лісів Європи (European Forest Types (EFTs) та інших (Bilous, 2018). Відповідно, EUNIS узгоджується із класифікацією CORINE Land Cover (Davies et al., 2004).

Підставою для поділу у класифікації EUNIS є біотоп – “habitat” (в українському перекладі також зустрічається як “екотоп”, “оселище”). Біотоп – екосистема топологічного рівня, що вирізняється певними фізико-географічними умовами (грунтом, мікрокліматом, гідрологічним режимом тощо), які забезпечують “... відтворення живих організмів у певному кількісному співвідношенні протягом такого часового проміжку, що задовольняє умови його відтворення” (Didukh, 2018, с. 406). Отже, “habitat” (біотоп) є передусім місцем існування популяції чи угруповання, яке характеризується абіотичними особливостями, а вже потім – видами рослин і тварин, що в ньому проживають (Aloshkina, 2011). У класифікації EUNIS терміни “біотоп” і “екосистема” визначаються як синоніми, однак біотоп трактується як основна одиниця територіального поділу екосистем (Kozak, Didukh, 2015; Kozak, 2015).

EUNIS – ієрархічна класифікація. Вона включає 10 категорій, кожна з яких поділяється на нижчі одиниці 3-4-х рівнів. Категоріями першого рівня є біотопи (Davies et al., 2004):

**A** Морські (marine);

**B** Прибережні (coastal);

**C** Внутрішніх поверхневих вод (inland surface waters);

**D** Болотні (mires, bogs and fens);

**E** Лучні та із переважанням різнотрав'я, мохів і лишайників (grasslands and lands dominated by forbs, mosses or lichens);

**F** Пустель, скребів і тундри (heathland, scrub and tundra);

**G** Лісів та лісовкритих земель (woodland, forest and other wooded land);

**H** Внутрішні без рослинності чи з незначною її кількістю (inland unvegetated or sparsely vegetated habitats);

**I** Ті, що регулярно культивуються для сільського господарства, садівництва, домашнього господарства (regularly or recently cultivated agricultural, horticultural and domestic);

**J** Забудовані, промислові та інші штучні (constructed, industrial and other artificial).

Використання у дослідженнях системи класифікації EUNIS передбачає не лише звертання до вже створених європейських баз даних, що містять інформацію про навколишнє середовище, і даних ДЗЗ, але й проведення ґрунтовних польових досліджень (Bondarenko, Smirnov, 2015). Практичне значення цієї класифікації полягає, зокрема, у застосуванні її у процесі формування і функціонування Смарагдової мережі (Emerald network) (Onyshchenko, 2016).

Класифікація глобального земного покриття з 30-метровим просторовим розрізненням **GlobeLand 30** була створена у Китаї в 2010 р. Вона розроблена для територій між 80° пн. ш. до 80° пд. ш. Основними даними для класифікування виступають дані ДЗЗ, зокрема отримані від супутників Landsat Thematic Mapper (TM) та Enhanced TM plus (ETM+), а також мультиспектральні зображення китайської системи Environmental Disaster Alleviation Satellite (HJ-1) (Brovelli et al., 2015). Номенклатура GlobeLand 30 налічує 10 типів земного покриття (табл. 3).

Класифікацію земного покриття GlobeLand 30 було перевірено за наземними даними у Китаї, а картографування у глобальному масштабі здійснено

Таблиця 3. Класифікаційна схема *GlobeLand 30* (Putrenko, Pashynska, 2017; *GlobeLand 30*..., 2019).

Table 3. *GlobeLand 30* classification scheme (Putrenko, Pashynska, 2017; *GlobeLand 30*..., 2019).

Код	Тип земного покриття	Характеристика
10	Сільськогосподарські землі	Землі, що використовуються для сільського господарства, багаторічних насаджень, у тому числі: рисові поля, зрошувані та незрошувані сільгоспугіддя, фруктові сади
20	Ліси	Землі, вкриті лісовою рослинністю з покриттям понад 30 %, у тому числі листяні і хвойні ліси, рідколісся з покриттям 10-30 %
30	Луки	Землі, покриті натуральною трав'янистою рослинністю з покриттям понад 10 %
40	Чагарники	Землі, вкриті чагарниками із покриттям понад 30 %, у тому числі листяні і вічнозелені чагарники і чагарникові степи з покриттям понад 10 %
50	Водні об'єкти	Водні об'єкти у межах суходолу, в тому числі річки, озера, водосховища, ставки для розведення риби тощо
60	Водно-болотні угіддя	Землі, вкриті водно-болотною рослинністю та водоймами, у тому числі внутрішні болота, заболочені озера, тилові частини заплав річок з водно-болотною рослинністю, торф'яні болота тощо
70	Тундра	Землі, вкриті лишайниками, мохами, морозостійкою багаторічною трав'янистою рослинністю і чагарниками в полярних регіонах
80	Штучні поверхні (за Putrenko, Pashynska, 2017 – урбанізовані території)	Землі, модифіковані діяльністю людини, у тому числі всі види житла, промислові і гірничодобувні ділянки, транспортні комунікації, внутрішні міські зелені зони і водойми тощо
90	Пустельні території	Землі з рослинним покривом менше 10 %, у тому числі пустелі, піщані поля, Гобі, голі скелі тощо
100	Постійний сніговий або льодовий покрив	Землі, вкриті вічним снігом, льодовики і крижаний покрив

станом на 2000 та 2010 рр. із заявленою точністю 80,33% (*GlobeLand 30...*, 2019). Така досить висока точність картографування земного покриву у цілому (з незначними відмінностями) підтверджується також у національних дослідженнях через порівняльний аналіз із детальнішими наборами даних про земний покрив (Brovelli et al., 2015; Arsanjani, Tayyebi et al., 2016; Arsanjani, See et al., 2016; Putrenko, 2016a), однак фіксуються великі відмінності у точності класифікування окремих класів. Зокрема, найнижчим значенням точності класифікування характеризується клас водно-болотних угідь, що підтверджується у працях (Brovelli et al., 2015; Arsanjani, Tayyebi et al., 2016; Arsanjani, See et al., 2016), а у деяких регіональних дослідженнях (Sun et al., 2016) вказується на помилки при класифікуванні, що випливають із складності визначення відмінностей між чагарниками і луками, між луками, лісами і пустельними територіями. Однак у цілому вивчення земного покриву на основі супутникових знімків високої роздільної здатності має значні перспективи у регіональних і національних дослідженнях.

#### 4. Обговорення

На основі однієї із перелічених вище, або інших опрацьованих систем класифікації земного покриву і землекористування, використовуючи дані дистанційного зондування Землі створюються карти земного покриву (*land cover maps*) – геопросторові інформаційні зображення у растровому форматі, на яких земна поверхня поділяється на певну кількість класів (Yailymov, 2016). Такі карти використовують, насамперед, для визначення змін у використанні земель (Shelkovska, 2015; Kolotii, 2017; Rudenko et al., 2019), здійснення обліку й інвентаризації лісів (Babii, Hrytskiv, 2007), при проведенні геопросторового аналізу процесів поглинання та емісії парникових газів лісами (Striamets et al., 2015), для визначення територій, придатних для цілей заповідання (Golubtsov et al., 2018; Didukh, 2019), встановлення пожежонебезпеки у ландшафтах (Sorokina, Petrov, 2020), у територіальному управлінні (Putrenko, Pashynska, 2017) тощо. Завдяки вільному доступу до матеріалів космічних зйомок (Sergieieva, 2019) та інтенсивному розвитку технологій обробки геопросторової інформації, карти земного покриву набувають все ширшого застосування у ландшафтознавчих дослідженнях. Зокрема, на використанні різночасових космічних знімків і створених на їх основі карт земного покриву, ґрунтуються роботи, що мають на меті виявлення антропогенних змін у фізико-географічних районах, областях, краях і природних зонах України (Samoilenko et al., 2018; Rudenko et al., 2019).

Неоднозначність трактування поняття “ландшафт” вносить певні корективи у методику визначення змін, що відбуваються у його межах за певний період часу. Перш за все, це стосується підходу до виокремлення таких змін. Аналіз наукових публікацій свідчить про те, що у працях, які базуються на позиціях *антропогенного*

*ландшафтознавства*, найчастіше використовується функціональний підхід, апробований Шищенком (Shishchenko, 1988). Цей підхід передбачає оцінювання глибини антропогенних перетворень залежно від соціальної функції, яку виконує той чи інший ландшафтний комплекс (лісогосподарської, сільськогосподарської, сільбищної тощо) (Pashchenko et al., 2007).

У дослідженнях, що опираються на *вчення про антропогенні модифікації ландшафтів* переважно використовується підхід, у якому антропогенна зміненість визначається за глибиною і характером порушення природних компонентів ландшафту. В основі цього підходу лежить, перш за все, принцип нерівнозначності природних компонентів, суть якого полягає у тому, що у ландшафті маса й енергія природних компонентів є різною, різними є зв'язки між ними, і, відповідно, вони відіграють неоднакову роль у формуванні морфологічної структури ландшафтів і їх функціонуванні, у тому числі і під час антропогенного впливу. Згідно з принципом нерівнозначності, провідну роль у ландшафті відіграє літогенна основа, “слабшими” є гідрокліматогенні компоненти, а “найслабшими” – біогенні. Тобто, залежно від характеру впливу, антропогенно змінені ландшафтні комплекси можуть бути літоваріантними, гігроваріантними, або фітоваріантними (Pashchenko et al., 2007).

Відповідно, від приналежності дослідника до певної наукової школи залежить вибір системи класифікації земного покриву чи землекористування, які використовуються для оцінювання змін. Функціональні зміни, що відбуваються у межах певної території, – це зміни, залежні від господарської діяльності, від призначення і функцій земель. Тому для з'ясування функціональних змін доцільнішим вважаємо використання тих класифікацій, номенклатура класів яких відображає, передусім, категорії землекористування (*land use*) – наприклад, CORINE, система класифікації землекористування LUCAS, а також LCCS, яка диференціює землекористування та земний покрив.

При дослідженні змін за глибиною і характером порушення природних компонентів ландшафту логічніше послуговуватись системами класифікацій, у номенклатурі класів яких представлені категорії земного покриву (*land cover*). До таких, зокрема, належать системи класифікації LCCS, LUCAS, EUNIS, *GlobeLand 30*. Принципове значення для досліджень, що ґрунтуються на засадах вчення про антропогенні модифікації ландшафтів, має наявність карти, яка відображає природну основу ландшафтів на рівні урочищ чи місцевостей. У такому випадку зміни, що відбуваються протягом певного періоду часу, фіксуються в межах кожного ландшафтного комплексу. Прикладом може служити ландшафтознавче дослідження пожежонебезпеки території Чорнобильської зони відчуження, виконане Сорокіною та Петровим (Sorokina, Petrov, 2020), у якому дешифрування супутникових знімків, наявність кондиційної ландшафтною карти і багаторічних польових даних логічно поєднані для визначення змін у земному покриві основних видів ландшафтних комплексів рангу урочищ.



При виборі системи класифікації земного покриття чи землекористування важливу роль відіграє також детальність вивчення (масштаб картографування) змін: великомасштабні дослідження, окрім космічних знімків високої (10–30 м) чи дуже високої (1–10 м) роздільної здатності (Kupriianchuk, Butenko, 2013), повинні підкріплюватися польовими даними; середньомасштабні – ґрунтуються переважно на польових даних однієї чи кількох ключових ділянок, за якими встановлюється емпірична перевірка (верифікація), а також на використанні знімків відносно високої (30–100 м) роздільної здатності. Для середньомасштабного картографування ландшафтів із відображенням рівня урочищ достатньо інформативними є космічні знімки з роздільною здатністю до 20 м.


## 5. Висновки

Карта земного покриття – інформаційний продукт, якість якого значною мірою залежить від системи класифікації, на основі якої він створюється. У вітчизняних дослідженнях найчастіше використовуються такі міжнародні системи класифікації земного покриття і землекористування як CORINE, LUCAS, LCCS, EUNIS, GlobeLand 30. Номенклатура класів верхнього рівня у багатьох системах класифікації є схожою, однак деякі класифікації більшою мірою відповідають категоріям землекористування (особливо на нижчих рівнях) – наприклад, CORINE, інші – диференціюють земний покрив і землекористування, як LCCS, LUCAS.

У ландшафтознавстві, залежно від того, представником якої наукової школи є дослідник – антропогенного чи генетичного ландшафтознавства, – обираються різні підходи до встановлення змін у ландшафтах. Використання карт земного покриття (землекористування) створює неабиякі перспективи для вивчення змін за певний період часу в межах обох зазначених напрямів розвитку науки. При цьому для антропогенного ландшафтознавства базовими, здебільшого, будуть системи класифікації, у номенклатурі класів яких переважають категорії землекористування, а для генетичного – категорії земного покриття. Для досліджень у руслі генетичного ландшафтознавства, які вивчають зміни у ландшафтах за глибиною і характером порушення їх природних компонентів, опорною залишається карта ландшафтних комплексів, ранг яких залежить від масштабу картографування території. Свою визначальну роль зберігають і польові дослідження. У великомасштабні дослідження логічно вписується використання систем класифікації земного покриття, які передбачають польові обстеження – наприклад, LUCAS та EUNIS.

Новизна роботи полягає у спробі окреслити специфіку застосування опрацьованих систем класифікацій земного покриття і землекористування у ландшафтознавчих дослідженнях, спрямованих, передусім, на визначення змін у ландшафтних комплексах за певний період часу.

## ORCID iD

Liubov Tymuliak  <https://orcid.org/0009-0004-5844-7697>

## Список посилань

- Adamo, M., Tomaselli, V., Tarantino, C., Vicario, S., Veronico, G., Lucas, R., & Blonda, P. (2020). Knowledge-based classification of grassland ecosystem based on multi-temporal WorldView-2 data and FAO-LCCS taxonomy. *Remote Sensing*, 12(9), 1447. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12091447>.
- Aloshkina, U. M. (2011). Poshyrennia ta kharakterystyka ridkisnykh biotopiv m. Kyieva [Distribution and characteristics of the rare habitats in Kyiv City]. *Ukr. botan. zhurn.*, 68, № 1, 76-90. [Альошкіна, У. М. (2011). Поширення та характеристика рідкісних біотопів м. Києва. *Український ботанічний журнал*. 68, № 1, 76-90.].
- Arsanjani, J. J., See, L., & Tayyebi, A. (2016). Assessing the suitability of GlobeLand30 for mapping land cover in Germany. *International Journal of Digital Earth*, 9(9), 873-891. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538947.2016.1151956>.
- Arsanjani, J. J., Tayyebi, A., & Vaz, E. (2016). GlobeLand30 as an alternative fine-scale global land cover map: Challenges, possibilities, and implications for developing countries. *Habitat International*, 55, 25-31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2016.02.003>.
- Babii L., & Hrytskiv N. (2007). Kosmichni metody DZZ u vyrisnenni zadach lisovoho hospodarstva. *Heodeziia, kartohrafiia i aerofotoznimannia*, 68, 200-204. [Бабій Л., & Грицьків Н. (2007). Космічні методи ДЗЗ у вирішенні задач лісового господарства. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*, 68, 200-204.].
- Ballin, M. A. R. C. O., Barcaroli, G. I. U. L. I. O., & Masselli, M. A. U. R. O. (2022). New LUCAS 2022 sample and subsamples design: Criticalities and solutions. *Eurostat: statistical working papers*. Doi: 10.2785/957524.
- Ballin, M. A. R. C. O., Barcaroli, G. I. U. L. I. O., Masselli, M. A. U. R. O., & Scarnò, M. A. R. C. O. (2018). Redesign sample for land use/cover area frame survey (LUCAS) 2018. *Eurostat: statistical working papers*. Doi: 10.132365.
- Bilous L. (2018). Strategic environmental assessment for the needs of environmental governance. *Visnyk Kyivskogo nac. univ. imeni Tarasa Shevchenka, Geografija*, 4 (73), 5-9. [Білоус Л. (2018) Стратегічна екологічна оцінка для потреб управління довкіллям. *Вісник Київського нац. унів. імені Тараса Шевченка. Географія*, 4 (73), 5-9.]. DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2721.2019.73.1>.
- Bondarenko, E., & Smirnov, Ya. (2014). Metodichni osoblyvosti deshyfruvannia danykh dystantsiinoho zonduvannia zemli dlia heoinformatsiinoho kartohrafuvannia zemelnykh resursiv Chernivetskoï oblasti. *Visnyk Kyivskoho nats. univ. imeni Tarasa Shevchenka. Neohrafiia*, (1), 53-59. [Бондаренко, Е., Смірнов, Я. (2014). Методичні особливості дешифрування даних дистанційного зондування землі для геоінформаційного картографування земельних ресурсів Чернівецької області. *Вісник Київського нац. унів. імені Тараса Шевченка. Географія*, (1), 53-59.].
- Bondarenko, E., & Smirnov, Ya. (2015). Alhorytm heoinformatsiinoho kartohrafuvannia zemelnykh resursiv Chernivetskoï oblasti na osnovi infrastruktur prostorovykh danykh. *Visnyk Kyivskoho nats. univ. imeni Tarasa Shevchenka. Neohrafiia*, (1), 59-64. [Бондаренко, Е., & Смірнов, Я. (2015). Алгоритм геоінформаційного картографування земельних ресурсів Чернівецької області на основі інфраструктур просторових

- даних. *Вісник Київського нац. унів. імені Тараса Шевченка. Географія*, (1), 59–64.].
- Borsukovich, L. M., Didukh, Ya. P., Kuzemko, A. A., Moisiienko, I. I., Onyshchenko, V. A., Sadohurska, S. S., ... & Sharoval, V. V. (2018). *Natsionalnyi kataloh biotopiv Ukrainy*. [Борсукевич, Л. М., Дідух, Я. П., Куземко, А. А., Мойсієнко, І. І., Онищенко, В. А., Садогурська, С. С., ... & Шаповал, В. В. (2018). *Національний каталог біотопів України*.].
- Bossard, M., Feranec, J., & Othahel, J. (2000). *CORINE land cover technical guide: Addendum 2000* (Vol. 40). Copenhagen: European Environment Agency.
- Brodskij, L., Bushuev, E. I., Voloshin, V. I., Kozlova, A. A., Parshina, O. I., Popov, M. A., ... & Tarariko, A. G. (2009). Proekt INTAS po razrabotke avtomatizirovannoj tehnologii klassifikacii zemny'x pokry'tij: nauchny'e zadachi, osnovny'e rezul'taty i perspektivy. *Kosmichna nauka i tekhnologija*, 15(2), 36–48. [Бродский, Л., Бушуев, Е. И., Волошин, В. И., Козлова, А. А., Паршина, О. И., Попов, М. А., ... & Тарарико, А. Г. (2009). Проект INTAS по разработке автоматизированной технологии классификации земных покрытий: научные задачи, основные результаты и перспективы. *Космична наука і технологія*, 15(2), 36–48.].
- Brovelli, M. A., Molinari, M. E., Hussein, E., Chen, J., & Li, R. (2015). The first comprehensive accuracy assessment of GlobeLand30 at a national level: Methodology and results. *Remote Sensing*, 7(4), 4191–4212. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs70404191>.
- Davies, C. E., Moss, D., & Hill, M. O. (2004). EUNIS habitat classification revised 2004. Report to: *European environment agency-European topic centre on nature protection and biodiversity*, 127–143.
- Didukh, Ya.P. (2018). Biotop yak sistema: struktura, dynamika, ekosystemni posluhy. *Ukr. bot. zhurn.*, 75 (5), 405–420. [Дідух, Я. П. (2018). Біотоп як система: структура, динаміка, екосистемні послуги. *Український ботанічний журнал*, 75 (5), 405–420.].
- Didukh, Ya. (2019). Zemlia: yakshcho prodavaty, to y zberihaty. *Dzerkalo tyzhnia*. Vypusk 34, 14–20 veresnia 2019. [Дідух, Я. (2019). Земля: якщо продавати, то й зберігати. *Дзеркало тижня*. Випуск 34, 14–20 вересня 2019 р.].
- Di Gregorio, A. (2005). *Land cover classification system: classification concepts and user manual*: LCCS (Vol. 2). Food & Agriculture Org.
- Felicísimo, A. M., & Sánchez Gago, L. M. (2002, April). Thematic and spatial accuracy: a comparison of the Corine Land Cover with the Forestry Map of Spain. In *5th AGILE Conference on Geographic Information Science* (Vol. 109, p. 118). Spain: Palma, Balearic Islands.
- GlobeLand 30. Product introduction*. (2019). URL : [http://www.globallandcover.com/Page/EN\\_sysFrame/dataIntroduce.html?columnID=81&head=product&para=product&type=data](http://www.globallandcover.com/Page/EN_sysFrame/dataIntroduce.html?columnID=81&head=product&para=product&type=data).
- Golubtsov, O. H., Chekhniy, V. M., & Farion, Yu. M. (2018). Geoinformation mapping and analysis of modern landscapes for the purpose of the nature conservation (by the example of the steppe zone of Ukraine). *Ukr. geogr. z.*, 2, 61–71. [Голубцов, О. Г., Чехній, В. М., & Фаріон, Ю. М. (2018). Геоінформаційне картографування та аналіз сучасних ландшафтів для цілей заповідання (на прикладі степової зони України). *Укр. геогр. журн.*, 2 (102), 61–71.]. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2018.02.061>.
- Kolotii, A.V. (2017). Analiz zmin zemnoho pokryvu v Ukraini yak indikator dehradatsii zemel. *Induktivne modelivannia skladnykh sistem*, 9, 108–114. [Колодій, А.В. (2017). Аналіз змін земного покриву в Україні як індикатор деградації земель. *Індуктивне моделювання складних систем*, 9, 108–114.].
- Kozak, O.M., & Didukh, Ya.P. (2015). Klasyfikatsiia ta sozologichna otsinka biotopiv basainu r. Latorytsia (Zakarpatska obl.). *Naukovi zapysky NaUKMA. Biologhiia ta ekolohiia*. T. 171, 38–45. [Козак, О., & Дідух, Я. (2015). Класифікація та созологічна оцінка біотопів басейну р. Латориця (Закарпатська обл.). *Наукові записки НаУКМА. Біологія та екологія*. Т. 171, 38–45.].
- Kozak, O. M. (2015). *Pryrodni biotopy basainu r. Latorytsia: klasyfikatsiia, porivnialnyi analiz ta otsinka zmin* (Dys. kand. biol. n.). [Козак, О. (2015). *Природні біотопи басейну р. Латориця: класифікація, порівняльний аналіз та оцінка змін* (Дис. канд. біолог. н.).].
- Kuchma, T., Syrotenko, O., Tarariko, O., Pienko, T., Mykytenko, M., Mudryk, S., Minkevych, N., & Florova, O. (2012). *Metodychni rekomendatsii z ahroekolohichnoi otsinky struktury ahrolandshaftiv i system zemlekorystuvannia za danymy dystantsiinoho zonduvannia Zemli vysokoho prostorovoho rozriznennia*. [Кучма, Т., Сиротенко, О., Тараріко, О., Ільєнко, Т., Микитенко, М., Мудрик, С., Мінкевич, Н., & Фролова, О. (2012). *Методичні рекомендації з агроекологічної оцінки структури агроландшафтів і систем землекористування за даними дистанційного зондування Землі високого просторового розрізнення*.]. DOI: 10.5281/zenodo.1401212.
- Kupriianchuk, I. P., & Butenko, Ye. V. (2013). *Fotogrammetriia ta dystantsiine zonduvannia*. [Купріяничук, І. П., & Бутенко, Є. В. (2013). *Фотограмметрія та дистанційне зондування*.].
- Kussul, N. M., Shelestov, A. Iu., Skakun, S. V., Basarab, R. M., Yailymov, B. Ia., Lavreniuk, M. S., Kolotii, A. V., & Yashchuk, D. Iu. (2015). Retrospektyvna rehionalna karta zemnoho pokryvu dlia Ukrainy: metodolohiia pobudovy ta analiz rezultativ. *Kosmichna nauka i tekhnologhiia*. T. 21, 3, 31–39. [Куссуль, Н. М., Шелестов, А. Ю., Скакун, С. В., Басараб, Р. М., Яйлимов, Б. Я., Лавренюк, М. С., Колодій, А. В., & Яшук, Д. Ю. (2015). Ретроспективна регіональна карта земного покриву для України: методологія побудови та аналіз результатів. *Космична наука і технологія*. Т. 21, 3, 31–39.].
- Latham, J. S., He, C., Alinovi, L., DiGregorio, A., & Kalensky, Z. (2002). FAO methodologies for land cover classification and mapping. *Linking people, place, and policy: a GIScience approach*, 283–316. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0985-1\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0985-1_13).
- LUCAS - Land use and land cover survey (2021)*. URL : [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=LUCAS\\_-\\_Land\\_use\\_and\\_land\\_cover\\_survey#Defining\\_land\\_use.2C\\_land\\_cover\\_and\\_landscape](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=LUCAS_-_Land_use_and_land_cover_survey#Defining_land_use.2C_land_cover_and_landscape).
- Methodology LAND COVER/USE STATISTICS (LUCAS) (2018)*. URL : <https://ec.europa.eu/eurostat/web/lucas/methodology>
- Moss, D. (2008). EUNIS habitat classification – a guide for users. *European Topic Centre on Biological Diversity*.
- Onyshchenko, V. A. (2016). *Habitats of Ukraine according to the EUNIS classification*. Phytosociocentre. [Онищенко, В. А. (2016). *Оселища України за класифікацією EUNIS*. Фітосоціоцентр].
- Pashchenko, V. M., Chekhniy, V. M., Hrodzynskyi, M. D. ta in. (2007). *Pryntsypy, kryterii ta metody otsiniuvannia landshaftiv dlia optymizatsii pryrodokorystuvannia v Ukraini* (Zvit pro naukovo-doslidnu robotu). Instytut heohrafi NAN Ukrainy. [Пащенко, В. М., Чехній, В. М., Гродзинський, М. Д. та ін. (2007). *Принципи, критерії та методи оцінювання ландшафтів для оптимізації природокористування в Україні*.].

- (Звіт про науково-дослідну роботу). Інститут географії НАН України.].
- Ponomarenko, S. V. (2018). *Dynamika urozhainosti silskohospodarskykh kultur ta ahroekologichne zonuuvannya terytorii Poltavskoi oblasti*. (Candidate of Sciences' thesis). Zhytomyr. [Пономаренко, С. В. (2018). *Динаміка урожайності сільськогосподарських культур та агроекологічне зонування території Полтавської області*. (Автореф. дис. канд. сільськогосп. н.). Житомир.].
- Putrenko, V. V. (2016a). Klasteryzatsiia heoprosorovykh danykh zemnoho pokryvu Ukrainy. *Chasopys kartohrafiy*, (14), 169-178. [Путренко, В. В. (2016а). Кластеризация геопросторових даних земного покриву України. *Часопис картографії*, (14), 169-178.].
- Putrenko, V. V. (2016b). Data mining of the land cover in Ukraine on the basis of Globeland 30 data. *Astronomical School's Report*, 12(1), 77-85. [Путренко, В. В. (2016b). Інтелектуальний аналіз земного покриву території України на основі даних Globeland 30. *Вісник Астрономічної школи*, (12, № 1), 77-85.].
- Putrenko, V. & Pashynska, N. (2017). Data mining of land cover in Ukraine based on Globeland 30 data. *Management of Development of Complex Systems*, 31, 117-125. [Путренко, В. В., & Пашинська, Н. М. (2017). Інтелектуальний аналіз земного покриву території України на основі даних Globeland 30. *Управління розвитком складних систем*, 31, 117-125.].
- Pysarenko, P. V., Samoilik, M. S., & Dychenko, O. Yu. (2019). Landshaftno-ekologichne riznomanittia terytorii Poltavskoi oblasti. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, (1), 127-133. [Писаренко, П. В., Самойлік, М. С., & Диченко, О. Ю. (2019). Ландшафтно-екологічне різноманіття території Полтавської області. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, (1), 127-133.].
- Rudenko, L. H., Golubtsov, O. G., Chekhnii, V. M., Tymuliak, L. M., & Farion, Yu. M. (2019). Landuse changes in the forest-steppe zone of Ukraine during 1991-2018: methodology of research and main trends. *Ukr. geogr. z.*, 1, 24-32. [Руденко, Л. Г., Голубцов, О. Г., Чехній, В. М., Тимуляк, Л. М., & Фаріон, Ю. М. Зміни у використанні земель лісостепової зони України протягом 1991-2018 років: методика, основні тенденції. *Укр. геогр. журн.*, 1, 24-32.]. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.01.024>.
- Samoilenko, V. M., Dibrova, I. O., & Plaskalnyi, V. V. (2018). *Anthropization of landscapes*. Nika-Tsentr. [Самойленко, В. М., Діброва, І. О., & Пласкальний, В. В. *Антропоізація ландшафтів*. Ніка-Центр.].
- Sergieieva, K. (2019, April). *Free Satellite Imagery Sources: Zoom In Our Planet*. URL : <https://eos.com/blog/free-satellite-imagery-sources/>.
- Shelkovska, I. M. (2015). Shliakhy vykorystannia zemelnykh resursiv pryberezhnykh terytorii Kremenchutskoho vodoshkovyshcha. *Visnyk KrNU imeni Mykhaila Ostrohradskoho*. Vypusk 2, 170-175. [Шелковська, І. М. (2015). Шляхи використання земельних ресурсів прибережних територій Кременчуцького водосховища. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. Випуск 2, 170-175.].
- Shishchenko, P. G. (1988). *Prikladnaya fizicheskaya geografiya. Vyshcha shk.* [Шищенко, П. Г. (1988). *Прикладная физическая география*. Выща шк.].
- Smirnov, Ya. V. (2012). Analitichnyi ohliad yevropeiskykh system klasyfikatsii zemelnykh resursiv. *Neohrafiia ta turyzm*, 22, 290-299. [Смірнов, Я. В. Аналітичний огляд європейських систем класифікації земельних ресурсів. *Геогр. та туризм*, 22, 290-299.].
- Sorokina, L. Yu. & Petrov, M. F. (2020). Chages in the structure of the land cover and fire safety of the Chernobyl exclusion zone landscapes: assessment methods using satellites. *Ukr. geogr. z.*, 2, 45-56. [Сорокіна, Л. Ю. & Петров, М. Ф. (2020). Зміни структури земного покриву та пожежонебезпеки ландшафтів Чорнобильської зони відчуження: методи оцінювання з використанням супутникових знімків. *Укр. геогр. журнал*, 2, 45-56.]. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2020.02.045>.
- Striamets, O. S., Bun, R. A., Striamets, S. P., & Danyliv, R. I. (2015). Neoprosorovy analiz pohlynan ta emisii parnykovykh haziv lisamy Polskykh Karpat. *Visnyk Nats. univ. "Lviv. politekhnika"*. *Inform. systemy ta merezhi*. № 814, 476-482. [Стрянець, О. С., Бунь, Р. А., Стрянець, С. П., & Данилів, Р. І. (2015). Геопросторовий аналіз поглинань та емісій парникових газів лісами Польських Карпат. *Вісник Нац. унів. "Львів. політехніка"*. *Інформ. системи та мережі*. № 814, 476-482.].
- Sun, B., Chen, X., & Zhou, Q. (2016). Uncertainty assessment of GlobeLand30 land cover data set over central Asia. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41, 1313.
- Yailymov, B. Ia. (2016). *Avtomatyzovana informatsiina tekhnolohiia kartohrafivannia zemnoho pokryvu na osnovi metodiv ta modelei zlyttia suputnykovykh danykh*. (Dys. kand. tekhnichnykh nauk). [Яйлимов, Б. Я. (2016). *Автоматизована інформаційна технологія картографування земного покриву на основі методів та моделей злиття супутникових даних*. (Дис. канд. технічних наук).].
- Zielyk, Y., Kussul, N., Shelestov, A., & Yailymov, B. (2017). Analytical review of European projects LUCAS and CORINE for monitoring and validation of land cover and landuse on the basis of satellite and ground observations and experience of land cover mapping in Ukraine. *Ukr. journal of remote sensing*, (12), 10-36. [Зелик, Я. І., Куцуль, Н. М., Шелестов, А. Ю., & Яйлимов, Б. Я. (2017). Аналітичний огляд європейських проектів LUCAS і CORINE для моніторингу та валідації земного покриву і землекористування на основі супутникових та наземних спостережень та досвід картографування земного покриву в Україні. *Укр. журн. дистанц. зондув. Землі*, (12), 10-36.].

# Сучасні геоекологічні проблеми північної частини басейну р. Ірпінь та шляхи їх вирішення (на основі матеріалів космічних зйомок і наземних досліджень)

Антон Г. Мичак<sup>1</sup> , Володимир Є. Філіпович<sup>1</sup> , Надія Г. Мичак<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Державна установа "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України", вул. Олесь Гончара, 55-Б, Київ, 01054, Україна

<sup>2</sup> Приватний вищий навчальний заклад "Український гуманітарний інститут", вул. Інститутська, 14, Буча, Київська обл., 08292, Україна

## Реферат

В статті розглянуто умови, природні і техногенні чинники формування та розвитку негативних геоекологічних процесів у межах північної частини долини р. Ірпінь та її притоків: р. Буча і р. Рокач. Дана характеристика екологічного стану басейнів малих річок і окреслені основні проблеми стану довкілля. Головним висновком є те, що водні екосистеми північної частини басейну р. Ірпінь є суттєво трансформованими і майже повністю втратили свій природний стан. Для поліпшення екологічної ситуації і протистоянню забудовникам, які знищують природні комплекси у заплаві річок Ірпінь, Буча, Рокач, пропонується формування ландшафтно-заповідних і рекреаційних зон з жорстким природоохоронним статусом. Другою нагальною потребою є розчищення русел досліджуваних річок від побутового і будівельного сміття та вирішення проблеми централізованого відводу стічних вод. Особливої уваги надано проблемам підтоплення та затоплення заплавлених територій у зв'язку з розвитком міського середовища та наслідків бойових дій. На основі аналізу цифрової моделі місцевості і супутникового моніторингу сформовано модель поширення і розвитку процесів підтоплення та затоплення території при певних метеоумовах і перетоку вод Київського водосховища у долину р. Ірпінь. Для збереження, подальшої охорони та раціонального використання довкілля, в першу чергу заплавлених територій, пропонується проведення незалежних детальних супутникових і наземних моніторингових геоекологічних досліджень, результати і висновки яких будуть сприяти прийняттю позитивних управлінських рішень щодо збереження довкілля. На тлі швидкої урбанізації, зростання населення, довгострокових тенденцій зміни клімату та зростання екологічних ризиків для населення ці дослідження забезпечують не тільки природоохоронний, а ще і соціально-економічний ефект.

## Ключові слова

Геоекологічні процеси, заплава, підтоплення, затоплення, господарська діяльність

Надійшла до редакції: 11 липня 2023 / Прийнята: 1 вересня 2023 / Опублікована онлайн: 30 листопада 2023

## Modern geo-ecological problems of the northern part of the Irpin river basin and ways to solve them (based on space imaging materials and terrestrial research)

Anton G. Mychak<sup>1</sup>, Volodymyr Ye. Filipovych<sup>1</sup>, Nadiia G. Mychak<sup>2</sup>

<sup>1</sup> State Institute "Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine", 55-B, Oles Gonchar str., Kyiv, 01054, Ukraine

<sup>2</sup> Private higher educational institution "Ukrainian humanitarian institute", 14, Institute str., Bucha, Kyiv region, 08292, Ukraine

## Abstract

The article deals with the conditions, natural and human-made factors of formation and development of negative geo-ecological processes within the northern part of the Irpin river valley and its tributaries: Bucha and Rokach rivers. The characteristics of the ecological state of small river basins are given and the main problems of the environment are outlined. The main conclusion is that the water ecosystems of the northern part of the Irpin basin have been significantly transformed and almost completely lost their natural state. In order to improve the environmental situation and confront the developers who destroy the remained natural complexes in the floodplains of the rivers Irpin, Bucha, Rokach, it is proposed to form landscape reserves and recreational zones with strict environmental status. The second urgent need is clearing the riverbeds from domestic and construction debris and solving the problem of centralized wastewater sewerage. Particular attention is paid to the problems of underflooding and flooding of floodplain areas in connection with the development of the urban environment and the consequences of hostilities. On the basis of the analysis of the digital model of the terrain and satellite monitoring of real events, the model of spread and development of processes of underflooding and flooding of the territory under certain weather conditions and the water transfer of the Kyiv reservoir into the valley of the river Irpin is formed. It is proposed to carry out independent detailed satellite and ground monitoring geo-ecological research for the preservation, further protection, and rational use of the environment, primarily of the floodplain areas. Its results and conclusions will contribute to positive management decisions concerning environmental preservation. Against the background of rapid urbanization, population growth, long-term trends in climate change and the growth of environmental risks for the population, these studies provide not only environmental protection but also socio-economic effect.

## Keywords

Geoecological processes, floodplain, underflooding, flooding, economic activity

Received: 11 July 2023 / Accepted: 1 September 2023 / Published online: 30 November 2023

## Corresponding author:

Volodymyr Ye. Filipovych  
Private higher educational institution "Ukrainian humanitarian institute", 14, Institute str., Bucha,  
Kyiv region, 08292, Ukraine  
Email: vefilin2000@gmail.com

© 2023 The Authors. Published by Taras Shevchenko National University of Kyiv. This is an open-access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. Вступ

В результаті тривалої та складної взаємодії природних та техногенних процесів в довіллі долин великих, середніх та малих рік виникає ряд негативних геоecологічних явищ. В першу чергу це стосується змін в будові та складі підстиляючих порід, режимі їх зволоження, відповідно, розвитку ерозійних процесів, явищ підтоплення та затоплення. Найбільш вразливими є заплави та перші надзаплавні тераси які, на фоні сучасних кліматичних змін, зазнають всезростаючого впливу від створених господарською діяльністю людини регіональних та локальних водосховищ, ставків і, особливо, внаслідок розвитку житлової міської забудови, розростання промислової та комунальної інфраструктури.

*Актуальність дослідження.* В останні десятиліття антропогенне навантаження на екосистеми річок Приірпіння різко зросло. Це стало можливим завдяки таким основним чинникам:

- надзвичайно інтенсивній міській забудові заплавних і призаплавних (першої тераси) територій рік Ірпінь, Буча, Рокач;
- інтенсивному господарському використанню земельних угідь на вододілах;
- катастрофічному зменшенню площ лісового господарства, міських лісових масивів;
- недостатній кількості (відсутності) централізованих систем водовідводу, каналізації, наявністю значної кількості приватних вигрібних ям;
- регіональному впливу дамби (побудована при впадінні р. Ірпінь у Київське водосховище) на формування стоку та функціонування водоносних горизонтів басейну р. Ірпінь.

Все це призвело до різкого збільшення потрапляння і накопичення токсичних речовин у водоносну систему басейну р. Ірпінь (поверхневі та підземні води), внаслідок чого зменшилась водність поверхневих лінійних стоків, активізувались процеси їх обміління, пересихання, погіршився санітарний стан ґрунтових вод. В останні роки на давніх забудованих та нових освоєваних територіях активізувались і стали інтенсивно проявлятися процеси підтоплення житлових та виробничих територій. Таким чином, водні екосистеми Приірпіння нині є суттєво трансформовані і майже повністю втратили свій природний стан.

Для збереження, подальшої охорони та раціонального використання довкілля, в першу чергу заплавних територій рік Приірпіння, надзвичайно актуальним є проведення детальних моніторингових професійних геоecологічних досліджень для прийняття відповідних управлінських рішень з метою запобігання подальшого розвитку та мінімізації небезпечних геоecологічних явищ, зокрема процесів підтоплення, затоплення.

*Метою* досліджень було вивчення геоecологічного стану долин рік Ірпінь, Буча, Рокач, виявлення в їх межах негативних екологічних процесів (зокрема процесів підтоплення) і, цим самим, звернути увагу державних та громадських організацій на

прийняття відповідних управлінських рішень щодо мінімізації (ліквідації) цих явищ.

## 2. Вихідні матеріали та методи дослідження

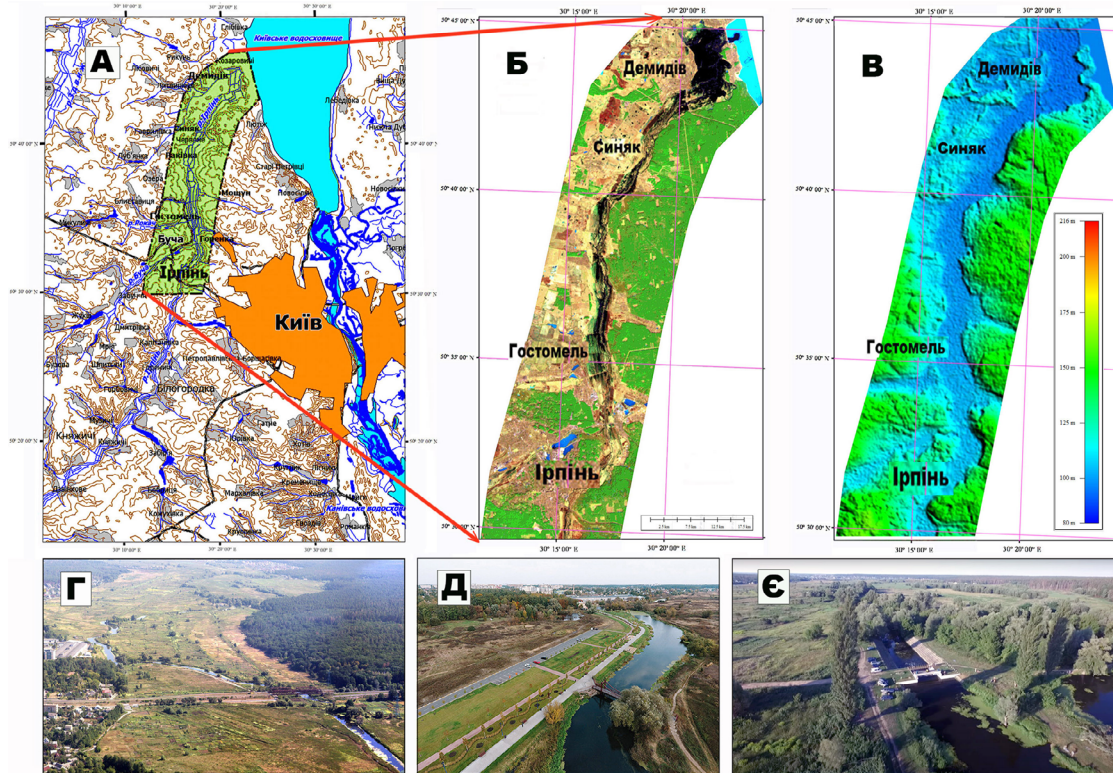
Дослідження з аналізу екологічних проблем річкових систем Приірпіння базувались на основі вивчення багатоспектральних матеріалів космічних зйомок 2010-2023 рр. (Landsat 7,8,9, Sentinel 2, даних SRTM), багаторічних власних польових спостережень з використанням ретроспективних картографічних матеріалів (топографічних карт 1912-1913 рр., 1937-1940 рр. 1980-х рр., Екологічних паспортів Київської області за період 2015-2021 рр.), а також опублікованих літературних даних з цієї проблематики (Ekolohichniy pasport Kyivskoi oblasti, 2022; Pysanko, 2018; Ladyka et al., 2013; Ladyka et al, 2014; Udod et al, 2017), інформації місцевих ЗМІ.

Вивчення літературних матеріалів стану річкових систем Ірпінського регіону свідчать про досить складну екологічну ситуацію, яка склалась і стала наслідком багаторічної господарської діяльності на досліджуваних територіях. Особливо техногенно трансформованими є екологічні системи заплавних територій. Висновки дослідників екологічних проблем басейну р. Ірпінь, в цілому, об'єктивно оцінюють стан довкілля, але подекуди є дискусійними і часто носять лобіський характер.

## 3. Результати та обговорення

Територія досліджень охоплює північну частину долини річки Ірпінь від південних околиць м. Ірпінь до місця її впадання в Київське водосховище (рис. 1). За останні сто років ландшафти рік басейну р. Ірпінь (як і сама долина), зазнали значних суттєвих змін. Цілий ряд постійних водотоків перейшли в ранг тимчасових, значні частини їх верхів'я нівельовані сільськогосподарською діяльністю. За рахунок зменшення відкритих водних артерій з території басейну зникли, або стали маломасштабними чисельні природні болотні масиви. Важливим чинником зміни природних процесів в долині рік Ірпінь та Буча стало будівництво залізниці Київ-Ковель, насипи якої набули функції підпірного (баражного) характеру, звузили природні міграційні канали руху підземних вод. Аналогічними негативними для природного функціонування екосистем долинного комплексу мають масштабні автомобільні переходи в районі с. Гостомель та с. Романівка.

Розвиток долин рік Ірпінь, Рокач, Буча відбувся і під інтенсивним тривалим впливом інженерних робіт з видобутку торфу, внаслідок чого в їх заплавах на великих площах порушувались природні умови залягання торфових та болотних відкладів. Створювались техногенні зони інфільтрації гірських порід за рахунок перетоку поверхневих вод у підземні. Надзвичайно інтенсивними такі зміни відбувались,



**Рис. 1.** Територія досліджень: А – на топографічній основі; Б – фрагмент космічного знімку Landsat 7 від 28.03.2003 р.; В – цифрова модель рельєфу SRTM. Фото долини р. Ірпінь в околицях міста: Г – Загальний вигляд долини р. Ірпінь (<https://bucha.com.ua/photo/>); Д – Рекреаційна зона вздовж лівого берега (<https://www.sb.synergy.com.ua/assets/img/synergy-city/naberegna-irpin-7.jpg>); Е – Штучна регуляція гідрологічного режиму на заплаві р. Ірпінь (<https://poglyad.tv/poglyad-geo-1-rika-irpin>).

**Fig. 1.** Research Territory: A – topographic basis; Б – a fragment of the Landsat 7 space image from 28.03.2003; В – Digital Model of the SRTM relief. Photo of the Irpin river valley in the outskirts of the city: Г – the general appearance of the Irpin river valley; Д – recreational zone along the left shore; Е – artificial regulation of hydrological regime on the floodplain of the river Irpin.

першочергово, у верхів'ях долини р. Рокач, дещо пізніше в заплаві р. Буча та найбільш масштабно у долині р. Ірпінь.

Катастрофічним для природного розвитку рік Ірпінь та Буча було створення у 1947-1953 рр. Ірпінської та Бучанської осушувально-зволожувальних меліоративних систем. Кінцевим перетворенням природного стану долин рік Ірпінь, Буча та Рокач на техногенне утворення була побудова греблі водосховища Київської ГЕС у 1965 р. Після створення якої природний режим р. Ірпінь був остаточно порушений, стік став зарегульованим.

В результаті такого тривалого техногенного втручання в розвиток природних систем долинного комплексу р. Ірпінь та його притоків, зокрема рік Буча, Рокач, все частіше стали проявлятися негативні геоecологічні явища, провідними серед яких стали процеси підтоплення та підземного і поверхневого горіння торфових покладів. В 2022-2023 рр. в результаті військових дій росії проти України в пригірловій частині долини р. Ірпінь проявилась ще одна регіональна екологічна проблема – аварійний прорив (пошкодження) дамби в місці впадіння руслу р. Ірпінь у Київське водосховище, що призвело до затоплення значної частини долини разом із населеними пунктами.

Зупинимось більш детально на проблемах підтоплення і затоплення. Під поняттям *підтоплення території* розуміють комплексний процес, коли порушується водний режим і баланс території,

підвищується рівень підземних вод, що порушує прийнятні умови будівництва та експлуатації об'єктів, що вимагає інженерного захисту територій, будівель і споруд (DBN V.1.1-24, 2010; DBN V.1.1-25, 2010). Види підтоплення залежать від режиму ґрунтових вод: природного та техногенного. Природний режим формується в межах конкретної території під впливом переважно природних факторів – протікання водного циклу в конкретних геологічних умовах. Техногенний режим формується на фоні природного режиму при забудові та експлуатації забудованих територій (проживання населення та функціонування промислових підприємств) внаслідок порушення природного водного циклу та геологічних умов.

Згідно з довгостроковим прогнозом циклічності природної водності практично на всій території України, в т.ч. і Приірпінні, очікується подальше підвищення рівня ґрунтових вод. Відповідно до нормативних документів (Postanova KМУ №160, 2002; Postanova KМУ №545, 2004) зарегульованість стоку р. Дніпро і більшої частини середніх і малих річок та регіональний підпір водоносного горизонту за минулі 20-40 років призвели до сталого підвищення рівня ґрунтових вод у басейнах р. Дніпро до 6-10 метрів, середніх і малих річок до 2-5 метрів. У цих зонах підвищення рівня ґрунтових вод досі триває.

З іншого боку, міста Ірпінь, Буча продовжують переживати будівельний бум і очікується, що темпи

будівництва будуть у найближчі роки тільки зростати в т. ч. і на заплавах територіях (The Master plan of Irpin, 2018; The Master plan of Bucha, 2022). Це означає підвищення тиску на довкілля та збільшення взаємодії з ним техногенних об'єктів, що потенційно може викликати збільшення площ підтоплення.

Проблема підтоплення в долинах р. Ірпін, р. Буча відома здавна. Це відбувалось періодично під час весняного водопілля та тривалих дощів. Зростання поселень Ірпеня, Бучі, Гостомеля, Ворзеля, забудова понижених частин долин – заплавах та низьких надзаплавних терас рік Ірпін, Буча, Рокач, розміщення там промислових підприємств, значно збільшив масштаби впливу підтоплення на господарську та побутову діяльність. Так, навіть невеликі, низькі повені на

р. Ірпін, Буча та їх припливах спричиняли перезволоження чи появу води у льохах, підвалах, цокольних поверхах у прирічковій частині та, навіть, у селах близьких до долин. Все це погіршувало екологічний стан довкілля та стійкість фундаментів будівель та промислових споруд.

Найбільш сталими територіями, що піддаються затопленню в періоди весняного водопілля є території частини долини р. Ірпін вище на північ від «гостомельського» мосту (рис. 2). Тут під час весняного водопілля рівень води різко піднімається, що призводить до затоплення заплавної ділянки та підтоплення значних територій.

Напруженою екологічною ситуацією щодо підтоплення відзначається і ряд ділянок в районі залізничного мосту через р. Ірпін (рис. 3, 4). З проблем в долині р. Буча слід



**Рис. 2.** Долина р. Ірпін. В центрі фото затоплене русло р. Ірпін, довкола підтопленні території. Погляд з «гостомельського» мосту на південь. Фото: Мичака А. Г., квітень 2013 р.

**Fig. 2.** Valley Irpin river. In the center of the photo is flooded by the river Irpin, around the underflooding of the territory. A look from the Gostomel Bridge to the south. Photo: A. G Mychak, April 2013.



**Рис. 3.** Підтоплення ділянки заплави р. Ірпін в місці планової забудови нового Ірпінського центрального ринку поруч із залізничним мостом. Фото: Мичак Н. Г. 18.04.2023 р.

**Fig. 3.** The underflooding of the floodplain of the Irpin river in the site of the planned construction of the new Irpin Central Market next to the railway bridge. Photo: Mychak N. G 04.18.2023.

відзначити підтоплення заплави в районі між торговими центрами “Новус” і “Жираф”, яке зазнають прибережні території вище мостового переходу вздовж течії річки. Тут ділянка русла потребує широкомасштабної розчистки. Проблема цієї ділянки ускладнюється і тим, що на правому березі р. Буча вище бензозаправки “КЛЮ” знаходиться звалище будівельних матеріалів (рис. 5), яке надзвичайно ускладнює геоecологічну ситуацію. Більше того, нами в процесі польових спостережень біля цього мосту з північної сторони безпосередньо в руслі р. Буча виявлено активні масові скиди каналізаційних (промислових?) стоків (рис. 6).

В цілому, варто звернути увагу на періодичність підтоплення тих самих територій та ділянок в межах заплави, яка проявляється у певній закономірності,

яка узгоджується з циклічністю кліматичних умов, інтенсивністю випадання опадів як в зимовий період, так і весняний. За попередніми оцінками ця періодичність з максимального прояву процесів підтоплення територій в долині р. Ірпінь коливається в межах 12-14 років. Звичайно, така природна періодичність у явищах підтоплення “підсилюється” техногенними чинниками, зокрема надзвичайно інтенсивною міською забудовою заплавних і призаплавних територій, недостатньою кількістю (відсутністю) централізованих систем водовідводу, каналізації, наявності значної кількості приватних вигрібних ям, зменшення площ міських лісових масивів тощо.

Не менш важливою геоecологічною проблемою долин великих, середніх та і малих рік є проблема



**Рис. 4.** Підтоплення заплавної території долини р. Ірпінь в районі залізничного мосту. На задньому плані новий житловий мікрорайон, який зводиться згідно Генерального плану розвитку міста. Фото: Мичака А. Г. 18.04.2023 р.

**Fig. 4.** The underflooding of the floodplain territory of the Irpin river valley in the area of the railway bridge. In the background, a new residential neighborhood, which is erected according to the Master Plan of Development of the City. Photo: Mychak A. G. 04.18.2023.



**Рис. 5.** Підтоплення в долині р. Буча біля бензозаправки “КЛЮ” (погляд з мосту). Русло ріки потребує розчистки (фото зліва). Безпосередньо в заплаві р. Буча на правобережжі знаходиться звалище будівельних матеріалів. Фото: Мичак А. Г. 19.04.2023 р.

**Fig. 5.** Flooding in the Bucha river valley near the gas station (look from the bridge). The river bed needs clearing (photos on the left). In the floodplain of the river Bucha on the right bank there is a dump of building materials. Photo: Mychak A. G. 04.19.2023.



затоплення. Затоплення території передбачає утворення вільної поверхні води на ділянці території в період паводку, будівництва водопідпірних споруд або їх аварій у результаті підняття рівня водотоку, водоймища або підземних вод.

Основною причиною створення затоплених територій є виникнення гідродинамічних аварій до яких відносять (Krasovsky, 2008):

- прориви гребель (шлюзів) з утворенням хвилі прориву і катастрофічних затоплень;
- прориви дамб з утворенням проривної повені;
- аварійні скиди води на водосховищах у зв'язку з погрозою прориву гідроспоруд.

Штучні греблі, дамби, шлюзи, у будь-якому разі, є потенційними техногенно-небезпечними об'єктами.

При їхньому руйнуванні або прориві може виникнути катастрофічне затоплення місцевості або проривний повінь, здатний призвести до загибелі людей, ушкодження і руйнування будинків, споруд.

Особливо актуальною проблема затоплення долин рік стала коли 26 лютого 2022 р. в результаті військових дій між росією та Україною була пошкоджена дамба між річкою Ірпінь і Київським водосховищем. В результаті відбулось аварійне затоплення долини річки Ірпінь, були затоплені селища Демидів та Козаровичі (рис. 7).

Згодом в долині р. Ірпінь паводкова вода накопичувалася, затоплення сягнуло окремих ділянок околиць селища Гостомель, проявилось і в північній частині міста Ірпінь. Масштаб та динаміка повені чітко фіксується за матеріалами багатозональних космічних



**Рис. 6.** Діючі скиди каналізаційних (промислових?) стоків в руслі р. Буча біля бензозаправки “КЛО”, погляд з мосту на південь. Фото: Мичак А. Г. 19.04.2023 р.

**Fig. 6.** Actively operating discharges of sewage urban (industrial?) runoff in the Bucha river near the gas station KLO, look from the bridge to the south. Photo: Mychak A. G. 04.19.2023.



**Рис. 7.** Селище Демидів. У результаті пошкодження дамби частково затоплено близько 50 приватних садиб. 28.06.2023 р. Фото The New York Times.

**Fig. 7.** The village of Demidov. As a result of damage to the dam, about 50 private estates were partially flooded. 06.28.2023. Photo The New York Times.

знімків. Зокрема, максимального розміру повенева вода набула в період 22-24.03.2022 р. сягнувши відкритою водною поверхнею «гостомельського» мосту (рис. 8А), а підтоплені території відмічались в заплаві біля північної частини м. Ірпінь

Після проведення робіт з ремонту пошкодженої дамби паводкові води дещо відійшли від свого максимального обсягу залишившись в пригирловій частині (див. рис. 8Б).

Для визначення реальних масштабів затоплення і визначення найбільш постраждалих територій у дослідження багатоспектральних супутникових даних застосовано Нормалізований диференційний індекс вологості – NDWI (Normalized Difference Water Index), який розраховується за формулою:

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR} \quad (1),$$

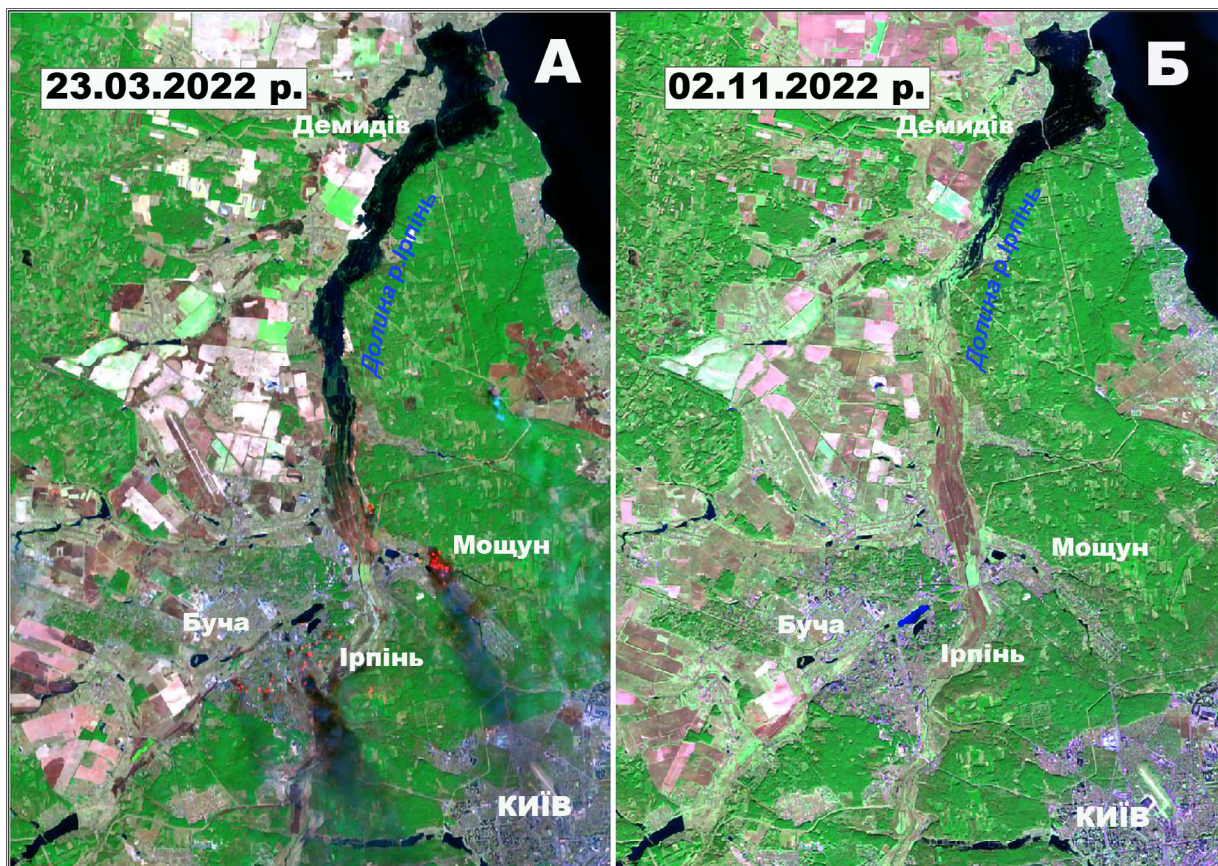
де Green і NIR – значення яскравості у зеленому (0,56 мкм) і ближньому інфрачервоному (0,83 мкм) зонах спектру відповідно.

На рис. 9 наведено приклади розрахунків NDWI за даними Landsat 8-9 на 23.03.2022 р. (рис. 9А) і на 02.03.2023 р (рис. 9Б). Синім кольором виділені відкриті водні поверхні, зеленим місця підтоплення і ділянки ризику підтоплення, помаранчевим – сухі місця. Чорним кольором на рис. 9А – димові шлейфи від пожеж внаслідок бойових дій.

Супутниковий моніторинг показав, що після максимального затоплення долини р. Ірпінь (березень 2022 р.) відкрита вода поступово відступала і з жовтня-листопада 2022 року (див. рис. 8Б), до березня 2023 р. (див. рис. 9Б) практично стабілізувалася. Площа підтоплення також значно скоротилася. Водночас необхідно зауважити, що за допомогою водного індексу NDWI достовірно відокремлюються лише відкриті водні поверхні, більш-менш надійно – ділянки підтоплення в долинах річок, а ось в межах забудованих територій, особливо з бетонним покриттям, виникають помилки.

На основі аналізу цифрової моделі місцевості і супутникового моніторингу реальних подій сформовано модель поширення і розвитку процесів підтоплення та затоплення території при певних метеоумовах і перетоку вод Київського водосховища у долину р. Ірпінь.

Прогнозовано, що у випадку, коли дамба між річкою Ірпінь і Київським водосховищем порушена, а рівень Київського водосховища піднявся на 3-5 метрів внаслідок будь-яких природних чи техногенних причин (наприклад, катастрофічного випадання опадів у басейні р. Прип'ять), то затоплення сягнуло б значної частини с. Гостомель, м. Буча та м. Ірпінь (рис.10).



**Рис. 8.** Космічні багатоспектральні знімки Landsat 9 (синтез каналів 7,5,3) території затоплення долини р. Ірпінь в результаті порушення дамби між річкою Ірпінь і Київським водосховищем: А – 23.03.2022 р. та Б – 02.11.2022 р.

**Fig. 8.** Space multi-spectral images of Landsat 9 (channel synthesis of 7.5.3) of the flooding of the Irpin river valley as a result of a violation of the dam between the Irpin River and the Kyiv reservoir: A – 23.03.2022 and B – 02.11.2022.

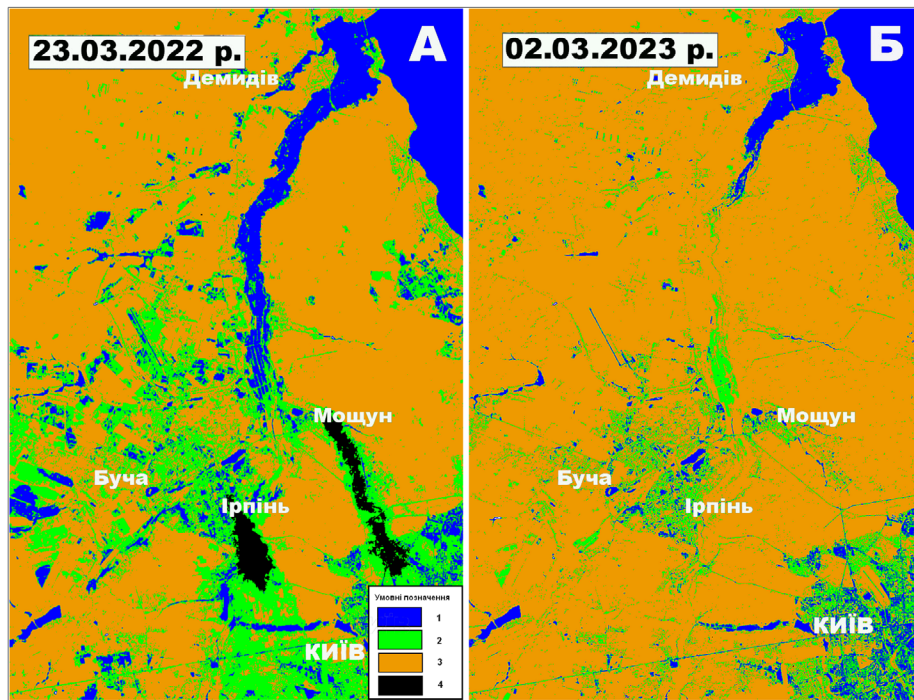


Рис. 9. Карти розподілу значень індексу NDWI: А – 23.03.2022 р. та Б – 02.03.2023 р.

Умовні позначення: 1 – відкрита водна поверхня (-0.07 – +0.07), 2 – підтоплення (-0.12 – -0.07), 3 – сухі території (-0.12 – -0.04), 4 – димові шлейфи від пожеж внаслідок бойових дій.

Fig. 9. Cards of distribution of NDWI index values: А – 23.03.2022 and В – 02.03.2023.

Legend: 1 – open water surface (-0.07 – +0.07), 2 – flooding (-0.12 – -0.07), 3 – dry territories (-0.12 – -0.04), 4 – smoke plumes from fires as a result of hostilities.

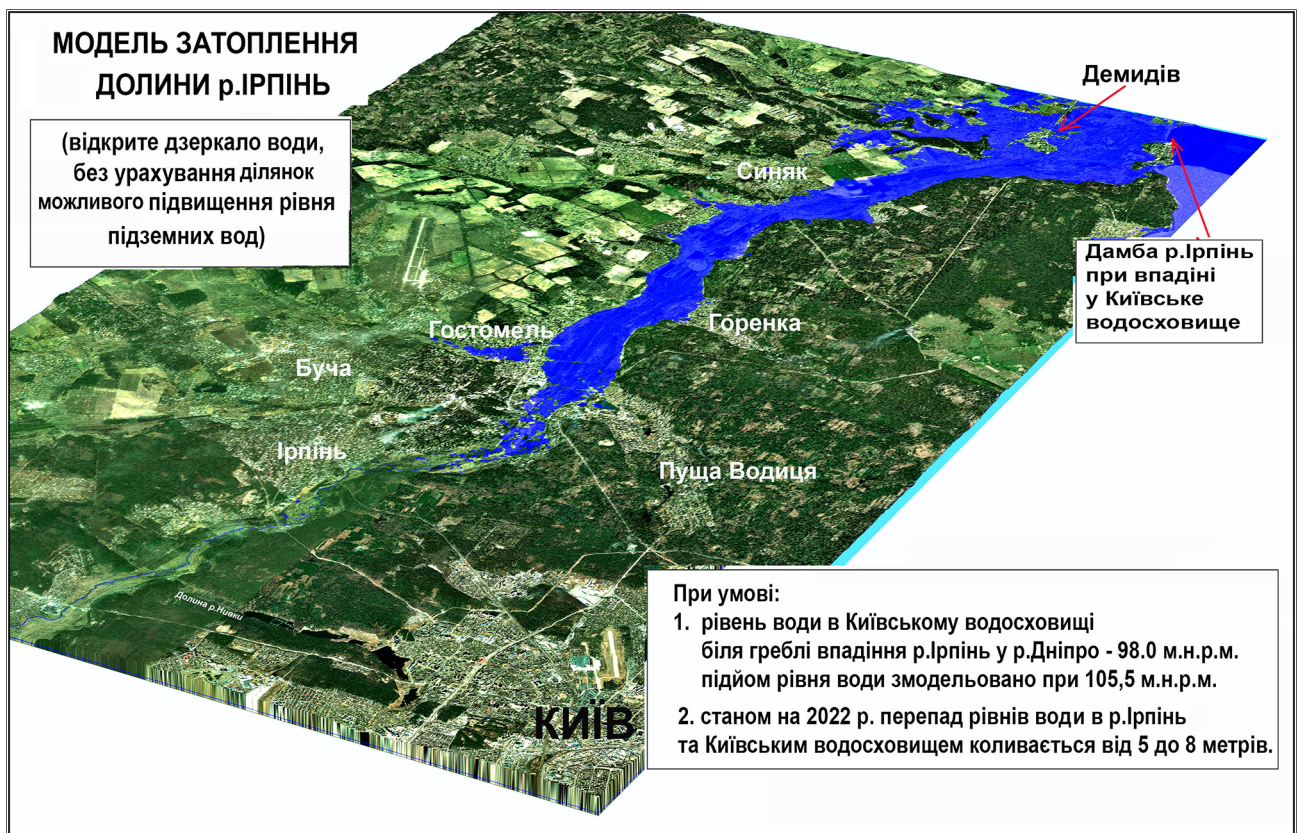


Рис. 10. Блок-схема (модель) затоплення долини р. Ірпінь при піднятті рівня води у Київському водосховищі на греблі впадіння р. Ірпінь до 105,5 м над рівнем моря.

Fig. 10. Block-Scheme (model) of flooding of the Irpin river valley when lifting water level in the Kyiv reservoir on the dam of the confluence of the river Irpin up to 105.5 m above sea level.

#### 4. Висновки та пропозиції

В результаті геоecологічних досліджень стану частини річкових долин басейну р. Ірпінь можна зробити наступні висновки:

1. Екосистеми долин рік Приірпіння в кінці ХІХ століття і протягом ХХ століття зазнали суттєвих антропогенних змін в результаті будівництва Ірпінської та Бучанської осушувально-зволожувальних меліоративних систем, інтенсивним впливом інженерних робіт з видобутку торфу, збільшення житлової міської забудови м. Ірпінь, м. Буча, зростання кількості промислових об'єктів, активної експлуатації вододільних просторів, прокладання залізниці, нових доріг, освоєння заплавної території тощо. Окремі заплавні території зазнали значних трансформацій, які знаходяться на межі незворотних техногенних змін.

2. В наш час спостерігається погіршення геоecологічної ситуації заплавної території, що знаходиться в межах міських територій або поруч з ними. Спостерігається будівництво нових житлових масивів та промислових об'єктів, які впливають на розвиток природних гідрологічних ландшафтів, болотних масивів, ґрунтового покриву. Відбувається забруднення стічними водами, побутовими відходами, будівельним сміттям.

3. Підтоплення значних ділянок долин рік під час водопілля призводить до розвитку небезпечних процесів, наносить суттєву шкоду населенню та сільському господарству.

4. Для збереження, подальшої охорони та раціонального використання довкілля басейну р. Ірпінь необхідне подальше детальне вивчення екосистем, водних об'єктів, особливо в межах міських територій.

**Рекомендуємо:** для оздоровлення річкових екосистем і охорони заплавної території необхідно вже сьогодні провести відповідні заходи:

- підтримати створення заповідних зон рік Ірпінь, Буча, Рокач на відрізках впливу міського середовища, зон інтенсивних техногенних впливів з наданням їм заповідного державного статусу;
- встановити і дотримуватись межі водоохоронних зон уздовж русла та приток;
- встановити очисні споруди в частинах рік, де спостерігається найбільша інтенсивність забруднення;
- прибрати вздовж русел рік і каналів захаращеність, замуленість, засмічення побутовими та промисловими відходами русел та ставків, що веде до порушення дренажу та викликає санітарно-епідеміологічну загрозу;
- здійснити заходи з ліквідації каналізаційних стоків в русло р. Буча і заходи з ліквідації звалища будівельних матеріалів в заплаві р. Буча в районі моста біля заправки «КЛЮ».
- проводити супутникові і наземні моніторингові екологічні дослідження з залученням громадськості;
- розпочати роботи з проектування та будівництва централізованого водовідводу з приватної та малоповерхової забудови призаплавної території з метою ліквідації вигрібних ям;


- провести інвентаризацію та запровадити контроль очисних споруд.

На тлі швидкої урбанізації, зростання населення, довгострокових тенденцій зміни клімату та зростання екологічних ризиків для населення результати наведених досліджень і здійснення перелічених заходів забезпечать не тільки природоохоронний, а ще і соціально-економічний ефект за рахунок зняття екологічної напруги в суспільстві.

#### ORCID iD

Anton G. Mychak  <http://orcid.org/0000-0002-7544-7857>

Vladimir Ye. Filipovych  <https://orcid.org/0000-0002-9404-8122>

Nadiia G. Mychak  <http://orcid.org/0000-0001-7672-1611>

#### Список посилань

- DBN V.1.1-24:2009 (210) Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv.* [SBN V.1.1-24:2009 Protection against dangerous geological processes] Kyiv, Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine. 108 p. (in Ukrainian). [ДБН В.1.1-24:2009 (210). *Захист від небезпечних геологічних процесів.* Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. 108 с.]
- DBN V.1.1-25-2009 (210) Inzhenernyi zakhyst terytorii ta sporud vid pidtoplennia ta zatoplennia.* [SBN V.1.1-25:2009 Engineering protection of territories and structures from underflooding and flooding] Kyiv, Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine, 34 p. (in Ukrainian), [ДБН В.1.1-25-2009 (210). *Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення.* Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. 34 с.]
- Ekolohichniy pasport Kyivskoi oblasti (2022).* [Ecological passport of Kyiv region (2022)] Kyiv. Kyiv Regional State Administration, 200 s. (in Ukrainian). [Екологічний паспорт Київської області 2022. Київ, Київська обласна державна адміністрація. 200 с.]
- Heneralnyi plan m. Bucha Kyivskoi oblasti (2022)* [The Master plan of Bucha, Kyiv region (2022)] Kyiv "Dipromisto SE" (in Ukrainian) [Генеральний план м. Буча Київської області (2022). Київ, ДП "Діпромисто"]
- Heneralnyi plan m. Irpin Kyivskoi oblasti (2018)* [The Master plan of Irpin, Kyiv region (2018)] Kyiv "Dipromisto SE" (in Ukrainian) [Генеральний план м. Ірпін Київської області (2018). Київ, ДП "Діпромисто"]
- Krasovskiy H. Ya. (2008) *Kosmichnyi monitorynh bezpeky vodnykh ekosystem iz zastosuvanniam heoinformatsiynykh tekhnolohii: Monohrafiya* [Space monitoring of water ecosystems safety using geoinformation technologies: Monograph.]. National Security and Defense Council of Ukraine. Institute of Problems of Safety. K.: Intertechnology, 480 s. (in Ukrainian) [Красовський, Г. Я. (2008). *Космічний моніторинг безпеки водних екосистем із застосуванням геоінформаційних технологій:* монографія. Рада національної безпеки і оборони України. Інститут проблем національної безпеки. К.: Інтертехнологія, 480 с.]
- Ladyka M. M., Korkh O. V. (2014) *Systemnyi pidkhid pry otsyntsi ekolohichnoho stanu vodozboriv malykh i serednykh richok (na prykladi baseinu r. Irpin)* [Systemic approach in environmental assessment of catchments of small and medium rivers (for example Irpin river basin)]. Collection of scientific works SWorld. "Perspective innovations in science, education, production and transport 2014." *Biology-Ecology and Biotechnology.* 2014. P. 101–107. (in Ukrainian) [Ладика М. М.,

- Корх О. В. (2014) Системний підхід при оцінці екологічного стану водозборів малих і середніх річок (на прикладі басейну р. Ірпінь). Сборник научных трудов SWorld. “Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте 2014”. Биология – Экология і біотехнологія. С. 101–107] URL: <https://www.sworld.com.ua/konfer37/778.pdf>
- Ladyka M.M., Korkh A.V., Skrupnyk V.V., Rabchevskiy S.P. (2013) Zaplavni grunty basenu r. Irpin: profilna kharakterystyka, ekoloho-melioratyvnyi stan ta rodiuchist [Flooding Soils of the Irpin River Basin: profile characteristics, ecological and mellioratic state and fertility] *Materials VIII International scientific-practical. conf. On the occasion of the 10th anniversary of training professionals-ecologists at “Podillia State University” Modern problems of balanced nature management*, November 28-29, 2013, Kamianets Podilskyi, 2013. P.125-128. (in Ukrainian) [Ладика М.М., Корх А.В., Скрипник В.В., Рабчевський С.П. (2013) Заплавні ґрунти басейну р. Ірпінь: профільна характеристика, еколого-меліоративний стан та родючість // *Матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди 10-ї річниці підготовки професіоналів-екологів у ПДАТУ “Сучасні проблеми збалансованого природокористування”*, 28-29 листопада 2013, м. Кам'янець-Подільський, 2013. С.125-128]
- Postanova KМУ vid 15.02.2002 № 160 (2002) “Pro zatverdzhennia Kompleksnoi prohramy likvidatsii naslidkiv pidtoplennia terytorii v mistakh ta selyshchakh Ukrainy” [About approval of a Comprehensive Program of elimination of consequences of flooding of territories in cities and towns of Ukraine] Cabinet of Ministers of Ukraine, Resolution (in Ukrainian) [Постанова КМУ від 15.02.2002 № 160]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>
- Postanova KМУ vid 29.04.2004 № 545 (2004) “Pro zatverdzhennia Derzhavnoi prohramy zapobihannia i borotby z pidtoplenniam zemel”.[About approval of the State Program for Prevention and Combating Lands Flooding] Cabinet of Ministers of Ukraine, Resolution (in Ukrainian). [Постанова КМУ від 29.04.2004 № 545 (2004) “Про затвердження Державної програми запобігання і боротьби з підтопленням земель” URL: <https://zakon.rada.gov.ua/>
- Pysanko Ya. I. (2018) Ekolohichne prohnozuvannia stanu rozvytku tekhnogenno-zminenoї hyrlovoi dilianky richky Irpin. [Environmental forecasting of the development of Technogenically transformed mouth of the Irpin river]. *Visnyk KrNU imeni Mykhaila Ostrohradskoho*. Vypusk 4/2018 (111). P. 109-114. (in Ukrainian) [Писаренко Я.І. (2018) Екологічне прогнозування стану розвитку техногенно-зміненої гирлової ділянки річки Ірпінь. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. Випуск 4/2018 (111). С. 109-114.] DOI: 10.30929/1995-0519.2018.4.109-114
- Udod V.M., Madzhd S.M., Kulynych Ya.I.(2017) Doslidzhennia prychnyn ta naslidkiv transformatsii tekhnogenno zminenykh vodnykh system. [Investigation of the Causes and Consequences Transformation of Technogenically Changed Water Systems] Scientific works: *Magazine of Chernomore. Nat. Univ. Peter Mohyly*. 2017. Issue 277. Volume 289. P.10-16. (in Ukrainian) [Удод В.М., Маджд С.М., Кулинич Я.І. (2017) Дослідження причин та наслідків трансформації техногенно змінених водних систем. Наукові праці : *Журнал Чорномор. нац. ун-т ім. Петра Могили*. Випуск 277. Том 289. С. 10-16.]

# Оцінка екосистемних послуг зі зниження рівнів пилового забруднення атмосферного повітря міста вздовж автошляхів

Наталія Корогода , Юлія Яценко 

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64/13, Київ, 01601, Україна

## Реферат

Забруднення атмосферного повітря твердими частинками  $TC_{10}$ ,  $TC_{2.5}$  є одним з аспектів, що визначає якість довкілля в містах. Загальною тенденцією сьогодні є збільшення частки пилу від автошляхів серед антропогенних джерел забруднення. Видалення пилу з атмосферного повітря є однією з екосистемних послуг (ЕП), що надають міські зелені зони (МЗЗ). Наразі бракує методів та технологій, за якими було б легко визначити обсяги ЕП як конкретної МЗЗ, так і всієї міської синьо-зеленої інфраструктури (СЗІ). Метою роботи є розробка методики оцінки ЕП по зниженню рівнів пилового забруднення атмосферного повітря міста вздовж автошляхів. При оцінці слід зважати на стан МЗЗ та їх ефективність у очищенні повітря. Провідними факторами, які обумовлюють відмінності в показниках ЕП, є потужність джерела емісії, особливості перерозподілу ТЧ в повітрі, характеристики зеленої зони. Тому, алгоритм оцінки обсягів ЕП полягає у встановленні: параметрів первинного поля забруднення  $TC_{2.5}$  та  $TC_{10}$ ; ефективності МЗЗ у зниженні забруднення; обсягів ЕП з очищення повітря від пилу. Основним методом дослідження є геоінформаційне моделювання, зокрема процесів розсіювання домішок в атмосфері (на основі LEDI). Вихідними матеріалами є: межі МЗЗ та автошляхів, що були вилучені з бази даних OpenStreetMap; продукт ESA WorldCover 2020 та Copernicus Land Cover, з яких було отримано якісні характеристики МЗЗ; дані аерологічного зондування Вайомінгського університету. В роботі було сформовано базу геоданих (БД). Розрахунковими показниками, що увійшли до БД, є середньорічні значення кількості  $TC_{10}$  та  $TC_{2.5}$ , які надходять від автошляхів, метеорологічні параметри їх перерозподілу та коефіцієнт очищення повітря від пилу ( $I_{dust\ cleaning}$ ). Було визначено: характеристики первинного поля забруднення –  $Cont_{pm10}$ ,  $Cont_{pm2.5}$  та ефективність виконання функції по зниженню пилового забруднення МЗЗ –  $E_{dust\ cleaning(2.5)}$ ,  $E_{dust\ cleaning(10)}$ . Нормування значень ефективності за шкалою бажаності Харрінгтона дозволило обрахувати обсяги ЕП очищення міського повітря від пилу  $ES_{dust\ cleaning}$ . Таке оцінювання може стати інструментом у прийнятті містопланувальних рішень, адже дозволяє ідентифікувати МЗЗ, що потребують першочергових дій щодо покращення своїх можливостей у очищенні повітря від пилу.

## Ключові слова

Міські зелені зони, тверді частки  $TC_{2.5}$ ,  $TC_{10}$ , очищення повітря

Надійшла до редакції: 19 липня 2023 / Прийнята: 1 вересня 2023 / Опублікована онлайн: 30 листопада 2023

## Assessment of ecosystem services to reduce the level of dust pollution in the urban air along roads

Nataliia Korohoda, Yuliia Yatsenko

Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13, Volodymyrska St, Kyiv, 01601, Ukraine

## Abstract

Air pollution by particulate matter  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  is one of the aspects that determines the quality of the environment in cities. The general trend today is an increase in the share of road dust among anthropogenic sources of pollution. Removing dust from the air is one of the ecosystem services (ES) provided by urban green spaces (UGS). Currently, there is a lack of methods and technologies that would make it easy to determine the volume of ES both for a particular UGS and for the entire urban blue-green infrastructure (UGBI). The goal of the study is to develop a methodology for assessing of ES in reducing the levels of dust pollution in the city's atmospheric air along roads. The assessment should take into account the condition of UGS and their effectiveness in air purification. The main factors that determine the differences in ES indicators are the power of the emission source, the specific features of PM redistribution in the air, and the characteristics of the green space. Therefore, the algorithm for assessing the volume of ES is to establish: the parameters of the primary pollution field  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$ ; the effectiveness of the UGS in reducing pollution; and the volume of ES for air purification from dust. The main research method is geoinformation modelling, in particular, the processes of atmospheric dispersion of pollutants (based on LEDI). The source materials are: the boundaries of the UGS and roads extracted from the OpenStreetMap database; ESA WorldCover 2020 and Copernicus Land Cover, from which the qualitative characteristics of the UGS were obtained; aerological sounding data (University of Wyoming). A geodatabase was created in the study. The calculated indicators included in the database are the average annual values of  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  coming from roads, meteorological parameters of their redistribution, and the coefficient of air purification from dust ( $I_{dust\ cleaning}$ ). The characteristics of the primary pollution field –  $Cont_{pm10}$ ,  $Cont_{pm2.5}$  and the efficiency of the function of reducing dust pollution of the UGS –  $E_{dust\ cleaning(2.5)}$ ,  $E_{dust\ cleaning(10)}$  were determined. Normalisation of efficiency values according to the Harrington desirability scale allowed us to calculate the volumes of the ES of cleaning urban air from dust ( $ES_{dust\ cleaning}$ ). This assessment can become a tool for urban planning decisions, as it allows to identify the UGS that require priority actions to improve their dust removal capabilities.

## Keywords

Urban green spaces, particulate matter  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , air purification

Received: 19 July 2023 / Accepted: 1 September 2023 / Published online: 30 November 2023

## Corresponding author:

Nataliia Korohoda, Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13, Volodymyrska St, Kyiv, 01601, Ukraine  
Email: nkorogoda@knu.ua

© 2023 The Authors. Published by Taras Shevchenko National University of Kyiv. This is an open-access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. Вступ

За даними ООН прогнозується, що міське населення до 2050 року сягне 68 % (UN, 2019). Забруднення атмосферного повітря, зокрема накопичення в ньому твердих частинок ( $\text{TЧ}_{10}$ ,  $\text{TЧ}_{2,5}$ ), є одним з аспектів, що визначає якість довкілля в місті (Haynes et al., 2020). Загальною тенденцією на сьогодні є збільшення частки пилу від автошляхів серед антропогенних джерел забруднення (Dang et al., 2022; Erkebaev et al., 2021; Dai et al., 2015). Цьому сприяє збільшення автопарку, вузькі дороги, їх погана геометрія, затори тощо (Erkebaev et al., 2021). Дослідження, проведені в 529 містах 51 країни показали, що викиди транспортних засобів спричиняють 25 % концентрацій  $\text{TЧ}_{10}$ , у той час як промисловість – 18 %; викиди від транспортних засобів  $\text{TЧ}_{2,5}$  – 25 %, а спалювання побутового палива – 20 % від загального обсягу у містах (Ferrini et al., 2020).

Загострення респіраторних симптомів, погіршення функції легень та поширеність артеріальної гіпертензії корелює з довготривалим впливом забруднення повітря, пов'язаного з транспортним рухом (HEI, 2010; Dang et al., 2022). За даними ВООЗ, якщо знизити рівні  $\text{TЧ}_{2,5}$ , передчасної смертності можна було б уникнути у 45-50 випадках на 100 000 осіб (Junior et al., 2022).

Видалення пилу з атмосферного повітря є однією з важливих екосистемних послуг (ЕП), що надають міські зелені зони (МЗЗ), зокрема придорожні рослини можуть ефективно зменшити кількість твердих частинок від дорожнього руху (Zheng et al., 2021). Так, 1 м<sup>2</sup> листя дерев може поглинати 70 мг ТЧ на рік (Ozdemir, 2019). І, хоча здатність рослин до утримання ТЧ змінюється залежно від сезону: найменше – навесні (6,89 г/м<sup>2</sup>) (Dai et al., 2015), все одно, за даними (Maher et al., 2013), концентрація ТЧ зменшується на 50 % у будинках, захищених придорожніми рослинами, а у (Jeanjean et al., 2015) зазначається, що використання “зелених стін” у вуличних каньйонах може зменшити концентрацію  $\text{PM}_{10}$  на 60 %.

На сьогодні існує значна кількість публікацій, присвячених очищенню повітря від пилу рослинами. В основному, це дослідження у яких оцінювалась ефективність фільтрації забруднюючих речовин окремими видами, висадженими у окремих зелених зонах (Dang et al., 2022; Hrotkó et al., 2021; Erkebaev et al., 2021). Також цікавими є роботи з моделювання розподілу ТЧ навколо транспортного засобу (Tong et al., 2011) та при різноманітних метеорологічних умовах (Ketzl et al., 2007).

Приведені вище дані (проблеми пов'язані із запиленістю міського середовища, вплив автотранспорту на рівень запиленості у більшості міст та суттєвий науковий доробок щодо визначення механізмів забезпечення ЕП з очищення міського повітря) визначають актуальність роботи. Проаналізувавши наявні дослідження, нами було виявлено, що більшість з них зосереджено на аналізі впливу на очищення міського повітря в окремих зелених зонах за даними польових вимірювань, але ці дослідження нехтували

закономірностями розподілу та перерозподілу пилу в масштабі всього міста (Wu et al., 2020). Крім того, наразі бракує методів та технологій, які були б простими у використанні (Rossi et al., 2022) та такими, за якими легко визначати обсяги ЕП як конкретної зеленої зони, так і всієї синьо-зеленої інфраструктури (СЗІ) міста. Таким чином, розробка методики оцінки екосистемних послуг по зниженню рівнів пилового забруднення атмосферного повітря міста, що надаються міськими зеленими зонами, зі зниження рівня пилового забруднення атмосферного повітря вздовж автошляхів, що може допомогти у прийнятті містопланувальних рішень задля покращення якості міського довкілля є головною метою даної роботи. Оцінка має базуватись на доступних даних, зокрема відкритих даних дистанційного зондування. Причому слід зосередити увагу саме на стані зелених зон та їх ефективності у виконанні функції по очищенню повітря. Саме це створить об'єктивну картину щодо обсягів надання послуги. Крім того, нами вбачається за доцільне використовувати дану послугу як одну з тих, що визначатимуть загальний потенціал міських зелених зон в інтегральній оцінці екосистемних послуг.

## 2. Матеріали і методи

При розробці методики та підборі вихідних матеріалів дослідження початково необхідно визначити перелік індикаторів, у відповідності до яких слід оцінювати стан зелених зон щодо виконання ними функції по очищенню повітря. Очищення атмосферного повітря від пилу залежить від кількох факторів: фоновий рівень забруднення території ТЧ (фонові об'ємні концентрації ТЧ у повітрі), що обумовлено характеристиками джерел емісії; перерозподіл ТЧ в повітрі, що визначаються метеорологічними умовами; кількісні та якісні параметри самої зеленої зони, що характеризують ефективність очищення.

Перший з названих аспектів – потужність джерела емісії, залежить від структури та інтенсивності транспортного потоку, типу дорожнього покриття тощо. Інтенсивність транспортного потоку визначає кількість викидів твердих частинок, пов'язаних як з вихлопними газами та зі зношенням гальм, шин, власне доріг тощо.

Другий з названих індикаторів – особливості перерозподілу ТЧ в повітрі. Попередні дослідження показали, що нерівномірний розподіл концентрації ТЧ спричиняється метеорологічними умовами. Швидкість та напрямок вітру, сонячна радіація, кількість опадів, вологість повітря, температурні інверсії тощо, впливають на процеси хімічного перетворення, дифузії та дисперсії ТЧ. Було проведено численні дослідження, які фіксують вплив різних метеорологічних умов на концентрацію  $\text{PM}_{10}$  у різних європейських регіонах, особливо в містах. Швидкість вітру, опади та висота шару змішування є метеорологічними чинниками, які найбільше впливають на приземні концентрації  $\text{PM}_{10}$  у містах.  $\text{PM}_{10}$  концентрується в атмосфері при низькій

швидкості вітру або в ситуаціях штилю. Відсутність опадів і низькі значення висоти шару змішування призводять до порівняно високих рівнів приземних концентрацій  $PM_{10}$ , особливо взимку. У 60 % випадків концентрації  $PM_{10}$  негативно корелюють із середньою та максимальною швидкістю вітру та кількістю опадів. Сстійка температурна стратифікація сприяє високим концентраціям  $PM_{10}$  в атмосфері (Lazurca, 2015). Хмарні дні є найбільш сприятливими для перевищення максимального порогового значення  $PM_{10}$ .

Третій аспект – параметри самої зеленої зони. Ефективність видалення пилу з атмосфери залежить від декількох факторів. По-перше – це площа зелених насаджень. Другий фактор, що впливає на процес осадження, є архітектура зеленої зони. Вона спричиняє утворення вихорів і повітряних потоків, що високо корелюють з ефективністю осадження ТЧ на листі дерев. Більші та густіші дерева значно зменшують розсіювання ТЧ, тоді як вплив невеликих і рідких насаджень є обмеженим. Третій фактор – це вид рослин. Кількість іммобілізованих ТЧ залежить від таких ознак виду, як мікроморфологія поверхні (шорсткість) та розмір поверхні листя (Chaudhary & Rathore, 2019). Відмінності в уловлюванні ТЧ між різними видами можуть сягати 10–20 разів (Pugh et al., 2012). Результати досліджень (Chen et al., 2015; He et al., 1992) показали, що рослини з опушеною поверхнею листя, великою шорсткістю, великою щільністю продохів і розкриттям мають кращий пилотатримувальний ефект. Хвоя або голкоподібне листя хвойних дерев часто є більш ефективними в накопиченні ТЧ, ніж листяних, особливо взимку, коли концентрація забруднення є найвищою. Втім й трав'яниста рослинність також знерухомлює значну кількість забруднювачів повітря.

Основним методом дослідження стало геоінформаційне моделювання, зокрема моделювання процесів розсіювання домішок в атмосфері, на основі моделі LEDI (Talerko et al., 2010). Лагранжево-ейлерова дифузійна модель переносу домішки в атмосфері LEDI розроблена для розрахунків перенесення домішки на відстані до 1000 км від газоаерозольного джерела з ефективною висотою викиду від 0 до 1500 м для різних його типів з урахуванням тривалості викиду (залповий, кінцевого часу дії, безперервний). У моделі використовується поєднання лагранжевого та ейлерового методів до опису переносу домішки у граничному шарі атмосфери (ГША). Такий підхід дозволяє фізично коректно врахувати основні фактори, що визначають перенесення домішки. Тривимірне завдання розрахунку поширення домішки в атмосфері розбивається на три стадії: 1) обчислення горизонтальної траєкторії розповсюдження домішки на основі лагранжевого методу; 2) розрахунки вертикального профілю концентрації домішки у вузлах горизонтальної траєкторії, що виконуються за допомогою одновимірного напівемпіричного рівняння турбулентної дифузії; 3) розподіл домішки в поперечному напрямку вважається нормальним з дисперсією координат, що є сумою вкладів горизонтальної турбулентної дифузії і розширення

струменя домішки з урахуванням взаємодії повороту вітру з турбулентністю в ГША. Модель враховує: а) нестационарність (внаслідок добового ходу характеристик ГША чи змін погоди) та просторову неоднорідність метеорологічних характеристик атмосфери; б) різні типи джерела за тривалістю викиду, фазовим складом (газовий, аерозольний); в) горизонтальну неоднорідність підстильної поверхні (рельєф, різний тип шорсткості).

При реалізації моделі LEDI у якості вихідної метеорологічної інформації можуть використовуватися дані вимірювань значень полів швидкості та напрямку вітру, температури повітря в нижньому шарі атмосфери в межах ГША (до 1,5–2 км), а саме результати радіозондування атмосфери. Нами використовувались дані аерологічного зондування Вайомінгського університету (Aerological Sounding Data, 2023).

Вихідними матеріалами стали також: межі МЗЗ та джерел емісії (автошляхів), що були вилучені з бази даних OpenStreetMap (OpenStreetMap, 2022); дані про рослинний покрив, вилучені з продукту ESA WorldCover 2020, який надає глобальну карту земного покриву на 2020 рік з роздільною здатністю 10 м на основі даних Sentinel-1 і Sentinel-2 (Zanaga et al., 2021) та Copernicus Land Cover, колекція 3, епоха 2019 року, що надає щорічний динамічний глобальний продукт Land Cover з просторовою роздільною здатністю 100 м (Buchhorn et al., 2020).

### 3. Результати

Методика оцінки обсягів ЕП з очищення повітря від пилу базується на визначенні ефективності виконання функції та технологічно полягає у створенні бази геоданих (БД) про формування забруднення повітря пилом від автошляхів та рівнів його зниження наявною СЗІ міста.

Алгоритм оцінки обсягів надання екосистемної послуги полягає у послідовному виконанні наступних завдань.

1. Встановити первинне поле забруднення від автошляхів з різною інтенсивністю транспортного потоку.

2. Визначити ефективність виконання функції по зниженню пилового забруднення від автошляхів, що виконують зелені зони залежно від їх актуального стану.

3. Перевести значення ефективності виконання функції у обсяги екосистемної послуги очищення міського повітря від пилу.

4. Обрахувати обсяги екосистемної послуги.

Тому першочерговим завданням, що було реалізовано, стало формування БД про зелені зони. Відповідно до наведених вище індикаторів у якості атрибутів до БД були введені розрахункові параметри та створено низку тематичних шарів: “Зелені зони”, “Рослинний покрив”, “Джерела емісії”, “Атмосферні характеристики”.

Середньорічні значення кількості  $TЧ_{10}$  та  $TЧ_{2,5}$  від автошляхів, що оточують зелену зону, стали атрибутами



у відповідності до критерію, що визначає потужність джерела емісії. Так, у тематичному шарі “Джерела емісії” відповідно до швидкісного режиму та кількості автомобілів у потоці було присвоєно всім автошляхам розрахункові значення кількості  $TЧ_{2,5}$  та  $TЧ_{10}$ , що продукує транспортний потік на 100 м автошляху (табл. 1).

Відповідно до індикаторів, що визначають особливості перерозподілу ТЧ в повітрі та впливають на формування первинного поля забруднення, до тематичного шару “Атмосферні характеристики” було додано розрахункові параметри: швидкість та напрямок вітру, температура повітря, атмосферний тиск (на висотах основних баричних поверхонь в межах ГША), кількість та інтенсивність опадів, висота граничного шару атмосфери (Aerological Sounding Data, 2023).

У тематичному шарі “Рослинний покрив” відповідно до якісних характеристик покриву (деревна хвойна, деревна листяна, трав’яний покрив тощо) було додано атрибут  $I_{dust\ cleaning}$  (табл. 2). Він є тим розрахунковим параметром, що можна ідентифікувати за даними дистанційного знімання (Zanaga et al., 2021; Buchhorn et al., 2020).  $I_{dust\ cleaning}$  дозволяє встановити “обсяг” уловлювання ТЧ кожною зеленою зоною, залежно від її якісних характеристик, тому він є необхідним в оцінці реального рівня очищення повітря від пилу, а отже і обсягу надання відповідної послуги.

На основі оверлейних операцій з шарами “Джерела емісії” та “Атмосферні характеристики”, а також використання моделі атмосферного переносу LEDI, було виконано перше з поставлених завдань – визначено первинне поле забруднення. У моделюванні було враховано обидві групи розрахункових параметрів (потужність джерела емісії та метеорологічні умови території, що впливають на перерозподіл ТЧ у повітрі). Це дозволило в кожній точці встановити концентрації  $TЧ_{2,5}$  та  $TЧ_{10}$  у повітрі від автошляхів з різною інтенсивністю транспортного потоку – атрибути “ $Cont_{pm10}$ ”, “ $Cont_{pm2.5}$ ” (мкг/м<sup>3</sup>), тобто умови, в яких власне зелена зона і виконує свою функцію по очищенню повітря від пилу. На рис. 1 наведено приклад розповсюдження ТЧ в повітрі від 100-метрового відтинку автошляху. Загалом же, для визначення загального рівня запиленості в зеленій зоні всі поля від прилеглих автошляхів сумуються.

Виконання другого завдання – визначення ефективності зелених зон, базується на тому, що характеристики самих зелених зон обумовлюють їх неоднакові можливості щодо зниження рівня запиленості атмосферного повітря. Ефективність у виконанні функції слід розраховувати так, щоб стало можливим відобразити через неї обсяги ЕП, що їх надає зелена зона. Для цього слід зважати на силу антропогенного тиску (початковий рівень запиленості атмосферного повітря) та потенціал зеленої зони у його зниженні. Таке врахування двох аспектів повністю описує сторону пропозиції ЕП. Сторону ж попиту слід враховувати, зважаючи на безпечні рівні запиленості, що не створюють

додаткових ризиків для здоров’я містян. Тобто, значення ефективності має відбивати наскільки безпечним є перебування у зеленій зоні при реалізації її потенціалу та різних рівнів антропогенного навантаження.

Визначення характеристик зеленої зони, що впливають на її потенціал в очищенні від пилу, було проведено на основі оверлейних операцій між шарами “Зелені зони”, “Рослинний покрив”. Для цього:

– *по-перше*, на основі (OpenStreetMap, 2022) було типізовано зелені зони за їхніми просторовими характеристиками та характером посадки (5 типів відповідно до табл. 2: смуга з деревною рослинністю, ліс, парк, луки (стеги), газони).

**Таблиця 1.** Середньорічні значення кількості  $TЧ_{10}$  та  $TЧ_{2,5}$  відповідно до категорії доріг, як показник потужності джерела емісії.

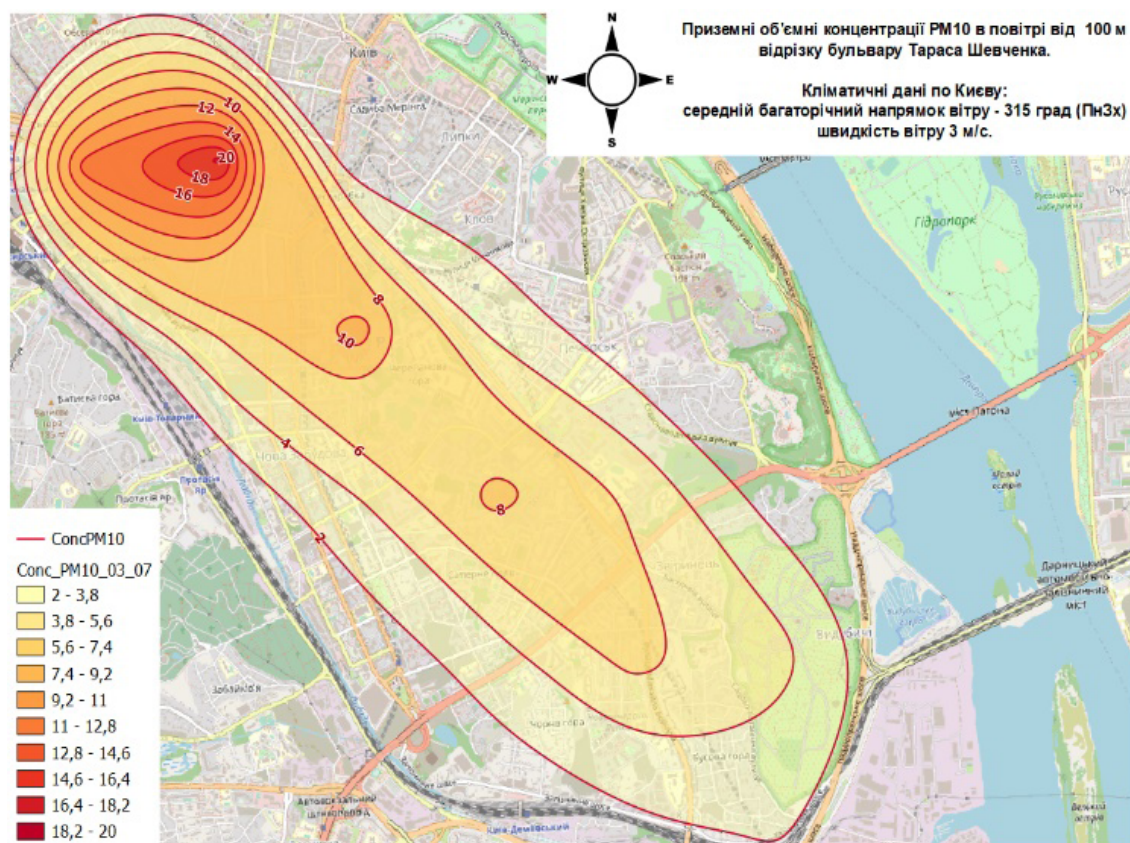
**Table 1.** Average annual values of  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  by road category as an indicator of emission source power.

Категорії доріг	Кількість авто/год	Швидкість потоку км/год	$TЧ_{10}$ мг/100 м	$TЧ_{2,5}$ мг/100 м
Житлові вулиці (зовнішньоквартальні дороги)	500-1000	39	152	33
Магістральні вулиці та дороги районного та загальноміського значення регульованого руху	1000-2000	45	156	48
Магістральні вулиці та дороги загальноміського та районного значення безперервного руху	Більше 2000	55	158	54

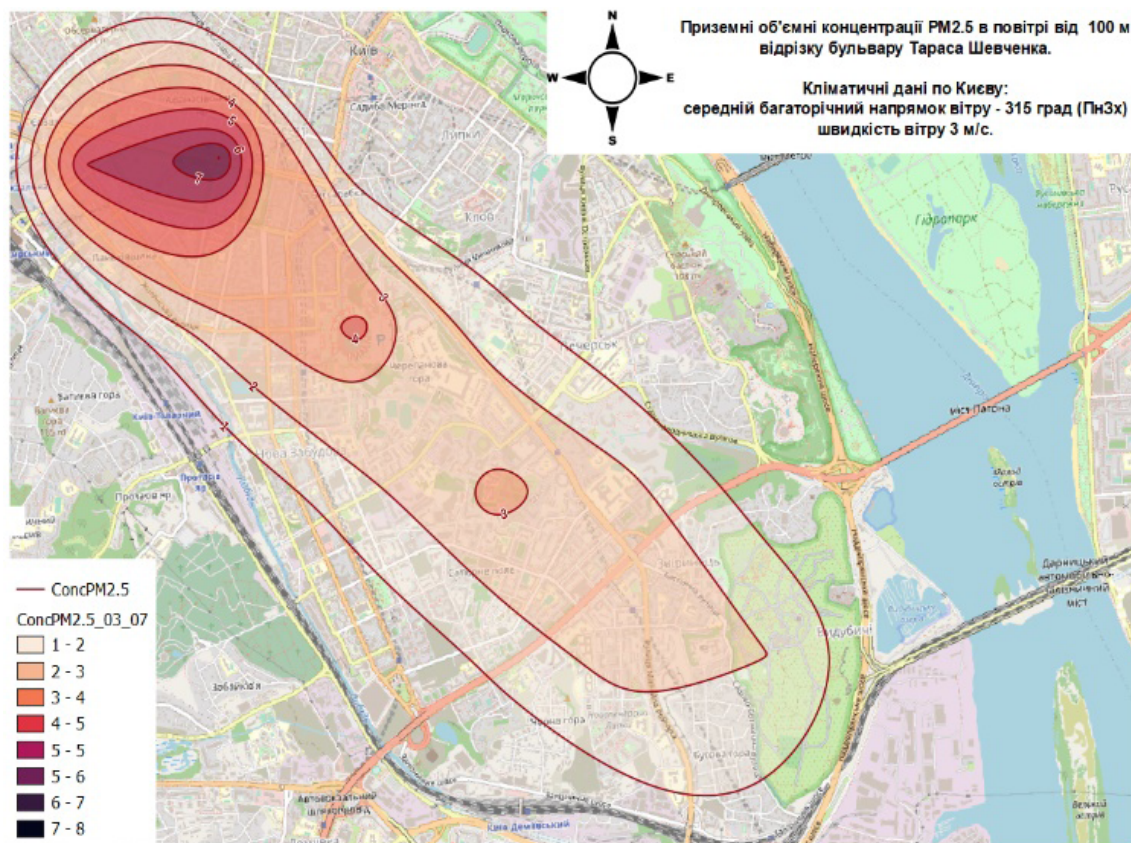
**Таблиця 2.** Коефіцієнт очищення повітря від пилу ( $I_{dust\ cleaning}$ ), відповідно до типу рослинності.

**Table 2.** Air dust cleaning coefficient ( $I_{dust\ cleaning}$ ), according to vegetation type.

Тип насаджень	$I_{dust\ cleaning}$
Смуга розріджена деревна рослинність	0,9
Ліс та лісопарк (листяна деревна рослинність)	0,565
Парк (листяна деревна рослинність)	0,7
Ліс та лісопарк (хвойна деревна рослинність)	0,58
Степова чи лучна природна рослинність	0,65
Газон	0,964



а (a)



б (b)

**Рис. 1.** Приклад реалізації виконання 1-го кроку методики – візуалізація первинного поля забруднення  $TЧ_{10}$  (а) та  $TЧ_{2,5}$  (б).  
**Fig. 1.** An example of the implementation of step 1 of the methodology – visualisation of the primary contamination field of  $PM_{10}$  (a) and  $PM_{2.5}$  (b).

– по-друге, передано з шару “Рослинний покрив” атрибут  $I_{dust\_cleaning}$ . Якщо зелена зона має строкату структуру рослинного покриву, то для збільшення об’єктивності оцінки було визначено частку площі, що займає той чи інший тип рослинності та обраховано середньозважений за площами коефіцієнт очищення повітря від пилу в зеленій зоні  $I_{dust\_cleaning(g\_a)}$  (1).

$$I_{dust\_cleaning(g\_a)} = \sum I_{dust\_cleaning(i)} * P_i \quad (1)$$

де  $I_{dust\_cleaning(g\_a)}$  – коефіцієнт очищення повітря від пилу в зеленій зоні,  $I_{dust\_cleaning(i)}$  – коефіцієнт очищення повітря від пилу  $i$ -того типу рослинності,  $P_i$  – частка площі  $i$ -го типу рослинності у зеленій зоні.

Показник  $I_{dust\_cleaning(g\_a)}$  відображає потенціал зеленої зони до виконання функції зниження запиленості, з огляду на головні параметри – тип рослинності та частку площі, що він займає у зеленій зоні та дозволяє обрахувати “залишковий” рівень запиленості в ній ( $Dust\_cleaning$ ). Цей показник слід розраховувати за формулами (2, 3) як добуток початкових рівнів забруднення  $Cont_{pm10}$ ,  $Cont_{pm2.5}$  і коефіцієнта очищення повітря від пилу  $I_{dust\_cleaning(g\_a)}$ . В такому разі враховуються й початковий рівень забруднення та всі характеристики зеленої зони, що головню впливають на її ефективність у зниженні запиленості.

$$Dust\_cleaning_{(2.5)} = Cont_{pm2.5} * I_{dust\_cleaning(g\_a)} \quad (2)$$

$$Dust\_cleaning_{(10)} = Cont_{pm10} * I_{dust\_cleaning(g\_a)} \quad (3)$$

де,  $Dust\_cleaning_{(2.5)}$ ,  $Dust\_cleaning_{(10)}$  – “залишковий” рівень  $TЧ_{2.5}$  та  $TЧ_{10}$  в зеленій зоні,  $Cont_{pm2.5}$ ,  $Cont_{pm10}$  – первинне поле забруднення в межах зеленої зони  $TЧ_{2.5}$  та  $TЧ_{10}$ ,  $I_{dust\_cleaning(g\_a)}$  – коефіцієнт очищення повітря від пилу в зеленій зоні.

Оскільки санітарними нормами в Україні наразі не лімітовані середньодобові значення концентрацій  $TЧ_{10}$  та  $TЧ_{2.5}$ , то ми скористаємось міжнародними гігієнічними

нормами якості повітря, де зазначено, що гранично-допустимі хронічні концентрації складають 20 і 10 мкг/м<sup>3</sup> для  $TЧ_{10}$  і  $TЧ_{2.5}$  відповідно (Horne et al., 2018; Jiang et al., 2016; Annesi-Maesano, 2019).

Розрахунок ефективності ( $E_{dust\_cleaning}$ ) визначається як різниця між “залишковим” рівнем запиленості атмосферного повітря в зеленій зоні та санітарними нормами (4, 5).

$$E_{dust\_cleaning(2.5)} = Dust\_cleaning_{(2.5)} - 10 \quad (4)$$

$$E_{dust\_cleaning(10)} = Dust\_cleaning_{(10)} - 20 \quad (5)$$

де  $E_{dust\_cleaning(2.5)}$ ,  $E_{dust\_cleaning(10)}$  – ефективність зеленої зони в очищенні повітря від  $TЧ_{2.5}$  та  $TЧ_{10}$ ,  $Dust\_cleaning_{(2.5)}$ ,  $Dust\_cleaning_{(10)}$  – “залишковий” рівень  $TЧ_{2.5}$  та  $TЧ_{10}$  в зеленій зоні.

Зрозуміло, що зелена зона з високим потенціалом та низькими рівнями антропогенного тиску здатна знизити концентрації ТЧ до нижчих за визначені санітарними нормами, тобто показники  $E_{dust\_cleaning(2.5)}$ ,  $E_{dust\_cleaning(10)}$  можуть мати й від’ємне значення, тому на виконання третього завдання слід було перевести значення  $E_{dust\_cleaning(2.5)}$ ,  $E_{dust\_cleaning(10)}$  у обсяги екосистемної послуги з очищення міського повітря від пилу ( $ES_{dust\_cleaning}$ ) (рис. 2).

Виконання третього завдання – нормування показників ефективності для оцінки обсягів надання екосистемної послуги, відбувалось на основі функції бажаності Харрінгтона. Доцільність її використання вказувалась у попередніх роботах (Korohoda et al., 2022; Korohoda, 2022). Особливість даної методики у тому, що за 0 правлять найкращі характеристики зеленої зони (максимальні обсяги послуги), а за 1 – найгірші, тобто ми скористалися спадною функцією, у якій при зниженні показника за функцією бажаності Харрінгтона якість об’єкта зростає.

Переведення розрахункових показників відбувається на основі того, що всі невід’ємні вимірні значення діляться на 5 діапазонів (табл. 3). Таким чином, всі зелені

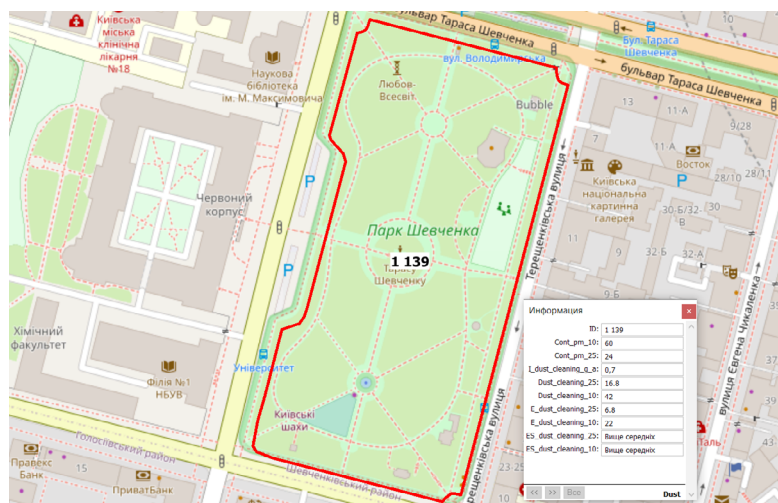


Рис. 2. Інформація з бази даних про зелену зону щодо екосистемних послуг по зниженню рівнів пилового забруднення атмосферного повітря міста від автошляхів.

Fig. 2. Information from the green zone database about ecosystem services to reduce dust pollution in the city’s air from roads.

**Таблиця 3.** Обсяги екосистемних послуг по зниженню рівнів пилового забруднення атмосферного повітря міста від автошляхів.  
**Table 3.** Volumes of ecosystem services to reduce levels of dust pollution in the city's air from roads.

Діапазон значень відповідно до шкали бажаності Харрінгтона	Обсяги послуги $ES_{dust\_cleaning}$
[0-20)	Максимальні
[20-37)	Вище середніх
[37-63)	Середні
[63-80)	Нижче середніх
[80-100]	Мінімальні

зони, зважаючи на їхній стан та рівні антропогенного навантаження, які здатні знижувати початкові рівні запиленості до безпечних або близьких до них показників, надаватимуть послуги в максимальних обсягах (зрозуміло, що всі зелені зони, розрахункові показники ефективності яких мають від'ємні значення, слід віднести до тих, що надають максимальні обсяги ЕП).

Таким чином, на основі показників ефективності виконання функції по зниженню рівнів запиленості (формули 4, 5) та функції бажаності Харрінгтона (табл. 3) стає можливим визначення обсягів надання ЕП з очищення міського повітря від пилу (рис. 2), що і є необхідним у реалізації методики як виконання четвертого завдання.

#### 4. Обговорення

У роботі було визначено, що провідними факторами, які обумовлюють відмінності в показниках ЕП з очищення міського повітря від  $ТЧ_{2,5}$  та  $ТЧ_{10}$  у зелених зонах, є потужність джерела емісії, що залежить від структури та інтенсивності транспортного потоку; особливості перерозподілу ТЧ в повітрі, що обумовлюється метеорологічними параметрами; характеристики зеленої зони, передусім, її метричні параметри та тип рослинного покриву, що визначають її потенціал в очищенні повітря від ТЧ. Дані показники характеризують, з одного боку, природні та антропогенні умови, в яких функціонують зелені зони, а з іншого – дозволяють визначити ефективність виконання функції по очищенню повітря від ТЧ.

Початковий рівень забруднення розраховується за показниками, які характеризують потужність джерела емісії  $Cont_{pm10}$ ,  $Cont_{pm2.5}$ . Визначати початковий рівень забруднення слід зважаючи на середньорічні

значення емісії ТЧ відповідно до категорій доріг та з урахуванням атмосферного перерозподілу домішок в межах граничного шару. Розрахунок початкових рівнів забруднення може відбуватись за допомогою моделі LEDI як такої, що використовує у якості вихідної метеорологічної інформації легкодоступні дані та є швидкою в реалізації розрахунків.

Метричні та якісні характеристики зеленої зони обумовлюють її потенціал до зниження рівня запиленості атмосфери  $I_{dust\_cleaning}$ , що дозволяє визначити як “залишковий” рівень  $ТЧ_{2,5}$  та  $ТЧ_{10}$  в зеленій зоні  $Dust\_cleaning_{(2,5)}$ ,  $Dust\_cleaning_{(10)}$ , так і її ефективність у виконанні функції  $E_{dust\_cleaning}$ . Ефективними у виконанні функції ми вважаємо ті зелені зони, які здатні знижувати вміст пилу в повітрі до рівнів, що визначають безпечне середовище для людини.

Показники ефективності на основі функції бажаності Харрінгтона дозволяють обрахувати обсяги надання ЕП з очищення міського повітря від пилу, що надходить від автошляхів ( $ES_{dust\_cleaning}$ ). Для цього доцільно використовувати спадну функцію бажаності Харрінгтона, у якій при зниженні показника за функцією якість об'єкта зростає. Таким чином, всі зелені зони, зважаючи на їхній стан та рівні антропогенного навантаження, які здатні знижувати початкові рівні запиленості до безпечних або близьких до них показників, надаватимуть послуги в максимальних обсягах. До таких же слід відносити й ті зелені зони, що за формулами 4, 5 отримали від'ємні значення показника ефективності, тобто знижують запиленість повітря до рівнів, нижчих за санітарні норми.

#### 5. Висновки

Відповідно до загальної мети в роботі було розроблено методику оцінки екосистемних послуг, що надаються міськими зеленими зонами, зі зниження рівня пилового забруднення атмосферного повітря вздовж автошляхів. Методика базується на визначенні ефективності виконання функції по очищенню міського повітря від  $ТЧ_{2,5}$  та  $ТЧ_{10}$ , яка залежить від початкового рівня забруднення та стану зеленої зони.

Відповідно до індикаторів, що визначались в роботі як провідні, було сформовано БД. Тематичними шарами стали шари “Зелені зони”, “Рослинний покрив”, “Джерела емісії”, “Атмосферні характеристики”. Розрахунковими показниками, що увійшли до БД у якості атрибутивної інформації, стали середньорічні значення кількості  $ТЧ_{10}$  та  $ТЧ_{2,5}$  від автошляхів, швидкість та напрямок вітру, температура повітря, атмосферний тиск (на висотах основних баричних поверхонь в межах ГША), кількість та інтенсивність опадів, висота граничного шару атмосфери та коефіцієнт очищення повітря від пилу ( $I_{dust\_cleaning}$ ), який обумовлюють тип рослинності та метричні параметри зеленої зони.

Дані параметри дозволили реалізувати методику оцінювання. За нею на основі оверлейних операцій в процесі ГІС-моделювання було кількісно визначено: характеристики первинного поля забруднення від


автошляхів з різною інтенсивністю транспортного потоку –  $Cont_{pm10}$ ,  $Cont_{pm2.5}$  та ефективність виконання функції по зниженню пилового забруднення від автошляхів, що виконують зелені зони  $E_{dust\_cleaning(2.5)}$ ,  $E_{dust\_cleaning(10)}$ . Реалізація таких кроків та нормування значень ефективності за шкалою бажаності Харрінгтона дозволили визначити обсяги екосистемної послуги очищення міського повітря від пилу  $ES_{dust\_cleaning}$ .


Таке оцінювання може стати корисним інструментом у прийнятті містопланувальних рішень, оскільки дозволяє ідентифікувати зелені зони, що потребують першочергових дій щодо покращення їхніх можливостей у очищенні повітря міста. Крім того, така методика може стати складовою в процесі оцінки загального обсягу ЕП, що надаються синьо-зеленою інфраструктурою міст. Адаптація методик з розрахунку окремих ЕП (при переведенні показників в унормовані величини) дозволяють уникнути труднощів в інтегральній оцінці.

## 6. Подяки

Робота виконувалась в рамках проекту “Технологія геоінформаційного оцінювання надання екосистемних послуг міськими зеленими зонами”, що фінансується за рахунок зовнішнього інструменту допомоги Європейського Союзу для виконання зобов’язань України у Рамковій програмі Європейського Союзу з наукових досліджень та інновацій “Горизонт 2020”.

## ORCID iD

Nataliia Korohoda  <https://orcid.org/0000-0003-1518-2997>

Yuliia Yatsenko  <https://orcid.org/0000-0003-3879-0848>

## Список посилань

- Aerological Sounding Data. *Department of Atmospheric Science. University of Wyoming.* (2023). <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>.
- Annesi-Maesano, I. (2019). Air Pollution and Chronic Obstructive Pulmonary Disease Exacerbations: When Prevention Becomes Feasible. *Am J Respir Crit Care Med.*, 199, (5), 547–563.
- Buchhorn, M., Smets, B., Bertels, L., De Roo, B., Lesiv, M., Tsendbazar, N-E., Herold, M., & Fritz S. (2020). *Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: collection 3: epoch 2019: Globe (V3.0.1)* [Data set]. Zenodo. doi:10.5281/zenodo.3939050.
- Chaudhary, I.J., Rathore, D. (2019). Dust pollution: Its removal and effect on foliage physiology of urban trees. *Sustain. Cities Soc.*, 51, 101696.
- Chen, X., Zhou, Z., Teng, M., Wang, P., Zhou, L. (2015). Accumulation of three different sizes of particulate matter on plant leaf surfaces: Effect on leaf traits. *Arch. Biol. Sci.*, 67, 1257–1267.
- Dai, Q.L., Bi, X.H., Wu, J.H., Zhang, Y.F., Wang, J., Xu, H., Yao, L., Jiao, L., Feng, Y.C. (2015). Characterization and source identification of heavy metals in ambient PM10 and PM2.5 in an integrated iron and steel industry zone compared with a background site. *Aerosol Air Qual. Res.*, 15, 875–887.
- Dang, N., Zhang, H., Li, H., Salam, M.M.A., Chen, G. (2022). Comprehensive Evaluation of Dust Retention and Metal Accumulation by the Leaves of Roadside Plants in Hangzhou among Seasons. *Forests*, 13(8),1290. doi:10.3390/f13081290
- Erkebaev, T., Attokurov, K., Sattarov, A., Shaimkulova, M., Orozaliev, N., Erkebaev, T., Topchubaeva, E., Kaparova, N., Abdullaeva, Z. (2021). Dust Retention Ability of Plants as a Factor Improving Environment Air. *American Journal of Plant Sciences*, 12, 187-198. doi: 10.4236/ajps.2021.122011.
- Ferrini, F., Fini, A., Mori, J., Gori, A. (2020). Role of Vegetation as a Mitigating Factor in the Urban Context. *Sustainability*, 12(10), 4247. doi:10.3390/su12104247
- Haynes, H.M., Taylor, K.G., Rothwell, J. et al. (2020). Characterisation of road-dust sediment in urban systems: a review of a global challenge. *J. Soils Sediments*, 20, 4194–4217. doi:10.1007/s11368-020-02804-y
- He, L., Liu, Y., Feng, C. (1992). *The dust capturing effects of urban green spaces. In Research on Greening Environmental Effects; Feng, C., Ed.; China Environmental Science Press: Beijing, China.* (In Chinese)
- Health Effects Institute (HEI). (2010). *Traffic-Related Air Pollution: A Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure and Health Effects; Panel on the Health Effects of Traffic-Related Air Pollution; Special Report 17; Health Effects Institute: Boston, MA, USA.*
- Horne, B.D., Joy, E.A., Hofmann, M.G. et al. (2018). Short-term elevation of fine particulate matter air pollution and acute lower respiratory infection. *Am J Respir Crit Care Med*, 198, 759–66.
- Hrotkó, K., Gyeveki, M., Sütöriné, D.M. et al. (2021). Foliar dust and heavy metal deposit on leaves of urban trees in Budapest (Hungary). *Environ Geochem Health*, 43, 1927–1940. doi:10.1007/s10653-020-00769-y
- Jeanjean, A.P.R., Hinchliffe, G., McMullan, W.A., Monks, P.S., Leigh, R.J. (2015). A CFD study on the effectiveness of trees to disperse road traffic emissions at a city scale. *Atmospheric Environment*, 120, 1-14. doi:10.1016/j.atmosenv.2015.08.003.
- Jiang, X-Q., Mei, X-D., Feng, D. (2016). Air pollution and chronic airway diseases: what should people know and do? *J Thorac Dis.*, 8., 31–40.
- Junior, D.P.M., Bueno, C., da Silva, C.M. (2022). The Effect of Urban Green Spaces on Reduction of Particulate Matter Concentration. *Bull Environ Contam Toxicol.*, 108(6), 1104-1110. doi: 10.1007/s00128-022-03460-3.
- Ketzel, M., Omstedt, G., Johansson, C., Düring, I., Pohjola, M., Oettl, D., Gidhagen, L., Wählin, P., Lohmeyer, A., Haakana, M., Berkowicz, R. (2007). Estimation and validation of PM2.5/PM10 exhaust and non-exhaust emission factors for practical street pollution modelling. *Atmospheric Environment*, 41 (40), 9370-9385. doi:10.1016/j.atmosenv.2007.09.005.
- Korohoda, N., Halahan, O., & Kovtoniuk, O. (2022, November). The use of GIS and Remote Sensing Data in Determining the Condition of Green Areas in Kyiv. *In 16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment* (Vol. 2022, No. 1, pp. 1-5). EAGE Publications BV. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580056>
- Korohoda, N. (2022). Otsinka ryzykiv vtraty ekosystemnoyi posluhy z rehulyuvannya eroziyi mis'kymy zelenymy zonamy [The risks assessment of loss of erosion control ecosystem services in urban green areas]. *Physical Geography and Geomorphology*, 45 (111-116), 49-57. [Корогода, Н. (2022). Оцінка ризиків втрати екосистемної послуги з регулювання ерозії міськими зеленими зонами. *Фізична географія та геоморфологія*, 45 (111-116), 49-57.] (in Ukrainian). doi:10.17721/phgg.2022.1-6.06

- Lazurca, L. G. (2015). The influence of meteorological conditions on PM10 concentrations in Suceava City (North – Eastern Romania). *Scientific Annals of Stefan cel Mare University of Suceava Geography Series*, 25(1). doi:10.4316/GEOREVIEW.2015.25.1.278
- Maher, B.A., Ahmed, I.A.M., Davison, B., Karloukovski, V., Clarke, R. (2013). Impact of roadside tree lines on indoor concentrations of traffic-derived particulate matter. *Environ. Sci. Technol.*, 47, 13737–13744.
- OpenStreetMap contributors*, www.openstreetmap.org, 2022
- Ozdemir, H. (2019). Mitigation impact of roadside trees on fine particle pollution. *Science of the Total Environment*, 659, 1176–118.
- Pugh, T.A.M., MacKenzie, A.R., Whyatt, J.D., Hewitt, C.N. (2012). Effectiveness of Green Infrastructure for Improvement of Air Quality in Urban Street Canyons. *Environ. Sci. Technol.*, 46, 7692–7699.
- Rossi, L., Menconi, M.E., Grohmann, D., Brunori, A., Nowak, D.J. (2022). Urban Planning Insights from Tree Inventories and Their Regulating Ecosystem Services Assessment. *Sustainability*, 14(3), 1684. doi:10.3390/su14031684
- Talerko, M.M., Garger, E.K., Klyuchnikov, O.O. (2010). Forecasting the consequences of emergency releases from nuclear power plants using the LEDI mesoscale model of atmospheric transport. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 12, 74-79. (in Ukrainian)
- Tong, X., Luke, E. A., Smith, R. E. (2011). Sensitivity Studies on Particle Emissions and Transport Around a Moving Vehicle. *Conference paper*, ADA547471.
- UN. (2019). *World urbanization prospects the 2018 revision*. UN, New York.
- Wu, D., Gong, J., Liang, J., Sun, J., Zhang, G. (2020). Analyzing the Influence of Urban Street Greening and Street Buildings on Summertime Air Pollution Based on Street View Image Data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(9), 500. doi:10.3390/ijgi9090500
- Zanaga, D., Van De Kerchove, R., De Keersmaecker, W., Souverijns, N., Brockmann, C., Quast, R., Wevers, J., Grosu, A., Paccini, A., Vergnaud, S., Cartus, O., Santoro, M., Fritz, S., Georgieva, I., Lesiv, M., Carter, S., Herold, M., Li, Linlin, Tsendbazar, N.E., Ramoino, F., Arino, O. (2021). *ESA WorldCover 10 m 2020 v100*. doi:10.5281/zenodo.5571936
- Zheng, T., Zhang, S., Li, X.B., Wu, Y., Peng, Z.R. (2021). Impacts of vegetation on particle concentrations in roadside environments. *Environ. Pollut.*, 282, 117067.

# Вплив воєнних дій на природоохоронні території Донецької області

Наталя В. Нагорна 

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64/13, Київ, 01601, Україна

## Реферат

Україна переживає тяжкий час і тому тема впливів воєнних дій на заповідні території є надзвичайно актуальною, адже війна несе негативні наслідки для природи: забруднення вибухонебезпечними предметами (мінами, нерозірваними снарядами та ін.), фортифікаційне будівництво, пошкодження ґрунтів та рослинного покриву вибухами, військовим транспортом, лісові та степові пожежі тощо. Донеччина – саме та частина України, де на початку ХХ століття були організовані майже всіх перші заповідники. Унікальні природні пам'ятки та ендемічні оселища привертали увагу науковців і природоохоронців ще здавна. Проте, наразі частина із них зазнала та продовжує зазнавати негативного впливу від війни 2014 р. і дотепер. Дослідження впливу воєнних дій на заповідні території Донецької області було проведено на основі аналізу картографічних джерел – визначено статус природоохоронних територій шляхом диференціації об'єктів на 4 групи: повністю окуповані, частково звільнені, звільнені та ті, що не були окуповані; обчислено площу територій, яка точно зазнала уражень (на основі площі повністю окупованих об'єктів природно-заповідного фонду); охарактеризовано частковий вплив на деякі заповідні території Донеччини та визначено основні причини впливу війни на природні об'єкти, а саме обстріли, вибухи снарядів та спричинені пожежі, а також досліджено вплив військових дій на супутникових знімках на прикладі відділення природного заповідника «Крейдяна флора», національно природного парку «Святі гори» та регіонального ландшафтного парку «Донецький кряж».

## Ключові слова

Війна, воєнні дії, природоохоронні території, природно-заповідний фонд, Донецька область

Надійшла до редакції: 1 жовтня 2023 / Прийнята: 28 листопада 2023 / Опублікована онлайн: 5 грудня 2023

## The impact of hostilities on the conservation areas of Donetsk region

Natalia V. Nahorna

Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13, Volodymyrska St, Kyiv, 01601, Ukraine

## Abstract

Ukraine is going through a difficult time, and therefore the topic of the influence of military actions on the protected areas is extraordinary, since the war has negative consequences for nature: pollution by explosive objects (mines, unexploded shells, etc.), fortification construction, damage to current grounds and vegetation by explosions, military transport, forest and steppe fires etc. Donetsk region is exactly that part of Ukraine, where almost all the first nature reserves were organized at the beginning of the 20th century. Unique natural sights and endemic habitats have long been attracted the attention of scientists and conservationists. However, currently some of them have been and continue to be negatively affected by the war of 2014 and until now. The study of the impact of military actions on the protected territories of the Donetsk region was carried out based on the analysis of cartographic sources – the status of nature conservation territories was determined by dividing the objects into 4 groups: fully occupied, partially liberated, liberated and not occupied. The area of the territory that accurately indicates the damage was calculated (according to the area of occupied objects of the nature reserve fund). The partial impact on some protected areas of Donetsk region was characterized and the main causes of the impact of the war on natural objects were determined, namely shelling, shell explosions and caused fires. Also the impact of military operations depicted on satellite images was studied, using the case territory of the branch of Chalk Flora Nature Reserve, Holy Mountains National Nature Park and "Donetsk Ridge" Regional Landscape Park.

## Keywords

The war, hostilities, conservation areas, nature reserve fund, Donetsk region

Received: 1 October 2023 / Accepted: 28 November 2023 / Published online: 5 December 2023

## 1. Вступ

Війна надзвичайно негативно впливає на всі аспекти життя, особливо на довкілля: з одного боку військові дії погано позначаються на природному середовищі, фактично руйнуючи чи навіть повністю знищуючи його, а з іншого – величезні ресурси, що йдуть на війну, могли б витратитися на збереження довкілля (Svyezhenstseva, 2022).

Донецьчина є саме тою частиною України, де на початку ХХ століття було організовано майже всі перші заповідники. Унікальні природні пам'ятки та ендемічні оселища привертати увагу науковців і природоохоронців ще здавна. Зокрема, увага до крейдової флори Придінців'я, Кам'яних могил, Святих гір і приазовських кіс займала особливе місце серед науковців-біологів. Відколи ці території отримали заповідний статус, про них було опубліковано понад 2000 наукових статей (Vasylyuk, Norenko, 2019).

Актуальність теми дослідження полягає у тому, що природоохоронні території потрібно цінувати, охороняти, причому особливо ті, що потерпають від воєнних дій.

Об'єктом дослідження є Донецька область.

Предметом дослідження є заповідні території Донецької області.

Наукових публікацій щодо впливів військових дій є чимало. Ця тема яскраво виражена у посібниках міжнародної благодійної організації (МБО) «Екологія-Право-Людина»: «Вплив військової діяльності на природу України», «Воєнні дії на сході України – цивілізаційні виклики людству», різноманітних наукових статтях та аналітичних документах. Наприклад, у підручнику «Воєнні дії на сході України – цивілізаційні виклики людству» описуються події зони АТО 2014 р., а саме правове регулювання охорони довкілля під час воєнних дій, досліджено фактори забруднення і руйнації об'єктів інфраструктури на сході України, наводяться основні методи оцінювання шкоди, завданої довкіллю, а також проведено власне оцінювання цієї шкоди. У дослідженні Л. Царика та І. Кузика розглядається природоохоронний аспект російсько-української війни (Tsaryk, Kuzuk, 2022). Науковці зазначили, що вплив війни на території та об'єкти природно-заповідного фонду України слід розділити на два етапи: 1) період незаконної анексії Криму та східних частин Луганської та Донецької областей; 2) повномасштабне вторгнення Росії на територію України з 24 лютого 2022 року. Вони коротко описали у своїй публікації ці два періоди, виокремили основні природні об'єкти, що постраждали від військового впливу після 24 лютого 2022 року, а отже узагальнили та систематизували інформацію про вплив російсько-української війни на об'єкти і території природно-заповідного фонду України.

У цій статті акцентуємо увагу саме на детальнішому аналізі впливу військових дій на природоохоронні території Донецької області.

## 2. Матеріали і методи

Літературні джерела, картографічні матеріали, інтернет-джерела, наукові статті і публікації, мапа війни «DeepStateMap», застосунок Google Earth.

Методи дослідження: загальнонаукові – аналіз, синтез, вивчення та узагальнення; загальногеографічні – картографічний.

Ця тема була опрацьована в рамках роботи під час практики у МБО «Екологія-Право-Людина».

## 3. Результати та обговорення

За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України Донецька область налічує 173 території та об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ) (загальнодержавного значення – 21 одиниця, місцевого – 152) загальною площею 116 691 га (станом на 01.01.2020).

Використовуючи картографічні джерела «DeepStateMap» було проведено аналіз впливу воєнних дій на заповідні території Донецької області (табл. 1) та виявлено, що більшість територій та об'єктів ПЗФ регіону (вважаючи Українського степового природного заповідника за 1 об'єкт), а саме 90, не були окупованими; 73 були повністю окуповані; 7 – звільнені; 2 – частково звільнені та 1 – інформація відсутня через те, що об'єкт знаходиться у сірій зоні і потребує уточнення за даними DeepStateMap. На основі отриманих результатів розроблено діаграму (рис. 1), яка схематично відображає співвідношення між числовими даними.

Площа Донецької області становить 2,6 млн га, а площа територій та об'єктів ПЗФ області складає 116 691 га (станом на 01.01.2020, за даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України). Співставивши ці дані, було обчислено відсоток ПЗФ від загальної площі Донецької області – приблизно 4,5 %. Проаналізувавши табл.1 було отримано висновок, що із загальної площі ПЗФ Донецької області повністю окуповано 59 366 га (знов рахуючи відділення Українського степового природного заповідника за 1 об'єкт), а це становить приблизно 50,9 % від загальної площі ПЗФ та приблизно 2,3 % загальної площі Донецької області.

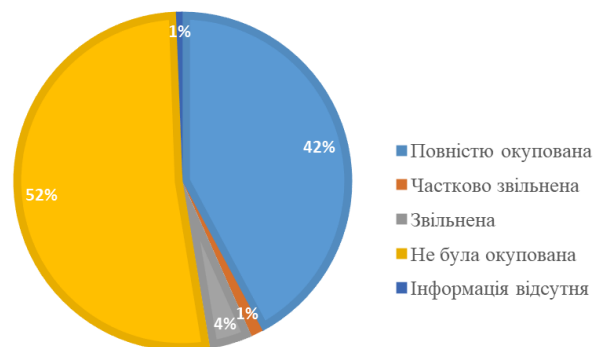


Рис. 1. Розподіл статусу окупованості Донецької області у відсотковому відношенні станом на 26.06.2023.

Fig. 1. Distribution of the occupied status of the Donetsk region in percentage terms as of 06/26/2023



**Таблиця 1.** Характеристика стану природно-заповідного фонду Донецької області (на 26.06.2023).  
**Table 1.** Characteristics of the nature reserve fund of the Donetsk region (as of June 26, 2023).

Статус території	Назва території чи об'єкта ПЗФ
Повністю окупована	<p>Території та об'єкти загальнодержавного значення:            відділення природного заповідника «Український степовий»: «Хомутовський степ», «Кам'яні Могили», «Кальміуське»; національний природний заповідник «Меотида»; лісові заказники: «Бердянський», «Великоанодольський»; ландшафтний заказник «Білосарайська коса»; геологічний заказник «Роздольненський»; орнітологічні заказники: «Приазовський чапельник», «Сланчанські бакаї», «Бакаї Кривої коси»; геологічні пам'ятки природи: «Новокатеринівське відслонення», «Стильське відслонення»; ботанічні пам'ятки природи: «Балка Гірка», «Урочище Грабове»; ботанічний сад «Донецький»</p> <p>Території та об'єкти місцевого значення:            регіональні ландшафтні парки: «Меотида», «Донецький кряж», «Зуївський»; ландшафтні заказники: «Артемівські садово-дендрологічні насадження», «Ліс по річці Кринка», «Ларинський», «Бешап», «Балка Скелева», «Урочище Донське ковилове», «Калинівський», «Кальчицький-2», «Кальчицький ліс», «Караташ», «Степ на Солоній»; ентомологічні заказники: «Старченківський», «Кальчицький», «Старомихайлівський», «Крулик»; орнітологічний заказник «Кривокосий лиман»; лісові заказники: «Азовська дача», «Урочище Софіївське», «Урочище Россоховате», «Урочище Плоське», «Урочище Леонт'єво-Байрацьке»; ботанічні заказники: «Пристенське», «Балка Орлинська», «Обушок», «Балка Водяна», «Знаменівська балка», «Ковилове», «Зорянський степ», «Урочище Орлове», «Мокроялинський», «Балка Чернеча», «Суженський»; геологічні пам'ятки природи: «Риф, оголення вапняків біля с. Покровське», «Оголення Авіловської свити біля села Скельове», «Балка Журавльова», «Печера», «Печера №1», «Печера №2», «Оголення нижнього карбону», «Печера Трипільська»; ботанічні пам'ятки природи: «Чердакли», «Степ Отрадівська», «Дуб Гірницький, миуські байрачні ліси Донецького кряжу»; комплексні пам'ятки природи: «Дубове насадження», «Соснові культури»; зоологічна пам'ятка природи «Крива коса»; гідрологічні пам'ятки природи: «Джерело біля села Конькове», «Витоки Кальміуса», «Свердловина 44», «Свердловина 48-ГД»; заповідні урочища: «Маріупольська лісова дача», «Гречкине №1», «Гречкине №2», «Василівка», «Ліс на граніті»; парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва: «Імені А. П. Чехова», «Дубовий гай»</p>
Частково звільнена	<p>Території та об'єкти загальнодержавного значення:            природний заповідник «Український степовий»</p> <p>Території та об'єкти місцевого значення:            ботанічний заказник «Степ Північний Донецький»</p>
Звільнена	<p>Території та об'єкти загальнодержавного значення:            національний природний заповідник «Святі Гори»</p> <p>Території та об'єкти місцевого значення:            ландшафтні заказники: «Нескучненський ліс», «Ямпільський»; ботанічні пам'ятки природи: «Тополя», «Дуб Героїв Долини»; гідрологічні пам'ятки природи: «Ставок Дзеркальний», «Джерела»</p>
Не була окупована	<p>Території та об'єкти загальнодержавного значення:            відділення природного заповідника «Український степовий»: «Крейдяна флора»; геологічні пам'ятки природи: «Дружківські закамянілі дерева», «Клебан-Бицьке відслонення», «Балка Кровецька»; ботанічна пам'ятка природи «Маяцька дача»; гідрологічні пам'ятки природи: «Озеро Ріпне», «Озеро Сліпне»</p> <p>Території та об'єкти місцевого значення:            регіональні ландшафтні парки: «Клебан-Бик», «Краматорський», «Слов'янський курорт»; ландшафтні заказники: «Красногорівський», «Щуча заводь», «Урочище Зоря», «Хуторянська гора», «Баранцевий Яр», «Воронцова Поляна», «Заплава р. Бик», «Олексина», «Тарасівський», «Соболівський ліс», «Галина гірка», «Приторський», «Караковський», «Маячка», «Очеретине», «Староварварівський ліс», «Староварварівські соснові насадження», «Яковлівські соснові насадження», «Криворізьке», «Золотий байрак», «Зміїна гора», «Солоне», «Шахан-2», «Глухівський ліс», «Крутенське», «Балки», «Балка Майська з лісом Рукавець», «Балка Шовкова», «Протопопівський ліс», «Карачунівська балка», «Заплава на р. Сухий Торець»; ентомологічний заказник «Новосілівський»; орнітологічний заказник «Приозерний»; лісові заказники: «Заплава-1», «Сад Пана Бантиша»; ботанічні заказники: «Балка Північна», «Палімбія», «Крейдяна рослинність біля села Кірове», «Конвалієва діброва», «Степ біля села Платонівка», «Гектова балка», «Грузька балка», «Кохане», «Колодязне», «Казанок», «Верхньосамарський», «Ковила біля села Григорівка», «Крейдяне», «Пришиб», «Ділянка «Різниківська», «Брандушкін Яр», «Ступки-Голубовські-2», «Старомлинівський», «Тоненька», «Берестова», «Шахан 1», «Іжевський», «Балка Марківська», «Страшна балка і Страшний ліс», «Зміїний Яр», «Камінюка байрак», «Іванівська діброва», «Суха балка», «Валуни»; геологічна пам'ятка природи: «Скелеподібне оголення верхньої крейди», «Івано-Дар'ївський розріз»; ботанічні пам'ятки природи: «Рідкодуб'я», «Дуб», «Мар'їна гора», «Балка Суха», «Ступки-Голубовські», «Сичин дуб»; гідрологічна пам'ятка природи: «Джерела в балці Скотовата»; заповідні урочища: «Брандушка», «Кучерів Яр», «Никанорівський ліс», «Мирне поле», «Широкий ліс», «Довгенький ліс», «Балка Зелена»; парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва «Дендропарк Маяцького лісництва»</p>
Інформація відсутня	ботанічний заказник місцевого значення «Везуєва гора» – за даними карти DeepStateMap територія потребує уточнення (об'єкт знаходиться у сірій зоні)

області. Проте варто зазначити, що хоча більша частина об'єктів не була окупована, проте вони також зазнали негативного впливу. У табл. 2 надано характеристику впливу від воєнних дій на заповідні території регіону.

Підсумовуючи, за наведеними даними значних втрат зазнала достатньо велика кількість заповідних територій, найбільше: Український степовий природний заповідник через те, що простежуються негативні воєнні впливи

на території усіх його відділень. Також сильно постраждали національні природні парки: «Святі гори» та «Меотида», у яких популяції тварин зазнали втрат через війну, а саме зменшення кількості, підриви на мінах, зникнення виду тощо. Простежуються основні причини впливу війни на природні об'єкти – обстріли та вибухи снарядів, а також спричинені пожежі.

**Таблиця 2.** Перелік впливів воєнних дій на об'єкти та території природно-заповідного фонду Донецької області.  
**Table 2.** A list of the effects of military actions on the objects and territories of the nature reserve fund of the Donetsk region.

№ з/п	Назва території чи об'єкта ПЗФ	Типи впливів воєнних дій на природні комплекси
1	2	3
1	Хомутовський степ (відділення природного заповідника «Український степовий»)	Пошкоджено степовими пожежами через бойові дії у 2014-2015 рр. (Nazarova, 2022)
2	Кам'яні Могили (відділення природного заповідника «Український степовий»)	Інформації про масштабні руйнування заповідника немає, але він знаходиться на нещодавно окупованій території, тож у співробітників немає можливості вести природоохоронну діяльність (Nazarova, 2022).
3	Крейдяна флора (відділення природного заповідника «Український степовий»)	Обстріли та вибухи снарядів, що обумовлюють механічні пошкодження ландшафтів, флори і фауни, потрапляння хімічних продуктів реакції вибуху до атмосфери та до ґрунту (рис. 2). Подібні впливи можна детектувати (як і пожежі) за даними ДЗЗ. Будівництво фортифікаційних споруд, внаслідок чого відбувається трансформація та руйнація біотопів з використанням деревини заповідних лісів (Melen-Zabramna, Shutyak, Voytsikhovska, Norenko, Vasylyuk, 2015). Заповідник «Крейдова флора» зазнав обстрілів у 2014 і 2015 роках. На місцях численних влучань досі лишилися вирви, збереглися окопи. Зараз заповідник розмінували, він у робочому стані і його природний світ повертається до норми. Втім під питанням лишається стан ґрунтів після обстрілів (Truth Hounds, 2021).
4	Кальміуське (відділення природного заповідника «Український степовий»)	Обстріли та вибухи снарядів, що обумовлюють механічні пошкодження ландшафтів, флори і фауни, потрапляння хімічних продуктів реакції вибуху до атмосфери та до ґрунту. Подібні впливи можна детектувати, як і пожежі, за даними ДЗЗ (Melen-Zabramna, Shutyak, Voytsikhovska, Norenko, Vasylyuk, 2015).
5	Національний природний заповідник (НПП) «Святі Гори»	Снаряди «Ураганів», стирчать із землі, уламки «Градів», викладені обабіч дороги мінометні міни, численні воронки від вибухів. На деяких дорогах стоїть спалена військова техніка та обстріляні цивільні автомобілі. Ліси постраждали від пожеж (рис. 3). Дикі тварини підриваються на мінах, гинуть, травмуються через вибухи, ґрунтовий покрив НПП постраждав від обстрілів, будівництва укріплень, забруднення паливно-мастильними матеріалами. Постраждали також унікальні (з точки зору біорізноманіття) крейдяні ґрунтові схили (Polyanska, 2023). Розміщення у рекреаційній зоні національного природного парку військових ЗСУ, які за повідомленнями, місцевих жителів активно користувалися природними ресурсами (рубка дерев на дрова, добування диких тварин тощо) (Vasylyuk, Norenko, 2019). Обстріли та вибухи снарядів, що обумовлюють механічні пошкодження ландшафтів, флори і фауни, потрапляння хімічних продуктів реакції вибуху до атмосфери та до ґрунту. Подібні впливи можна детектувати, як і пожежі, за даними ДЗЗ (Melen-Zabramna, Shutyak, Voytsikhovska, Norenko, Vasylyuk, 2015).
6	Національний природний заповідник «Меотида»	Проведення військових навчань. Розміщення військової частини та військових полігонів. Як наслідок – найбільша в Європі колонія рябодзьобих кричків покинула своє місце гніздування на Кривій косі. Гранатометами розбили повністю найбільшу скелю парку (Vasylyuk, Norenko, 2019). Захоплення та розграбування адміністрації парку озброєними представниками так званої «ДНР», а пізніше розміщення військової техніки та проведення навчань (в тому числі «флоту» так званої «ДНР») і безконтрольні риболовля та полювання на території вкрай негативно вплинули на популяцію птахів регіону. Документатори Truth Hounds дізнались, що внаслідок цих дій популяція кричка рябодзьобого зменшилась у десять разів (з 50 000 до 5 000), а єдина на узбережжі колонія пелікану кучерявого взагалі зникла (Truth Hounds, 2021).
7	Лісовий заказник «Білосарайська коса»	Територія зазнала пожежі (Vchasno, 2023).
8	Лісовий заказник «Роздольненський»	Територія зазнала пожежі (Vchasno, 2023).
9	Гідрологічна пам'ятка природи «Озеро Ріпне»	У 2014 році тут відбувалися бойові дії. Зникли численні водоплавні птахи, зокрема зникли на гніздуванні кулики-довгоноги та крички малі (Vasylyuk, Norenko, 2019).
10	Гідрологічна пам'ятка природи «Озеро Сліпне»	У 2014 році тут відбувалися бойові дії. Зникли численні водоплавні птахи, зокрема, зникли на гніздуванні кулики-довгоноги та крички малі (Vasylyuk, Norenko, 2019).
11	Донецький ботанічний сад	Під загрозою опинилась колекція рослин оранжереї ботанічного саду у зв'язку із зимовими холодами та відключенням тепломережі у м. Донецьку (Melen-Zabramna, Shutyak, Voytsikhovska, Norenko, Vasylyuk, 2015).
12	Регіональний ландшафтний парк (РЛП) «Донецький кряж»	Пожежі (рис. 4). Парк практично повністю згорів (Vasylyuk, Norenko, 2019). Обстріли та вибухи снарядів, що обумовлюють механічні пошкодження ландшафтів, флори і фауни, потрапляння хімічних продуктів реакції вибуху до атмосфери та до ґрунту. Подібні впливи можна детектувати (як і пожежі) за даними ДЗЗ (Melen-Zabramna, Shutyak, Voytsikhovska, Norenko, Vasylyuk, 2015). Там же на території парку були поховання загиблих військових (Nazarova, 2022).
13	Регіональний ландшафтний парк «Клебан-Бик»	У липні 2022 р. ландшафтний парк потрапив під обстріл окупантів. Погорів сухостій. Одноіменне з парком селище розташоване поблизу Торецька і Нью-Йорка, які росіяни часто накривають вогнем (Nazarova, 2022).
14	Регіональний ландшафтний парк «Зуївський»	Пожежі викликані обстрілами та іншими факторами, котрі пов'язані з бойовими діями (Melen-Zabramna, Shutyak, Voytsikhovska, Norenko, Vasylyuk, 2015).

Кінець Таблиці 2.  
End of the Table 2.

1	2	3
15	Регіональний ландшафтний парк «Краматорський»	Парк не постраждав від військових дій. Лише в його околицях сили ЗСУ рили окопи у 2014 році, проте інспектори РЛП провели з ними бесіду і територія ПЗФ не була пошкоджена (Vasylyuk, Norenko, 2019). Будівництво фортифікаційних споруд, внаслідок чого відбувається трансформація та руйнація біотопів з використанням деревини заповідних лісів (Melen-Zabramna, Shutyak, Voytsikhovska, Norenko, Vasylyuk, 2015).
16	Регіональний ландшафтний парк «Слов'янський курорт»	У 2014 році тут відбувалися бойові дії. Зникли численні водоплавні птахи, зокрема, зникли на гніздуванні кулики-довгоноги та крячки малі (Vasylyuk, Norenko, 2019). Обстріли та вибухи снарядів, що обумовлюють механічні пошкодження ландшафтів, флори і фауни, потрапляння хімічних продуктів реакції вибуху до атмосфери та до ґрунту. Подібні впливи можна детектувати, як і пожежі, за даними ДЗЗ (Melen-Zabramna, Shutyak, Voytsikhovska, Norenko, Vasylyuk, 2015).
17	Ландшафтний заказник «Балка Скелева»	Пожежі викликані обстрілами та іншими факторами, пов'язаними з бойовими діями (Melen-Zabramna, Shutyak, Voytsikhovska, Norenko, Vasylyuk, 2015).
18	Ботанічний заказник «Пристенське»	Обстріли та вибухи снарядів, що обумовлюють механічні пошкодження ландшафтів, флори і фауни, потрапляння хімічних продуктів реакції вибуху до атмосфери та до ґрунту. Подібні впливи можна детектувати, як і пожежі, за даними ДЗЗ (Melen-Zabramna, Shutyak, Voytsikhovska, Norenko, Vasylyuk, 2015).
19	Ботанічний заказник «Обушок»	Пожежі викликані обстрілами та іншими факторами, пов'язаними з бойовими діями (Melen-Zabramna, Shutyak, Voytsikhovska, Norenko, Vasylyuk, 2015).
20	Ботанічний заказник «Крейдяне»	Обстріли та вибухи снарядів, що обумовлюють механічні пошкодження ландшафтів, флори і фауни, потрапляння хімічних продуктів реакції вибуху до атмосфери та до ґрунту. Подібні впливи можна детектувати, як і пожежі, за даними ДЗЗ (Melen-Zabramna, Shutyak, Voytsikhovska, Norenko, Vasylyuk, 2015).

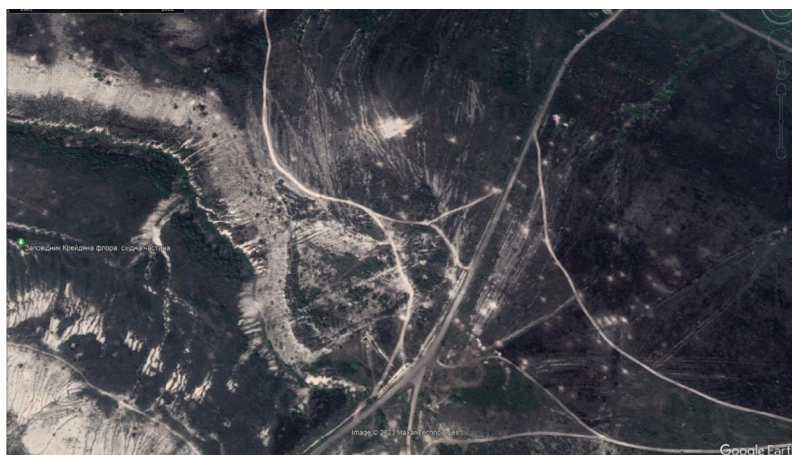


Рис. 2. Обстріляні ділянки під час бойових дій природного заповідника «Крейдяна флора» (білі цятки) (05.2022) (знімок зроблено у Google Earth).

Fig. 2. Shelled areas during the hostilities of Chalk Flora Nature Reserve (white spots) (05.2022) (the picture taken in Google Earth).

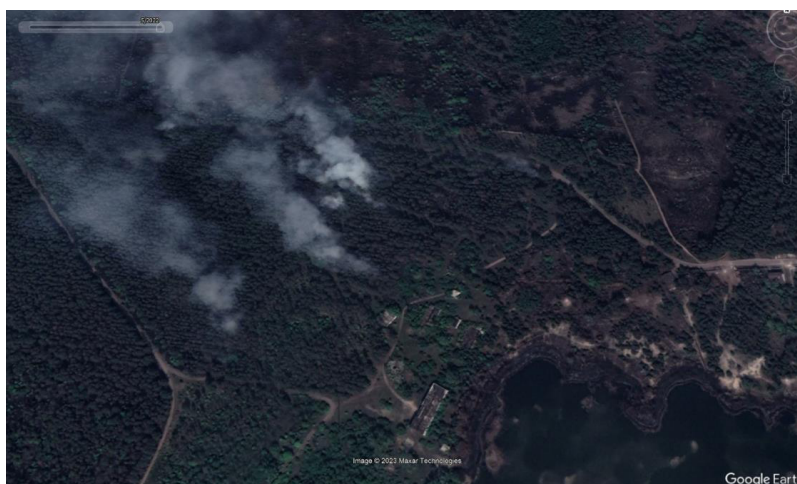
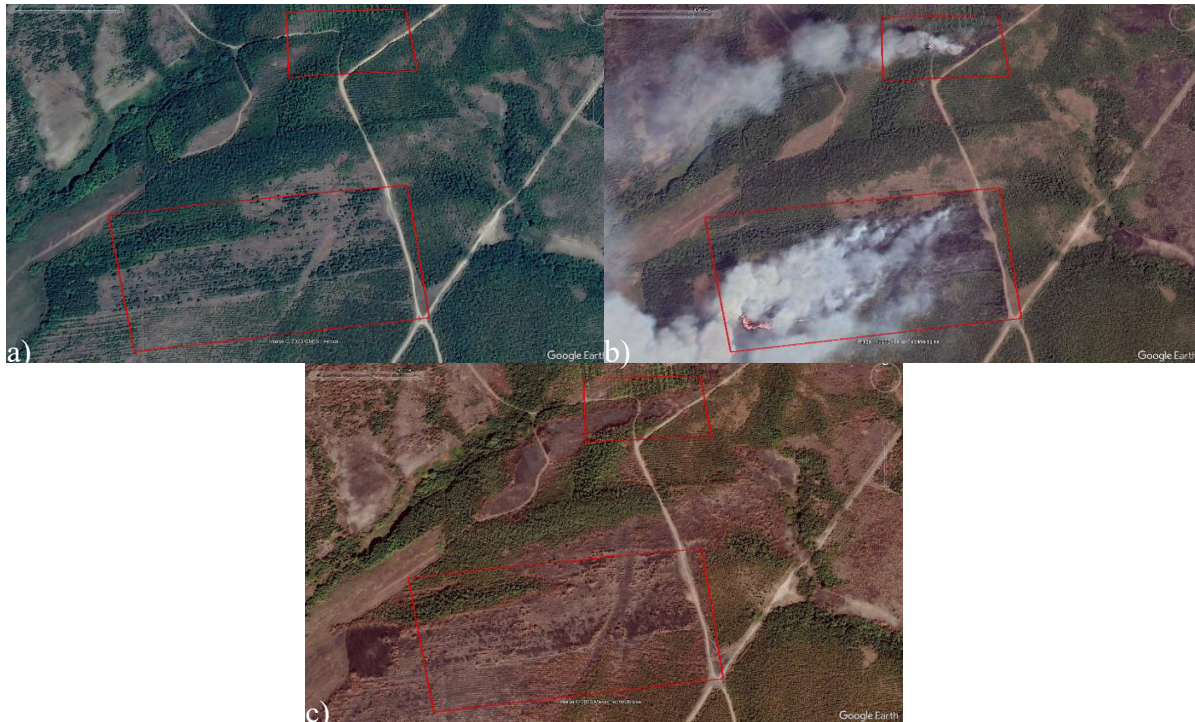


Рис. 3. Пожежі, що спричинені військовими діями у НПП «Святі гори» поблизу с. Діброва (05.2022) (знімок зроблено у Google Earth).

Fig. 3. The fires were caused by military operations in Holy Mountains National Nature Park near the village of Dibrova (05.2022) (the picture taken in Google Earth).



**Рис. 4.** Території РЛП «Донецький кряж», які зазнали пожеж через військові дії: а) території парку до війни (08.2013); б) під час війни (08.2014); в) наслідки пожежі (09.2014) (знімок зроблено у Google Earth).

**Fig. 4.** Territories of "Donetsk Ridge" Regional Landscape Park, which suffered fires due to the military operations: а) the territory of the park before the war (08.2013); б) during the war (08.2014); в) the consequences of the fire (09.2014) (the picture taken in Google Earth).

#### 4. Висновки

Війна вплинула на кожний компонент довкілля – тваринний та рослинний світ, воду, повітря, ґрунти. Наслідки цього негативного впливу довгострокові та глобальні. Україна переможе, відновиться і стане ще кращою. Але заповідники та національні парки неможливо відбудувати. Зруйновані екосистеми можуть відновитися тільки самі та для цього знадобиться роки і десятиліття.


Наразі неможливо повністю оцінити вплив війни на природоохоронні території Донецької області через брак точної інформації та продовження активних військових дій у межах регіону та України в цілому. Ми чекаємо нашої перемоги та скорішого звільнення територій від російських загарбників для повної і більш точної, оцінки. Ми також вважаємо, що дуже важливим є збереження та відновлення заповідних територій. Потрібно створювати та розширяти існуючі природоохоронні території, належним чином охороняти їх та здійснювати консервацію сільськогосподарських земель, що зазнали значного забруднення внаслідок воєнних дій або сильно деградували через експлуатацію чи порушення вимог законодавства про охорону земель, та які з часом зможуть стати частиною ПЗФ України.

У ході дослідження автором було проаналізовано статус природоохоронних територій області. Об'єкти ПЗФ було поділено на 4 групи: 1) повністю окуповані (73); 2) частково звільнені (2); 3) звільнені (7); 4) не були окуповані (90). Обчислено площу територій, яка точно зазнала уражень, ґрунтуючись на площі

повністю окупованих об'єктів ПЗФ – 59 366 га, що становить 50,9 % від загальної площі ПЗФ Донецької області. Було охарактеризовано частковий вплив бойових дій на деякі заповідні території Донеччини та досліджено супутникові знімки у застосунку Google Earth.

Результати роботи можуть бути використані при наступних і детальніших дослідженнях впливу військових дій на заповідні території Донецької області.

#### ORCID iD

Natalia V. Nahorna  <https://orcid.org/0009-0006-1936-0630>

#### Список посилань

- DeepStateMap*. URL: <https://deepstatemap.live/>.  
*Google Earth*. URL: <https://earth.google.com/web/>.  
 Hanna Nazarova (2022). *Vypaleni lisy ta vazhki metaly u grunti. Yak boyovi diyi ruynuyut zapovidnyky Donechchyny*. URL: <https://freeradio.com.ua/vypaleni-lisy-ta-vazhki-metaly-u-grunti-iak-boiovi-dii-ruinuyut-zapovidnyky-donechchyny/>.  
 Ilona Svezhentseva (2022). *Yak vidnovlyuvaty dovkillya pislya viyny – intervyyu z ekolohyneyu*. URL: <https://suspilne.media/231917-ak-vijna-vplivae-na-dovkilla-i-ak-mozna-dopomogti-jogo-vidnovluyati-rozpovidae-ekologina/>.  
 Kateryna Polyanska (2023). *Vplyv voyennykh diy na dyku pryrodu Ukrayiny*. URL: <https://uwecworkgroup.info/uk/impact-of-military-action-on-ukraines-wild-nature/>.  
*Ministerstvo zakhystu dovkillya ta pryrodnykh resursiv Ukrayiny*. URL: <https://mepr.gov.ua>.  
 Natsionalnyy ekoloho-naturalistychnyy tsentr uchnivskoyi molodi.

- (2022). *Pryrodno-zapovidnyy fond Ukrainy v umovakh viyny*. URL: <https://nenc.gov.ua/?p=42530>.
- Truth Hounds (2021). *Ekologichna sytuatsiya na terytoriyi Donetskoyi ta Luhanskoyi oblastey*. URL: <https://truth-hounds.org/ekologichna-sytuacziya-na-terytoriyi-doneczkoyi-ta-luganskoyi-oblastej/>.
- Vchasno (2023). *Znyshcheno hnizda chapel i inshykh tvaryn: zapovidnyk «Meotyda» sylno postrazhdav vid pozhezhi*. URL: <https://vchasnoua.com/news/foto-znyshcheno-hnizda-chapel-i-inshykh-tvaryn-zapovidnyk-meotyda-sylno-postrazhdav-vid-pozhezhi>.
- Lyubomyr Tsaryk, Ihor Kuzyk (2022). *Rosiyisko-ukrayinska viyna: pryrodookhoronnyy aspekt*, 50-62. URL: [http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/29010/1/4\\_Tsaryk\\_Kuzyk.pdf](http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/29010/1/4_Tsaryk_Kuzyk.pdf).
- Oleksiy Vasylyuk, Kateryna Norenko (2019). *Vplyv viyskovoyi diyalnosti na pryrodu Ukrainy: posibnyk* [za zah. red. O. Kravchenko], 68 s. URL: [http://epl.org.ua/wp-content/uploads/2020/02/EPL\\_Vpluv\\_viynu\\_na\\_prurdy\\_NET.pdf](http://epl.org.ua/wp-content/uploads/2020/02/EPL_Vpluv_viynu_na_prurdy_NET.pdf).
- Olha Melen-Zabramna, Sofiya Shutyak, Alla Voytsikhovska, Kateryna Norenko, Oleksiy Vasylyuk (2015). *Voyenni diyi na skhodi Ukrainy – tsyvilizatsiyni vyklyky liudstvu*, 136 s. URL: <http://epl.org.ua/human-posts/voieni-dii-na-skhodi-ukrainy-tsyvilizatsiyni-vyklyky-liudstvu/#modal-popup-document>.

# Палеогеографічні та фізико-хімічні дослідження ґрунту в межах античного полісу Ольвія

Анатолій Кушнір<sup>1</sup> , Жанна Матвіїшина<sup>1</sup> , Ірина Харитонова<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Інститут географії НАН України, вул. Володимирська, 44, Київ, 01054, Україна

<sup>2</sup> Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України, вул. Садово-Ботанічна, 1, Київ, 01014, Україна

## Реферат

У публікації представлені результати вивчення похованих ґрунтів в межах античного полісу Ольвія, що був розташований в межах Дніпро-Бузького лиману поблизу сучасного с. Парутино (Миколаївська область). Польові палеогеографічні дослідження були проведені в 2007 р. (Матвіїшина Ж. М., Пархоменко О. Г.) та у 2021 р. (Кушнір А. С.). Під час вивчення археологічних об'єктів в межах пам'ятки було досліджено ряд ґрунтових розчисток, зроблений їх макроморфологічний опис та відібрані зразки ґрунту. На стадії лабораторних досліджень було здійснено мікоморфологічне вивчення та проведено аналіз ґрунту на вміст біогенних елементів по генетичних горизонтах. Результати палеопедологічного аналізу вказують, що на вододілах формувалися повнопрофільні каштанові солончакуваті або солонцюваті ґрунти, ближче до долини р. Південний Буг на рівнях нижчих терас – близькі до темно-каштанових солонцюватих або чорноземів південних солонцюватих. Фізико-хімічний склад ґрунту продемонстрував передусім його лужний характер та порівняно однорідну концентрацію окремих хімічних елементів. Загальні палеоґрунтознавчі дослідження вказують, що ґрунтовий покрив міг бути сприятливим фактором урбанізаційних процесів на даній території в античний час.

## Ключові слова

Голоцен, ґрунт, геоархеологія, Ольвія

Надійшла до редакції: 10 листопада 2023 / Прийнята: 28 листопада 2023 / Опублікована онлайн: 5 грудня 2023

## Palaeogeographical and physicochemical research of soil within the ancient polis of Olbia

Anatolii Kushnir<sup>1</sup>, Zhana Matviishyna<sup>1</sup>, Iryna Kharytonova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Geography of NAS of Ukraine, 44, Volodymyrska str., Kyiv, 01054, Ukraine

<sup>2</sup> M.M. Gryshko National Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine 1, Tymiryazevska str., Kyiv, 01014, Ukraine

## Abstract

The publication presents the results of the palaeosols study within the antic polis of Olvia, which was located within the Dnieper-Bug estuary near the modern village of Parutino (Mykolaiv region). Field palaeogeographic research was conducted here in 2007 (Zh. Matviishyna, O. Parkhomenko) and in 2021 (A. Kushnir). During the archaeological research, several soil profiles were investigated, their macromorphological analysis was made, and soil samples were taken. The micromorphological analysis and soil analysis were carried out for the content of biogenic elements along genetic horizons at the stage of laboratory research. The results of the palaeopedological analysis indicate that full-profile Chestnut soils salinized or Salinized soils were formed on the watersheds, and on the lower terraces in the South Bug River valley – dark Chestnut salinized soils or Southern chernozems salinized. The physical-chemical composition of the soil is demonstrated primarily its alkaline character and relatively homogeneous concentration of individual chemical elements. General palaeopedology research indicates that soil cover could be a favourable factor in urbanization processes in this area in Classical Antiquity.

## Keywords

The Holocene, soil, geoarchaeological, Olbia

Received: 10 November 2023 / Accepted: 28 November 2023 / Published online: 5 December 2023

## 1. Вступ

Палеоґрунтознавчі дослідження археологічних об'єктів, що пов'язані з голоценом, надають можливість зрозуміти як змінювалися природні умови впродовж певного часового інтервалу останнього теплого етапу розвитку природи. Ґрунт, як «пам'ять ландшафту», є досить репрезентативним компонентом природного середовища в палеоландшафтних реконструкціях. Разом з цим, ґрунт був чинником вибору місця заснування поселенських структур різного типу та фактором розміщення споруд в їх межах (ритуальних, господарських і т.п.). Загалом міждисциплінарна

взаємодія палеогеографії та археології спрямована на заповнення пробілів у реконструкції природних умов певного часового інтервалу та у вивченні природних умов проживання тієї чи іншої культурно-історичної спільноти і як наслідок – її побуту, способу господарювання і т.п. Ольвія є відомою археологічною пам'яткою античного часу Північного Причорномор'я. Функціонування Ольвії як полісу припадає на час з VI ст. до н.е. по IV ст. н.е.

В різні роки тут активно проводилися палеоґрунтознавчі дослідження. Результати цих досліджень з-поміж іншого ілюструють як ґрунтовий покрив часу створення полісу міг впливати на його становлення та розвиток.

## Corresponding author:

Anatolii Kushnir, Institute of Geography of NAS of Ukraine, 44, Volodymyrska str., Kyiv, 01030, Ukraine  
Email: kushnir.paleo@geog.nas.gov.ua

© 2023 The Authors. Published by Taras Shevchenko National University of Kyiv. This is an open-access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 2. Матеріали і методи

Голоценовий ґрунт є природно-історичною системою, що розвивається стадійно. При дослідженні похованих та сучасних ґрунтів, в т.ч. в межах археологічних об'єктів, враховується той факт, що формування ґрунтового профілю це багатостадійний процес, який зумовлюється кліматичними змінами і разом з тим ці наступні процеси впливають на ґрунти та ґрунтові відклади, які сформувалися в попередні дрібні мікростадії. При вивченні ґрунтів в межах археологічних поселень (в т.ч. полісів) стратиграфічно визначити датований похований ґрунт складніше, ніж наприклад при вивченні ґрунтів під курганами чи захисними валами. В таких випадках на допомогу приходить археологічний підхід за допомогою якого визначається «денна поверхня» часу формування пам'ятки. Враховуючи загальні палеопедологічні методи та археологічні дані, можна відтворити фізико-географічні особливості розвитку профілю ґрунту як на етапі античного часу, так і після нього. Основні методологічні принципи подібних досліджень викладені в праці М. Веклича (Veklych et al., 1979). При палеоґрунтознавчих дослідженнях в межах Ольвії був використаний переважно мікроморфологічний аналіз та аналіз ґрунту на вміст біогенних комплексів.

*Мікроморфологічний аналіз.* Зразки в монолітах відібрано по генетичних горизонтах ґрунтових профілів і було передано до шліфувальної лабораторії геохімії ізотопів і МАС-спектрометрії, що входить в структуру Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України. Отримані шліфи з тонкими (0,02-0,03 мм) зрізами ґрунту проаналізовані під поляризаційним мікроскопом Optika B-150POL-B 40x-640x в Інституті географії НАН України. Інтерпретація отриманих результатів мікроморфологічної будови проводилася на основі підходів, сформованих у працях Матвіїшиної Ж.М. (Matviishuna, 1982) та Кармазиненко С.П. (Karmazynenko, 2010). Даний аналіз допоміг вивчити ґрунотвірні процеси на мікрорівні і разом з тим визначити фізико-географічні умови, які їх могли супроводжувати.

*Аналіз ґрунту на вміст біогенних елементів.* Зразки ґрунту були передані в науковий відділ аелопатії Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. Дослідження відбувалися за методикою Г.Я. Рінькіса на спектрометрі з індукованою плазмою ICAP 6300 DUO (Thermo Fisher Scientific, USA). Для екстракції макро- і мікроелементів використовували методи агрофізичного та агрохімічного аналізу ґрунту (Zaimenko (ed), 2021, p. 148-185). Це дозволило певною мірою говорити як про генезис ґрунотвірних процесів, так і про сільськогосподарський потенціал території Ольвії, зокрема в час існування полісу.

## 3. Результати

*Польові дослідження.* Палеогеографічні дослідження були проведені в межах античного полісу Ольвії,

який є одним з найбільших, що формувався в цей час у межах Північного Причорномор'я. Це територія дельти р. Південний Буг-правий берег Дніпровсько-Бузького лиману. Зараз це степова зона південної атлантико-континентальної кліматичної області. В адміністративному плані вона розташована поблизу с. Парутино Миколаївської області (рис. 1).

Геологічна будова даної території є своєрідною і відіграла певну роль у формуванні тут полісу (Kotenko, Kushnir, 2022). Використовуючи дані власних польових досліджень та картографічні матеріали Держгеолкарти-200 (аркуш L-36-VIII Нова Одеса), територія в межах античного міста Ольвії та її хори представлена такими відкладами (зверху вниз):

1) Сучасні голоценові відклади (hl) представлені ґрунтами, переважно каштановими, зокрема темно-каштановими залишково-солонцюватими. Потужність до 1 м;

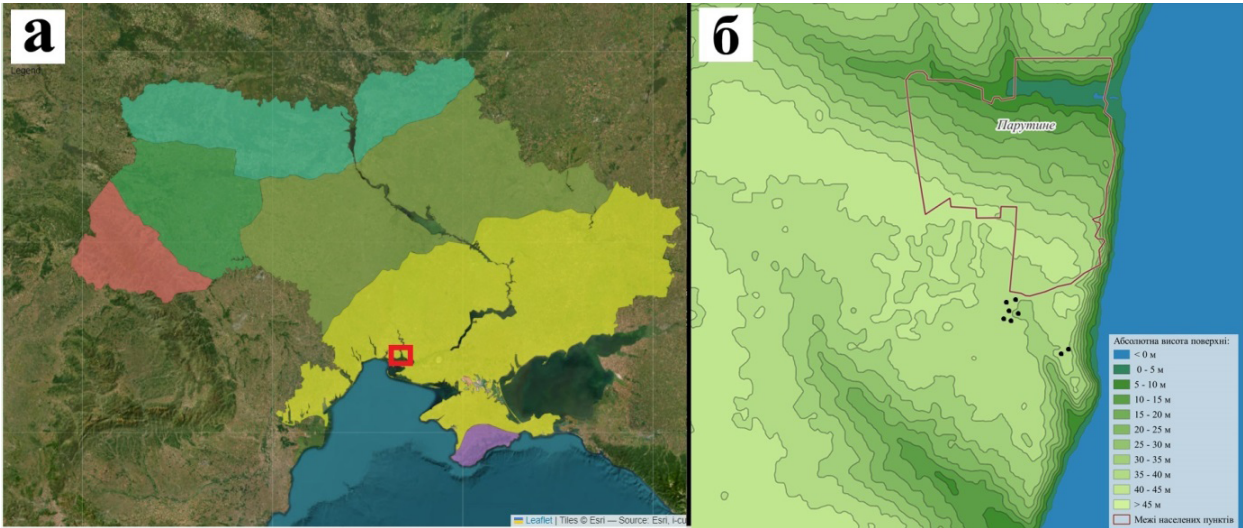
2) Верхньочетвертинні відклади (dIII+IV). Делювіальні відклади схилів річних долин і балок. Суглинки, супіски, місцями з включенням щебеню. Потужність до 11 м;

3) Верхньочетвертинні відклади (vd III). Еолово-делювіальні відклади. Лесоподібні суглинки з викопним ґрунтом. Зустрічаються майже скрізь, але за виключенням дна балок та берегів лиману, хоча в межах останнього може бути представлені як перевідкладений матеріал;

4) Неогенові відклади. Ранній пліоцен. Понтичний ярус (N2pn). Піски, глини, вапняки. Повсюдно представлені і розмиті в долині лиману і великих балок, де і виходять на поверхню. Потужність від 0,5 до 14 м. Глини сірі та зеленувато-сірі, зустрічаються масні та пластичні. Характерне озалізнення (вохристо-жовті і бурі плями), омарганцювання точковими включеннями і дендритами, карбонатизація у вигляді рихлих і твердих карбонатних включень;

5) Неогенові відклади. Пізній міоцен. Меотичний ярус (N1m). Глини з прошарками вапняків, пісків, алевритів. Морські відклади. Глини зеленувато-сірі. Ці відклади перебивають утворення понтичного ярусу, середнього пліоцену, четвертинного періоду. Підстилаються майже скрізь відкладами верхнього сармату (середній міоцен), що представлені оолітовими і черепашниковими вапняками. Вони утворилися на мілководді та залягають на верхньосарматських відкладах і представлені переважно глинами з прошарками вапняків, пісків і алевритів. Глини зеленувато-сірого кольору, переважно масні, в'язкі і щільні. Потужність до 15 м.

*Палеопедологічні дослідження.* Загалом в межах Ольвії було закладено та досліджено 8 розчисток ґрунтових профілів на різних гіпсометричних рівнях (рис. 16) та в межах різних об'єктів, як-то «територія Некрополю» та «Розкоп 25». Детальний мікроморфологічний опис та результати мікроморфологічного аналізу представлені в попередніх публікаціях авторів (Matviishuna, Parkhomenko, 2017; Kushnir et al., 2022). Підсумкові результати макро- та



**Рис. 1.** Картохема розташування території дослідження: а – місце дослідження на фізико-географічній карті України (позначене червоним прямокутником); б – територія Ольвії з позначеннями (чорними крапками) місць вивчення ґрунтових профілів.

**Fig. 1.** Map scheme of the location of the research area: a – the research location on the map of Ukraine (marked by a red rectangle); b – the territory of Olbia with designations (black dots) of the places of study of soil profiles.

мікрофрологічного аналізів ґрунтових профілів в розчистках наступні:

Профіль 1. Розміщений на ділянці високої тераси на захід від Дніпровсько-Бузького лиману в межах Некрополю. За сумою ознак ґрунт близький до каштанових ґрунтів на лесах.

Профіль 2. Розміщений в квадраті 30, в 30-ти метрах південніше від профілю 1. За сумою ознак ґрунт близький до каштанових солонцюватих легкосуглинистих на лесах.

Профіль 3. Розміщений на мисі, в 30 м на пд.-сх. від профілю 2. За сумою ознак ґрунт близький також до каштанового солонцюватого, легкосуглинистого на лесах.

Профіль 4. Розміщений в південній стінці розкопу в Некрополі. У профілі зрізана верхня частина сучасного ґрунту і проявляється ґрунт природний давній у вигляді ґрунтового шару, який описано у попередніх профілях.

Профіль 5. Розміщений в межах ділянки «Орієнт» ольвійського некрополя. За сумою ознак ґрунт наближений до чорноземів південних важкосуглинистих солонцюватих, що сформувалися на лесах.

Профіль 6. Розміщений в межах «Розкопу 25» на завадівсько-дніпровській терасі. За сумою ознак ґрунт близький до чорноземів південних солонцюватих, сформованих на лесах.

Профіль 7. Розміщений південніше на 20 м від профілю 7 у борті археологічного шурфу. За сумою ознак ґрунт близький до каштанових солонцюватих із чітко вираженим карбонатним горизонтом, середньосуглинистий.

Профіль 8. Фоновий ґрунт. За сумою ознак ґрунт близький до чорноземів південних карбонатних з поверхні легкосуглинистих і сформованих на лесі.

*Фізико-хімічний аналіз ґрунту.* Для даного виду аналізу було відібрано 19 зразків по генетичних горизонтах з найбільш типових ґрунтових профілів, що досліджені в межах Ольвії. Результати наведені в табл. 1.

Аналіз елементного складу ґрунту є одним із ключових показників, важливих для визначення його хімічного стану, властивостей та походження. Результати вивчення складу елементів в ґрунті використовуються також для оцінки потенційної родючості ґрунту і його господарського використання. Ці дані також допомагають розуміти природу та механізми формування ґрунту, оскільки вони відображають специфіку та кількісний вміст елементів у різних генетичних горизонтах. Наприклад, горизонти, які накопичують органічні речовини, мають підвищений вміст вуглецю (C), азоту (N) та фосфору (P), в той час як ілювіальні горизонти накопичують залізо (Fe) та інші елементи. В свою чергу, елювіальні горизонти можуть мати підвищений вміст оксиду кремнію (SiO<sub>2</sub>) (Kyrylchuk, Bonishko, 2011). Отже, елементний склад може служити діагностичною ознакою для визначення типу генетичного горизонту. Загальна характеристика елементного складу генетичних горизонтів одного профілю ґрунту може вказувати на характер та результати ґрунтотворних процесів. Однак важливо враховувати, що дані елементного складу не надають ретроспективну інформацію про механізми процесів у перевідкладених ґрунтах чи ґрунтах, які піддалися прямому антропогенному впливу. Водночас вміст біогенних елементів (наприклад, азоту, фосфору, калію та інших макро- та мікроелементів) в ґрунті має великий вплив на сільськогосподарське використання територій. Наприклад, високий вміст фосфору та калію в ґрунті є важливим для формування кореневої системи рослин і цвітіння. Елементи можуть



**Таблиця 1.** Аналіз ґрунту на вміст біогенних елементів.  
**Table 1.** Soil analysis for the content of biogenic elements.

№ зразка	Ген. гориз.	Глибина (м)	Елемент (мг/л)									рН	С% гумус
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	K	Ca	Mg	Fe	S	Mn		
Профіль 1													
1	Hр	0-0,1	30,0	0	54,4	130,5	48147,4	3860,8	250,0	125,0	90,0	7,4	1,0
2	Hк	0,12-0,22	25,0	0	109,0	121,2	43316,0	3048,0	250,0	125,0	80,0	7,5	1,0
3	Phк	0,4-0,5	20,0	0	136,5	121,2	59143,0	3454,4	125,0	200,0	70,0	7,6	1,0
4	Pк	0,6-0,7	18,0	0	27,5	84,0	88298,0	2336,8	63,5	400,0	70,0	7,7	1,0
5	bg лес	0,9-1,0	20,0	0	109,0	65,4	62974,8	3251,2	63,5	400,0	80,0	7,6	1,0
Профіль 6													
6	Hк	0,1-0,2	20,0	0	82,0	168,0	40317,2	3251,2	127,6	75,0	120,0	7,9	1,0
7	Hрк	0,3-0,4	18,0	0	82,0	121,2	63641,2	3759,2	63,5	75,0	120,0	8,0	1,0
8	Phк	0,5-0,6	20,0	0	82,0	65,4	70138,6	3962,4	63,5	500,0	120,0	8,0	1,0
9	Pк	0,8-0,9	18,0	0	73,5	65,4	97962,0	3556,0	112,3	500,0	140,0	7,7	1,0
Профіль 7													
10	H	0,2-0,3	25,0	7,5	54,5	205,2	-	-	125,0	100,0	120,0	7,2	1,0
11	Phк	0,45-0,55	20,0	0	82,0	149,4	70305,2	4267,2	87,6	75,0	100,0	7,7	1,0
12	Pк	0,6-0,7	25,0	0	136,5	111,9	89464,2	4664,0	63,5	100,0	100,0	7,8	1,0
13	Bg	0,8-0,9	40,0	0	54,5	74,7	76969,2	3454,4	125,0	100,0	240,0	7,7	1,0
Профіль 8 фон													
14	Hк	0,1-0,2	20,0	0	163,5	168,0	69972,0	3657,6	125,0	75,0	160,0	7,4	2,2
15	Hрк	0,4-0,5	50,0	0	54,5	102,6	34652,8	4064,0	87,6	50,0	140,0	7,3	1,0
16	Phк	0,7-0,8	20,0	0	54,5	65,4	68306,0	4064,0	87,6	500,0	120,0	7,4	1,0
17	P(h)к	0,9-1,0	15,0	3,8	54,5	65,4	62475,0	3756,6	87,6	500,0	90,0	7,4	1,0
18	Pк	1,0-1,1	20,0	0	54,5	46,5	59642,8	3860,8	87,6	500,0	100,0	7,3	1,1

свідчити про сприятливі умови для вирощування фруктових дерев (вишня, черешня), овочів та культур, які вимагають підвищеного вмісту фосфору, таких як капуста та бобові.

Фоновими даними для сільськогосподарських культур, тобто оптимальним вмістом біогенних елементів в ґрунтах для території України, є наступні показники в мг/л: NH<sub>4</sub> – 10-15, NO<sub>3</sub> – 90-120, P – 110-130, K – 210-250, Ca – 3200-4000, Mg – 70-90, Fe – 50-80, S – 20-30, Mn – 15-20 (Zaimenko (ed), 2021, p. 148-185). Реакція ґрунтового розчину (рН) залежить від концентрації та складу розчинених речовин, а також від характеру їх взаємодії з твердою фазою ґрунтів. Реакція ґрунтового покриву може бути кислою (рН < 7), нейтральною (рН ≈ 7) чи лужною (рН > 7). Середній показник вмісту гумусу в ґрунтах даної території складає 3,5-5%. (Kurylchuk, Bonishko, 2011).

#### 4. Обговорення результатів дослідження

З детальною інформацією щодо польових та лабораторних палеоґрунтознавчих досліджень Ольвії та інших ключових ділянок вивчення голоцену як Північного Причорномор'я, так і всієї України, можна ознайомитися у функціонуючому ГІС-застосунку «Палеоґрунтознавчі дослідження голоцену в межах рівнинної території України», що доступний за

посиланням <https://paleosoil-holocen.info/> (Kushnir et al., 2023).

За результатами палеопедологічних даних робимо висновок, що в часи функціонування Ольвії з VI ст. до н.е. по IV ст. н.е. клімат був більш аридним, ніж сучасний. На вододілах формувалися повнопрофільні каштанові солончакуваті або солонцюваті ґрунти. Спираючись на принцип актуалізму в розвитку природи, припускаємо, що клімат того часу характеризувався теплим посушливим літом і холодною зимою з незначним сніговим покривом. Впродовж року випало 200-400 мм опадів, а випаровування перевищувало їх в 2-3 рази, середньорічна температура повітря 2-10°C. Тип водного режиму є непроливним. Рослинність представлена переважно типчаково-ковилковими та полиново-типчаківими степами (Pozniak, 2010, p. 115-116). Ближче до долини р. Південний Буг на рівнях нижчих терас при вологіших кліматичних умовах та інтенсивнішому розвитку акумулятивних процесів утворювалися ґрунти, які близькі до темно-каштанових солонцюватих або чорноземів південних солонцюватих. Отже, за цих умов розвиток сільського господарства був кращим. Загалом в межах даної території переважали два типи ландшафтів: на підвищених ділянках – сухий степ, а на нижчих рівнях – помірно степові ландшафти.

Результати агрохімічного аналізу ґрунту охарактеризуємо покомпонентно. NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (нітратний азот) є однією із форм азоту в ґрунті. В даному випадку

може бути наявним у ґрунті внаслідок природних процесів, таких як розкладання органічного матеріалу і азотного депонування з атмосфери. Його кількість за генетичними горизонтами майже всіх досліджених профілів перевищує середні показники, але не є критичною. Вміст фосфору (P) в генетичних горизонтах досліджених ґрунтів знаходиться в межах норми, за виключенням окремих випадків, які можуть ймовірно бути пов'язані з антропогенним впливом у вищих горизонтах і промивним режимом на певній глибині. Низький вміст калію (K) в ґрунті може вказувати на те, що рослини в межах території Ольвії недоотримували (як і зараз) необхідних поживних речовин для повноцінного росту та розвитку плодів. Високий вміст кальцію (Ca) в ґрунті може свідчити про сухі природні умови території, недостатню кількість опадів, а також може бути спричинений карбонатними породами, які представлені в геологічній будові. Понаднормовий (в декілька десятків раз) вміст магнію пов'язаний із загальною засоленістю ґрунтів та нестачею опадів. Вміст заліза (Fe), мангану (Mn) та сульфуру (S) перебуває в межах допустимої норми, а незначні відхилення, ймовірно, пов'язані із антропогенною діяльністю, частими посухами та нестабільним промивним режимом території. Також результати аналізу вказують на лужний характер ґрунтів та низький вміст гумусу як в перевідкладеному так і похованому ґрунті. Це пов'язано з тим, що рослинний покрив даної території був порівняно збіднений в час існування Ольвії, що спостерігається і в наш час.

## 5. Висновки

Проведені палеогеографічні та фізико-хімічні дослідження вказують на те, що дана територія на момент формування та функціонування античного полісу Ольвія була сприятлива для розвитку урбанізаційних процесів, особливо в порівнянні із західною частиною Анатолійського півострова, звідки йшов колонізаційний імпульс в VI ст. до н.е. (кінець суббореального хроноінтервалу голоцену), де в цей час природні умови були ще більш посушливими та спекотними. Цим процесам, зокрема, сприяв рельєф, клімат та характер ґрунту як наслідок перших двох факторів. Різновиди каштанових ґрунтів та чорноземів південних дозволяли вести Ольвії сільське господарство в межах своєї хори, яке було характерне до того, яке вели Еліни на берегах Середземного моря. Їм вдалося успішно адаптуватися до даного середовища, в т.ч. внаслідок будівництва терас, що компенсувало проблеми крутих схилів. Це, ймовірно, дозволило контролювати ерозійні процеси, вимивання поживних речовин і низький вміст вологи. Загальні кліматичні умови були більш посушливі в порівнянні із сучасними, а ландшафти переважно сухостеповими. Геопросторовий аналіз положення в рельєфі вказує, що територія, де розміщувалися основні будівлі полісу, трішки підвищена зараз, а отже була підвищена і над прилеглою територією і в античний час. Це оберігало

місто від раптового підйому рівня води в лимані. Наявні міцні вапнякові породи неогену були основним будівельним матеріалом.




Проведені дослідження є частиною комплексних геоархеологічних досліджень території України, на основі яких можна вирішити актуальні питання природничих та гуманітарних наук, а саме: педогенез та його закономірності в окремих типах ґрунту та ґрунтового покриву певного регіону; відтворення природних умов в різні культурно-історичні періоди; вплив природних умов на господарську діяльність, розселення, міграції та торгівлі відносини населення в окремі історичні етапи; історико-соціологічні реконструкції з використанням даних природничих та гуманітарних наук.

## 6. Подяки

Узагальнення існуючих даних та отримання нових проведено в рамках НДР за Грантом НАН України дослідницьким лабораторіям/групам молодих вчених НАН України для проведення досліджень за пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки 2022-2023 рр. «Суспільні та природні чинники ранніх урбанізаційних процесів у Північно-Західному Причорномор'ї (на прикладі античних центрів)», № 0122U002159 (відповідальний виконавець – Анатолій Кушнір).

Дякуємо керівникам та учасникам Ольвійської міжнародної комплексної археологічної експедиції різних років за сприяння та можливість працювати в межах даного античного полісу.

## ORCID iD

Anatolii Kushnir  <https://orcid.org/0000-0001-8995-1467>  
 Zhana Matviishyna  <https://orcid.org/0000-0003-1412-7232>  
 Iryna Kharytonova  <https://orcid.org/0000-0001-9540-5278>

## Список посилань

- Karmazynenko, S. P. (2010). *Micromorphological research of fossil and modern soils of Ukraine*. Kyiv: Naukova dumka, 120 (In Ukrainian). [Кармазиненко, С. П. (2010). *Мікрморфологічний дослідження викопних і сучасних ґрунтів України*. Київ: Наукова думка. 120 с.].
- Kotenko V., Kushnir A. (2022). The main principles of the study of the raw material base of the ceramics of ancient Olbia. *Tezu XXXVI Lubelską konferencję Badania archeologiczne w Polsce środkowowschodniej, zachodniej Białorusi i Ukrainie*, Poland, 2022, 44 (In Ukrainian). [Котенко В., Кушнір А. (2021). Основні принципи вивчення сировинної бази гончарства античної Ольвії. *Tezu XXXVI Lubelską konferencję Badania archeologiczne w Polsce środkowowschodniej, zachodniej Białorusi i Ukrainie*, Poland, 2022, 44].
- Kushnir A, Kotenko V., Ivchenko A. (2022). Paleogeographical and historical aspects of the functioning of the ancient polis on the example of the study of the "Orient" site of the Olbia necropolis. *Scientific Bulletin of Chernivtsi University: Geography*, 838, 37-46 (In Ukrainian). [Кушнір А,

- Котенко В., Івченко А. (2022) Палеогеографічні та історичні аспекти функціонування античного полісу на прикладі дослідження ділянки «Орієнт» некрополю Ольвії. *Науковий вісник Чернівецького університету: Географія*, 838, С. 37–46] <https://doi.org/10.31861/geo.2022.838.37-46>.
- Kushnir A. S., Leiberiuk O. M., Shvaiko V. M. Paleopedology research of the nature of the Holocene within the territory of Ukraine. *Holocene Soil*. URL: <https://paleosoil-holocen.info/> (data zvernennia: 07.11.2023) [Кушнір А. С., Лейберюк О. М., Швайко В. М. Палеоґрунтознавчі дослідження природи голоцену в межах території України. *Holocene Soil*. URL: <https://paleosoil-holocen.info/> (дата звернення: 07.11.2023)].
- Kyrylchuk A.A., Bonishko O.S. (2011). *Soil chemistry. Fundamentals of theory and practice: study guide*. Lviv: LNU imeni Ivana Franka, 354 (In Ukrainian). [Кирильчук А.А., Бонішко О.С. (2011). *Хімія ґрунтів. Основи теорії і практикум : навчальний посібник*. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 354 с].
- Matviishyna Zh. M. (1982). *Mikromorfologiya pleistotsenovikh pochv Ukraini*. Kyiv: Naukova dumka, 144 (In Russian). [Матвиішина Ж.Н. *Micromorphology of Pleistocene soils of Ukraine*. Київ.: Наук. думка, 1982, 144 с].
- Matviishyna, Zh. M., Parkhomenko, O.H. (2017). Evolution of soils and landscapes of the ancient city of Olvia in the Mykolayiv region. *Scientific notes of the Sumy SPU named after A.S. Makarenko (Series: Geographical sciences)*, 8, 50-65 (In Ukrainian). [Матвиішина, Ж. М., Пархоменко, О. Г. (2017). Еволюція ґрунтів та ландшафтів давнього міста Ольвія на Миколаївщині. *Наукові записки Сумського ДПУ ім. А.С.Макаренка (Серія: Географічні науки)*, 8, с.50-65.].
- Pozniak S.P. (2010). *Soil science and soil geography*. Lviv: Ivan Franko Lviv National University, Volume 2, 115-116 (In Ukrainian). [Позняк С.П. *Ґрунтознавство і географія ґрунтів*. Львів: ЛНУ імені Івана Франка. Ч. 1, С. 115-116].
- Veklych M. F., Matviishyna Zh. M., Medvedev V. V., Sirenko N. A., Fedorov K. N. (1979) *Methodology of paleopedological research*. Kyiv: Naukova dumka, 272 (In Russian). [Веклич М.Ф., Матвиішина Ж.Н., Медведєв В.В., Сиренко Н.А., Федоров К.Н. (1979). *Методика палеопедологічних досліджень*. Київ: Наукова думка, 272 с.].
- Zaimenko N.V. (Ed.). (2021). *Modern methods in allelopathic research. Methodical manual*. Kyiv: «Lira-K», 148-185 (In Ukrainian). [Заїменко Н.В. (ред.). (2021). *Сучасні методи в аделопатичних дослідженнях. Методичний посібник*. Київ: «Ліра-К», С. 148-185.

## Пам'яті Михайла Дмитровича Гродзинського

In memory of Mykhailo Dmytrovych Grodzynskyi



ГРОДЗІНСЬКИЙ Михайло Дмитрович (11. 07. 1957, Київ – 21. 07. 2022, м. Бургас, Болгарія, похований у Києві) – фізико-географ, ландшафтознавець. Доктор географічних наук (1994), професор (1997), член-кореспондент НАНУ (2010). Державна премія України в галузі науки і техніки (2015). Закінчив Київський університет (1979), де й працював від 1981: у 1995–2022 – завідувач кафедри фізичної географії та геоєкології. Голова Української асоціації ландшафтних екологів (1996–2022), член Національного комітету України з Програми ЮНЕСКО «Людина і біосфера», представник уряду України на Раді Європи з розробки Ландшафтної конвенції.

11 липня 2023 року на географічному факультеті Київського національного університету імені Тараса Шевченка відбулася меморіальна науково-освітня конференція "Наукові читання з сучасної геоєкології, присвячена пам'яті академіка Михайла Гродзинського", яку було приурочено до дня народження вченого.

Життєвий шлях Михайла Дмитровича нерозривно поєднаний з географічним факультетом Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Саме тут, після закінчення навчання на кафедрі фізичної географії у 1979 році він отримав диплом з відзнакою, потім навчався в аспірантурі та у 1983 році блискуче захистив кандидатську дисертацію на тему «Геосистеми західної частини Рівнинного Криму, їх динаміка та стійкість до зрешувальних меліорацій», а згодом, у 1994 році, і докторську дисертацію на тему «Стійкість геосистем до антропогенних навантажень».

За свою кар'єру на теренах рідного факультету Михайло Дмитрович пройшов вагомий шлях професійного зростання, працюючи на посадах молодшого наукового співробітника, старшого наукового співробітника, завідувача лабораторії, доцента, професора та завідувача кафедри фізичної географії та геоєкології, від моменту її створення і до останнього свого дня.

Михайло Дмитрович правив за взірцем справжнього модерного науковця, який бачив сутність науки та перспектив її розвитку, тому саме він став беззаперечним лідером української школи ландшафтної екології, знаним далеко за межами нашої держави. Його наукові ідеї здобули широке визнання, а увага до його публікацій невпинно зростає. Це стосується насамперед методів ландшафтно-екологічного прогнозування та визначення допустимих норм антропогенних навантажень на геосистеми, а також методів визначення ступеня критичності станів ландшафтів і оцінки ймовірності та втрат від екологічних ризиків.

Михайло Дмитрович був надзвичайно яскравою, талановитою, розумною, доброю та щирою людиною, за що користувався величезним авторитетом та повагою колег, оскільки завжди охоче ділився з нами власним багатим життєвим і професійним досвідом.

Також Михайло Дмитрович майстерно поєднував свою наукову діяльність із педагогічною. Під його керівництвом захищено низку кандидатських і докторських дисертацій. Його вихованці наразі працюють в Україні та за кордоном, впроваджують новації природничої й гуманістичної географії та геоєкології, отримавши від Михайла Дмитровича вміння відстоювати власну позицію у виробничій і науково-педагогічній діяльності.

*Світла пам'ять про Михайла Дмитровича, нашого колегу, відомого вченого-ландшафтознавця та ландшафтного еколога, члена редколегії журналу «Фізична географія та геоморфологія», назавжди залишиться у наших серцях.*

## Пам'яті Олега Максимовича Адаменко

In memory of Oleh Maksymovych Adamenko



АДАМЕНКО Олег Максимович (23. 11. 1935, с. Воловиця Комарівського, нині Ніжинського р-ну Чернігівської обл. – 09. 04. 2023, Івано-Франківськ) – український вчений, геолог, еколог. Доктор геолого-мінералогічних наук (1973), професор (1974), завідувач кафедри теоретичних основ геології (1974-84), проректор (1978-83) Івано-Франківського інституту нафти і газу; у 1988-2007 – завідувач, 2007-2023 – професор кафедри екології, директор НДІ екобезпеки і природних ресурсів. Кавалер ордена «За заслуги» 3-го ступеня (2007). Заслужений діяч науки і техніки України (2015). Досліджував питання четвертинної геології, геоморфології, геотектоніки, охорони довкілля. Проводив експедиційні дослідження у Карпатах, на Поділлі і Поліссі, у Причорномор'ї і в Криму, в долинах рік Тиси, Прута і Дністра, а також у Румунії, Польщі, Угорщині, Словаччині, Чехії, Сербії, Хорватії, Словенії, Боснії і Герцеговині та Німеччині.

9 квітня 2023 року завершив свій земний шлях Олег Максимович Адаменко. Наукове життя вченого є прикладом постійного пошуку істини, захоплюючого дослідження еволюції природи і розвитку суспільства, інтеграції найновіших досягнень природничих наук. За словами самого вченого, він завжди прагнув з'єднати, систематизувати свої набутки в єдине поняття, виявити закономірності у випадковостях – як у своїй улюбленій фаховій галузі – геології, так і в історії людства, яка в цілому тісно пов'язана з природними умовами. Мабуть не випадково, що один з найголовніших напрямів досліджень О. М. Адаменка, який він розвивав впродовж всього життя, пов'язаний з вивченням річок. Як сам розповідав, ще з дитинства був зачарований красою рідної Десни і мріяв пізнати як народжується, розвивається і живе Ріка. Потім побував на всіх великих ріках Євразії, але й оселившись на Прикарпатті у межиріччі двох Бистриць, почувався добре і затишно – ділився в інтерв'ю газеті «Галичина»: «Та й Дністер надихає на творчість. Ця ріка, яка несе свої води від польських Бескидів і до Чорного моря, та її проблеми і сьогодні для мене є одним з головних наукових зацікавлень...». Такими були мрії професора Адаменка. Велику увагу Олег Максимович приділяв природоохоронній та заповідній справі, дослідженню і популяризації геологічних пам'яток. Численні його праці присвячені вивченню грязевого вулкану Старуні, ідеї створення тут геопарку на основі реконструкції палеогеографічних умов часів мамонтів і носорогів.

У вивченні природничих наук О. М. Адаменко вбачав великі можливості для успішного розвитку держави. Як науковець він робив все для того, щоб українська наука творила міцний фундамент для багатой держави і її людей. Як педагог – щиро ділився своїми знаннями не тільки у підручниках і наукових публікаціях, але й в науково-популярних творах, виховуючи любов до пізнання Землі як рідної домівки.

*Редколегія журналу «Фізична географія та геоморфологія» глибоко шанує пам'ять про Олега Максимовича, члена редколегії, з яким було цікаво і легко працювати. Його життєві риси – неймовірна творча енергія, любов до науки, самодисципліна, його неперевершені наукові здобутки завжди йшли поруч з інтелігентністю, добротою, чуйністю. Віримо, що всі його добрі справи матимуть достойне продовження у колі нащадків, друзів, колег та учнів.*

**Фізична географія та геоморфологія, Том 46, Вип. 1–6 (117–122), 2023. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Науковий журнал. Заснований у 1970 р. Виходить шість разів на рік.  
Головний редактор: Наталія Герасименко.**

**Physical Geography and Geomorphology, 46, 1–6 (117–122), 2023. Taras Shevchenko National University of Kyiv.  
Scientific journal. Established in 1970. Published bi-monthly. Editor-in-Chief: Natalia Gerasimenko.**

Затверджено до друку вченою радою географічного факультету  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка  
Реєстраційне свідоцтво серії КВ №23971-13811 ПР від 11.05. 2019 р.  
Комп'ютерна верстка – Ілля Кравчук  
Дизайн обкладинки – Євгеній Рогозін

Формат 60x84/8. Ум.-друк. арк. 7,8. Обл.-вид. арк. 8,4. Тираж 100 прим.  
Віддруковано у видавництві “Наукова столиця”  
вул. Героїв Оборони, 8, Київ 03127  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК 5941 від 11.01.2018 р.