

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 48
Випуск 1(129)
Volume 48
Issue 1(129)

Київ
2025

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, геоекології, палеоекології, палеогеографії четвертинного періоду, ґрунтознавства, метеорології, кліматології, гідрології, структурної, динамічної, екологічної та палеогеоморфології. Окремі рубрики журналу присвячені використанню ГІС у природничо-географічних дослідженнях, організації природничого туризму, геоплануванню, природоохоронній діяльності, управлінню екологічними проектами та географічній освіті.

Заснований у 1970 р.

Виходить два рази на рік.

Публікації приймаються українською та англійською мовою.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Наталія Герасименко (**головний редактор**), Київський національний університет імені Тараса Шевченка
natalia.gerasimenko@knu.ua

Сергій Бортник (**заступник головного редактора**), Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Яцек Шманьда (**заступник головного редактора**), Інститут географії та просторової організації, Польська академія наук

Тетяна Лаврук (**відповідальний секретар**), Київський національний університет імені Тараса Шевченка
tetiana.lavruk@knu.ua

Ольга Ковтонюк (**технічний редактор**), Київський національний університет імені Тараса Шевченка,

Данієль Вереш, Інститут спелеології Румунської академії

Григорій Денисик, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Лідія Дубіс, Львівський національний університет імені Івана Франка

Томаш Каліцкі, Університет Яна Кохановського в Кельце

Іван Ковальчук, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Олександр Комлев, Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Карлос Кордова, Університет штату Оклахома, США

Марчел Міндреску, Сучавський університет імені Штефана чел Маре

Олександр Ободовський, Університет Казимира Великого в Бидгощі

Богдан Рідуш, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Віктор Самойленко, Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Єва Смольська, Варшавський університет

Сергій Сніжко, Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Володимир Стецюк, Київський національний університет імені Тараса Шевченка

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, 2025

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.

It is published twice a year.

Publications are accepted in Ukrainian and English.

EDITORIAL BOARD

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

natalia.gerasimenko@knu.ua

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

Jacek Szmańda (**associate editor**), *Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences, PL*

Tetiana Lavruk (**editorial assistant**), *Taras Shevchenko National University of Kyiv, UA*

tetiana.lavruk@knu.ua

Olga Kovtoniuk (**copy editor**), *Taras Shevchenko National University of Kyiv, UA*

Daniel Veres, *Institute of Speleology, Romanian Academy, RO*

Hryhorii Denysyk, *Vinnitsia State Pedagogical University, UA*

Lidia Dubis, *Ivan Franko National University of Lviv, UA*

Tomasz Kalicki, *Uniwersytet Jana Kochanowskiego of Kielce, PL*

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

Oleksandr Komliev, *Taras Shevchenko National University of Kyiv, UA*

Carlos Cordova, *Oklahoma State University, USA*

Marcel Mindrescu, *Ștefan cel Mare University of Suceava, RO*

Oleksandr Obodovskyi, *Casimir the Great University in Bydgoszcz, PL*

Bohdan Ridush, *Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, UA*

Viktor Samoilenko, *Taras Shevchenko National University of Kyiv, UA*

Ewa Smolska, *University of Warsaw, PL*

Serhii Snizhko, *Taras Shevchenko National University of Kyiv, UA*

Volodymyr Stetsiuk, *Taras Shevchenko National University of Kyiv, UA*

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, 2025

ЗМІСТ

Геоморфометричний і кліматичний аналіз річкової басейнової системи на підставі загальнодоступних глобальних геоданих (приклад Бистриці Підбузької) Іван С. Круглов, Олесь О. Буряник, Анатолій Д. Смалійчук	7
Дослідження характеристик диференціації селітебних комплексів та їх впливу на трансформацію природних ландшафтів північно-східного схилу Великого Кавказу на основі ГІС Рашад Рахіб Садуллаєв	18
Дослідження сучасного стану Шацьких озер за допомогою засобів дистанційного зондування Землі Оксана М. Підкова	26
Природні ліси Українських Карпат та прилеглих територій: геопросторовий аналіз засобами геоматики Анатолій Д. Смалійчук, Іван С. Круглов, Ганна В. Смалійчук, Олег Г. Часковський	38
Особливості впливу пожеж на фітогенні форми рельєфу в межах басейну річки Остер Юрій М. Філоненко	46
Поверхневі води: функції в ландшафті та їх урахування у процесі просторового планування Любов М. Тимуляк	54
“Ти маєш дати нове бачення ландшафтів” До 100-річчя від дня народження професора І. М. Рослого Володимир М. Пащенко	69
Пам’яті Ольги Павлівни Андріяш	79

CONTENTS

Geomorphometric and climate analysis of a river basin system using freely-available global geodatasets (the case of the Bystrytsia Pidbuzka)	
Ivan S. Kruhlov, Olesia O. Burianyk, Anatoliy D. Smaliychuk	7
Research of the differentiation characteristics of seliteb complexes and their impact on the transformation of natural landscapes of the northeastern slope of the Greater Caucasus based on GIS	
Rashad Rahib Sadullayev	18
Research on the current state of Shatsk Lakes using remote sensing of the Earth	
Oksana M. Pidkova	26
Natural forests of Ukrainian Carpathians and adjacent areas: geospatial analysis by geomatics tools	
Anatoliy D. Smaliychuk, Ivan S. Kruhlov, Anna V. Smaliychuk, Oleh G. Chaskovskyi	38
Features of the impact of fires on phytogenic landforms within the Oster River basin	
Yurii M. Filonenko	46
Surface water: landscape functions and their integration into spatial planning	
Liubov M. Tymuliak	54
“You have to give a new vision of Landscapes”	
To the 100th anniversary of the birth of Professor I. M. Roslyi	
Volodymyr M. Pashchenko	69
In memory of Olga Pavlivna Andriyash	79

Геоморфометричний і кліматичний аналіз річкової басейнової системи на підставі загальнодоступних глобальних геоданих (приклад Бистриці Підбузької)

Іван С. Круглов , Олеся О. Буряник , Анатолій Д. Смалійчук 

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. П. Дорошенка, 41, Львів 79000, Україна

Анотація

Річкову басейнову систему, яку застосовують для дослідження руслового стоку, ієрархічно відображають як поєднання суббасейнів. Геоморфометричні (альтитуда, ухил поверхні) та кліматичні (температура повітря, опади) властивості суббасейнів є важливими чинниками, які визначають стік. Для передбачення річкового стоку необхідно також брати до уваги майбутню зміну кліматичних показників. Ми вибрали річковий басейн Бистриці Підбузької площею 500 км², який охоплює низькогір'я Карпат та височину Передкарпаття, для того, щоб продемонструвати можливості геоморфометричного та кліматичного аналізу на підставі глобальних геоданих, які є у вільному доступі. Радарна цифрова модель висот FABDEM V1-2 із розділенням 30 м дала змогу за допомогою функцій цифрового гідрологічного аналізу коректно виділити систему з 21 суббасейну площею від 63 до 5038 га для ланок водотоків 4–6 порядків за Стралером. За допомогою функції зональної статистики визначили, що середні альтитуди суббасейнів лежать у межах 259–656 м, а їхні середні ухили поверхні змінюються від 0 до 13°. FABDEM V1-2 забезпечила доволі точне виділення басейнів та реалістичний розрахунок ухилу поверхні навіть на ділянках плоского рельєфу, щоправда для цього її модифікували «заглибленням» мережі водотоків.

Кліматичні геодани CHELSA V2.1 із розділенням ~1 км використали для визначення середньорічних і середньомісячних значень температури повітря та сум опадів суббасейнів для 1981–2010 рр., а також ймовірних середньорічних значень цих показників для 2071–2100 рр. за сценарієм зміни клімату SSP3-7.0. Для цього застосували функцію зональної статистики. На початку нашого століття середня річна температура суббасейнів становила +4–+8,5°C, а середня річна сума опадів – 726–1055 мм. Сценарій SSP3-7.0 передбачає підвищення середньорічної температури на 3,6°C в усіх суббасейнах за незначного зростання кількості опадів. Геодани CHELSA не дають змогу надійно характеризувати невеликі розчленовані басейни через недостатню геометричну роздільність. Все ж, геодани CHELSA зручно застосовувати для оперативного аналізу клімату та його зміни як для регіонів, так локальних територій площею понад 10 км².

Ключові слова

Басейнова система, Бистриця Підбузька, геоморфометрія, зміна клімату, кліматичні геодани CHELSA, цифрова модель висот FABDEM

Надійшла до редакції: 3 березня 2025 / Прийнята: 23 березня 2025 / Опублікована онлайн: 30 березня 2025

Geomorphometric and climate analysis of a river basin system using freely-available global geodatasets (the case of the Bystrytsia Pidbuzka)

Ivan S. Kruhlov, Olesia O. Burianyk, Anatoliy D. Smaliychuk

Ivan Franko National University of Lviv, 41, P. Doroshenko St, Lviv, 79000, Ukraine

Abstract

A river basin system, which is used to study channel runoff, is hierarchically represented as a network of sub-basins. Geomorphometric (altitude, surface slope) and climatic (air temperature, precipitation) properties of the sub-basins are important factors determining runoff. To predict river runoff, future changes in climatic indicators must also be taken into account. We selected the Bystrytsia Pidbuzka river basin of 500 km² located at the junction of the low Carpathian Mountains and the Forecarpathian Upland to demonstrate possibilities of a geomorphometric and climatic analysis using freely available global geodata.

The radar digital elevation model FABDEM V1-2 has a resolution of 30 m. It afforded delineation, using functions of digital hydrological analysis, a system of 21 sub-basins ranging from 63 to 5038 ha and referring to the stream links of 4–6 Strahler orders. We applied zonal statistics function to calculate mean altitude and slope values of the subbasins, which are in the range of 259–656 m and 0–13°, respectively. FABDEM V1-2 afforded rather accurate delineation of the watersheds and realistic calculation of the slope even within flat terrain. However, it had to be modified by “burning in” of the stream network.

Climatic geodata CHELSA V2.1 with a resolution of ~1 km was used to determine the average annual and average monthly air temperature and precipitation values of the sub-basins for 1981–2010, as well as the probable average annual values of these indicators for 2071–2100 according to the SSP3-7.0 climate change scenario. Again, the zonal statistics function was applied for this purpose. At the beginning of this century, the average annual temperature of the sub-basins was +4 – +8.5°C, and the average annual precipitation was 726–1055 mm. The SSP3-7.0 scenario projects an increase in average annual temperature by 3.6°C in all sub-basins with a slight increase in precipitation. CHELSA geodata does not reliably characterize small dissected basins due to insufficient geometric resolution. Nevertheless, CHELSA geodata is convenient for quick actual and future climate analysis for both regions and local areas over 10 km².

Keywords

Basin system, the Bystrytsia Pidbuzka, geomorphometry, climate change, CHELSA climatic geodata, FABDEM digital elevation model

Received: 3 March 2025 / Accepted: 23 March 2025 / Published online: 30 March 2025

Corresponding author:

Ivan S. Kruhlov, Ivan Franko National University of Lviv, 41, P. Doroshenko St, Lviv, 79000, Ukraine
Email: ivan.kruhlov@lnu.edu.ua

© 2025 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

Одним із важливих проявів зміни клімату є модифікація колообігу води в екосфері, яка суттєво впливає на гідрологічний режим суходолу (Yang et al., 2021). Тому виникає гостра необхідність у прогнозуванні не лише майбутньої зміни клімату, але й пов'язаних змін у гідрологічному режимі річок. Для цього тепер використовують геопросторово-розподілені механістичні детерміністські гідрологічні моделі (симулятори), на зразок SWAT (Neitsch et al., 2011), які поєднують з виводами (англ.: outputs) кліматичних моделей (Clark et al., 2016). Однак параметризація та калібрування таких симуляторів вимагає спеціальних знань та навичок, а також детальних місцевих геоданих, зокрема щодо клімату та гідрологічного режиму – тобто є доволі затратними з огляду ресурсів і часу. Водночас тепер загальнодоступними є різноманітні високороздільні цифрові моделі висот (ЦМВ) (Hawker et al., 2022; Jarvis et al., 2008; Tadono et al., 2014; Yamazaki et al., 2019) та інтерпольовані кліматичні геодани (Brun et al., 2022; Fick & Hijmans, 2017), які охоплюють майже усю поверхню Землі. Через це практичного значення також набувають менш точні, але простіші, способи визначення теперішніх та майбутніх кліматичних і гідрологічних характеристик річкових басейнів на підставі таких загальнодоступних глобальних геоданих без застосування складних механістичних моделей.

Отже, мета цього дослідження полягає в окресленні методики простої геоморфометричної та кліматичної характеристики річкової басейнової системи на підставі загальнодоступних глобальних геоданих, яку можна використовувати для оцінки впливу зміни клімату на гідрологічний режим. Реалізували методику на прикладі басейну середньої річки Бистриці Підбузької, який є репрезентативним для північно-східного сточища Карпат.

2. Територія дослідження

Річка Бистриця Підбузька є правою притокою р. Дністер, що повністю розташована у межах Львівської області (рис. 1). Дослідженням охоплений басейн Бистриці Підбузької до злиття з р. Тисмениця. Його площа становить 500 км² при довжині головного русла – 79 км. Верхів'я Бистриці та її значної лівої притоки Черхави розташовані у Карпатах – у флішовому низькогір'ї Крайових і Дністерських Бескидів, а середня і нижня течії – на хвилястих межиріччях і широких річкових днищах Верхньодністерського Передкарпаття. Альтитуда (висота над рівнем моря) змінюється від 858 м (г. Виділок) на південно-західній межі басейну до 255 м у місці злиття з р. Тисменицею на північному сході. Карпатські межиріччя складені елювіально-колювіальним кам'янистим суглинком – реголітом піщано-глинистого та пісковикового флішу, а передкарпатські межиріччя – колювіальним (давньоалувіальним) суглинком. Днища долин виповнені алувіальними суглинком і лакустриновими відкладами



Рис. 1. Розташування території дослідження
Fig. 1. Location of the study area

(торфом, мулом), заплави і річища піщано-галькові, а у нижній течії – суглинкові (Kruhlov et al., 2024).

За міжнародною класифікацією Кьоппена-Гайгера макроклімат басейну належить до типу Dfb – холодний, без сухого сезону, з теплим літом (Peel et al., 2007). За даними метеостанції Дрогобич, яка розташована поблизу на альтитуді 277 м, середня температура повітря у січні становить -3,4°C, а у липні – +18,1°C, річна сума опадів – 744 мм (Шубер, 2018). У карпатській частині басейну на межиріччях переважають бурі лісові щебенюваті ґрунти, на передкарпатській – буроземно-підзолисті оглеєні. У днищах долин зосереджені алувіальні лучні та торфово-болотні ґрунти, а також торфовища (Позняк, 2019). Природною рослинністю карпатської частини басейну є ялицево-букові ліси, передкарпатської – грабово-дубові та ялицево-дубові ліси, а перезволожених ділянок – чорновільшники (Kruhlov et al., 2008). Тепер заболочені днища долин дренавані, природна лісова рослинність значною мірою замінена сільськогосподарськими угіддями, лісовими культурами та сільськими поселеннями. У нижній течії споруджена гідроелектростанція, а русло каналізоване й обмежене дамбами.

3. Концептуальні основи

Річкова басейнова система є однією з категорій трансморфогенних (потокових) геоекосистем – геопросторових екологічних моделей ландшафту. Цю модель застосовують для дослідження впливу погоди або клімату, а також ландшафтних структур і процесів у межах басейну, на властивості руслового стоку у злив цього басейну. Великий річковий басейн переважно представляють як ієрархічну структуру, яка є поєднанням суббасейнів, пов'язаних русловим стоком. Суббасейни, які переважно ландшафтно неоднорідні, додатково

описують як комбінацію різних класів гідротопів (одиниць гідрологічної реакції) – відносно однорідних ділянок ландшафту з однаковим типом гідрологічного функціонування. Гідротопи як морфогенні ландшафтні одиниці, виділяють на підставі подібності топографічного положення, поверхневих відкладів/грунту і наземного покриву (Круглов, 2020; Neitsch et al., 2011). Зауважимо, що у цьому дослідженні гідротопи не виділяли.

Метеорологічними показниками, які використовують у гідрологічних моделях, є: сонячна радіація, температура повітря, кількість опадів, швидкість вітру і відносна вологість повітря. Ці показники, переважно добові, у поєднанні з параметрами гідротопів, дають змогу розрахувати евапотранспірацію та, відповідно, стік. Найважливішими, з огляду на параметризацію гідрологічних моделей, є температура повітря і кількість опадів. Метеорологічні параметри розраховують для кожного із суббасейнів шляхом геопросторової інтерполяції вимірювань метеорологічних станцій, які можуть бути розташовані поза межами річкового басейну (Neitsch et al., 2011). У випадку перспективного моделювання гідрологічного режиму залучають метеорологічні показники, отримані за допомогою різноманітних глобальних та регіональних кліматичних моделей, або їхніх ансамблів, для кількох загальноприйнятих сценаріїв зміни клімату протягом XXI століття – Shared Socioeconomic Pathways (SSP – Спільні соціоекономічні траєкторії) (O'Neill et al., 2014).

4. Глобальні геодани

Для делімітації річкової басейнової системи та її геоморфометричного аналізу ми використали глобальну ЦМБ FABDEM V1-2, яка є у вільному доступі для некомерційних проєктів (<https://data.bris.ac.uk/data/dataset>). У основі цих геоданих лежить глобальна радарна ЦМБ Copernicus GLO 30 DEM із розділенням ~30 м на екваторі (<https://spacedata.copernicus.eu/collections/copernicus-digital-elevation-model>), з якої додатково усунули спотворення, викликані деревним покривом та будівлями. Через це середня абсолютна вертикальна похибка на забудованих площах була зменшена з 1,62 до 1,12 м, а на залісених – з 5,15 до 2,88 м (Hawker et al., 2022). Результати порівняння з іншими глобальними ЦМБ, які мають розділення 30 м, – Copernicus DEM, NASADEM, AW3D30 та SRTM, – засвідчують, що FABDEM є найточнішою, особливо на лісовкритих ділянках і з малими ухилами поверхні (Meadows et al., 2024).

Для кліматичного аналізу скористалися глобальними геоданими для суходолу CHELSA V2.1 із розділенням 30 кутових секунд (~1 км), які відображають велику кількість різноманітних кліматичних показників (<https://chelsa-climate.org/downloads>). Для періоду 1981–2010 рр. ці показники розраховані за фактичними даними глобальної мережі метеостанцій. Крім того, вони зпроєктовані на періоди 2011–2040, 2041–2070 і 2070–2100 рр. згідно з п'ятьма різними кліматичними моделями

і за трьома сценаріями зміни клімату: SSP1-2.6, SSP3-7.0 і SSP5-8.5. Для геопросторової інтерполяції значень температури повітря й атмосферних опадів розробники бази даних використали ЦМБ, а також дані про вітрові поля, експонованість долин і альтитуду пограничного шару, і це дало змогу реалістично врахувати орографічні ефекти (Brun et al., 2022; Karger et al., 2017). У порівнянні з іншими (суб-)глобальними кліматичними геоданими, наприклад WorldClim, CHELSA відзначається вищою точністю, особливо щодо розподілу опадів, оскільки для інтерпретації додатково використали сателітні дані про хмарність (Karger et al., 2021).

5. Методи

Для опрацювання геоданих застосували програмне забезпечення ArcGIS Pro (<https://pro.arcgis.com>) та QGIS (<https://qgis.org>), а також WhiteboxTools (<https://www.whiteboxgeo.com>) для делімітації басейнової системи. Оригінальні глобальні геодани ЦМБ FABDEM V1-2 та кліматичних показників CHELSA, які є у географічних координатах WGS84, “вирізали” для території дослідження та зпроєктували у систему координат UTM із розділенням відповідно 30 м і 500 м з передискретизацією методом кубічної конволюції. Для аналізу кліматичних особливостей басейнової системи використали геодани CHELSA про середні щорічні та щомісячні значення температури повітря і сум опадів для історичного кліматичного періоду 1981–2010 рр., а також ці самі середні щорічні показники, зпроєктовані на 2071–2100 рр. за допомогою моделі GFDL-ESM 4 (Dunne et al., 2020) для сценарію SSP3-7.0. Цей “помірно песимістичний” сценарій під назвою “Регіональне суперництво” передбачає міждержавні конфлікти, які унеможливають ефективне міжнародне співробітництво щодо вирішення екологічних проблем, та, як наслідок, зростання глобального радіаційного балансу на 7.0 Вт*м⁻² до 2100 року (Shiogama et al., 2023). Також завантажили офіційні векторні дані річкової мережі України (<http://geoportal.davr.gov.ua>), «вирізали» для території дослідження, зпроєктували в UTM координати, виправили помилки та растеризували з таким же розділенням, як ЦМБ – 30 м.

За допомогою локальної функції алгебри карт річкову мережу “заглибили” у ЦМБ на 2 м і створили гідрологічно-коректну версію ЦМБ – таку, що не містить грубих помилок у напрямках акумуляції стоку. Тоді за допомогою отриманих геоданих акумуляції стоку генерували мережу дрібних водотоків. Для цього експериментально визначили, що водотік загалом починається з водозбірної площі у 10 га – 111 комірок растру. Отримані у такий спосіб водотоки ранжували за Стралером, а після цього делімітували суббасейни для ланок 4-го і вищих порядків. На завершення растрові геодани суббасейнів перетворили у векторний формат та генералізували – елімінували дрібні ареали (менше 10 га), які головно були артефактами моделювання. Суббасейнам присвоїли унікальні власні назви (за

назвами сіл, розташованих у їхніх межах) та індекси, які одночасно відображають їхню топологію (пов'язаність русловим стоком) та порядок за Стралером.

За допомогою функції зональної статистики для суббасейнів розраховували середні значення та стандартні відхилення альтитуди й ухилу поверхні на підставі даних FABDEM. Так само, на підставі кліматичних показників CHELSA для суббасейнів визначили середні значення та стандартні відхилення середньорічних і середньомісячних показників температури повітря і сум опадів. Зауважимо, що величина стандартного відхилення у даному випадку є важливим індикатором геопросторової неоднорідності. Геоморфометричні та середньорічні кліматичні показники візуалізували у вигляді карт, а середньомісячні кліматичні показники представили як графіки річного розподілу за суббасейнами.

6. Результати та їх обговорення

Згідно з отриманими нами даними, площа басейну Бистриці Підбузької загалом становить 50 005 га, його середня альтитуда сягає 416 м при стандартному відхиленні у 139 м, а середній ухил поверхні – 5,5° при стандартному відхиленні у 5,8°. У межах басейну виділили 21 суббасейн 4-6 порядків за Стралером. Найменшу площу – 63 га – має суббасейн 6-го порядку найнижчої ланки водотоку при злитті з Тисменицею, який обмежений дамбами – SB100, а найбільшу – 5038 га – суббасейн 4-го порядку верхів'я Черхави – SB431

(рис. 2, 3). SB100 має найменші середні альтитуду (259 м) та ухил поверхні (0°), а також мінімальні стандартні відхилення цих показників, оскільки розташований на пласкій алювіально-лакустриновій Верхньодністерській рівнині. На відміну, найвище розташований суббасейн Смільної у Дністерських Бескидах (SB622) – його середня альтитуда сягає 656 м, а суббасейн Сторони (SB601) відзначається найбільшим стандартним відхиленням альтитуди (101 м) та ухилу поверхні (11°) – це зумовлено його гірським розташуванням на межі Верхньодністерських та Крайових Бескидів і значною площею (4523 га). Найбільший середній ухил поверхні – 13° – має гірський суббасейн ланки 5-го порядку Залокотя (SB620), який більшою частиною охоплює круті схили, сформовані фронтальною частиною сколівської тектонічної скиби на північно-східній межі Дністерських Бескидів.

Геоморфометричні показники засвідчують значне різноманіття рельєфу басейнової системи Бистриці Підбузької, що робить її репрезентативною модельною територією для дослідження ландшафтно-кліматичних і ландшафтно-гідрологічних особливостей північно-східного мегасхилу Карпат та передкарпатських рівнин.

З огляду на середньорічну температуру повітря протягом 1981-2010 рр., цілком очікувано найтеплішим був найнижчий суббасейн (SB100) з показником +8,5°C, а найхолоднішими – найвище розташовані суббасейни (SB622 і SB621) зі значенням +6,4°C (рис. 4). Якщо середні значення температури повітря чітко корелюються з показниками середньої альтитуди, то стандартні відхилення температури

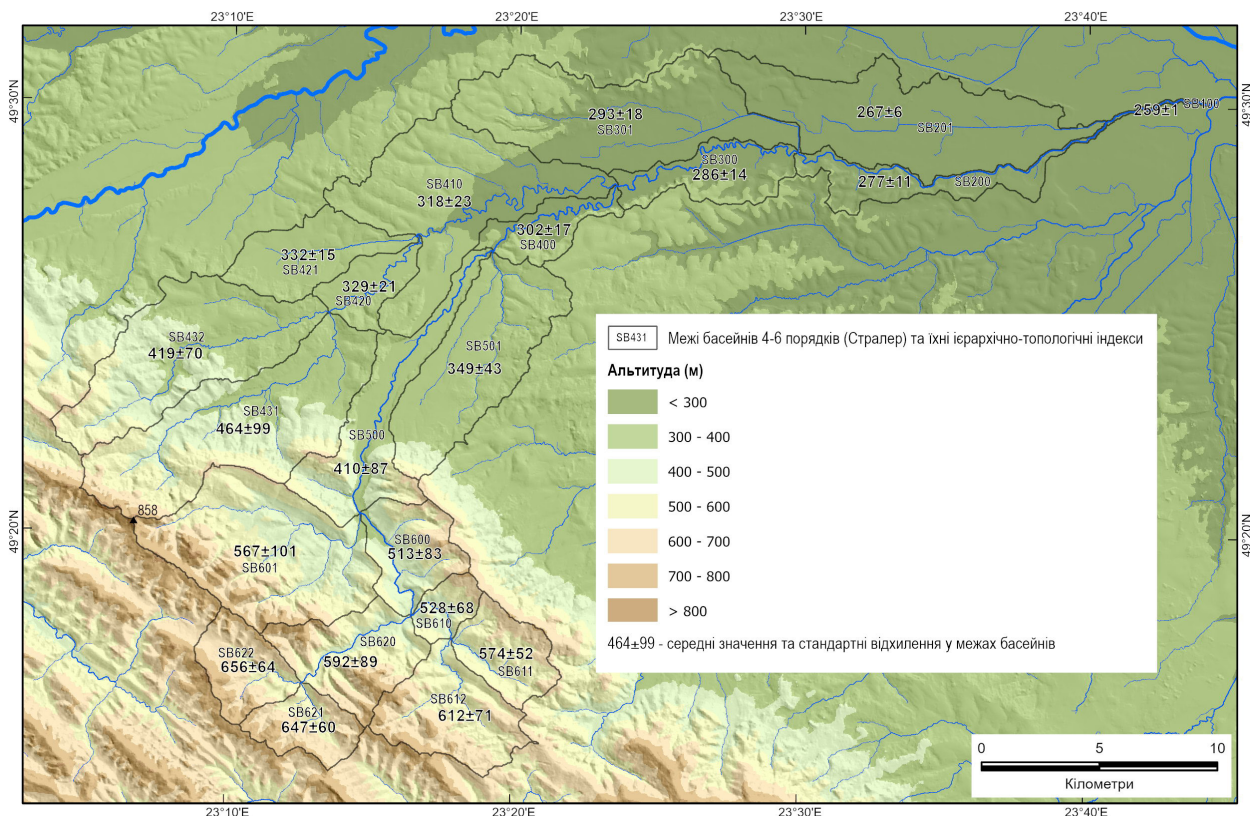


Рис. 2. Альтитуди басейнової системи річки Бистриця Підбузька
Fig. 2. Altitudes of the Bystrytsia Pidbuzka River Basin System

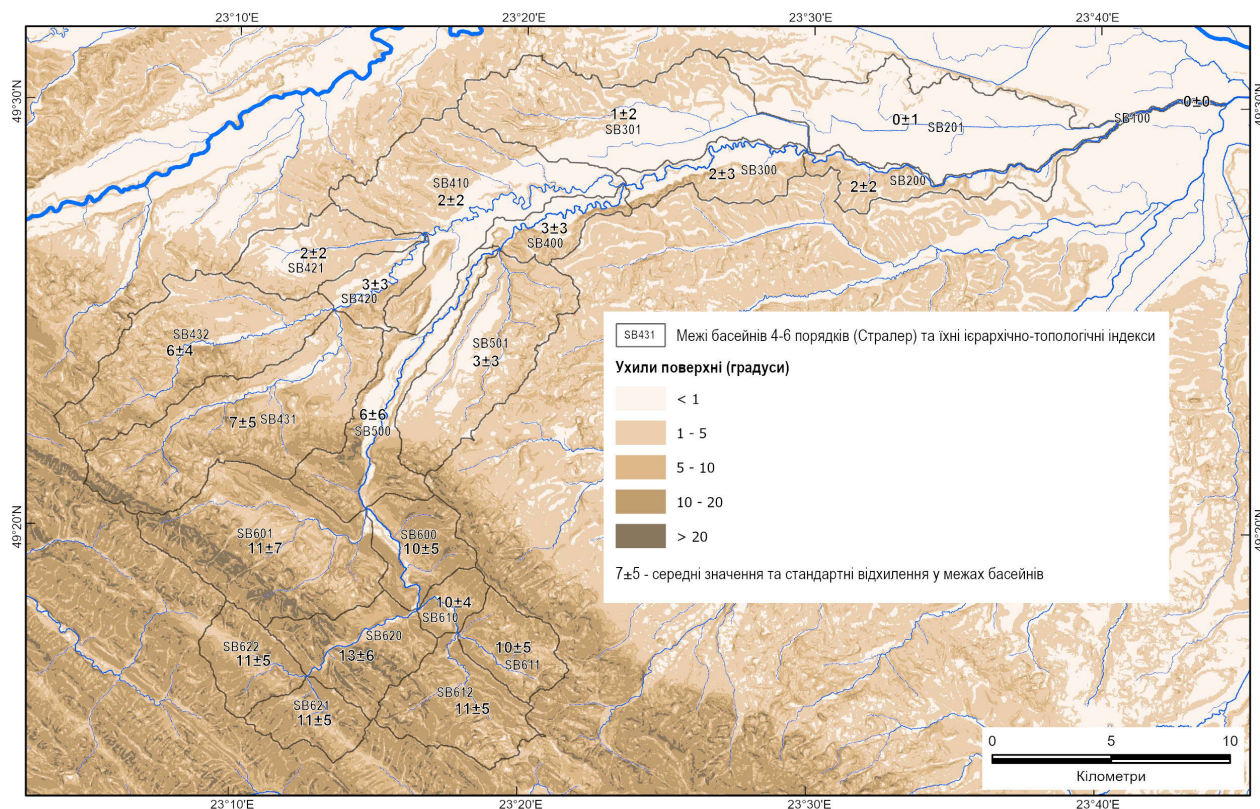


Рис. 3. Ухили поверхні басейнової системи річки Бистриця Підбузька
Fig. 3. Surface slopes of the Bystrytsia Pidbuzka river basin system

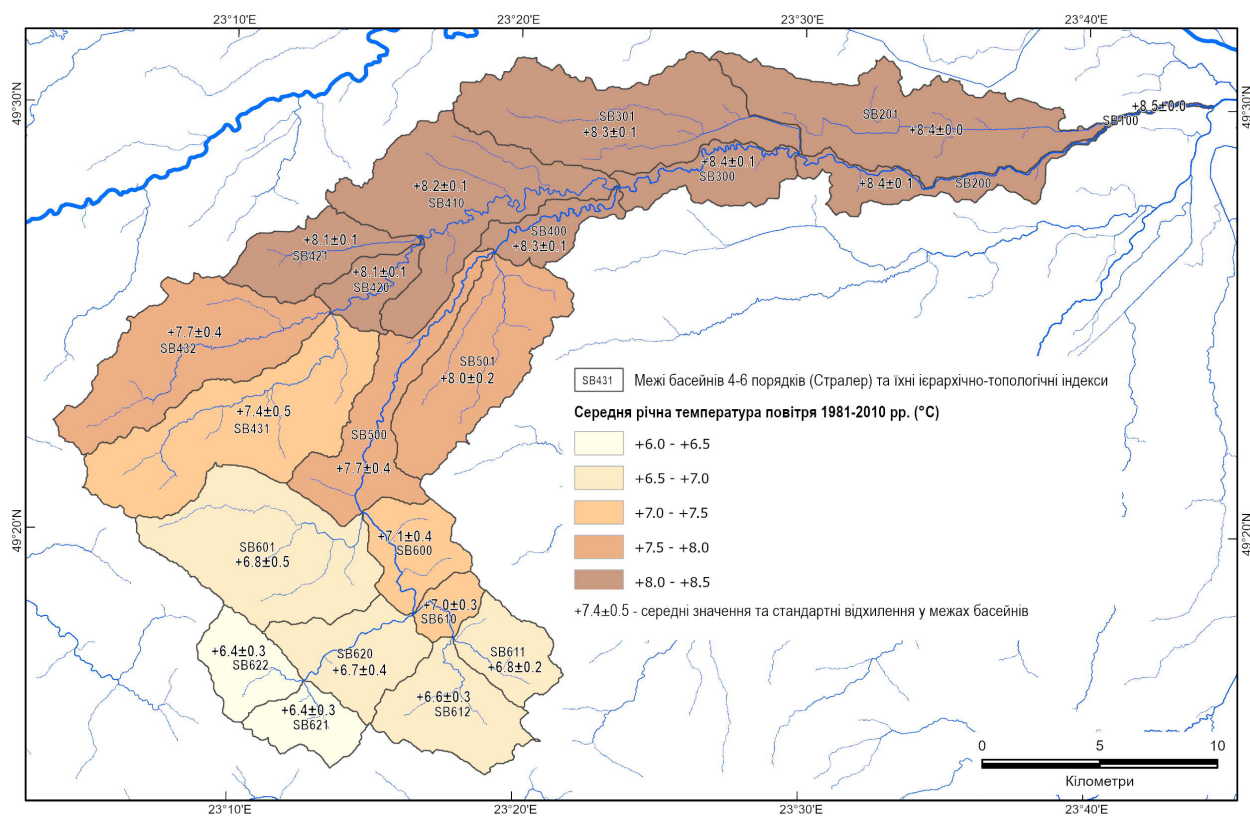


Рис. 4. Середня річна температура повітря 1981–2010 рр. басейнової системи річки Бистриця Підбузька
Fig. 4. Average annual air temperature 1981–2010 of the Bystrytsia Pidbuzka river basin system

повітря відображають таку саму кореляцію зі стандартними відхиленнями альтитуди (див. рис. 2).

Найнеодноріднішими, з огляду на теплозабезпечення, є гірські суббасейни SB431 і SB601 зі стандартним відхиленням середньорічної температури повітря $0,5^{\circ}\text{C}$. На відміну, суббасейни нижньої течії з плоским рельєфом (SB100 і SB201) характеризуються мінімальним стандартним відхиленням цього показника, який менший точності розрахунку і тому має значення $0,0^{\circ}\text{C}$.

Річний хід історичної (1981–2010 рр.) середньої багаторічної середньомісячної температури повітря має загалом однакову траєкторію для всіх суббасейнів, але відрізняється значеннями показників та амплітудою

(рис. 5). Середньомісячні показники температури, як і середньорічні, добре корелюються з середньою альтитудою суббасейнів (див. рис. 2) – чим більша середня альтитуда, тим менші середньомісячні показники температури повітря та їхні річні амплітуди. Так, найнижчий і найтепліший суббасейн SB100 характеризувався амплітудою у $21,5^{\circ}\text{C}$ (від $-2,5^{\circ}\text{C}$ у січні до $+19,0^{\circ}\text{C}$ у липні), а найвищий і найхолодніший суббасейн SB622 – у $20,3^{\circ}\text{C}$ (від $-4,0^{\circ}\text{C}$ у січні до $+16,3^{\circ}\text{C}$ у липні). Водночас різниця температури між суббасейнами була найбільшою у найтепліший місяць (липень) і становила $2,7^{\circ}\text{C}$, а найменшою у грудні – $1,2^{\circ}\text{C}$.

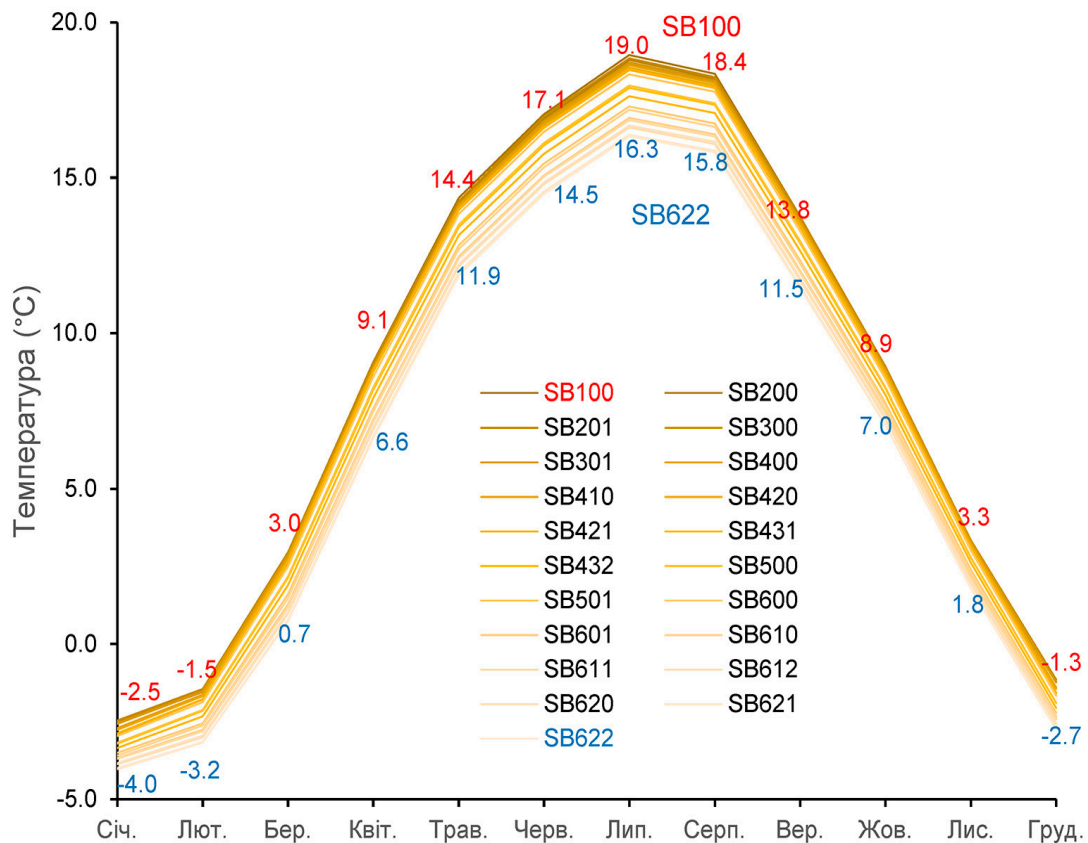


Рис. 5. Річний хід середньої середньомісячної температури повітря 1981–2010 рр. басейнової системи річки Бистриця Підбузька
Fig. 5. Annual trend of the average monthly air temperature 1981–2010 of the Bystrytsia Pidbuzka river basin system

Розподіл річних сум атмосферних опадів за суббасейнами протягом 1981–2010 рр., так само як і температура повітря, добре корелюється з альтитудою – як за середніми значеннями, так і за стандартним відхиленням. Найменшу річну кількість опадів отримував найнижчий суббасейн SB100 – 726 мм, а найбільшу – найвищий суббасейн SB622 – 1055 мм (рис. 6). Найбільшим стандартним відхиленням річної суми опадів характеризується суббасейн SB431 – 85 мм. Він відзначається значним перепадом альтитуди, зумовленим пограничним гірсько-рівнинним положенням. Невеликі стандартні відхилення демонструють не лише рівнинні суббасейни (напр., SB100 – 2 мм), але й гірські суббасейни невеликої площі з доволі суттєвим вертикальним розчленуванням – напр., SB610 і SB611 – 6 мм. Очевидно, в останньому

випадку Показник нерівномірності розподілу опадів значно занижений через відносно низьке геометричне розділення геоданих CHELSA (~ 1 км) – у такому випадку на суббасейни площею менше 10 km^2 припадає надто мала кількість комірок кліматичного растру для реалістичного розрахунку стандартного відхилення.

Річний розподіл середніх місячних сум опадів за історичний період (1981–2010 рр.) є подібним для усіх суббасейнів, але відрізняється конкретними значеннями та річною амплітудою, які корелюються з альтитудою (рис. 7). Мінімальна кількість опадів (34–52 мм) спостерігалася у січні, а максимальна (99–143 мм) – у липні та серпні. Різниця між максимальними та мінімальними місячними сумами опадів була найменшою для “найсухішого” суббасейну SB100 – 65 мм, а найбільшою – для “найвологішого” суббасейну

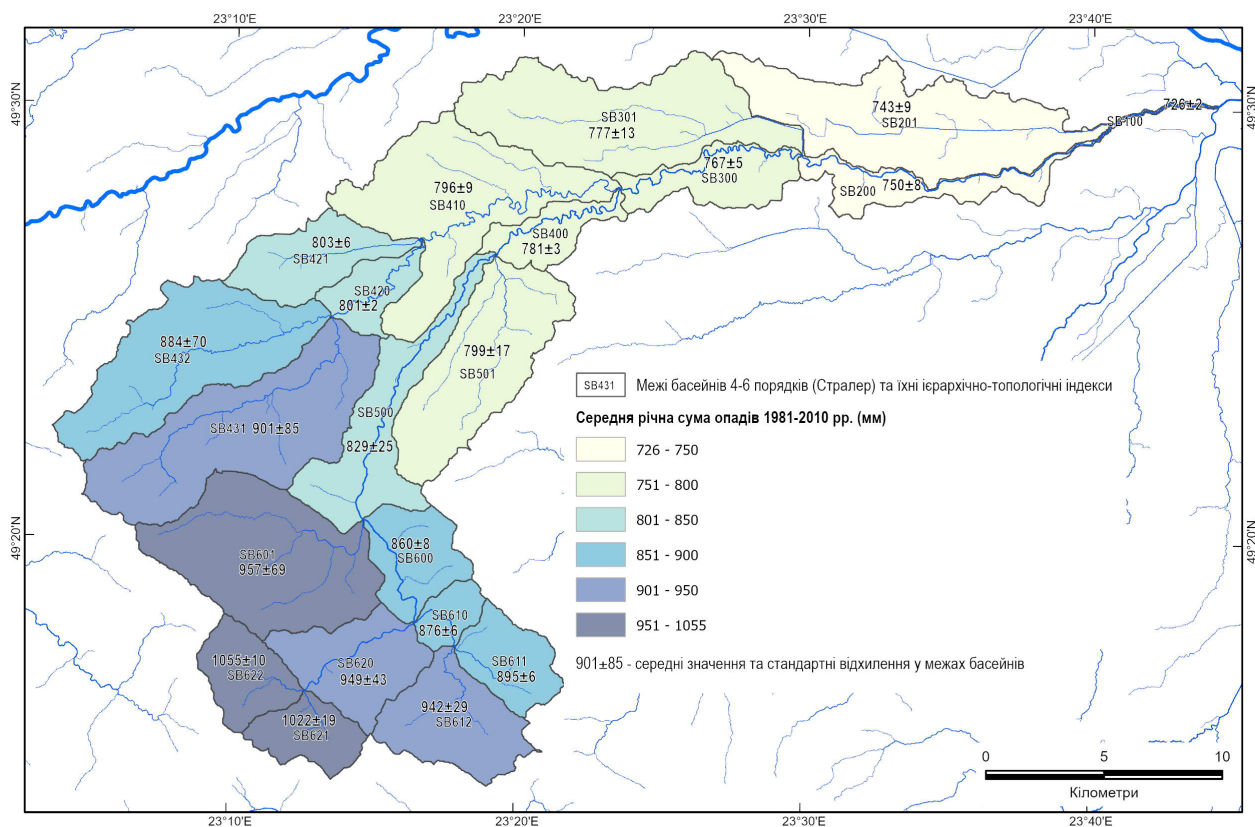


Рис. 6. Середня річна сума атмосферних опадів 1981–2010 рр. басейнової системи річки Бистриця Підбузька
Fig. 6. Average annual precipitation 1981–2010 of the Bystrytsia Pidbuzka river basin system

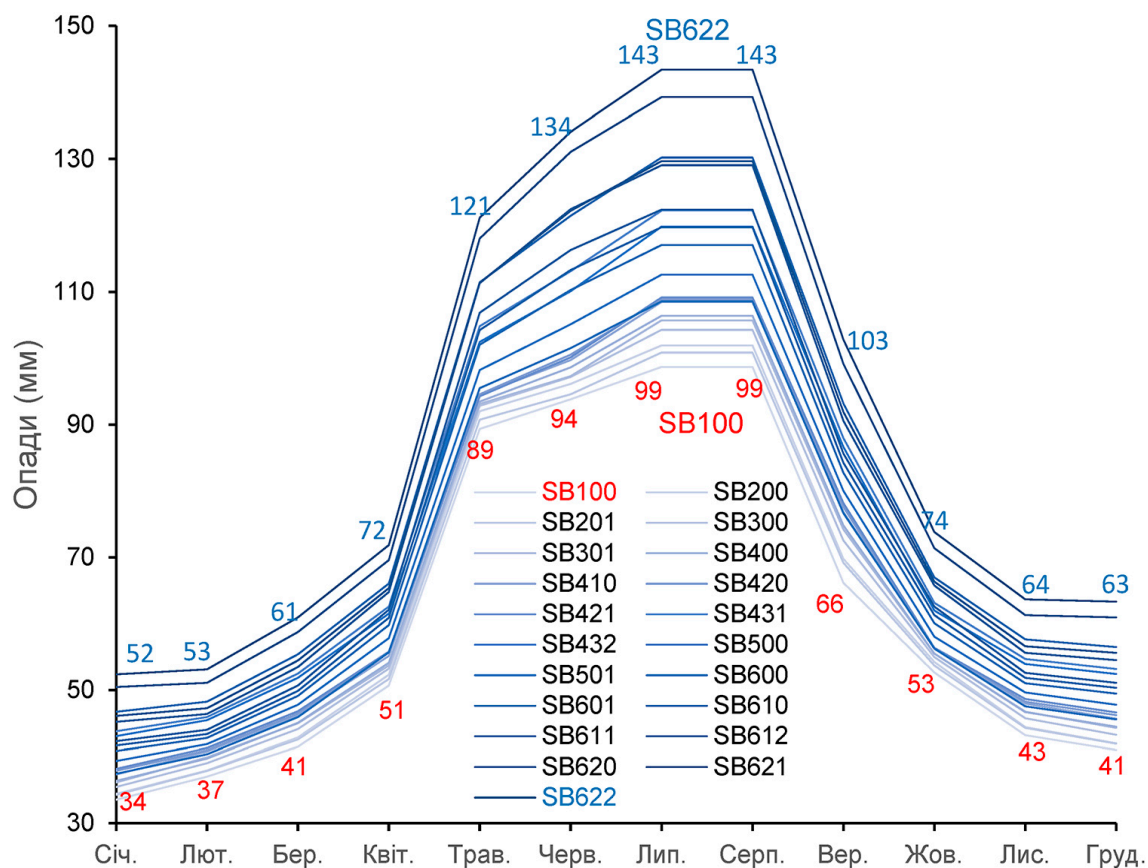


Рис. 7. Річний розподіл середніх місячних сум опадів 1981–2010 рр. басейнової системи річки Бистриця Підбузька
Fig. 7. Annual distribution of average monthly precipitation amounts 1981–2010 of the Bystrytsia Pidbuzka river basin system

SB622 – 91 мм. Найменша різниця у сумах опадів між суббасейнами була у грудні – 16 мм, а найбільша – у липні та серпні – 45 мм.

Проекція середньорічної температури повітря на 2071–2100 рр. за сценарієм SSP3-7.0 відображає її однакове зростання в усіх суббасейнах на 3,6°C (рис. 8). Водночас очікується невелике збільшення й річної суми опадів – від 19 мм у суббасейні SB421 до 24 мм у суббасейнах SB100 і SB620 (рис. 9). Відсутність чіткої кореляції проєктованого майбутнього зростання кількості опадів з альтитудою, яка виступає провідним фактором геопросторової диференціації всіх інших кліматичних показників, можна пояснити

трьома обставинами: 1) артефактами деталізації (downscaling) виводу кліматичної моделі, яка має розділення ~100 км (Dunne et al., 2020); 2) невеликими значеннями зростання суми опадів та 3) мінімальними геопросторовими відмінностями (до 5 мм у межах басейнової системи), які цілком можуть знаходитися у межах похибки моделювання. Також наголосимо, що стрімке зростання температури повітря за незначного збільшення кількості опадів за сценарієм SSP3-7.0 однозначно призведе до драматичного зменшення стоку, особливо у рівнинних суббасейнах з невеликою часткою лісового покриву, та до докорінної зміни інших екологічних умов.

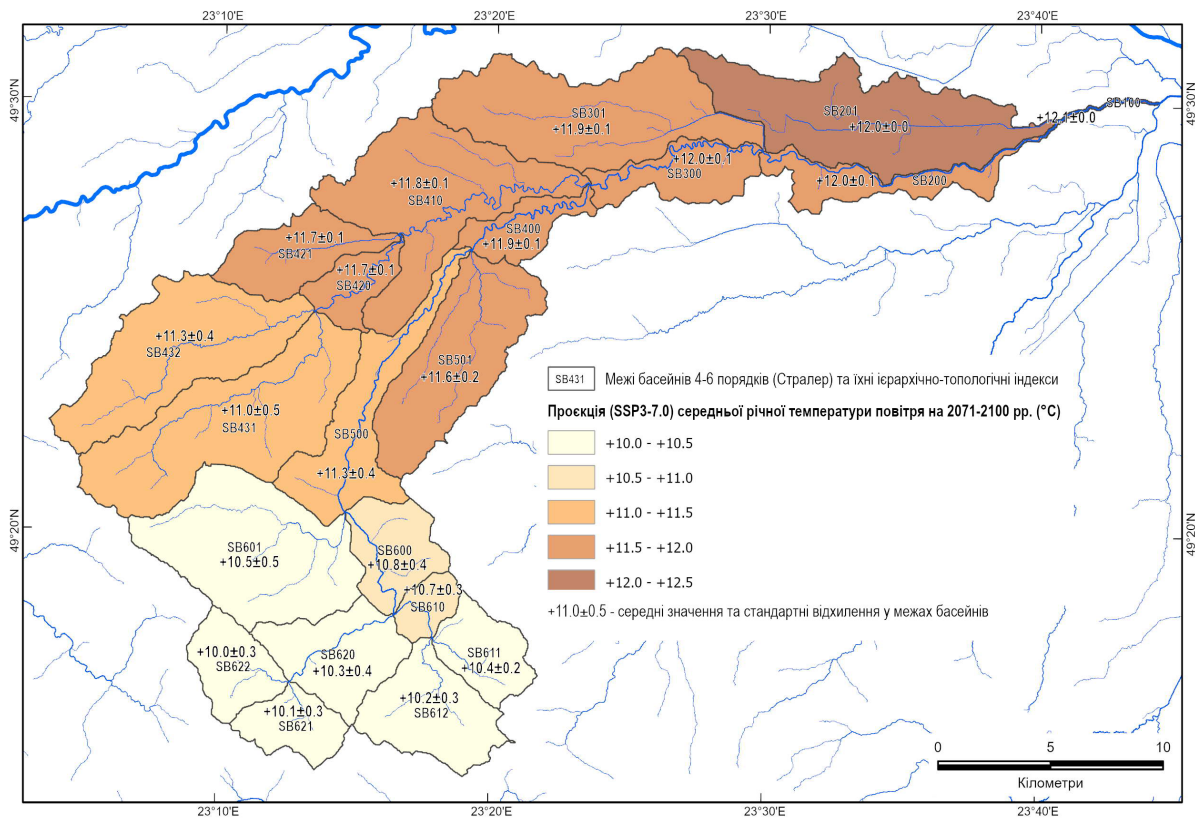


Рис. 8. Проекція середньої річної температури повітря на 2071–2100 рр. згідно зі сценарієм SSP3-7.0 для басейнової системи річки Бистриця Підбузька

Fig. 8. Projection of the average annual air temperature for 2071–2100 according to the SSP3-7.0 scenario for the Bystrytsia Pidbuzka river basin system

7. Висновки

Проведене дослідження показало, що глобальна радарна ЦМВ FABDEM V1-2 із розділенням ~30 м є зручним джерелом геоданих для автоматизованої делімітації та геоморфометричного аналізу басейнових систем не лише регіонального, але й локального рівня. Ця ЦМВ забезпечує доволі точне виділення меж басейнів навіть на ділянках плаского рельєфу через мінімізацію спотворень, викликаних деревним покривом та забудовою. Щоправда, для підвищення точності визначення напрямку стоку на пласких ділянках бажано модифікувати ЦМВ за допомогою «заглиблення» у неї мережі водотоків. Відносно високе розділення FABDEM також забезпечує реалістичний розрахунок ухилу поверхні. Так, за допомогою ЦМВ

FABDEM V1-2 була делімітована гірсько-рівнинна річкова басейнова система Бистриці Підбузької як поєднання 21 суббасейну площею від 63 до 5038 га, а також розраховані основні геоморфометричні показники суббасейнів – середні альтитуди (259–656 м) та середні ухили поверхні (0–13°), а також їхні стандартні відхилення.

Глобальні геодані CHELSA V2.1 із розділенням ~1 км є цінним джерелом інформації для оперативного аналізу теперішнього регіонального та локального клімату та його проєктованої, за допомогою різних моделей і сценаріїв, зміни протягом XXI століття. Кліматичні геодані CHELSA дали змогу охарактеризувати суббасейни Бистриці Підбузької щодо середньорічних і середньомісячних значень температури повітря та сум опадів станом на початок століття, а також щодо

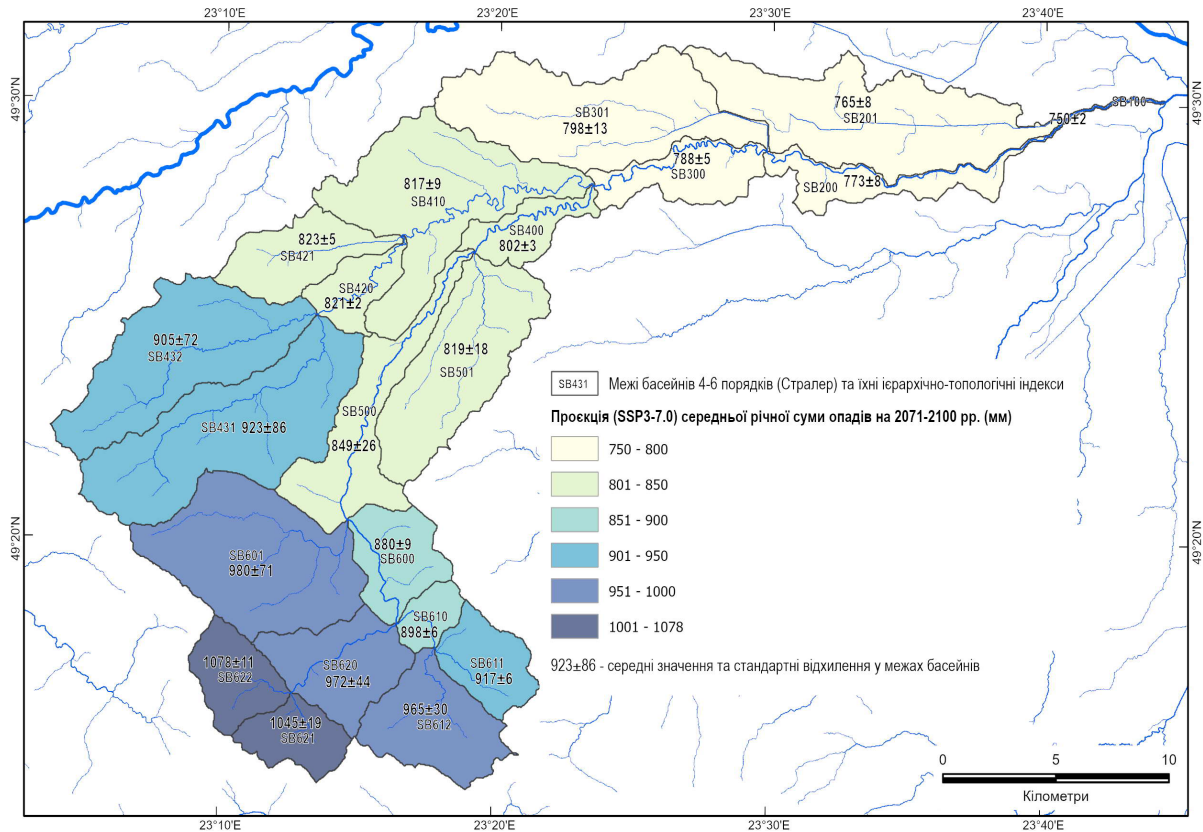


Рис. 9. Проекція середньої річної суми атмосферних опадів на 2071–2100 рр. згідно зі сценарієм SSP3-7.0 для басейнової системи річки Бистриця Підбузька

Fig. 9. Projection of the average annual precipitation for 2071–2100 according to the SSP3-7.0 scenario for the Bystritsia Pidbuzka river basin system

проектованих середньорічних значень цих показників на кінець століття згідно зі сценарієм зміни клімату SSP3-7.0. На початку нашого століття середня річна температура суббасейнів становила $+4\text{--}+8,5^{\circ}\text{C}$, а середня річна сума опадів – 726–1055 мм. Сценарій SSP3-7.0 передбачає підвищення середньорічної температури на $3,6^{\circ}\text{C}$ в усіх суббасейнах за незначного зростання кількості опадів. У випадку такої зміни докорінно зміниться гідрологічний режим, а також ландшафтні структури і процеси в усіх суббасейнах.

Геодані CHELSA мають певні обмеження. Зокрема вони не дають змогу надійно характеризувати невеликі розчленовані басейни (площею до 10 км²) через недостатню геометричну роздільність. Ймовірно, це обмеження можна частково подолати через подальшу їхню деталізацію (downscaling) на підставі ЦМВ вищого розділення з використанням геостатистичних функцій. Крім того, геодані CHELSA, які мають середньорічне та середньомісячне часове розділення, не годяться для параметризації складних гідрологічних моделей, які потребують щодобових погодних даних. Однак вони залишаються зручним джерелом інформації для оперативного аналізу клімату та його зміни для регіонів і локальних територій.

8. Подяки

Це дослідження виконане у рамках науково-дослідної теми 0121U113567 Міністерства освіти і науки України.

ORCID iD

Ivan S. Kruhlov <https://orcid.org/0000-0002-0814-0935>
 Olesia O. Buriayk <https://orcid.org/0000-0003-1596-0461>
 Anatoliy D. Smaliychuk <https://orcid.org/0000-0001-6294-6035>

Список посилань

- Brun, P., Zimmermann, N. E., Hari, C., Pelliser, L., & Karger, D. N. (2022). *CHELSA-BIOCLIM+ A novel set of global climate-related predictors at kilometre-resolution*. *EnviDat*. <https://www.doi.org/10.16904/envidat.332>
- Clark, M. P., Wilby, R. L., Gutmann, E. D., Vano, J. A., Gangopadhyay, S., Wood, A. W., Fowler, H. J., Prudhomme, C., Arnold, J. R., & Brekke, L. D. (2016). Characterizing uncertainty of the hydrologic impacts of climate change. *Current Climate Change Reports*, 2(2), 55–64. <https://doi.org/10.1007/s40641-016-0034-x>
- Dunne, J. P., Horowitz, L. W., Adcroft, A. J., Ginoux, P., Held, I. M., John, J. G., Krasting, J. P., Malyshev, S., Naik, V., Paulot, F., Shevliakova, E., Stock, C. A., Zadeh, N., Balaji, V., Blanton, C., Dunne, K. A., Dupuis, C., Durachta, J., Dussin, R., ... Zhao, M. (2020). The GFDL Earth System Model Version 4.1 (GFDL-ESM 4.1): Overall Coupled Model Description and Simulation Characteristics. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 12(11), e2019MS002015. <https://doi.org/10.1029/2019MS002015>
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>

- Hawker, L., Uhe, P., Paulo, L., Sosa, J., Savage, J., Sampson, C., & Neal, J. (2022). A 30 m global map of elevation with forests and buildings removed. *Environmental Research Letters*, 17(2), 024016. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac4d4f>
- Jarvis, A., Reuter, H. I., Nelson, A., & Guevara, E. (2008). *Hole-filled SRTM for the globe Version 4, available from the CGIAR-CSI SRTM 90m Database*: <http://srtm.csi.cgiar.org>.
- Karger, D. N., Conrad, O., Böhrner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R. W., Zimmermann, N. E., Linder, H. P., & Kessler, M. (2017). Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific Data*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122>
- Karger, D. N., Wilson, A. M., Mahony, C., Zimmermann, N. E., & Jetz, W. (2021). Global daily 1 km land surface precipitation based on cloud cover-informed downscaling. *Scientific Data*, 8(1), 307. <https://doi.org/10.1038/s41597-021-01084-6>
- Круглов, І. (2020). *Трансдисциплінарна геоекологія: Монографія*. Львів: ЛНУ ім. І. Франка.
- Kruhlov, I., Mukha, B., & Senchyna, B. (2008). Natural geoecosystems of the Upper Dnister Basin. In M. Roth, R. Nobis, V. Stetsiuk, & I. Kruhlov (Eds.), *Transformation processes in the Western Ukraine: Concepts for a sustainable land use* (pp. 81–97). Weissensee-Verlag.
- Kruhlov, I., Smaliychuk, A., & Svatko, Y. (2024). Hybrid delineation of landforms: Case of Bystrytsia-Pidbuzka drainage basin. *Problemy Geomorfologii i Paleogeografii Ukrainykh Karpat i Prylehlykh Terytoriy*, 17(2), 148-159. <https://doi.org/10.30970/gpc.2024.2.4563>
- Meadows, M., Jones, S., & Reinke, K. (2024). Vertical accuracy assessment of freely available global DEMs (FABDEM, Copernicus DEM, NASADEM, AW3D30 and SRTM) in flood-prone environments. *International Journal of Digital Earth*, 17(1), 2308734. <https://doi.org/10.1080/17538947.2024.2308734>
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., & Williams, J. R. (2011). *Soil and Water Assessment Tool theoretical documentation. Version 2009*. Texas Water Resources Institute.
- O'Neill, B. C., Kriegler, E., Riahi, K., Ebi, K. L., Hallegatte, S., Carter, T. R., Mathur, R., & van Vuuren, D. P. (2014). A new scenario framework for climate change research: The concept of shared socioeconomic pathways. *Climatic Change*, 122(3), 387–400. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0905-2>
- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(5), 1633–1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- Позняк, С. П. (ред.). (2019). *Ґрунти Львівської області: Колективна монографія*. Львів: ЛНУ ім. І. Франка.
- Shiogama, H., Fujimori, S., Hasegawa, T., Hayashi, M., Hirabayashi, Y., Ogura, T., Iizumi, T., Takahashi, K., & Takemura, T. (2023). Important distinctiveness of SSP3–7.0 for use in impact assessments. *Nature Climate Change*, 13(12), 1276–1278. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01883-2>
- Шубер, П. (2018). Клімат. У Львівська область: Природні умови та ресурси (с. 157–188). Львів: Видавництво Старого Лева.
- Tadono, T., Ishida, H., Oda, F., Naito, S., Minakawa, K., & Iwamoto, H. (2014). Precise Global DEM Generation by ALOS PRISM. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II–4, 71–76. ISPRS Technical Commission IV Symposium (Volume II-4) - 14–16 May 2014, Suzhou, China. <https://doi.org/10.5194/isprannals-II-4-71-2014>
- Yamazaki, D., Ikeshima, D., Sosa, J., Bates, P. D., Allen, G. H., & Pavelsky, T. M. (2019). MERIT Hydro: A High-Resolution Global Hydrography Map Based on Latest Topography Dataset. *Water Resources Research*, 55(6), 5053–5073. <https://doi.org/10.1029/2019WR024873>
- Yang, D., Yang, Y., & Xia, J. (2021). Hydrological cycle and water resources in a changing world: A review. *Geography and Sustainability*, 2(2), 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2021.05.003>

References

- Brun, P., Zimmermann, N. E., Hari, C., Pelliser, L., & Karger, D. N. (2022). *CHELSEA-BIOCLIM+ A novel set of global climate-related predictors at kilometre-resolution*. *EnviDat*. <https://www.doi.org/10.16904/enviDat.332>
- Clark, M. P., Wilby, R. L., Gutmann, E. D., Vano, J. A., Gangopadhyay, S., Wood, A. W., Fowler, H. J., Prudhomme, C., Arnold, J. R., & Brekke, L. D. (2016). Characterizing uncertainty of the hydrologic impacts of climate change. *Current Climate Change Reports*, 2(2), 55–64. <https://doi.org/10.1007/s40641-016-0034-x>
- Dunne, J. P., Horowitz, L. W., Adcroft, A. J., Ginoux, P., Held, I. M., John, J. G., Krasting, J. P., Malyshev, S., Naik, V., Paulot, F., Shevliakova, E., Stock, C. A., Zadeh, N., Balaji, V., Blanton, C., Dunne, K. A., Dupuis, C., Durachta, J., Dussin, R., ... Zhao, M. (2020). The GFDL Earth System Model Version 4.1 (GFDL-ESM 4.1): Overall Coupled Model Description and Simulation Characteristics. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 12(11), e2019MS002015. <https://doi.org/10.1029/2019MS002015>
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Hawker, L., Uhe, P., Paulo, L., Sosa, J., Savage, J., Sampson, C., & Neal, J. (2022). A 30 m global map of elevation with forests and buildings removed. *Environmental Research Letters*, 17(2), 024016. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac4d4f>
- Jarvis, A., Reuter, H. I., Nelson, A., & Guevara, E. (2008). *Hole-filled SRTM for the globe Version 4, available from the CGIAR-CSI SRTM 90m Database*: <http://srtm.csi.cgiar.org>.
- Karger, D. N., Conrad, O., Böhrner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R. W., Zimmermann, N. E., Linder, H. P., & Kessler, M. (2017). Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific Data*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122>
- Karger, D. N., Wilson, A. M., Mahony, C., Zimmermann, N. E., & Jetz, W. (2021). Global daily 1 km land surface precipitation based on cloud cover-informed downscaling. *Scientific Data*, 8(1), 307. <https://doi.org/10.1038/s41597-021-01084-6>
- Kruhlov, I. (2020). *Transdystyplinarna geoekologiya: Monografiya* [Transdisciplinary Geoecology: Monograph]. Lviv: LNU im. I. Franka. [In Ukrainian].
- Kruhlov, I., Mukha, B., & Senchyna, B. (2008). Natural geoecosystems of the Upper Dnister Basin. In M. Roth, R. Nobis, V. Stetsiuk, & I. Kruhlov (Eds.), *Transformation processes in the Western Ukraine: Concepts for a sustainable land use* (pp. 81–97). Weissensee-Verlag.
- Kruhlov, I., Smaliychuk, A., & Svatko, Y. (2024). Hybrid delineation of landforms: Case of Bystrytsia-Pidbuzka drainage basin. *Problemy Geomorfologii i Paleogeografii Ukrainykh Karpat i Prylehlykh Terytoriy*, 17(2), 148-159. <https://doi.org/10.30970/gpc.2024.2.4563>
- Meadows, M., Jones, S., & Reinke, K. (2024). Vertical accuracy assessment of freely available global DEMs (FABDEM, Copernicus DEM, NASADEM, AW3D30 and SRTM) in flood-

- prone environments. *International Journal of Digital Earth*, 17(1), 2308734. <https://doi.org/10.1080/17538947.2024.2308734>
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., & Williams, J. R. (2011). *Soil and Water Assessment Tool theoretical documentation. Version 2009*. Texas Water Resources Institute.
- O'Neill, B. C., Kriegler, E., Riahi, K., Ebi, K. L., Hallegatte, S., Carter, T. R., Mathur, R., & van Vuuren, D. P. (2014). A new scenario framework for climate change research: The concept of shared socioeconomic pathways. *Climatic change*, 122(3), 387–400. <https://doi.org/10.1007/s10584-0130905-2>
- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(5), 1633–1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- Poznyak, S. P. (red.). (2019). *Grunty L'vivskoyi oblasti: Kolektyvna monohrafiya* [Lands of the Lviv region: Collective monograph] Lviv: LNU im. I. Franka. [In Ukrainian].
- Shiogama, H., Fujimori, S., Hasegawa, T., Hayashi, M., Hirabayashi, Y., Ogura, T., Iizumi, T., Takahashi, K., & Takemura, T. (2023). Important distinctiveness of SSP3–7.0 for use in impact assessments. *Nature Climate Change*, 13(12), 1276–1278. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01883-2>
- Shuber, P. (2018). *Klimat* [Klimat]. U L'vivs'ka oblast': Pryrodni umovy ta resursy (ss. 157–188). Lviv: Vydavnytstvo Staroho Leva. [In Ukrainian].
- Tadono, T., Ishida, H., Oda, F., Naito, S., Minakawa, K., & Iwamoto, H. (2014). Precise Global DEM Generation by ALOS PRISM. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II–4, 71–76. ISPRS Technical Commission IV Symposium (Volume II-4) - 14–16 May 2014, Suzhou, China. <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-4-71-2014>
- Yamazaki, D., Ikeshima, D., Sosa, J., Bates, P. D., Allen, G. H., & Pavelsky, T. M. (2019). MERIT Hydro: A High-Resolution Global Hydrography Map Based on Latest Topography Dataset. *Water Resources Research*, 55(6), 5053–5073. <https://doi.org/10.1029/2019WR024873>
- Yang, D., Yang, Y., & Xia, J. (2021). Hydrological cycle and water resources in a changing world: A review. *Geography and Sustainability*, 2(2), 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2021.05.003>

Research of the differentiation characteristics of seliteb complexes and their impact on the transformation of natural landscapes of the northeastern slope of the Greater Caucasus based on GIS

Rashad Rahib Sadullayev 

Baku State University, 33, Akademik Zahid Khalilov St., Baku, AZ1148, Azerbaijan

Abstract

The article investigates the seliteb landscape complexes of the northeastern slope of the Greater Caucasus and their differentiation regularities. The seliteb complexes of the northeastern slope of the Greater Caucasus have formed as a result of long-term natural-historical processes and exhibit a unique development dynamic compared to other regions, which is of significant scientific and practical importance.

Based on the analysis of Landsat 7 satellite images using GIS, it has been determined that the total area of seliteb complexes in the northeastern slope of the Greater Caucasus is 47,229 ha (6.7% of the region). The differentiation characteristics of the seliteb complexes were studied using Geographic Information Systems (GIS) and satellite images, and the research area was divided into five hypsometric levels (up to 500 m; 500–1000 m; 1000–2000 m; 2000–2500 m; 2500–4466 m) using the DEM → Analyst Tools → Raster Reclass → Slice → Natural Breaks algorithm. To determine the density (share) of seliteb complexes within each hypsometric (elevation) zone, the formula $K_{seliteb} = (\sum S_c) / (\sum H_z)$ was applied.

It has been determined based on GIS that the most densely populated zone in the northeastern slope of the Greater Caucasus is the flat, foothill, and low mountain areas located at an elevation of 28–1000 m. The main network of settling complexes is concentrated in the plain-valley, sloping plain, and foothill zones. In higher hypsometric zones, settlement is mainly seasonal and temporary. Therefore, the anthropogenic transformation of natural landscapes is much lower compared to the plains and foothill zones. As the elevation increases, the number and area of settling complexes decrease, which is accompanied by a weakening of the impact on natural landscapes.

The change characteristics of urban-settling landscapes in the region over the years 1989, 2010, and 2024 were studied based on Landsat remote sensing images.

The differentiation of seliteb complexes within natural landscape types was analyzed using GIS, and a landscape-ecological buffer map was created. The settling landscapes of the northeastern slope of the Greater Caucasus have been sharply transformed and belong to regularly and intensively used complexes. These complexes are classified into three categories based on their transformation characteristics.

Keywords

seliteb complexes, GIS, population settlement, hypsometric zones, landscape transformation

Received: 8 April 2025 / Accepted: 16 May April 2025 / Published online: 30 May 2025

Дослідження характеристик диференціації селітебних комплексів та їх впливу на трансформацію природних ландшафтів північно-східного схилу Великого Кавказу на основі ГІС

Рашад Рахіб Садуллаєв

Бакинський державний університет, вул. Академіка Західа Халілова, 33, Баку, AZ1148, Азербайджан

Анотація

У статті досліджуються селітебні ландшафтні комплекси північного схилу Великого Кавказу та закономірності їх диференціації. Селітебні комплекси північного схилу Великого Кавказу сформувалися в результаті тривалих природно-історичних процесів і демонструють унікальну динаміку розвитку порівняно з іншими регіонами, що має значну наукову та практичну цінність.

На основі аналізу супутникових знімків Landsat 7 за допомогою ГІС було визначено, що загальна площа селітебних комплексів на північному схилі Великого Кавказу становить 47 229 га (6,7% регіону). Характеристики диференціації селітебних комплексів досліджено за допомогою ГІС та супутникових знімків, а досліджувану територію поділено на п'ять гіпсометричних рівнів (до 500 м; 500–1000 м; 1000–2000 м; 2000–2500 м; 2500–4466 м) за допомогою алгоритму DEM → Analyst Tools → Raster Reclass → Slice → Natural Breaks. Для визначення щільності (частки) селітебних комплексів у кожній гіпсометричній зоні застосовано формулу $K_{seliteb} = (\sum S_c) / (\sum H_z)$.

Встановлено за допомогою ГІС, що найбільш густонаселеною зоною північного схилу Великого Кавказу є рівнинно-передгірна та низькогірна територія на висоті 28–1000 м. Основна мережа селітебних комплексів зосереджена в рівнинно-долинних, схилових та передгірних зонах. У вищих гіпсометричних зонах поселення є переважно сезонними та тимчасовими. Отже, антропогенна трансформація природних ландшафтів значно нижча порівняно з рівнинними та передгірними зонами. З підвищенням висоти кількість і площа селітебних комплексів зменшуються, що супроводжується зниженням впливу на природні ландшафти.

Характеристики змін урбанізованих ландшафтів у регіоні за роки 1989, 2010 та 2024 досліджено на основі супутникових знімків Landsat. Диференціація селітебних комплексів у межах природних типів ландшафтів проаналізована за допомогою ГІС, а також створено ландшафтно-екологічну буферну карту. Селітебні ландшафти північного схилу Великого Кавказу зазнали значної трансформації та належать до регулярно та інтенсивно використовуваних комплексів. Ці комплекси класифіковано на три категорії на основі їхніх трансформаційних характеристик.

Ключові слова

селітебні комплекси, ГІС, поселення населення, гіпсометричні зони, трансформація ландшафтів.

Надійшла до редакції: 8 квітня 2025 / Прийнята: 16 травня 2025 / Опублікована онлайн: 30 травня 2025

Corresponding author:

Rashad Rahib Sadullayev, Baku State University, 33, Akademik Zahid Khalilov St., Baku, AZ1148, Azerbaijan
Email: reshad.sdiyev@gmail.com

© 2025 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. Introduction

The seliteb complexes of the northeastern slope of the Greater Caucasus have formed as a result of long-term natural-historical processes and exhibit a unique development dynamic compared to other regions. The study of the differentiation of these complexes based on GIS, satellite images, and DEM is a significant scientific and practical approach that ensures their more accurate study and conservation.

The area of the northeastern slope of the Greater Caucasus is approximately 7,000 km², with a population of 547,100 people, resulting in a population density of 79 people per km² (8.04% of Azerbaijan's total area and 5.38% of its population). The level of urbanization is relatively low (Amanov, 2022). According to data from early 2024, 33.6% of the population in this region lives in cities, while 66.4% resides in rural areas. The urban population constitutes 3.32% of the country's total urban population, while the rural population makes up 7.83% of the nation's rural population (Demographic Indicators..., 2024; *The statistical compilation...*, n.d.).

The population, settlement patterns, and settlement problems in the northeastern slope of the Greater Caucasus have been studied from various perspectives by researchers such as Mehraliyev E. Q. (1996), Afandiyev V. A. (2002), Amanov R. R. (2022), and others. From a settling-landscape perspective, the region has been analyzed by researchers including Museyibov M. A. (1998, 2013), Garibov Y. A. (2012), Garibov Y. A. et al. (2020), Hasanaliyeva L.H. (2015), Sadullayev R. R. (2020, 2023, 2024a, 2024b) among others.

2. Methodology

According to the analysis of Landsat 7 satellite images based on GIS, it has been determined that the total area of seliteb complexes in the northeastern slope of the Greater Caucasus is 47,229 ha (6.7% of the region) (Sadullayev, 2024, p.56). In order to determine the differentiation patterns of seliteb landscapes, the northeastern slope of the Greater Caucasus has been divided into five hypsometric levels using the GIS application with the DEM → Analyst Tools → Raster Reclass → Slice → Natural Breaks sequence (Fig.1).

In the northeastern slope of the Greater Caucasus, the following formula has been proposed to determine the settlement density (share) of settlement complexes within each hypsometric (elevation) zone (Sadullayev, 2020, p. 151; Sadullayev, 2023, p 7; Sadullayev, 2024, p. 92):

$$(1) K_{\text{seliteb}} = (\sum S_c) / (\sum H_z)$$

Here : K_{seliteb} - the density of the seliteb landscapes; S_c - area of seliteb complexes; H_z - is the area of the hypsometric zone

This approach allows for a more accurate assessment of the structure and dynamics of seliteb landscapes in the northeastern slope of the Greater Caucasus.

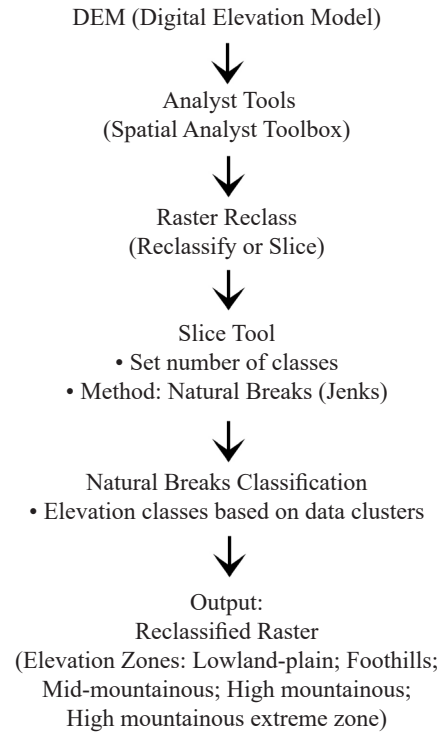


Fig. 1. The scheme of hypsometric zone division using GIS application

3. Results

The application of the proposed formula (1) revealed the following hypsometric differentiation characteristics of the settlement complexes: (Table 1).

The first hypsometric zone: the area between –28–500 m encompasses the plains and flatland zones. The seliteb landscapes in this hypsometric zone make up 54.5% (25,782 ha) of the region's settlement complexes (Sadullayev, 2020, p. 152). In the plains and flatland areas, seliteb complexes with complex configurations differ from those in other zones both in terms of number and the area they cover (Sadullayev, 2024a, p. 93; Garibov, 2012). In the northeastern slope of the Greater Caucasus, 44.4% of the population is concentrated in the 0–200 m elevation range. This hypsometric zone stands out from others in terms of the number of settlements (155 settlements) and total population (216,504 people) (Amanov, 2022, p. 24). The Samur-Davachi plain and the Qusar sloping plain in this hypsometric zone have been historically settled areas, offering favorable climate-relief conditions for the development of agricultural landscapes and livestock farming (Museyibov, 1998, p. 9; Sadullayev, 2020, p. 152). The Samur-Dəvəçi plain, widely used as winter pastures, along with Khachmaz district, Khudat city, and other settlements, has developed within this zone.

The second hypsometric zone: covering elevations between 500–1000 m, this zone encompasses 36.2% (17,131 ha) of the region's seliteb complexes (Sadullayev, 2023, p. 8; Sadullayev, 2024a, p. 93-94). Within this zone, alongside the mountainous relief, flatland forms (such as the Qusar sloping plain) also occupy significant areas. Due to favorable agro-climatic conditions, important cities such as Quba and Qusar, along with other settlements, are located within this

zone (Museyibov, 1998, p. 9).

The third hypsometric zone: covering the 1000–2000 m interval, it encompasses the submontane areas. This zone accounts for 8.1% (3,809 ha) of the seliteb complexes in the northeastern slope of the Greater Caucasus (Sadullayev,

2024b, p. 56; Sadullayev, 2024b, p. 94; Sadullayev, 2023, p. 9). The natural conditions of this hypsometry are favorable for population settlement and economic activities, providing ample opportunities for agriculture, livestock farming, and the development of resort and recreational centers.

Table 1. Hypsometric differentiation of settlement complexes

S/s	Hypsometry, m	The area of the hypsometric zone, ha	The area of seliteb landscapes, ha	The ratio of seliteb landscapes to the area of the hypsometric zone, %	Share in total seliteb landscape, %
1	Up to 500 m	257 512	25 782	10	54,5
2	500–1000	171 981	17 131	10	36,2
3	1000–2000	131 223	3 809	2,9	8,1
4	2000–2500	84 244	547	0,6	1,2
5	2500–4466	51 650	0	0	0

The fourth hypsometric zone: covering the 2000–2500 m elevation range, is located in the high mountain areas. In this zone, there are 547 ha of sliteb complexes, which account for 0,6% of the hypsometry and 1.2% of the setliteb complexes on the northeastern slope (Sadullayev, 2023, p. 9). The lowest number of settlements in the region (approximately 10 settlements) and the smallest population (3,667 people) are observed above the 2000 m elevation (Amanov, 2022, p. 24). The area is characterized by deep river valleys and slopes exceeding 20°, making the areas above 2000–3000 m elevation less suitable for settlement and habitation. This hypsometric zone primarily consists of summer pastures, forming the base for livestock grazing. Due to the abundant pasture resources, these high-altitude areas are utilized for livestock farming, supporting local agricultural activities

and contributing to the region's economic development (Museyibov, 1998, pp. 9–10; Sadullayev, 2020, p. 153).

The fifth hypsometric zone: covering the 2500–4466 m elevation range, encompasses the high mountainous area of the northeastern slope of the Greater Caucasus. Due to the extreme relief and climatic conditions, this zone is not considered suitable for permanent human settlement, and no permanent seliteb complexes exist. It is mainly used for grazing and meadow lands (Sadullayev, 2023, p. 9; Sadullayev, 2024a, p. 95). Additionally, the region provides opportunities for mountaineering and hunting tourism. The high mountain areas, with their natural beauty and challenging conditions, offer unique opportunities for tourists and nature enthusiasts interested in mountaineering and extreme sports, making them attractive destinations (Fig. 2).

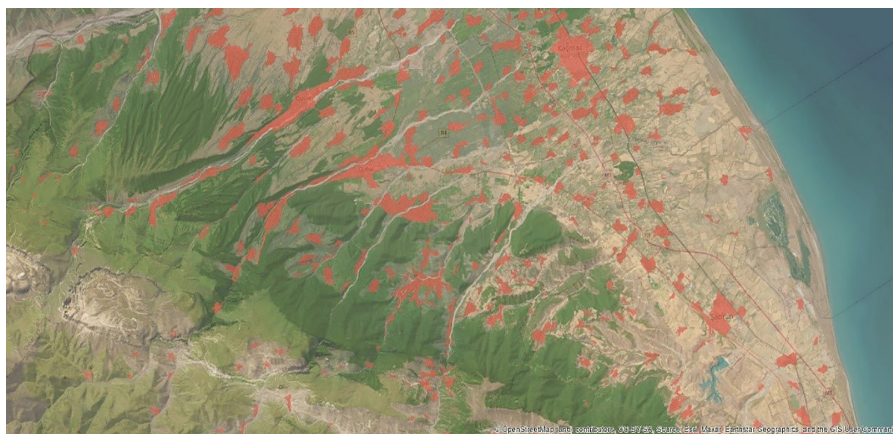


Fig. 2. Differentiation of seliteb complexes according to hypsometric zones

CİS-based analyses indicate that the most densely populated zone on the northeastern slope of the Greater Caucasus is the lowland, foothill, and lower mountain areas, located at elevations between –28 and 1000 meters. Relatively low settlement density is characteristic of the mid-mountainous zones between 1000 and 2000 meters and elevations above 2000 meters (Sadullayev, 2020, p. 154). In higher hypsometric zones, settlement is primarily seasonal and temporary in nature. As a result, the anthropogenic transformation of natural landscapes is significantly lower compared to the lowland and foothill zones (Museyibov, 1998, p. 9; Sadullayev, 2024a, p. 95).

In mountainous areas, seasonal settlements, particularly related to agricultural and livestock activities, are more widespread. Extreme natural conditions and limited anthropogenic influences create better opportunities for the preservation of natural landscapes, with ecosystems experiencing less change and local flora and fauna remaining in their natural state.

On the northeastern slope of the Greater Caucasus, the seliteb complexes are predominantly represented by extensive, dispersed, and networked landscape units. These complexes exhibit various configurations, including chain-like, circular-radial, clumped, and scattered forms, among others.

For comparison, it can be noted that while the share of seliteb complexes in the overall landscape of the Ceyrancel and Gobustan regions is 1.5% (Garibov, 2012, p. 93; Sadullayev, 2020, p. 151), this figure reaches 11.2% (22,810 ha) in the Samur-Dəvəçi lowland (Sadullayev, 2020, p. 151).

The Samur-Davachi lowland is one of the most densely populated areas in the Republic of Azerbaijan. The strategic-geographical location of the lowland, its flat terrain, favorable climate conditions, and fertile soils have contributed to the intensive settlement of the population. As a result of population growth, the establishment of new residential areas, as well as social and economic infrastructures, has accelerated the transformation of natural landscapes. In the Samur-Davachi lowland and the neighboring foothill areas, extensive, both dispersed and circular, seliteb complexes are predominant.

In the lower mountain zone of the northeastern slope of the Greater Caucasus, the number of seliteb landscapes with a chain-like distribution increases. Along the Qudyalçay valley, from Quba to the Kusnet village, as well as along the Qusarchay valley in the direction of Qusar-Zindanmuruğ, a ring of settlements is located. Every year, the density of villages and the population living there increases, resulting in the tightening of the ring of seliteb complexes (Garibov, 2012, pp.93-94; Sadullayev, 2024a, p. 96).

The hydrographic network has a significant impact on the region's population and settlement patterns. A large portion of villages and urban-settlement complexes are primarily concentrated along river valleys and areas relatively close to freshwater sources (Amanov, 2022, p. 10). Infrastructure such as the Samur-Absheron canal, the Chanarch canal, and the Tachtakorpu reservoir play a crucial role in ensuring a stable water supply for both the urban population and agriculture (Ahmadzade & Hashinov, 2016). These water sources are not only essential for improving the living conditions of the population and the efficient use of water resources but also contribute to the sustainable development of the economy, while ensuring the protection of water sources.

As the elevation increases on the northeastern slope of the Greater Caucasus, the number and area of seliteb

complexes decrease, which is accompanied by a weakening of the impact on natural landscapes. The main network of seliteb complexes in the region is concentrated in the flat-oval, sloping plains, and foothill zones. GIS analysis has shown that in the flat and plain areas up to 500 m in elevation, the number of seliteb complexes is 257, while in the sloping plains between 500–1000 m, this number drops to 142, and in the 1000–2000 m range, it further decreases to 50. As one moves towards the middle mountain zone, the number of settlements sharply decreases due to the influence of the relief and climatic conditions (Sadullayev, 2020, pp. 153-154; Sadullayev, 2023, p. 9). In areas above 2000 meters, only about 20 settlements have been recorded. In these areas, settlement is historically linked to agriculture, especially livestock farming, and other activities adapted to the challenging mountainous conditions. The settlements in the mountainous regions are typically located in places with limited infrastructure, difficult natural conditions, and fewer people moving to these areas compared to the foothill regions.

There are significant differences in the population size, growth rate, and the proportion of urban population across the administrative districts of the northeastern slope of the Greater Caucasus (Amanov, 2022, p. 10). These factors include the natural-geographical conditions such as elevation, climate, and soil conditions, as well as the settlement areas and their existing social and infrastructural conditions.

In terms of both the number and density of seliteb complexes, the Khachmaz district stands out in particular. This district contains a total of 151 settlements, of which 2 are cities, 12 are towns, and the density of seliteb complexes is 14.3%. In the Qusar district, the number of seliteb complexes is 90 (1 city, 1 town, 88 villages), and their overall distribution is 8.8%. In the Quba district, the number of seliteb complexes is 157 (1 city, 7 towns, 149 villages), and the overall distribution indicator is 5.0%. In the Shabran district (1 city, 68 villages), this indicator is 4.4%. The Siyazan district has the lowest density of seliteb complexes in the region (3.2%) with 1 city, 1 town, and 32 villages (*The statistical compilation....*(n.d.); Sadullayev, 2020, p. 153). (Table 2).

Table 2. Differentiation of seliteb complexes by administrative districts

S/s	Administrative districts	Area of seliteb complexes (km ²) (2024)	Proportion in %
1	Qusar	127	8,8
2	Quba	134	5,0
3	Chacmaz	135	14,3
4	Shabran	47	4,4
5	Siyazan	29	3,2
		Total: 472 km ² (47 200 ha)	Average value: 7%

According to L.H. Hasanaliyeva (2015), there are 5 settlements located above 2000 m in this region, while R.R. Amanov's (2022) research suggests there are 10. However, based on the conducted research and the analysis of satellite imagery using GIS technologies, it has been determined that there are exactly 17 settlements located in this elevation range. These settlements account for 3.39% of the region's

total settlements, 1.2% of the total seliteb-settlement area, and 0.7% of the population. The settlements located above 2000 m in the northeastern slope of the Greater Caucasus are as follows: Qusar district: Sudur, Quturghan, Arcan, Kenarchay, Yerghi-Kek, and Alich villages. Quba district: Chinaliq, Bostankesh, Qalaychudat, Qriz, Cek, Haput, Adur, Qarchun, Zeyid, Buduq, and Daliqaya villages (Fig. 3).

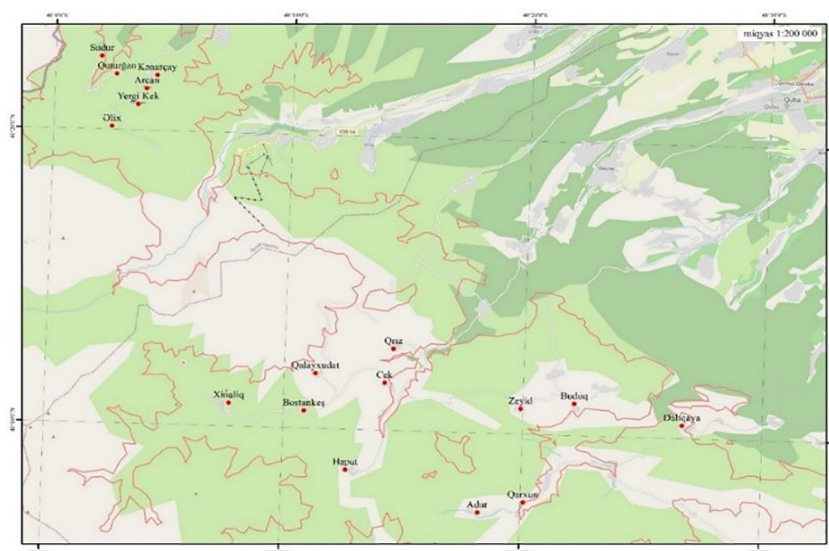


Fig. 3. Village-seliteb complexes located in the hypsometric zone above 2000 m on the northeastern slope of the Greater Caucasus

Based on analyses conducted using Landsat remote sensing images, the changes in the urban-settlement landscapes of the region over the years 1989, 2010, and 2024 were studied. According to the research, the area of urban-settlement zones in the region was 2095 ha in 1989, 4234 ha in 2010, and 4794 ha in 2024. Over the past 35 years, the area of urban-settlement zones on the northeastern slope of the Greater Caucasus has increased 2,3 times, while the population has grown by 0,5 times.

The growth trend of urban-seliteb complexes varied across different cities. For instance, in the city of Quba, this indicator increased 3,1 times (from 315 ha to 980 ha) between 1989 and 2024. In the cities of Khachmaz and Qusar, this expansion was approximately 2 times, while the urban-seliteb landscape area of Siyazan grew by 1,6 times. The growth indicator in the city of Shabran reached the maximum level in the region during the mentioned period, with a 3,7 times increase. (Table 3).

Table 3. Growth trend of urban-settlement landscapes (1989-2024)

Cities	1989 Population (thousand people)	urban seliteb area (ha)	2010 Population (thousand people)	urban seliteb area (ha)	2024 Population (thousand people)	urban seliteb area (ha)
Chacmaz	41.8	758	63,0	1290	69,5	1384
Quba	26.6	315	38,1	824	39,6	980
Qusar	15.7	448	18,6	850	23,8	895
Siyazan	19.4	298	24,9	445	26,7	476
Shabran	18.4	276	22,6	825	24,6	1012
By region	121.9	2095	167,2	4234	184,2	4794

For the first time, the urban-seliteb landscapes on the northeastern slope of the Greater Caucasus were analyzed using GIS technology, and a 1000-meter landscape-ecological buffer zone was created using the Toolbox → Analysis Tools → Buffer sequence (Fig. 4). The width of this buffer zone primarily varies based on natural landscape conditions and the intensity of anthropogenic pressures (İbrahimov & Sadullayev, 2023).

According to the calculations, the area covered by the 1000-meter buffer zone of the seliteb complexes is 325,388 ha, which constitutes 46.5% of the region's area and is 6.7 times larger than the existing seliteb-settlement area. Additionally, the area covered by the 500-meter buffer zone is 191,661 ha, which is 4 times larger than the existing seliteb-settlement area and covers 27.5% of the region.

The differentiation of seliteb complexes within the natural landscape types of the study area was analyzed based on GIS, and the following results were obtained: In

the plain-semi-desert landscapes, the share of settlement complexes is 3.5%. In the low mountain arid and semiarid landscapes, it is 1%; in the medium and low mountain landscapes, it is 9%; in the arid mountain-forest landscape, it is 5.2%; in the mountain-forest landscape, it is 3.8%; and in the high mountain landscapes, it is 0% (Sadullayev, 2024a, p. 97) (Table 4).

The seliteb landscapes on the northeastern slope of the Greater Caucasus are considered to be highly transformed, regularly, and intensively utilized complexes (Garibov et al., 2020, pp. 77-79). These complexes have been classified into 3 main categories and 8 different groups based on their transformation characteristics and mapped using Geographic Information Systems (GIS). The classification reflects the various landscape-ecological and settlement features of the area. Each category identifies a landscape type that has been subject to specific transformation processes and is further divided into appropriate groups (Fig. 5).

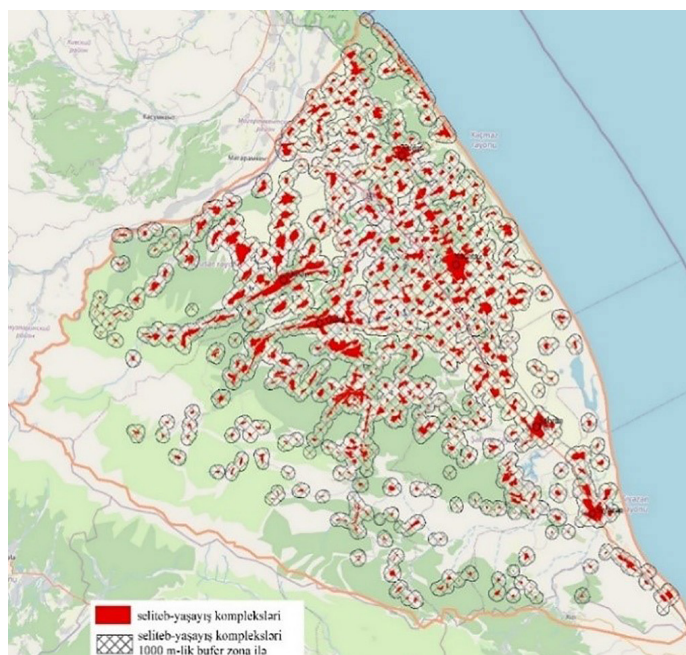


Fig. 4. Landscape-ecological buffer zones (1000 meters) of seliteb-complexes

Table 4. Differentiation of settlement complexes within natural landscape types

S/s	Landscape types	Area of the landscape type (km2)	Area of the seliteb complexes (km2)	% ratio to the landscape type
1	High mountain landscapes	352	0	0
2	Mountain-grassland landscape	1372	18	1,3
3	Mountain-forest landscape	620	23.4	3,8
4	Arid mountain-forest landscape	646	33.8	5,2
5	Medium and low mountain landscapes	526	47.8	9
6	Low mountain arid and semi-arid landscapes	3592	347	1

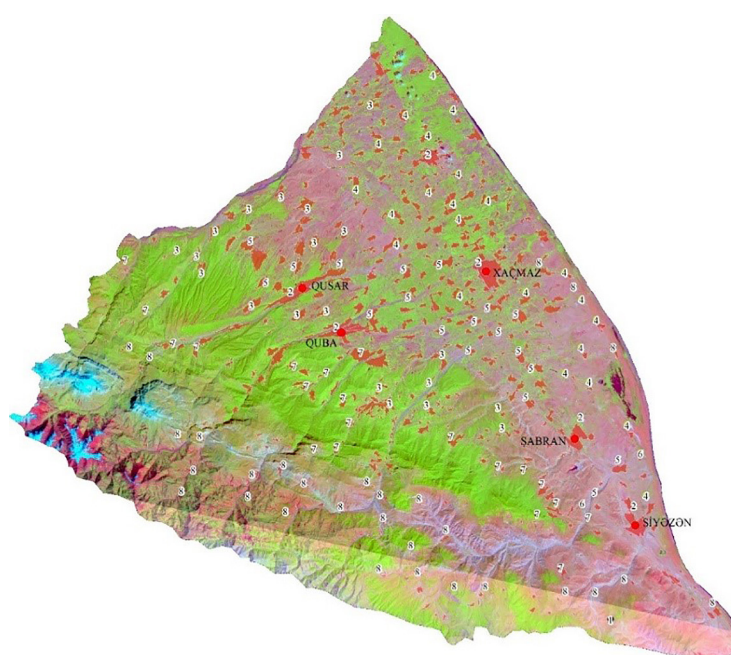


Fig. 4. Map of the distribution of seliteb complexes on the northeastern slope of the Greater Caucasus based on transformation characteristics

Map legend:**Severely transformed, regularly and intensively used seliteb complexes:**

A. Settlement complexes of various sizes and forms located in the semi-desert, dry steppe, intrazonal, and arid sparse forest-shrub landscapes of plains: 1. Low-slope plains: Seliteb complexes that form in a scattered pattern on gently sloping plains. These areas are characterized by poorly developed orchards or green spaces and densely populated settlement complexes.

B. Seliteb complexes located in intermountain depressions and high-sloped plains within steppe, forest-steppe, forest-intrazonal, post-forest steppe, and shrubland landscapes: 2. Highly urbanized, artificially covered seliteb complexes: These are large-scale urban settlement complexes located in flattened terrain, with significantly altered hydrogeological and geochemical processes. They feature a high level of urbanization and are surrounded by artificial cover. 3. Selitebs along river valleys and large river terraces: These complexes are scattered and form linear or chain-like patterns, surrounded by orchards or green spaces, located along river valleys and wide river terraces. 4. Selitebs along major roads, railways, and irrigation systems: These complexes are linear or chain-shaped, extending along broad highways, railway lines, and irrigation systems, surrounded by orchards or green spaces. 5. Selitebs in large river valleys and terraces: These are seliteb complexes located in expansive river valleys and terraces, surrounded by extensive green spaces.

C. Seliteb complexes of various sizes and forms located in low and middle mountain areas, river valleys, and intermountain depressions within forest, forest-meadow, forest-shrub, arid sparse forest, subalpine, and alpine meadow landscapes: 6. Selitebs along river valleys, smooth plateaus, and terraced slopes: These complexes are arranged in a chain-like or scattered pattern and are surrounded by orchards or green spaces. 7. Selitebs in intermountain depressions and terraced slopes: These complexes are scattered and surrounded by orchards or green spaces, located in intermountain depressions and terraced slopes. 8. Selitebs in intermountain depressions, river valleys, and terraced mountain slopes: These complexes consist of residential houses located close together, with limited orchard or green space, situated in intermountain depressions, river valleys, and terraced mountain slopes.

Through the application of GIS (Geographic Information Systems) technologies and multi-year analysis of Landsat satellite images, it has been determined that between 1989 and 2024, there has been approximately a 50% increase in the area of settlement-landscapes on the northeastern slope of the Greater Caucasus. This dynamic is closely related to the ongoing socio-economic development in the region, the growth of rural and urban populations, the expansion of infrastructure, and the scaling-up of settlements. In particular, in recent years, there has been an increase in new buildings and agricultural land in rural-settlement areas, accelerating the anthropogenic transformation of natural landscapes. These changes have intensified against the backdrop of population migration toward

mountainous areas and the expansion of tourism activities.

Based on the obtained results, it is predicted that this trend will continue in the coming years, with a high probability of further expansion of settlement complexes in terms of area. This, in turn, may have environmental impacts, leading to changes in land cover, an increase in erosion risks, and disruption of landscape balance. Therefore, continuous monitoring and management of these processes are crucial for the sustainable development of the region.

7. Conclusion

The GIS analysis conducted using Landsat 7 satellite images shows that the total area of settlement complexes on the northeastern slope of the Greater Caucasus is 47,229 ha, accounting for 6.7% of the region's total area.

The study area was divided into hypsometric zones using the DEM → Analyst Tools → Raster Reclass → Slice → Natural Breaks algorithm, and the density (share) of settlement complexes within each hypsometric zone was determined using the formula (1), resulting in the following distribution: 54.5%, 36.2%, 8.1%, 1.2%, and 0%.

Based on calculations by administrative divisions, the differentiation of settlement complexes varies as follows: 14.3% in Khachmaz district, 8.8% in Qusar district, 5.0% in Quba district, 4.4% in Shabran district, and 3.2% in Siyazan district.

The analysis of satellite images and GIS technologies has revealed that there are 17 rural-settlement complexes located above 2000 m in altitude. This accounts for 3.39% of the total settlements in the region, 1.2% of the settlement areas, and 0.7% of the total population.

Research conducted from 1989 to 2024 indicates that the area of urban-settlement landscapes on the northeastern slope of the Greater Caucasus has increased 2.3 times. This increase is attributed to population migration, urbanization processes, and economic development.

The differentiation of settlement complexes within natural landscape types has been analyzed using GIS. The share of settlement complexes in low mountain arid and semiarid landscapes is 1%, in plain-semi-desert landscapes 3.5%, in mountain-forest landscapes 3.8%, in arid mountain-forest landscapes 5.2%, in medium and low mountain landscapes 9%, while in high mountain landscapes it is 0%.

For the first time, the application of GIS technology and the Toolbox → Analysis Tools → Buffer sequence was used to define a 1000-meter landscape-ecological buffer zone. This buffer zone is 6.7 times larger than the current urban-settlement area and covers 46.5% of the region.

The settlement landscapes on the northeastern slope of the Greater Caucasus, which have been severely transformed and regularly and intensively used, have been classified into 3 categories and 8 groups based on their transformation characteristics and mapped using GIS technology.

From 1989 to 2024, the area of settlement landscapes in the northeastern slope of the Greater Caucasus has increased by approximately 50%. This growth is related to population increases, the expansion of settlements, and anthropogenic impacts. The further expansion of these areas is expected in the future, which may affect the natural landscapes.

ORCID iD

Rashad Rahib Sadullayev <https://orcid.org/0000-0003-3480-4974>

References

- Afendiyev, V. A. (2002). *Urbanization and Urban Settlements of Azerbaijan (Monograph)*. Baku: Baku University Press.
- Ahmadzade, E. C. & Hashinov, A. C. (2016). *Encyclopedia of Melioration and Water Management*. Baku.
- Amanov, R. R. (2022). *The Study of Population Settlement in the Quba-Khachmaz Economic Region in the GIS Environment*: PhD Thesis Abstract in Geography. Baku.
- Demographic Indicators of Azerbaijan* (2024). Baku: DSK. https://stat.gov.az/menu/6/statistical_yearbooks/source/demography_2024.zip
- Garibov, Y. E. (2012). *Optimization of Natural Landscapes of the Republic of Azerbaijan*. Baku: AzTU Press.
- Garibov, Y. E., Hacıyeva, A. Z., & Sadullayev, R. R. (2020). *The Study of Anthropogenic Transformation of the Natural Landscapes of the Greater Caucasus using GIS Technology: Monograph*. Baku: Müəllim.
- Hasanaliyeva, L. H. (2015). *The Impact of Population Settlement on the Landscape Transformation in the Northeast Slope of the Greater Caucasus*: PhD Thesis Abstract in Geography. Baku.
- İbrahimov, T. O. & Sadullayev, R. R. (2023). Crucial Problems of the Organization of Biosphere Reserves in Azerbaijan. *Journal of Geology, Geography, and Geoecology*, 31(4), 628–634. <https://doi.org/10.15421/112258>
- Mehrliyev, E. Q. (1996). The Impact of Natural Conditions on Population Settlement. *Constructive Geography of the Republic of Azerbaijan*, 206–218. Baku: Elm.
- Museyibov, M. A. (1998). *Physical Geography of Azerbaijan*. Baku: Maarif.
- Museyibov, M. A. (2013). *Landscapes of the Republic of Azerbaijan / Textbook*. Baku: Elm ve Texsil.
- Sadullayev, R. R. (2020). Application of Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing in the Study of the Differentiation Characteristics of Settlements (In the Example of the Northeast Slope of the Greater Caucasus). *Materials of the 2nd International Conference on Science and Technology* (151-154).
- Sadullayev, R. R. (2023). Study of the Characteristics of Differentiation of Anthropogenic Landscape Complexes Based on Remote Sensing Data and Geographic Information Systems (GIS) (In the Example of the Northeast Slope of the Greater Caucasus). *Chemistry and Biology: Scientific Journal*, 1(3(105)), 5-11.
- Sadullayev, R. R. (2024b). Differentiation Characteristics of the Modern Anthropogenic Landscapes of the Northeast Slope of the Greater Caucasus. *Physical Geography and Geomorphology*, 47(1), 53–57. <https://doi.org/10.17721/phgg.2024.1-2.06>
- Sadullayev, R. R. (2024a). *Differentiation Characteristics of the Settlements in the Northeast Slope of the Greater Caucasus*. Baku: Collection of Scientific Articles Dedicated to the Victory Day, 4, 91–99.
- The statistical compilation "Demographic Indicators of Azerbaijan" has been published* (n.d.). The State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. <https://www.stat.gov.az/news/index.php?lang=az&id=5979>

Дослідження сучасного стану Шацьких озер за допомогою засобів дистанційного зондування Землі

Оксана М. Підкова 

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

Анотація

Для Шацьких озер, розташованих у межах Шацького національного природного парку, характерною є наявність низки проблем природного і антропогенного характеру, що погіршують екологічний стан як власне самих озер, так і природних комплексів навколо. Із використанням методів дистанційного зондування Землі проаналізовано сучасний стан Шацьких озер. Основну увагу зосереджено на дослідженні озера Світязь, як найбільшого озера з групи Шацьких озер і основного туристичного об'єкту регіону. За допомогою аналізу космічних знімків на онлайн сервісах Copernicus Browser і Google Earth Engine проаналізовано зміни водності озер протягом 2017-2024 рр., явище евтрофікації за індексом NDVI за період 2020-2024 рр., створено різночасові карти типів наземного покриття і карту прогнозних змін типів наземного покриття території Шацьких озер до 2050 р. На основі проведених досліджень встановлено, що основними екологічними проблемами даного регіону є зменшення водності озер, обміління, евтрифікаційні процеси, забудова прибережних зон. Ці процеси мають тенденцію до прогресу, що сумарно негативно впливатиме на усю екосистему Шацьких озер, погіршуватиме функціонування цієї природоохоронної території.

Ключові слова

озеро, Шацькі озера, озеро Світязь, космічні знімки, дистанційне зондування Землі, екологічний стан озера

Надійшла до редакції: 3 травня 2025 / Прийнята: 23 травня 2025 / Опублікована онлайн: 30 травня 2025

Research on the current state of Shatsk Lakes using remote sensing of the Earth

Oksana M. Pidkova

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

Abstract

Shatsk Lakes, located within the Shatsk National Nature Park, are characterized by a number problems of a natural and anthropogenic nature, which worsen the ecological condition of both the lakes themselves and the natural complexes around them. The current state of Shatsk Lakes was analyzed using remote sensing methods. The main emphasis was placed on the study of Lake Svitiyaz, as the largest lake in the Shatsk Lakes group and the main tourist attraction in the region. By analyzing satellite images on the online services Copernicus Browser and Google Earth Engine, changes in lake water content during 2017-2024 was analyzed, the phenomenon of eutrophication was investigated using the NDVI index for the period 2020-2024, and multi-temporal maps of land cover types and a map of projected changes in land cover types in the Shatsk Lakes area by 2050 were created. Based on the conducted research, it was found that the main environmental problems of this region are decreasing water content of lakes, shallowing, eutrophication processes, development of coastal zones. These processes tend to progress, which will have a negative impact on the entire ecosystem of Shatsk Lakes and worsen the functioning of this nature conservation area.

Keywords

lake, Shatsk Lakes, Lake Svitiyaz, satellite images, remote sensing of the Earth, ecological state of the lake.

Received: 3 May 2025 / Accepted: 23 May 2025 / Published online: 30 May 2025

1. Вступ

Шацькі озера – група з понад 30 озер у північно-західній частині Ковельського району Волинської області, поблизу села Шацьк. Розташовані серед лісових масивів у межиріччі Прип'яті й Західного Бугу. Для охорони рідкісних природних комплексів у районі Шацьких озер було створено Шацький національний природний парк (1983 рік) (<https://shnp.forest.gov.ua/>).

Шацькі озера є одним із найбільш популярних місць відпочинку у нашій країні, тут побудовано

велика кількість санаторіїв, готельних комплексів, баз і таборів відпочинку. Без перебільшень, ця мальовнича територія – перлина українського краю. Актуальність відпочинку на озерах, збільшення кількості відвідувачів посилює навантаження на природні комплекси краю: з одного боку – це розбудова відпочинково-туристичної інфраструктури, а з іншого – антропогенне навантаження з усіма негативними наслідками (збільшення побутових відходів, стічних вод, сміття, збільшення антропогенного пресингу на лісові екосистеми, забруднення озер тощо), що сумарно погіршує екологічний стан озер і прилеглих

Corresponding author:

Oksana M. Pidkova, Taras Shevchenko National University of Kyiv
64/13, Volodymyrska St., Kyiv 01601, Ukraine
Email: ivan.kruhlov@lnu.edu.ua

© 2025 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.

територій. Наприклад, лише 6% мешканців села Шацьк забезпечені каналізацією та водопостачанням. І хоч реалізовується міжнародний проєкт по каналізуванню населених територій поблизу озер, але лише з часом, і то не всі, а лише більшість мешканців будуть мати ці послуги (Фесюк, 2024).

Незважаючи на розташування у межах природоохоронної території, є низка екологічних проблем, які сумарно негативно впливають на стан Шацьких озер. Особливо актуально це для озера Світязь, що є найбільшим серед усіх Шацьких озер, одним із семи природних чудес України. Це – найглибше озеро України, має карстове походження, живиться переважно підземними та атмосферними водами. Наявність широких піщаних пляжів, прибережної мілководної смуги, значне прогрівання води влітку (до 20°C і вище), масиви соснових лісів навколо озера, зручна транспортна інфраструктура зумовили розвиток туристичної індустрії в основному навколо озера Світязь у Шацьку та ближніх селах (Пульмо, Світязь). Все це підсилює актуальність дослідження сучасного стану Шацьких озер, виявлення основних проблем і пошук причин погіршення їх екологічного стану з метою розроблення рекомендацій щодо раціонального і екологічнобезпечного використання території поозер'я. Важливим є не лише вирішення наявних проблем, а усунення причин їх виникнення.

Одним із сучасних і перспективних напрямків дослідження у царині природничих наук, зокрема географії, є дистанційне зондування Землі (далі – ДЗЗ), що дає можливість, не виходячи з дому, використовуючи різноманітні онлайн-платформи і сервіси, досліджувати планету з космосу загалом, окремі географічні об'єкти за супутниковими знімками із наступним їх завантаженням, обробкою і аналізом.

Метою статті є проаналізувати сучасний стан Шацьких озер на прикладі озера Світязь за допомогою даних ДЗЗ та ГІС-технологій.

2. Аналіз попередніх публікацій

Дослідженню стану Шацьких озер присвячено багато робіт, це питання широко висвітлене у науковій літературі. З останніх публікацій варто згадати роботи Мартинюка В. О. та Томченко О. В. (2021), Хільчевського В. К. та Плічко Л. В. (2023), Ковальчука С. В. (2022), Коніщука В. В. та Христецької М. В. (2023), Фесюка В. О., Нетробчук І. М., Полянського С. В. та Довгана Д. Я. (2024), Хільчевського В. К., Плічко Л. В., Забокрицької М. Р., Шерстюк Н. П. (2025). Також підготовлено ряд монографій, у яких розглядається природа Волинського краю, у тому числі й Шацькі озера (Зузок, 2014; Фесюк, 2016; Мольчак, 2019; Карпюк та Фесюк, 2021). У контексті досліджуваної тематики найбільше зацікавлення мають праці Мартинюка В. О. та Томченко О. В. (2021), у яких автори використовують засоби ДЗЗ до оцінювання природно-антропогенних трансформацій озер Поліського регіону, Хільчевського В. К. та Плічко

Л. В. (2023), де за допомогою спектральних індексів RI та NDWI оцінюється екологічний стан акваторії озера Світязь за 2019-2023 рр., Фесюка В. О., Нетробчук І. М., Полянського С. В., Довгана Д. Я. (2014), де використано методи ДЗЗ для оцінювання ступеня евтрофікованості Шацьких озер, Хільчевського В. К., Плічко Л. В., Забокрицької М. Р. та Шерстюк Н. П. (2025), у якій автори за даними дистанційного зондування досліджують динаміку площі Шацьких озер за період 1984-2023 рр. у зв'язку з коливанням їхнього рівня. Однак є ряд питань, які потребують подальшого вивчення, зокрема аналіз і прогнозування майбутніх трансформацій природних комплексів Шацьких озер, зумовлених діяльністю людини, вплив глобальних змін клімату на евтрофікацію водойм, перспективи використання озер у рекреаційних цілях. Особливої актуальності і практичного значення набувають такі дослідження, проведені із використанням засобів ДЗЗ.

3. Матеріали та методи

При проведенні дослідження було використано різночасові космічні знімки Sentinel-2 (2017-2024 рр.) і космічні знімки хмарної платформи Google Earth Engine (1984-2022 рр.). Роботу з ними проведено за допомогою онлайн сервісів Copernicus Browser (опрацювання знімків Sentinel-2 (True color, NDVI, Custom script (Pseudo-FCD))), ArcGis Online (визначення типів наземного покриття) і Google Earth Engine (побудова часової анімації за допомогою Google Earth Timelapse).

4. Результати досліджень

Найбільшими за площею озерами серед групи Шацьких озер є Світязь, Пулемецьке, Луки, Люцимер, Остров'янське, Пісочне, Кримне, Перемут. Саме вони були об'єктами проведених досліджень, головним з яких – озеро Світязь (рис. 1).

Одною із найбільш актуальних загроз існуванню Шацьких озер, насамперед Світязю, є обміління. Основними причинами цього негативного явища є кліматичні зміни (зменшення кількості опадів і підвищення середніх температур повітря, зокрема спекотні літа, збільшення випаровуваності із водного зеркала озер і прилеглих територій), неналежна експлуатація гідротехнічних споруд на території Шацького національного природного парку з метою затримки паводкових вод, зменшення площі водозбору внаслідок проведення у другій половині минулого століття осушувальних меліорацій, які перебувають у незадовільному технічному стані, розробка покладів крейдового родовища "Хотиславське" у Республіці Білорусь, неорганізований відбір підземних вод мешканцями регіону для потреб сільського господарства, туризму, рекреації (Клок та Корнус, 2021; Літвицька, 2021; Назвали основні причини обміління..., 2019; Порятунок Світязю..., 2019).

Обміління загрожує не лише Світязю, як найбільшому озеру групи Шацьких озер, а й усьому комплексу (*Назвали основні причини обміління...*, 2019). У 2019 р. було зафіксовано рекордне падіння рівня води в озері Світязь. Тоді берегова лінія через обміління змістилась подекуди на 60 метрів, рівень води в озері був 93 сантиметри відносно нуля.

У 2021 р. Світязь знову став повноводним, вода в озері наповнилася до середньостатистичних

129 сантиметрів над нулем (Літвицька, 2021).

Станом на березень 2025 р. рівень води в озері Світязь хоч і залишається у межах середніх цифр і становить 136 см, однак він суттєво впав у порівнянні з аналогічним періодом минулого року, цьогорічний показник на 45 сантиметрів нижчий за показник минулого року.

На зниження контрольної позначки вплинула насамперед відсутність снігового покриву (*Рівень води...*, 2025).

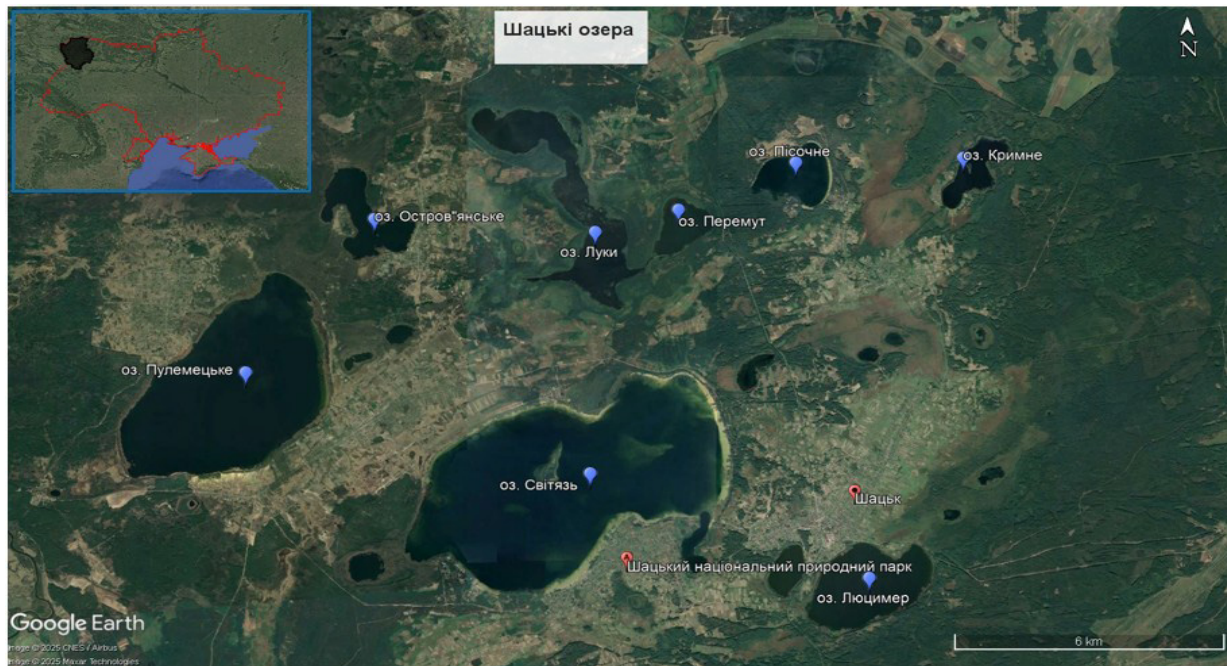
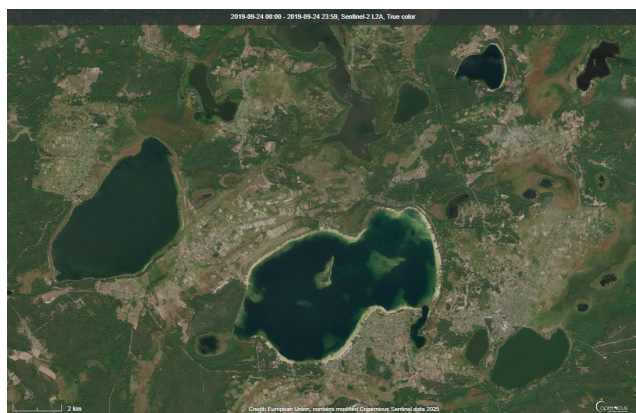


Рис. 1. Найбільші озера з групи Шацьких озер
Fig. 1. The largest lakes of the Shatsk Lakes group

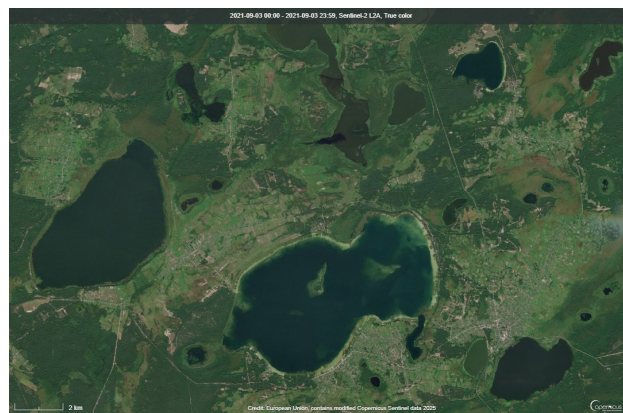
Для виявлення обміління засобами ДЗЗ, було проаналізовано космічні знімки території Шацьких озер, розміщені на онлайн-платформі Copernicus Browser (<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>), які зроблені приблизно в один час у 2019 р., що відповідає максимальному обмілінню озер за останні роки, і 2021 р., коли рівень води в озерах відновився до

середньостатистичної норми (рис. 2). На космічному знімку, зробленому у 2019 р., серед усієї групи озер найкраще простежується обміління озера Світязь.

Для більш детального просторово-часового аналізу змін його водності було досліджено серію космічних знімків озера Світязь, зроблених приблизно в один і той самий час у період з 2017 до 2024 рр. (рис. 3).

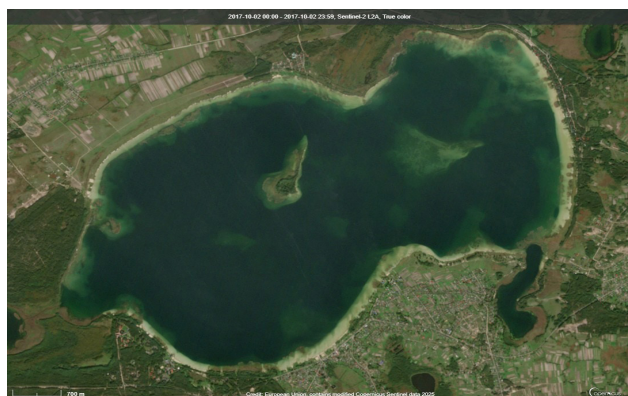


2019.09.24

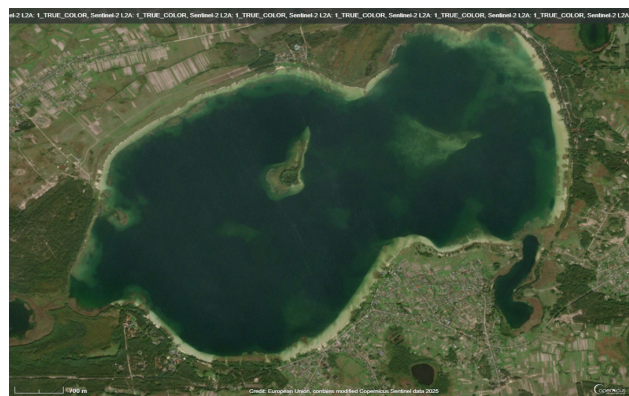


2021.09.03

Рис. 2. Шацькі озера (космічні знімки Sentinel-2, 2LA, True color)
Fig. 2. Shatsk Lakes (Sentinel-2, 2LA, True color satellite images)



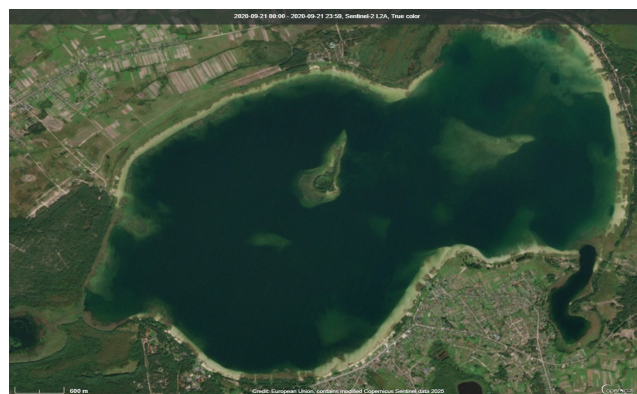
2017.10.02



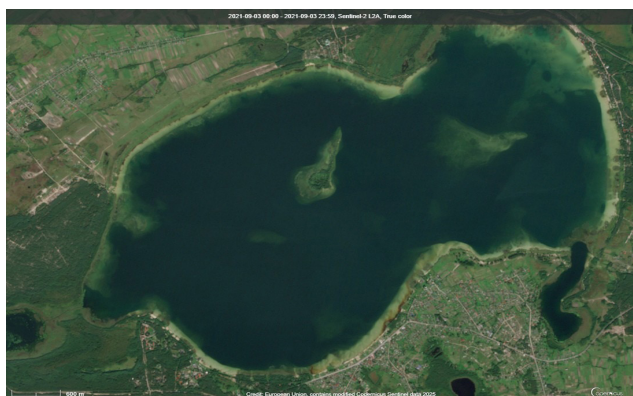
2018.10.12



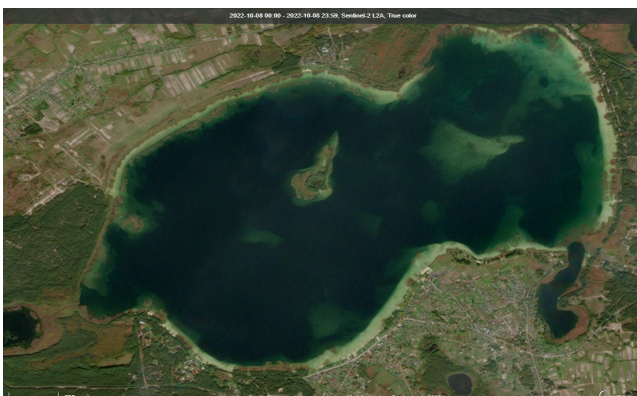
2019.09.24



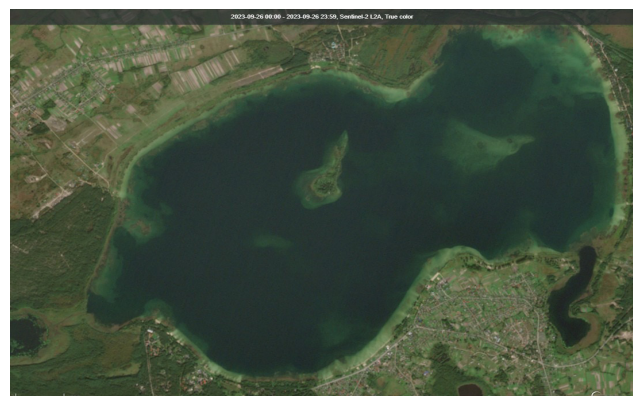
2020.09.21



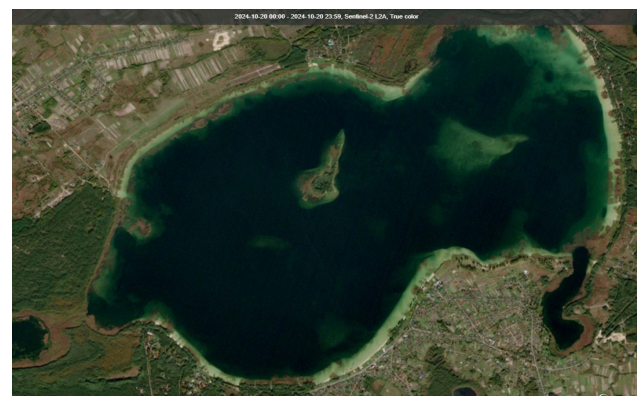
2021.09.03



2022.10.08



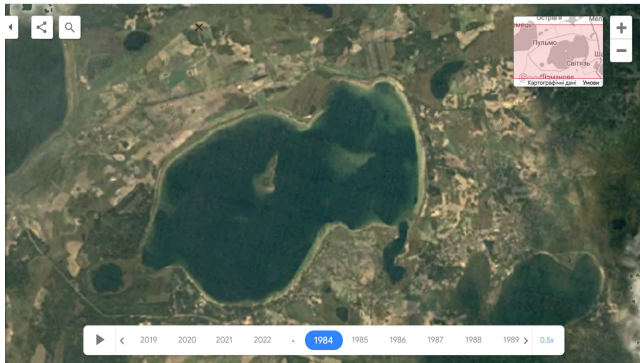
2023.09.26



2024.10.20

Рис. 3. Озеро Світязь (космічні знімки Sentinel-2, 2LA, True color)
Fig. 2. Lake Svitiaz (Sentinel-2, 2LA, True color satellite images)

Для візуалізації зміни водності озера Світязь за допомогою функції Google Earth Timelapse на хмарній платформі Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/>) було побудовано часову анімацію за період 1984-2022 рр. Переглянути анімацію можна за покликанням <https://earthengine.google.com/timelapse#v=51.50119,23.81713,11.473,latLng&t=0.86&ps=50&bt=19840101&et=20221231>.



Представлені космічні знімки і побудована часова анімація відображають зміни стану озера Світязь, його водності і відповідно обміління за останні сорок років, їх аналіз дає підстави стверджувати, що водність озера зменшилася, більш наглядно простежується обміління, причому не лише за береговою лінією озера, а й острова – безіменного, який у народі називають “островом кохання” (Шепеля, 2017) (рис. 4).

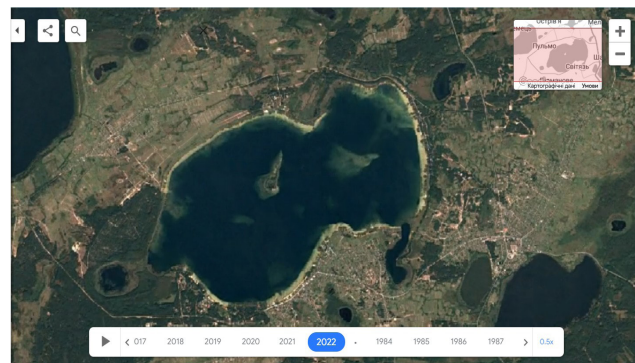


Рис. 4. Скріншоти з часової анімації зміни озера Світязь за період 1984-2022 рр.

Fig. 4. Screenshots from the time animation of Lake Svityaz changes over the period 1984-2022

Для відстежування динаміки зміни водності озера Світязь за космічними знімками було досліджено зміну берегової лінії і обміління навколо найбільшого острова озера за часовий період 2017-2024 рр. (рис. 5). Проведені дослідження показали, що умовна довжина острова (у найдовшій його частині, разом із прибережною смугою), виміряна за допомогою інструментів ресурсу Copernicus Browser, змінюється у незначному діапазоні величин (причиною цього

може бути неточність проведених вимірювань), однак простежується закономірність: у більш посушливі роки (2018, 2019 рр., за даними метеостанції Світязь (Цюп'ях, 2020)) – довжина виміряної лінії більша, ніж у вологіші (2021, 2022 рр.), що відображає коливання рівня води навколо острова і висоту острова (рівень берегової лінії) над зеркалом води озера, візуалізація берегової лінії острова також наглядно свідчить про зміну водності озера.

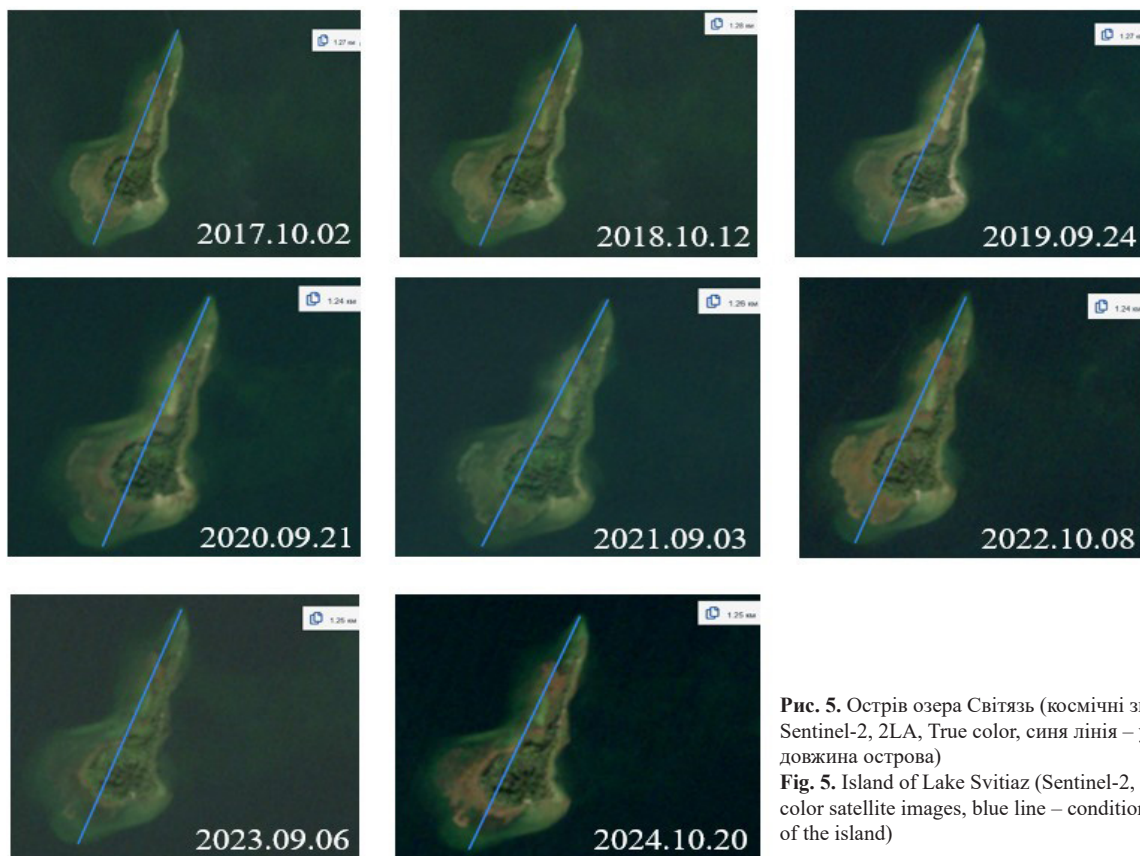


Рис. 5. Острів озера Світязь (космічні знімки Sentinel-2, 2LA, True color, синя лінія – умовна довжина острова)

Fig. 5. Island of Lake Svityaz (Sentinel-2, 2LA, True color satellite images, blue line – conditional length of the island)

Евтрофікація як процес, зумовлений природними і антропогенними факторами, характерний для Шацьких озер (Фесюк та ін, 2024). Для оцінки евтрофікації озера Світязь було розраховано індекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, Нормалізований диференційний вегетаційний індекс) за 5-річний період (рис. 6).

Гістограма розподілу значень NDVI за останні п'ять років (2020-2024 рр.) показує, що зміна вегетаційного індексу коливається у невеликому діапазоні величин, переважно від 0,2 до -0,2. Максимальне значення NDVI було зафіксовано 5 листопада 2021 р., для цієї дати було окремо розраховано вегетаційний індекс для озера Світязь, що представлено на рис. 7.

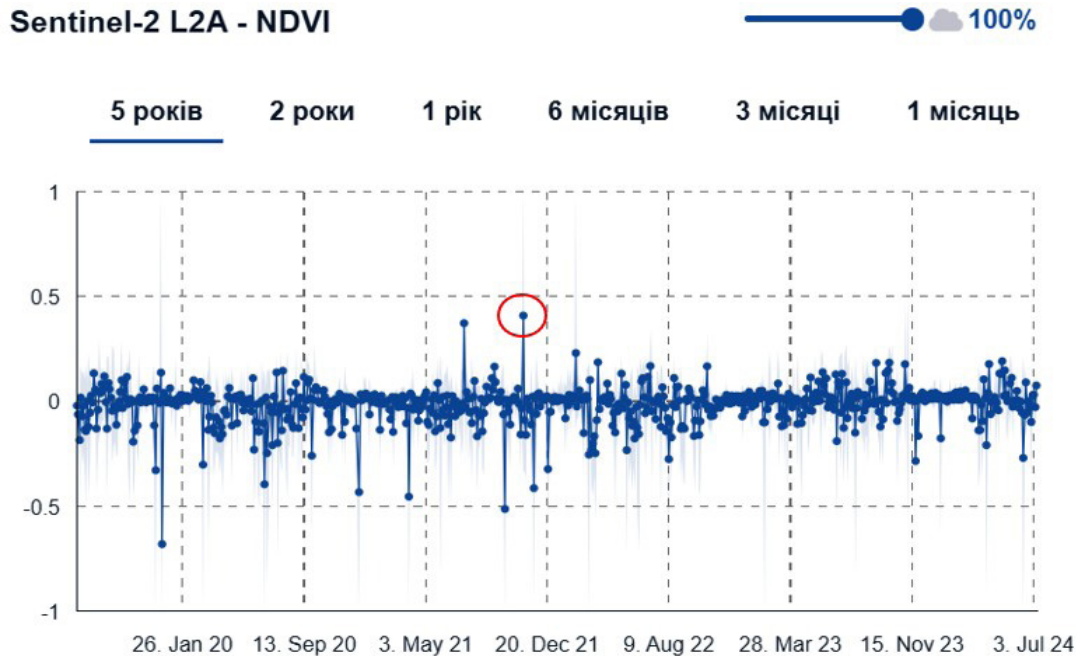


Рис. 6. Гістограма розподілу значень NDVI озера Світязь за період 2020-2024 рр.
Fig. 6. Histogram of the distribution of NDVI values of Lake Svitiaz for the period 2020-2024

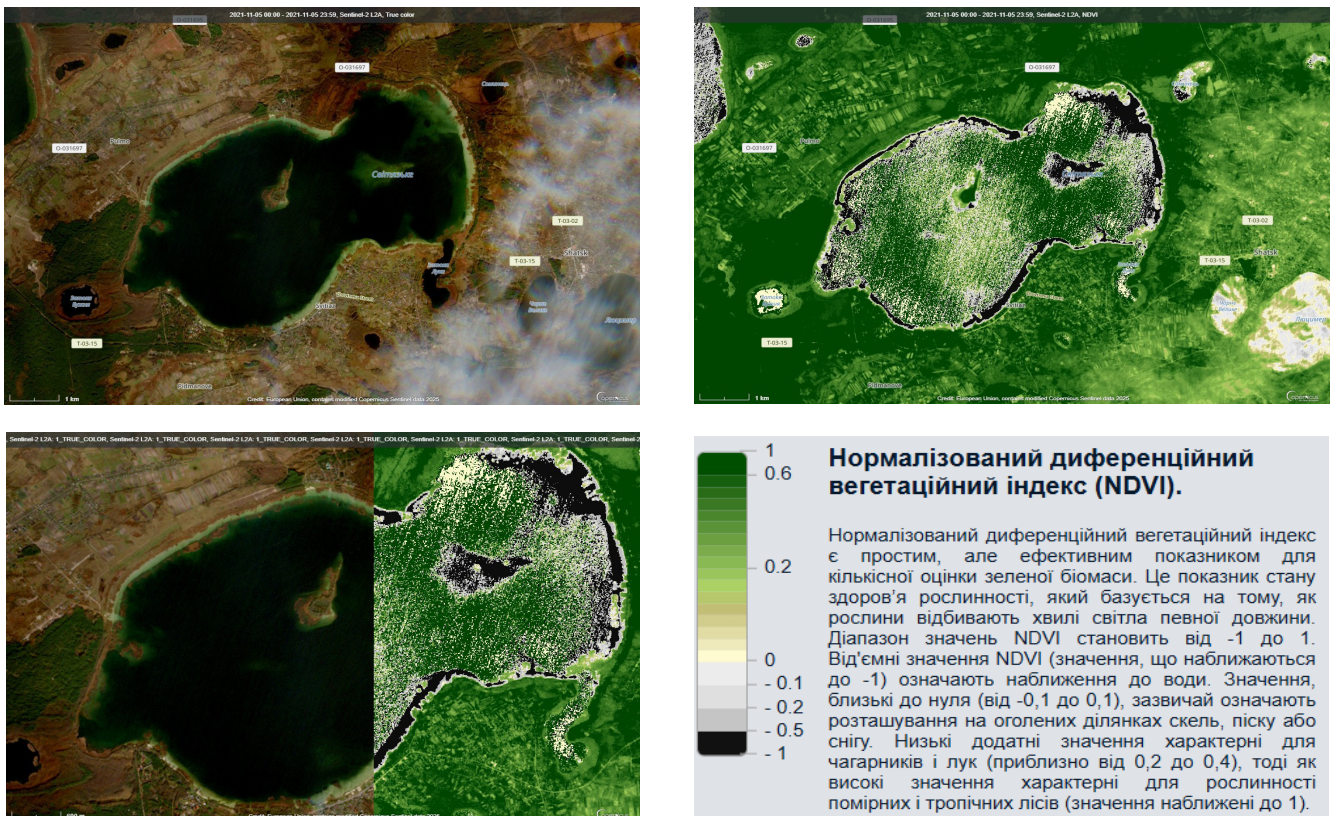
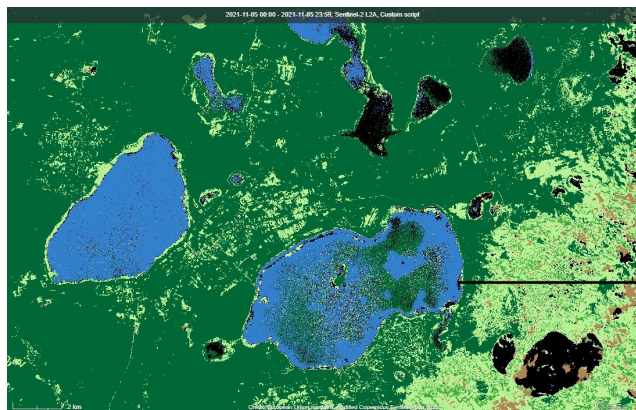


Рис. 7. Значення NDVI озера Світязь станом на 2021.11.05 (космічні знімки Sentinel-2, 2LA)
Fig. 7. NDVI value of Lake Svitiaz as of 2021.11.05 (Sentinel-2, 2LA satellite image)

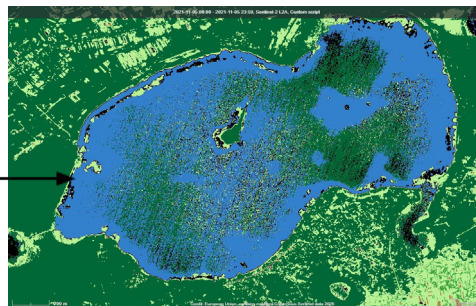
Додатково було застосовано спеціальний скрипт Custom script, що широко використовується у Copernicus Browser (<https://custom-scripts.sentinel-hub.com/>), для візуалізації території дослідження у день зафіксованої максимальної величини індексу NDVI за

період спостережень (рис. 8).

Поширення рослинності у межах озера Світязь (зеленим кольором) відображає значення вегетаційного індексу і за локалізацією аналогічне представленим результатам значень NDVI на рис. 7.



Система Шацьких озер



Озеро Світязь

Рис. 8. Застосування Custom script (космічні знімки Sentinel-2, 2LA за 2021.11.05)
Fig. 8. Application of Custom script (Sentinel-2, 2LA satellite images for 2021.11.05)

Застосування скрипту Pseudo Forest Canopy Density (Pseudo-FCD) (Псевдощільність лісового навісу), який класифікує кожен піксель супутникових зображень на одну з категорій – високий ліс, низький ліс, пасовища, гола (відкрита) земля, вода, невідомий клас (Pseudo Forest Canopy Density...), дає змогу дослідити поширення природної рослинності, зокрема щільність лісового покриву (FCD). Приклад застосування скрипту для території Шацьких озер зображено на рис. 9.

У даних скриптах беруться до уваги природні компоненти (різні типи рослинності, водні об'єкти

тощо), антропогенний фактор не розглядається. Для аналізу антропогенного впливу на територію Шацьких озер на ресурсі ArcGIS Online із застосуванням Sentinel-2 10m Land Use / Land Cover Time Series було створено карту типів наземного покриву для території дослідження за 2017 і 2024 рр. (рис. 10). Порівняння двох різночасових карт типів наземного покриву відображає зміни, що відбулися у межах цієї території, простежуються тенденції, що мають місце у регіоні.

Окремо було проведені аналогічні дослідження для території навколо озера Світязь (рис. 11).

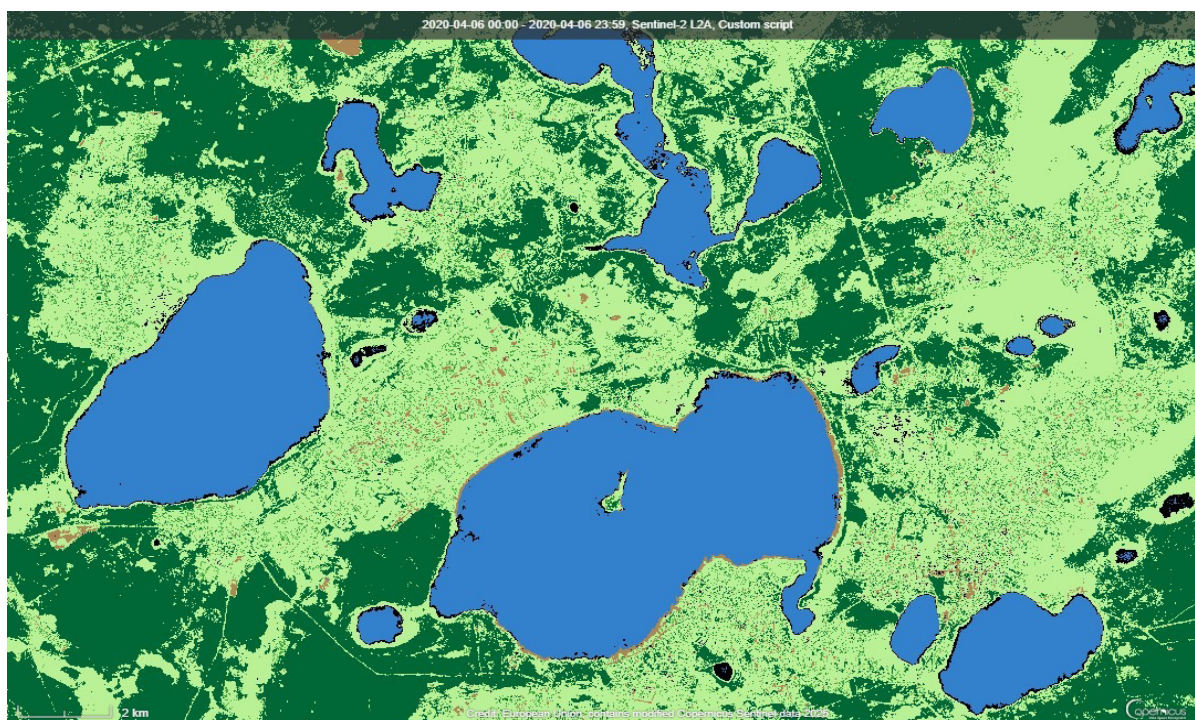
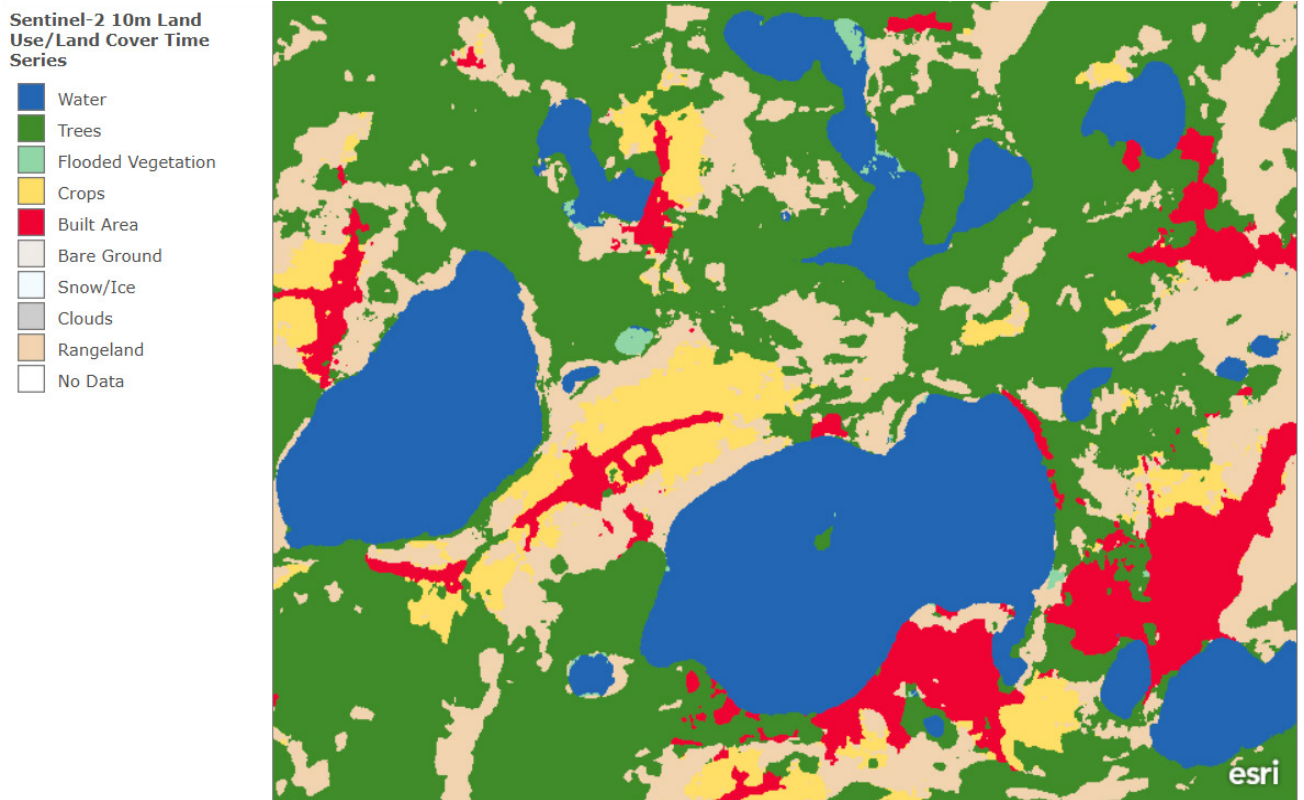
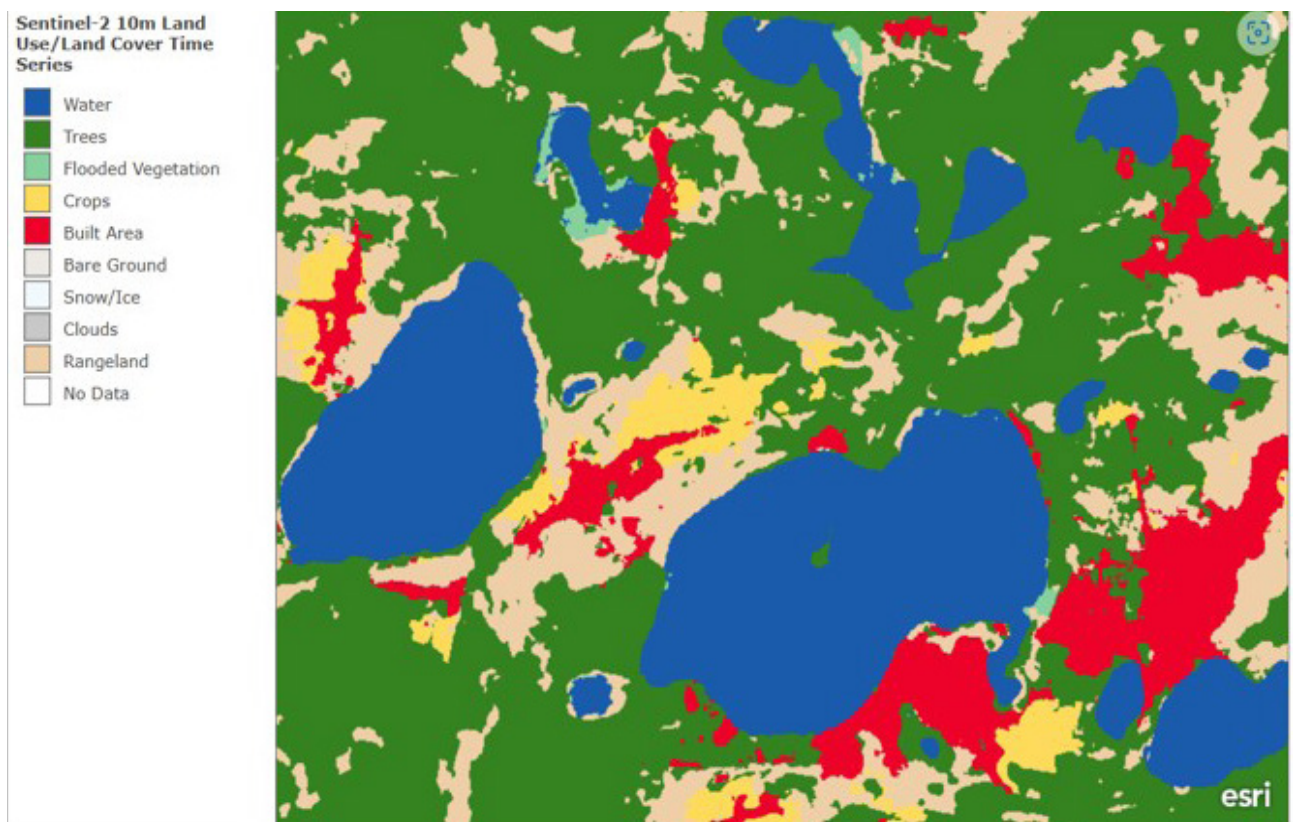


Рис. 9. Застосування скрипту Pseudo-FCD на знімку Sentinel-2, 2LA за 2020.04.06
Fig. 9. Application of the Pseudo-FCD script on Sentinel-2, 2LA image for 2020.04.06



Esri, Intermap, NASA, NGA, USGS | GUGiK, Esri, TomTom, Garmin, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS | Impact Observatory, Microsoft, and Esri.

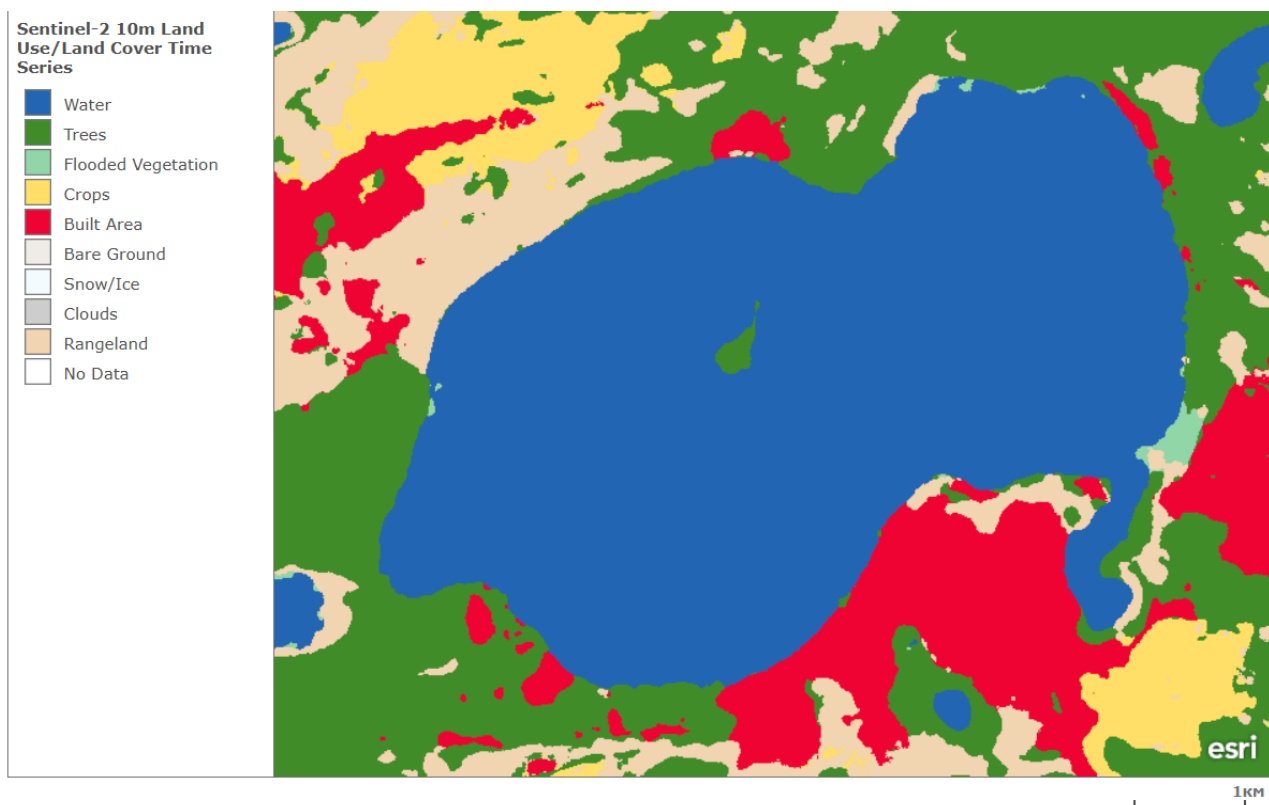


Esri, Intermap, NASA, NGA, USGS | GUGiK, Esri, TomTom, Garmin, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS | Impact Observatory, Microsoft, and Esri.

Рис. 10. Карти типів наземного покриття території Шацьких озер, станом на 2017 і 2024 рр.
Fig. 10. Maps of land cover types in the Shatsk Lakes area, as of 2017 and 2024



Esri, Intermap, NASA, NGA, USGS | GUGIK, Esri, TomTom, Garmin, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS | Impact Observatory, Microsoft, and Esri.



Esri, Intermap, NASA, NGA, USGS | GUGIK, Esri, TomTom, Garmin, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS | Impact Observatory, Microsoft, and Esri.

Рис. 11. Карти типів наземного покриття території навколо озера Світязь, станом на 2017 і 2024 рр.
Fig. 11. Maps of the land cover types of the area around Lake Svitiyaz, as of 2017 and 2024

Представлені карти типів наземного покриття (рис. 10 і 11) наочно демонструють посилення антропогенного впливу на природні комплекси Шацьких озер, що відображається насамперед через збільшення площ забудованих територій. Поряд з тим простежується позитивна тенденція – збільшення площ лісових насаджень, в основному за рахунок зменшення площі пасовищ і сільськогосподарських земель.

Для прогнозування змін типів наземного покриття території Шацьких озер було застосовано карту Land Cover Vulnerability to Change 2050 – Global

(Прогнозована вразливість до зміни земного покриття до 2050 р.). Ця карта показує прогнозовану вірогідність зміни типу наземного покриття до 2050 р. (*Land Cover Vulnerability...*). Значення 1 означає, що піксель є одним з найбільш вразливих до змін, тоді як значення 0 – навпаки, що піксель є одним з найменш вразливих.

Для виявлення зазначених змін на карту типів наземного покриття території Шацьких озер було накладено карту прогнозованих змін типів наземного покриття до 2050 р., зменшивши її прозорість на 50% (рис. 12).



Esri, Intermap, NASA, NGA, USGS | GUGiK, Esri, TomTom, Garmin, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS | Impact Observatory, Microsoft, and Esri.

Рис. 12. Вірогідність зміни типів наземного покриття території Шацьких озер до 2050 р.

Fig. 12. Probability of changes in land cover types in the Shatsk Lakes area by 2050

Відповідно до рис. 12, найменш вразливими до змін є водні об'єкти – власне озера, окрім прибережних смуг, що опосередковано може свідчити про подальше обміління і зменшення їх водності. Чітко простежується закономірність – менші озера за площею (Пісочне, Луки, Остров'янське, Люцимер) є більш вразливими до змін, ніж більші за площею озера (Світязь, Пулеметське). Відносно стійкими також є забудовані території і лісові масиви. Найменш стійкими і найбільш уразливими до змін є сільськогосподарські землі, пасовища і заплави – ті типи наземного покриття, складові природних комплексів, які найбільше потребують втручання людини для підтримання оптимальних показників їх стану і функціонування (сільськогосподарські угіддя, частково – пасовища), або які є екологістабілізуючими угіддями (заплави, пасовища – частково), збереження яких вкрай необхідне для підтримання екологічного стану території Шацьких озер на належному рівні.

5. Висновки

За допомогою даних ДЗЗ проаналізовано сучасний стан Шацьких озер та трансформаційні зміни природних комплексів території навколо озер. Встановлено, що основними екологічними проблемами даного регіону є: зменшення водності озер, обміління, евтрифікаційні процеси, зростання площ забудованих земель, насамперед забудова прибережних зон. Ці процеси мають тенденцію до прогресу, що сумарно негативно впливатиме на усю екосистему Шацьких озер, погіршуватиме функціонування даної природоохоронної території. Тому важливим є пошук шляхів покращення екологічного стану Шацьких озер, насамперед через впровадження і дотримання заходів раціонального і екологічнобезпечного земле- і водокористування у регіоні. Матеріали ДЗЗ дають широкі перспективи для природничо-екологічних

досліджень, зокрема для аналізу стану і часових змін як окремих компонентів довкілля, так і природних комплексів у цілому.

ORCID iD

Oksana M. Pidkova <https://orcid.org/0000-0003-1546-8768>

Список посилань

- Зузок, Ф. В. (Ред.). (2014). *Природа Західного Полісся, прилеглого до Хотиславського кар'єру: монографія*. Луцьк: Вежа.
- Ільїн, Л. В. (2008). *Лімнокомплекси Українського Полісся: монографія: У 2-х т. Т. 1: Природничо-географічні основи дослідження та регіональні закономірності*. Луцьк: РВВ Вежа ВНУ ім. Лесі Українки.
- Карпюк, З. К., & Фесюк, В. О. (2021). *Природоохоронні мережі Волинської області*. Луцьк: Терен.
- Клок, С. В., & Корнус, А. О. (2021). Окремі кліматичні характеристики території Шацьких озер: сьогодення, тренди та перспективи. (В. О. Фесюк, ред.) *У Шацьке поозер'я в контексті змін клімату: збірник матеріалів VI Міжнародної науково-практичної конференції* (с. 22-31). Луцьк: ВНУ. https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2021-12/Шацьке-поозер%27я-Федонюк_0.pdf
- Ковальчук, С. В. (2022). Трансформація водних об'єктів Шацького поозер'я за результатами оцінки антропогенного навантаження на поверхневі води. *У The 6th International scientific and practical conference "Multidisciplinary scientific notes. Theory, history and practice"* (с. 42-45). Edmonton: International Science Group. <https://doi.org/10.46299/ISG.2022.2.6>
- Коніщук, В. В., & Христецька, М. В. (2023). Екологічна оцінка евтрофікації озер біосферного резервату "Шацький". *Агроекологічний журнал*, 3, 62–70. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287764>
- Літвицька, Л. Туристичний Світязь знову повноводний: рівень води в озері вимірюють щодня. (2021, Червень 23). *Суспільне Луцьк*. <https://suspilne.media/lutsk/141682-turistichnij-svitaz-znovu-povnovodnij-riven-vodi-v-ozeri-vimiruut-sodna/>
- Мартинюк, В. О., & Томченко, О. В. (2021). Використання засобів дистанційного зондування Землі до оцінювання природно-антропогенних трансформацій озер Поліського регіону. *Український журнал дистанційного зондування Землі*, 8(2), 27–35. <https://doi.org/10.36023/ujrs.2021.8.2.194>
- Мольчак, Я. О. (Ред.). (2019). *Поверхневі води Волині: колективна монографія*. Луцьк: Терен.
- Назвали основні причини обміління озера Світязь. Відео. (2019, Серпень 01). Волинь Post. <https://www.volynpost.com/news/144083-nazvaly-osnovni-prychyny-obmilinnia-ozera-svitiaz-video>
- Порятунок Світязу: з чого почнуть. (2019, Листопад 13). Конкурент. <https://konkurent.ua/publication/48689/poryatunok-svityazu-z-chogo-pochnut/>
- Рівень води в озері Світязь суттєво впав. (2025, Березень 25). Конкурент. <https://konkurent.ua/publication/153579/riven-vodi-v-ozeri-svityaz-suttevo-vpav/>
- Фесюк, В. О. (Ред.). (2016). *Сучасний екологічний стан та перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку Волинської області: колективна монографія*. Луцьк: ТОВ Підприємство "Ві Ен Ей".

- Фесюк, В. О., Нетробчук, І. М., Полянський, С. В., & Довган, Д. Я. (2024). Особливості сучасного стану евтрофікації Шацьких озер. *Український журнал природничих наук*, 8, 279-288. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.8.2024.29>
- Хільчевський, В. К., Плічко, Л. В., Забокрицька, М. Р., & Шерстюк, Н. П. (2025). Оцінка динаміки площі Шацьких озер за багаторічний період за даними дистанційного зондування у зв'язку з коливаннями їхнього рівня (1985–2023 pp.). *Журнал з геології, географії та геоecології*, 34(1), 126-135. <https://doi.org/10.15421/112512>
- Цюп'ях, М. Світязькій метеорологічній станції – 75 років. (2020, Листопад 26). Район.Шацьк. <https://shatsk.rayon.in.ua/topics/387420-svitiaskii-meteorologichnii-stantsiyi-75-rokiv>
- Шепеля, В. Які таємниці приховує Світязький острів. (2017, Серпень 15). Район.Шацьк. <https://shatsk.rayon.in.ua/news/37806-iaki-taemnitzi-prihovue-svitiaskii-ostriv>
- <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>
- <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/>
- <https://earthengine.google.com/>
- <https://earthengine.google.com/timelapse/>
- <https://shnp.forest.gov.ua/>
- Khilchevskiy, V. K. & Plichko L. V. (2023). Application of the spectral indices Ri and NDWI for the ecological assessment of the state of the water area of Lake Svitiaz in connection with the dynamics of water. *У 17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment* (p. 1–5). European Association of Geoscientists & Engineers. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520012>
- Land Cover Vulnerability to Change 2050 – Global. Arcgis. <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=4040cafb922440f59d3ce52326402875>
- Normalized Difference Chlorophyll Index. Sentinel Hub custom script. <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/ndci/>
- Pseudo Forest Canopy Density (Pseudo-FCD). Sentinel Hub custom scripts. Pseudo Forest Canopy Density (Pseudo-FCD) | Sentinel Hub custom scripts

References

- Zuzuk, F. V. (Red.) *Pryroda Zakhidnoho Polissya, prylehloho do Khotyslavskoho karyeru: monohrafiya* [Nature of Western Polissia adjacent to the Khotyslav quarry: a monograph]. Lutsk: Vezha. [In Ukrainian].
- Ilyin, L. V. (2008) *Limnokompleksy Ukrayinskoho Polissya: monohrafiya: U 2-kh t. T. 1: Pryrodnycho-heohrafichni osnovy doslidzhennya ta rehionalni zakonomirnosti* [Limnocomplexes of Ukrainian Polissia: monograph: In 2 volumes. Vol. 1: Natural and geographical foundations of research and regional patterns]. Lutsk: RVV Vezha VNU im. Lesi Ukrayinky. [In Ukrainian].
- Karpiuk, Z. K., & Fesiuk, V. O. (2021). *Pryrodookhoronni merezhi Volynskoyi olasti* [Nature protection networks of Volyn region]. Lutsk: Teren. [In Ukrainian].
- Khilchevskiy, V. K., Plichko, L. V., Zabokrytska, M. R., & Sherstyuk, N. P. (2025). Assessment of the dynamics of the surface area of the Shatsk Lakes over a long-term period based on remote sensing data in connection with fluctuations in their level (1985–2023). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 34(1), 126-135. <https://doi.org/10.15421/112512> [In Ukrainian].
- Khilchevskiy, V. K., & Plichko L. V. (2023). Application of the spectral indices Ri and NDWI for the ecological assessment of the state of the water area of Lake Svitiaz in connection with the dynamics of water. *In 17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the*

- Environment* (p. 1–5). European Association of Geoscientists & Engineers. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520012>
- Klok, S. V., & Kornus, A. O. (2021). Okremi klimatychni kharakterystyky terytoriyi Shatskykh ozer: sohodennya, trendy ta perspektyvy [Some climatic characteristics of the Shatsk Lakes area: present, trends and prospects] (V. O. Fesyuk, Red.). *Y Shatske poozerya v konteksti zmin klimatu: zbirnyk materialiv VI Mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferentsiyi* (c. 22–31). Lutsk: VNU. https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2021-12/Шацьке-поозер%27я-Федонюк_0.pdf [In Ukrainian].
- Kovalchuk, S. V. (2022). Transformatsiya vodnykh ob'ektiv Shatskoho poozerya za rezultatsy otsinky antropohennoho navantazhennya na poverkhnevi vody [Transformation of water bodies of Shatsk Lake District based on the results of the assessment of anthropogenic load on surface waters]. *U The 6th International scientific and practical conference "Multidisciplinary scientific notes. Theory, history and practice"* (p. 42–45). Edmonton: International Science Group]. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287764>
- Konishchuk, V. V., & Khrystetska, M. V. (2023). Ekolohichna otsinka evtrofikatsiyi ozer biosferneho rezervatu "Shatskyi" [Ecological assessment of eutrophication of lakes in Shatsk Biosphere Reserve]. *Ahroekolohichnyy zhurnal*, 3, 62–70. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287764> [In Ukrainian].
- Litvytska, L. Turystychnyy Svityaz zнову povnovodnyy: riven vody v ozeri vymiryuyut shchodnya [Tourist Svitiáz is full again: the water level in the lake is measured daily]. (2021, Cherven 23). *Suspilne Lutsk*. <https://suspilne.media/lutsk/141682-turistichnij-svitaz-znovu-povnovodnij-riven-vodi-v-ozeri-vimiruut-sodna/> [In Ukrainian].
- Martyniuk, V. O., & Tomchenko, O. V. (2021). Vykorystannya zasobiv dystantsiynoho zonduvannya Zemli do otsinyuvannya pryrodno-antropohennykh transformatsiy ozer Poliskoho rehionu [The use of remote sensing tools to assess the natural and anthropogenic transformations of lakes in the Polissia region]. *Ukrayinskyi zhurnal dystantsiynoho zonduvannya Zemli*, 8(2), 27–35. <https://doi.org/10.36023/ujrs.2021.8.2.194> [In Ukrainian].
- Molchak, Ya. O. (Red.) *Poverkhnevi vody Volyni: kolektivna monohrafiya* [Surface waters of Volyn: a collective monograph]. Lutsk: Teren. [In Ukrainian].
- Nazvaly osnovni prychny obmilinnia ozera Svityaz. Video* [The main reasons for the shallowing of Lake Svitiáz were named. Video]. (2019, Serpen 01). Volyn Post. <https://www.volynpost.com/news/144083-nazvaly-osnovni-prychyny-obmilinnia-ozera-svitiaz-video> [In Ukrainian].
- Poryatunok Svityazyu: z choho pochnut* [Saving Svitiáz: where to start]. (2019, Lystopad 13). Konkurent. <https://konkurent.ua/publication/48689/poryatunok-svityazu-z-chogo-pochnut/> [In Ukrainian].
- Riven vody v ozeri Svityaz suttyevo vpav* [The water level in Lake Svitiáz has dropped significantly]. (2025, Berezen 25). Konkurent. <https://konkurent.ua/publication/153579/riven-vodi-v-ozeri-svityaz-suttyevo-vpav/> [In Ukrainian].
- Fesiuk, V. O. (Red.). (2016). *Suchasnyy ekolohichnyy stan ta perspektyvy ekolohichno bezpechnoho stiykoho rozvytku Volynskoyi oblasti: kolektivna monohrafiya* [Current ecological state and prospects for environmentally safe sustainable development of Volyn region: collective monograph]. Lutsk: TOV Pidpryemstvo «Vi En Ey». [In Ukrainian].
- Fesiuk, V. O., Netrobchuk, I. M., Polianskyi, S. V., & Dovhan, D. Ya. (2024). Osoblyvosti suchasnoho stanu evtrofikatsiyi Shatskykh ozer [Features of the current state of eutrophication of Shatsk Lakes]. *Ukrayinskyi zhurnal pryrodnychikh nauk*, 8, 279–288. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.8.2024.29> [In Ukrainian].
- Tsiupiyakh, M. Svityazkiy meteorolohichnyi stantsiy – 75 rokov [Svitiáz Meteorological Station is 75 years old]. (2020, Lystopad 26). *Rayon. Shatsk*. <https://shatsk.rayon.in.ua/topics/387420-svitiazkii-meteorologichnii-stantsiyi-75-rokiv> [In Ukrainian].
- Shepelia, V. Yaki tayemnytsi prykhovuye Svityazkyy ostriv [What secrets Svitiáz Island hides]. (2017, Serpen 15). *Rayon. Shatsk*. <https://shatsk.rayon.in.ua/news/37806-iaki-tayemnitsi-prihovue-svitiazkii-ostriv> [In Ukrainian].
- <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>
<https://custom-scripts.sentinel-hub.com/>
<https://earthengine.google.com/>
<https://earthengine.google.com/timelapse/>
<https://shnp.forest.gov.ua/>
- Land Cover Vulnerability to Change 2050 – Global. Arcgis. <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=4040cafb922440f59d3ce52326402875>
- Normalized Difference Chlorophyll Index. Sentinel Hub custom script. <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/ndci/>
- Pseudo Forest Canopy Density (Pseudo-FCD). Sentinel Hub custom scripts. Pseudo Forest Canopy Density (Pseudo-FCD) | Sentinel Hub custom scripts.

Природні ліси Українських Карпат та прилеглих територій: геопросторовий аналіз засобами геоматики

Анатолій Д. Смалійчук¹ , Іван С. Круглов¹ , Ганна В. Смалійчук¹ ,
Олег Г. Часковський² , Олександр І. Киселюк³ , Оксана В. Тимчук³ 

¹Львівський національний університет імені Івана Франка вул. П. Дорошенка, 41, Львів 79000, Україна

²Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна

³Карпатський національний природний парк, вул. В. Стуса, 6, м. Яремче, 78500, Україна

Анотація

Природні ліси збереглися в Україні головню в регіоні Українських Карпат, про більшість з яких відомо з попередніх публікацій. Проте після 2019 р., відбулися зміни у природоохоронному статусі значної частини ділянок таких лісів. Тому виникла потреба консолідувати наявну інформацію про ідентифіковані природні ліси в регіоні дослідження, з'ясувати їхній актуальний заповідний статус та зміни, що відбулися. Для цього виконали геопросторовий аналіз природних лісів у розрізі одиниць природно-географічного (екорегіони) та адміністративного поділу (територіальні громади), а також основних річкових басейнів за показниками площі, видового складу та природоохоронного статусу. Загалом у період 2019-2024 рр. у регіоні дослідження створено 119 пралісових пам'яток природи, з яких вперше отримали природоохоронний статус ліси на загальній площі 10.56 тис. га. На початок 2025 р. частка природних лісів, які зростали в межах природно-заповідного фонду досягла 59.6 %. Загалом для п'яти з одинадцяти типів природних лісів за домінантною лісотвірною породою характерна майже повна охорона (близько або 100 %). Водночас два типи лісів, які займають найбільшу абсолютну площу, ялинові та букові, мають найнижчий рівень заповідності – 61.3 і 55.4 % відповідно.

З'ясовано, що у 20 з 23 досліджуваних річкових басейнів зростають природні ліси. У 12 річкових басейнах абсолютна більшість (>70 %) серед природних лісів припадає на букові угруповання, ще у п'яти – з переважанням ялини (53-78 %), а у басейні Стривігору – виключно на угруповання з переважанням ялиці. Найбільша частка природних серед усіх лісових екосистем сягає 15-16 % та характерна для річкових басейнів Тереслі, Тересви та Верхньої Тиси. У адміністративному відношенні природні ліси виявлені у межах 82 територіальних громад із 211, які частково або повністю розташовані в межах регіону дослідження. Загалом частка природних лісів серед усіх лісів в межах території громад коливається від 0.02 до 33.4 %. Встановлено також, що лише половина ареалів природних лісів розташованих в межах населених пунктів мають заповідний статус. Це створює підвищений ризик антропогенного втручання у ці екосистеми, включно з повною втраатою.

Ключові слова

Українські Карпати, природні ліси, пралісова пам'ятка природи, геопросторовий аналіз, річковий басейн, екорегіон.

Надійшла до редакції: 12 травня 2025 / Прийнята: 31 травня 2025 / Опублікована онлайн: 30 червня 2025

Natural forests of Ukrainian Carpathians and adjacent areas: geospatial analysis by geomatics tools

Anatoliy D. Smaliychuk¹, Ivan S. Kruhlov¹, Anna V. Smaliychuk¹, Oleh G. Chaskovskyi²,
Oleksandr I. Kyseliuk³, Oksana V. Tymchuk

¹Ivan Franko National University of Lviv, 41, P. Doroshenka St, Lviv, 79000, Ukraine

²National Forestry University of Ukraine, Gen. Chuprynky St., 103, Lviv, 79057, Ukraine

³Carpathian Nature National Park, V. Stusa Str., 6, Yaremche, 78500, Ukraine

Abstract

Natural forests have persisted in Ukraine mainly in the Ukrainian Carpathians, most of which are known from previous publications. However, since 2019, the protection status of a significant part of them has changed. Therefore, it is necessary to consolidate the available information on identified natural forests in the study region, to identify their current protected status and the recent. A geospatial analysis of natural forests was performed by natural-geographical (ecoregions) and administrative units (hromadas), as well as the main river basins using indicators of area, species composition and protection status. In total, there were 119 primeval forest natural monuments established in 2019-2024. Consequently, about 10.56 thousand hectares of forests received nature conservation status for the first time. Thus, at the beginning of 2025, the share of natural forests under protection reached 59.6%. In general, five out of eleven types of natural forests by dominant tree species fall under almost complete protection – close to or 100%. But, two types of forests, that occupy the largest area, spruce and beech stands, have the lowest level of protection – 61.3 and 55.4% respectively. Natural forests identified in 20 out of the 23 river basins with the study region. In 12 river basins the majority of them (>70%) is represented by beech-dominant forest stands, another five have predominance of spruce (53-78%), while only in the Stryvior river basin natural forests are represented only by spruce-dominant forest stands. The largest share of natural forests among entire forest cover reaches 15-16% which are revealed in Tereblia, Teresva and Upper Tysa river basins. From perspective of administrative division, natural forests were identified within 82 territorial communities out of 211, which are partially or fully situated within the study region. In general, the share of natural forests among all forests within the hromadas' territories varies substantially – from 0.02 to 33.4%. It was found that only half of the areas of natural forests growing within settlements have protected status. This creates an elevated risk of anthropogenic pressure on these ecosystems.

Keywords

Ukrainian Carpathians, natural forest, primeval forest natural monument, geospatial analysis, river basin, ecoregion.

Received: 12 May 2025 / Accepted: 31 May 2025 / Published online: 30 June 2025

Corresponding author:

Anatoliy D. Smaliychuk, Ivan Franko National University of Lviv, 41, P. Doroshenka St,
Lviv, 79000, Ukraine
Email: anatoliy.smaliychuk@lnu.edu.ua

© 2025 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

Природні ліси, що відповідно до національного законодавства (Про внесення змін до деяких законодавчих актів України..., 2017) включають праліси та квазі-праліси (старовікові) та власне природні ліси, є цінними з природоохоронної, наукової, еколого-освітньої та кліматичної позицій. Саме Карпатський регіон є найбільшим осередком природних лісів в Україні, хоча вони зустрічаються також на Поліссі (*Україна бере під охорону...*, 2021), Розточчі (Stryamets et al., 2015) та Поділлі (Lyubinska et al., 2022). На міжнародному рівні природні ліси Українських Карпат визнанні еталонами у частині букових пралісів для усього Європейського континенту та є наріжним елементом транснаціонального серійного об'єкту Всесвітньої природної спадщини ЮНЕСКО "Букові праліси і давні ліси Карпат та інших регіонів Європи" (*Ancient and Primeval Beech Forests...*, 2019). Важливість їхньої ідентифікації та подальшого збереження шляхом заповідання визнано складовою лісової політики на рівні Карпатської конвенції (*The Framework Convention...*, 2003), а також знайшло відображення у національному законодавстві України (Про схвалення Державної стратегії управління лісами України..., 2021; Про внесення змін до деяких законодавчих актів України..., 2017). Розробка відповідної методики (Волосянчук та ін., 2017) для ідентифікації природних лісів в Україні дала змогу виявити ділянки таких лісів на місцевості, а офіційне її затвердження (Про затвердження Методики визначення..., 2018) надати правові основи для отримання ними офіційного статусу. Значною мірою цей етап на шляху до збереження природних карпатських лісів можна вважати завершеним наприкінці 2018 р., коли було підведено підсумки останнього масштабного проекту з ідентифікації таких лісів та опубліковано своєрідний каталог природних лісів Українських Карпат (Смалійчук та Гребенер, 2018). Після цього роботи з ідентифікації фактично припинилися, за виключенням нових ділянок, виявлених на Львівщині (*1800 гектарів найцінніших лісів Львівщини...*, 2022). Натомість почався новий етап на цьому шляху – офіційне визнання лісокористувачами результатів польової ідентифікації пралісів та старовікових лісів з подальшим створенням заповідних об'єктів. Зазвичай такі лісові ділянки отримували статус пралісових пам'яток природи – категорії природно-заповідного фонду (ПЗФ), яка була спеціально введена в українське природоохоронне законодавство у 2017 році (Про внесення змін до деяких законодавчих актів України..., 2017). Станом на кінець 2019 р. лише близько 49 % від загальної площі усіх виявлених на той час природних лісів Українських Карпат зростали в межах об'єктів та територій ПЗФ (Смалійчук, 2019), а природні ліси у складі пралісових пам'яток природи були наявні лише на Львівщині. Проте інформація про виявленні нові ділянки природних лісів в регіоні Українських Карпат та на прилеглих територіях після 2019 р. та набуття цими, а також попередньо виявленими ділянками, офіційного заповідного статусу

залишається фрагментарною і неповною. Отже, існує потреба консолідувати та актуалізувати наявні дані про природні ліси цього регіону станом на початок 2025 р. Це дозволить більш об'єктивно оцінити їхній просторовий розподіл в розрізі природно-географічних і адміністративних одиниць, а також з'ясувати поточний природоохоронний статус. Саме цьому присвячена дана наукова публікація.

2. Матеріали і методи

Для виконання цього дослідження використали кілька джерел геопросторових даних. Інформацію про наявні природні ліси регіону дослідження сформуvalи головню на основі геопросторової бази даних природних лісів Українських Карпат станом на початок 2018 р. (Смалійчук та Гребенер, 2018). Її доповнили інформацією з Державного кадастру територій та об'єктів природно-заповідного фонду України станом на 1 січня 2025 р. (*Державний кадастр територій та об'єктів...*, б. д.). За цим офіційним джерелом даних також актуалізували інформацію про природоохоронний статус ареалів природних лісів щодо їхньої приналежності до пралісових пам'яток природи. Атрибутивна інформація для усіх ділянок природних лісів (лісогосподарських виділів) також включала площу та домінуючу лісотвірну породу. Далі, використовуючи відкриті геодані про адміністративний устрій України (*Україна - Адміністративні кордони...*, б. д.), встановили розподіл природних лісових екосистем у розрізі областей та територіальних громад. Використання відкритих глобальних геоданих про деревний наземний покрив (Hansen et al., 2013) дозволило здійснити розрахунок частки природних лісів у загальній лісовкритій площі та ідентифікувати громади з найвищими та найнижчими показниками. Попередньо цей набір геоданих (Hansen et al., 2013) було профільовано з пороговим значенням у 30% для видалення з нього рідколісь та інших нелісових екосистем. Аналогічні розрахунки здійснено для річкових басейнів Українських Карпат, межі про які отримано з попередніх досліджень (Kruhlov et al., 2013) та доповнено даними з Державного водного кадастру (*Державний водний кадастр за розділом...*, б. д.). Для аналізу розподілу лісових екосистем у розрізі одиниць природно-географічного районування використали поділ території на природні екорегіони (Kruhlov, 2008) з незначними доповненнями.

2. Територія дослідження

Регіон дослідження охоплює Українські Карпати, Закарпатську низовину, Передкарпаття, а також правобережну частину басейну Дністра та Прут-Дністровську височину на лівобережжі Прута (рис. 1). Конфігурація регіону дослідження обумовлена головню наявною інформацією про природні праліси з врахуванням природно-географічних умов території.

На заході та півдні він обмежений державним кордоном України. На сході його межа проходить по локальному вододілу між містом Хотин та селищем Кельменці. Загалом площа території дослідження складає 39 071 км².

Вона поділена на 37 індивідуальних екорегіонів, що відображають різноманіття орографічних та біокліматичних умов ландшафтів Українських Карпат та прилеглих територій (Kruhlov, 2008).

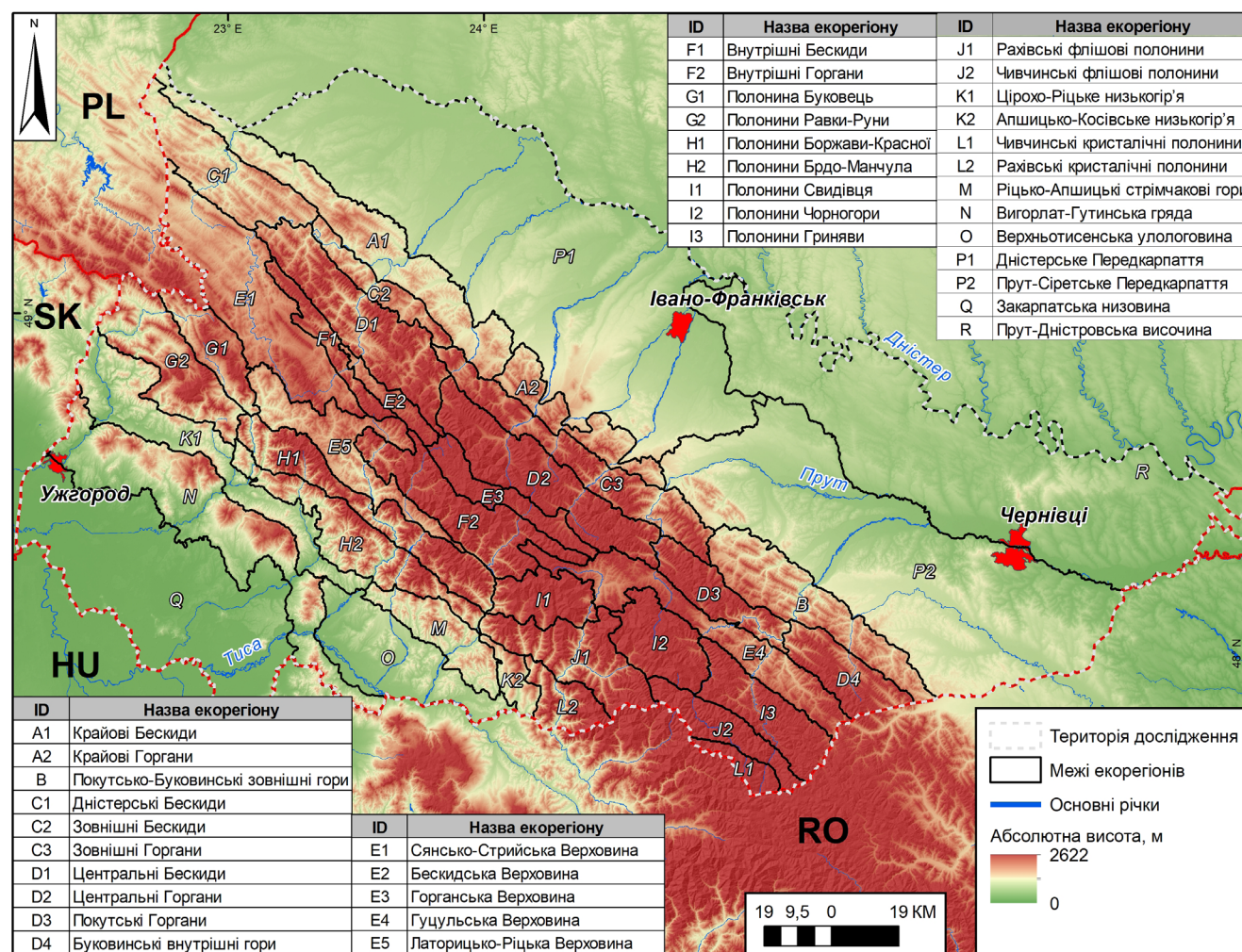


Рис. 1. Регіон дослідження Українських Карпат та природних територій
Fig. 1. Study region of the Ukrainian Carpathians and adjacent areas

4. Результати та їх обговорення

За оновленими даними станом на початок 2025 р. у регіоні дослідження нараховувалося 94.7 тис. га природних лісів. З них 70.1 % зростали на Закарпатті, 23.8 та 5.4 % – в межах Івано-Франківської та Чернівецької областей відповідно, а менше 0.8 % таких лісів є на Львівщині. Розглянемо як відбувалося заповідання цих лісових екосистем через надання їм статусу пралісових пам'яток природи у 2019-2024 рр. Отож, на Івано-Франківщині створено 54 таких пам'ятки природи загальною площею 9976.5 га; на Закарпатті налічувалося 34 таких об'єкти площею 5463.6 га, а у Чернівецькій області їх було 18 площею 727.9 га. Натомість у Львівській області існує 13 пралісових пам'яток природи на загальній площі 732.6 га. Загальна площа лісових виділів, що оголошено пам'ятками природи становить 16.9 тис. га або 17.8 % від загальної площі усіх відомих природних лісів у регіоні дослідження. Проте лише частина з них, а саме 10.56 тис. га або 11.1 %, отримали

природоохоронний статус вперше, тоді як для решти відбулися зміни категорії їхньої заповідності. Близько половини пралісових пам'яток природи за показником загальної площі, що отримали статус об'єктів ПЗФ вперше, розташовані у Закарпатській області, а ще 45 % – на Івано-Франківщині. За підсумками цих змін станом на початок 2025 р. частка природних лісів, які зростали в межах територій та об'єктів ПЗФ досягла 59.6 %. Розглянемо також типологію природних лісів за домінантною лісотвірною породою загалом, тих з них, що розташовані в межах територій та об'єктів ПЗФ, а також тих, що отримали заповідний статус вперше. Отож, загалом серед усіх ідентифікованих природних лісів регіону понад половина припадає на угруповання з переважанням буку лісового (*Fagus sylvatica* L.), близько третини – на ліси з ялини європейської або смереки (*Picea abies*), 5 та 3 % займають ліси складені головню сосною гірською (*Pinus mugo*) та ялицею білою (*Abies alba*) відповідно. У межах природоохоронних територій співвідношення між лісовими ареалами з різними

лісотвірними породами зберігається таким самим, проте рівень заповідання досить різниться серед типів природних лісів (Табл. 1).

Найвища частка, близько або 100 %, характерна для

угруповань з п'яти лісотвірних порід, в той час як два типи лісів, які займають найбільшу абсолютну площу, ялинові та букові, мають найнижчий рівень заповідності – 61.3 та 55.4 % відповідно.

Таблиця 1. Розподіл природних лісів за домінантною лісотвірною породою та природоохоронним статусом
Table 1. Natural forest distribution by dominant tree species and protection status

Домінантна лісотвірна порода	Загалом		В межах територій і об'єктів ПЗФ		В межах пралісових пам'яток природи	
	Площа, га	Частка, %	Площа, га	Частка, %	Площа, га	Частка, %
Бук лісовий	55167	58.3	30573	55.4	5888	19.3
Вільха зелена	41	0.04	33.2	80.6	29.9	90.1
Дуб звичайний	134	0.14	134	100	2.7	2.0
Дуб скельний	437	0.46	324	74.1	-	-
Сосна гірська	4823	5.1	4034	83.6	1419	35.2
Сосна звичайна	54.9	0.06	54.9	100	-	-
Сосна кедрова	143	0.15	139	97.8	35	25.1
Явір	33.7	0.04	33.7	100	-	-
Ялина європейська	31034	32.8	19017	61.3	2761	14.5
Ялиця біла	2811	3.0	2059	73.2	421	20.5
Ясен звичайний	17.5	0.02	17.5	100	-	-

Оголошення пралісових пам'яток природи на територіях без природоохоронного статусу охопило сім з одинадцяти типів природних лісів за головною лісотвірною породою. В абсолютному відношенні це відбулося в основному за рахунок букових і ялинових лісів, а також криволісся з сосни гірської. Водночас найбільш суттєве зростання частки природних лісів під охороною, на 90 %, відбулося для ареалів з переважанням вільхи зеленої (*Alnus viridis*) за рахунок оголошення їх пам'ятками природи вперше.

Далі розглянемо розподіл природних лісів за річковими басейнами в межах регіону дослідження. Загалом для аналізу нами виділено 23 річкових басейни, що значно різняться за розмірами, лісистістю та площею природних лісів у їхніх межах. Загалом природні ліси зростають у 20 з них, за виключенням басейнів Верхнього Дністра, Сяну та Бистриці Тисменецької (рис. 2). Найбільші частки (у %) від загальної площі ідентифікованих природних лісів збереглися у басейнах Верхньої Тиси (16.6), Тересви (16.3), Терєблї (9.3) та Латориці (8.3). Перші три з вищезазначених басейнів також відзначаються найвищою часткою природних лісів від загальної площі відповідних водозборів – від 11.7 до 12.9 %. Щодо видового різноманіття природних лісів, то варто зазначити, що у 12 з 20 басейнів абсолютна більшість (70 % і більше) припадає на ареали з домінуванням буку, а ще у п'яти – з переважанням ялини (53-78 %). У басейні Стривігору природні ліси представлені виключно угрупованнями з переважанням ялиці, а у басейнах Верхнього Сірету та Свічі жоден з типів природних лісів не становить понад 50 %. З природоохоронної точки зору важливо також зрозуміти, у яких басейнах зосереджена значна частка кожного типу природних лісів. Наприклад, у басейні Апшиці,

Шопурки і Косовської зростає близько 90 % від усіх природних лісів із дубу скельного (*Quercus petraea*), а басейнах Латориці, Середньої Тиси та Тересви сконцентровано близько двох третин від усіх відомих нам природних лісів із ясена звичайного (*Fraxinus excelsior* L.), дуба звичайного (*Quercus robur* L.) та явора (*Acer pseudoplatanus*) відповідно. Але найбільш унікальним у цьому відношенні є басейн Бистриці. У ньому зростає 33 % від усіх природних лісів із сосни гірської, 50 % від усіх лісів із переважанням у складі сосни кедрової (*Pinus cembra*), 68 % лісів із сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) та 90 % лісів з вільхи зеленої. Натомість басейни Бистриці і Тересви відзначаються найбільшим різноманіттям природних лісів і налічує сім типів за домінантною лісотвірною породою. Важливо також проаналізувати частку природних лісів у загальному лісовому покриві річкових басейнів, що може слугувати одним з показників антропогенної трансформованості ландшафтів. Найбільшою частка природних серед усіх лісових екосистем є у басейнах Терєблї, Тересви та Верхньої Тиси, де показники сягають 15.4-16.3 %, а ще у семи з них становить понад 5 %. Встановлено також, що у чотирьох річкових басейнах, а саме Середнього Прута, Середнього Сірету, Стрия та Стривігору, усі відомі в їхніх межах природні ліси перебувають в межах об'єктів і територій ПЗФ. Натомість, найнижчий рівень заповідання природних лісів спостерігається у басейнах Ріки, Тересви та Латориці і становить лише від 27 до 42 %.

Далі коротко розглянемо, яким чином у зв'язку з появою нових даних про природні ліси у ході їх заповідання, змінився розподіл таких екосистем по екорегіонах Українських Карпат та прилеглих територій, порівняно з інформацією станом на кінець 2019 р.

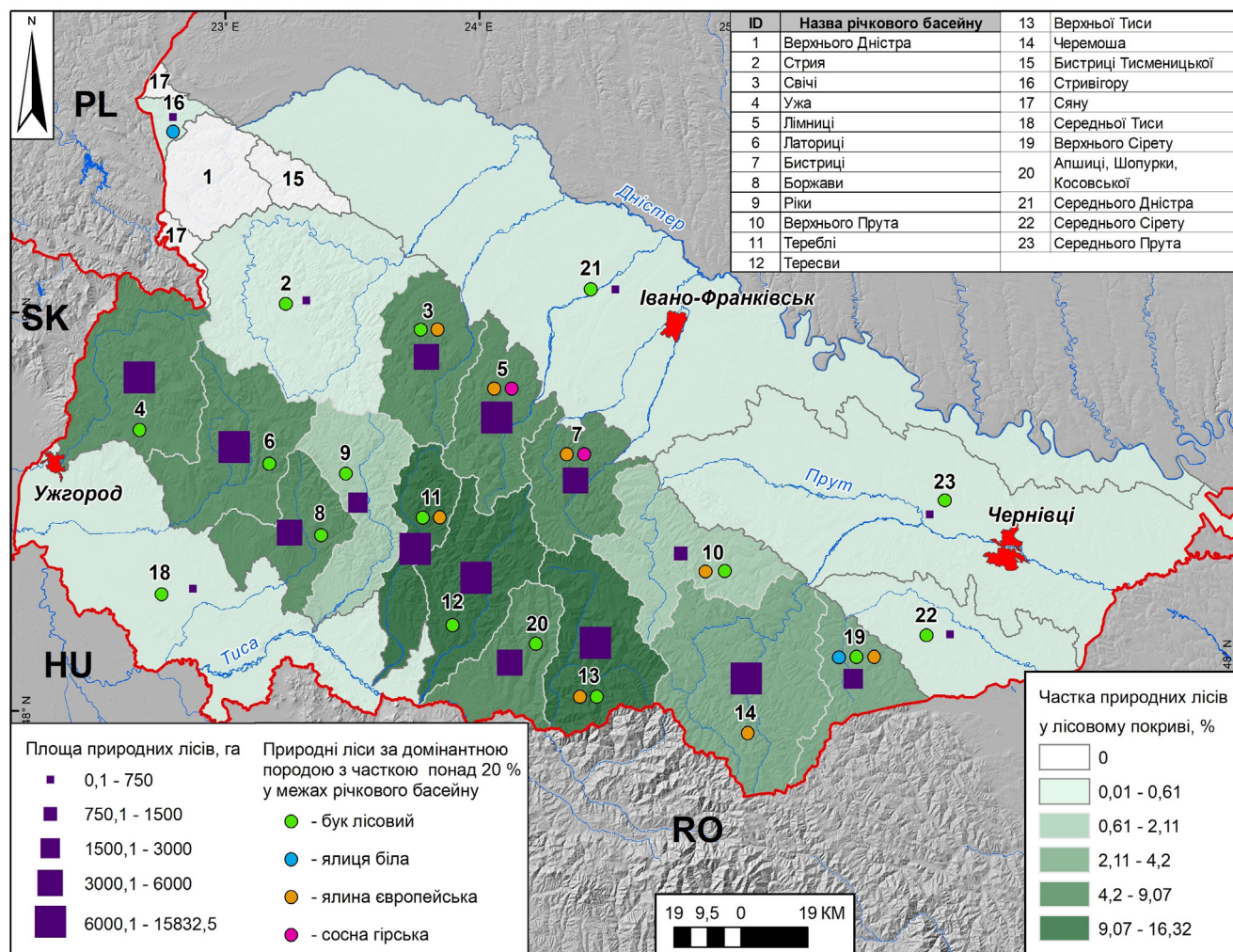


Рис. 2. Розподіл природних лісів за водозбірними басейнами у межах регіону дослідження
Fig. 2. Distribution of natural forests by river basins within the study region

(Смалійчук, 2019). У чотирьох екорегіонах, Буковинські внутрішні гори, Покутсько-Буковинські зовнішні гори, Покутські Горгани і Центральні Бескиди, зростання площі становило від 27 до 103 га або від 2 до 3,9 % від площі усіх природних лісів відповідного екорегіону.

Водночас у межах екорегіону Сянсько-Стрийської Верховини зростання становило 89 % або 424 га. У двох екорегіонах, Дністерські Бескиди та Центральні Бескиди, де про наявність природних лісів до 2019 р. не було відомостей, зараз відомо про трохи більше 40 га природних лісів у кожному. Також варто згадати про природні ліси у чотирьох екорегіонах поза межами Українських Карпат охоплені цим дослідженням: Дністерське Передкарпаття, Прут-Сіретське Передкарпаття, Закарпатська низовина та Прут-Дністровська височина. Ще до 2019 р. у кожному з них було ідентифіковано від 67 до 232 га природних лісів, причому у трьох з них переважають чисті або мішані букові угруповання, а на Закарпатській низовині збереглися виключно природні ліси з дуба звичайного.

Проаналізуємо також розподіл ідентифікованих природних лісів в розрізі адміністративно-територіальних одиниць найнижчого рівня в Україні – територіальних громад (рис. 3). Із 211 громад, які хоча б частково розташовані в межах регіону дослідження,

лише на території 82 зустрічаються ареали природних лісів. Загалом серед аналізованих 82 громад, 90 % або 74 громад містять у своїх межах ареали природних лісів з домінуванням буку лісового, у 32 громадах присутні природні смерекові ліси, а у 28 громадах зустрічаються природні ліси з переважанням ялиці білої.

Відзначимо, що у 45 % громад природні ліси представлені угрупованнями з переважанням лише однієї лісотвірної породи: в абсолютній більшості випадків це бук лісовий, рідше дуб звичайний та в одиничних випадках ялиця біла та смерека. У 28 % громад присутні природні лісові екосистеми з переважанням двох різних лісотвірних порід, а у 15 % чотирьох та більше порід. У природному різноманітті лісів виділяються Усть-Чорнянська (Закарпатська область) та Пасічнянська (Івано-Франківська область) громади, на території яких праліси та старовікові ліси представлені виділами, у яких переважають сім та вісім різних видів дерев відповідно. Важливо також з'ясувати на території яких громад зростають значні частки лісів з переважанням різних лісотвірних порід.

Отже, 89 % або 400 га лісів з дуба скельного сконцентровані у Великобичківській громаді (Рахівський район), 81 % або 35 га лісів з вільхи зеленої зростають у Поляницькій громаді (Надвірнянський район), а

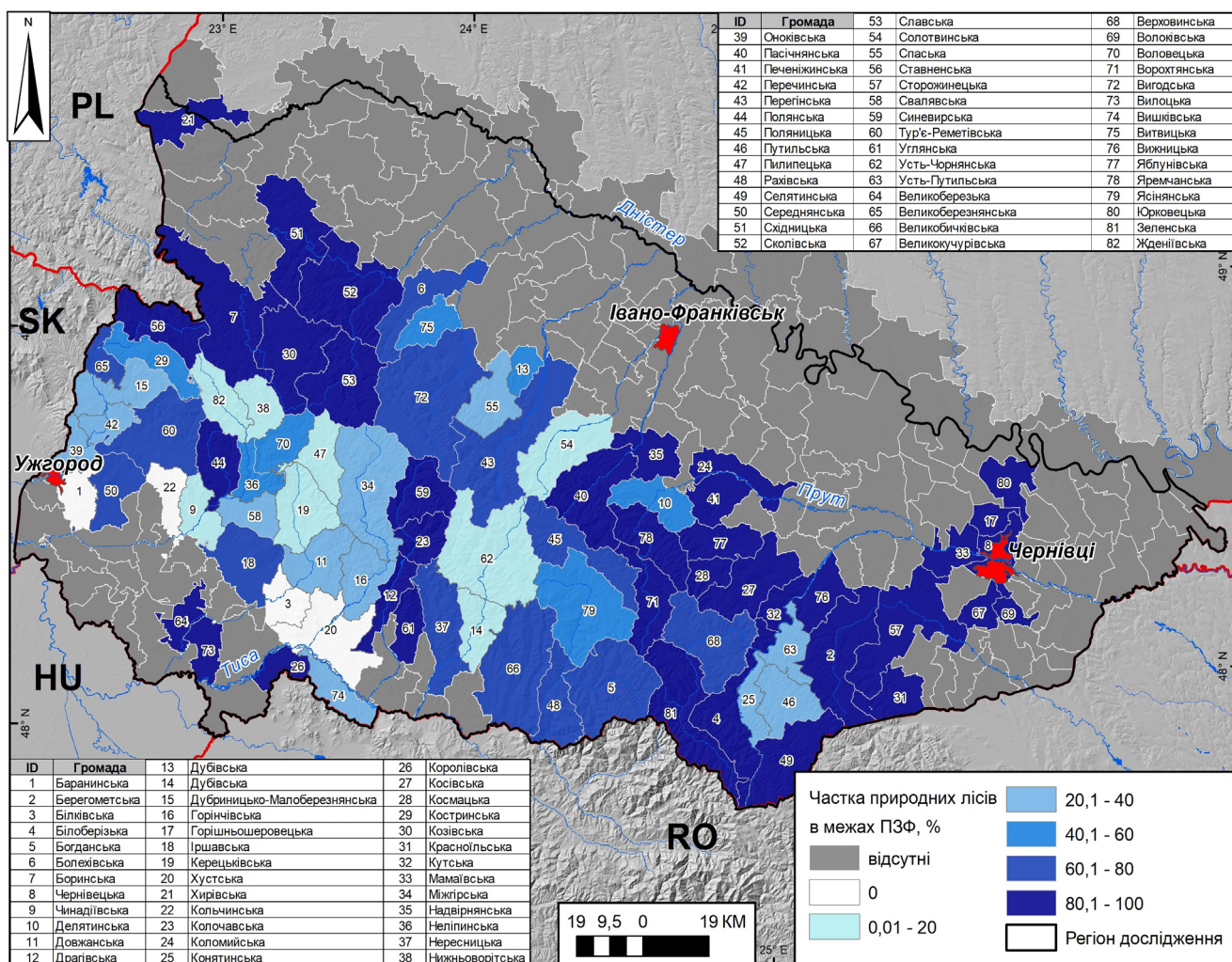


Рис. 3. Розподіл природних лісів у розрізі територіальних громад у межах регіону дослідження
Fig. 3. Distribution of natural forests by territorial communities (hromadas) within the study region

природні ліси із сосни звичайної зустрічаються лише у межах Перегинської та Пасічнянської громад на Івано-Франківщині.

Серед громад, які мають значні площі під природними лісами (понад 3 тис. га), дев'ять розташовані на Закарпатті, а ще три – у Івано-Франківській області. Частка природних лісів серед усіх лісів в межах території громад коливається від 0.02 до 33.4 % з найвищими показниками у Непільській, Воловецькій, Нересницькій та Углянській (усі Закарпатська область), де ця частка становить понад 20 %. Природні праліси повністю (понад 99 %) перебувають в межах об'єктів та територій ПЗФ у 25 громадах, у чотирьох громадах немає природних лісів під охороною, а у трьох частка заповідних лісів становить менше 2 % (усі сім на Закарпатті). Наявність значних площ природних лісів, їхнє видове різноманіття та охорона на законодавчому рівні можуть стати підґрунтям для розвитку зеленого туризму та еколого-освітньої діяльності у громадах. Водночас, 41 виділ природних лісів частково або повністю розташовані в межах населених пунктів і лише половина з них мають природоохоронний статус. Це створює підвищений ризик антропогенного втручання у ці екосистеми, зокрема у процесі лісокористування і конкуренцію за ресурси з боку різних землекористувачів.

5. Обговорення результатів

Варто згадати про кілька обставин, які могли вплинути на результати аналізу геопросторової структури природних лісів досліджуваного регіону. Першочергово зазначимо, що для Львівської області інформація щодо природних лісових екосистем враховує лише ті з них, які зараз охороняються в межах пралісових пам'яток природи, хоча є підстави вважати, що таких ділянок є більше (1800 гектарів найцінніших лісів Львівщини..., 2022). Подібною є ситуація у межах Передкарпаття та Прут-Дністровської височини, де ідентифікація природних лісів виконана лише частково. Хоча ймовірно їхня площа у порівнянні із загальною площею уже відомих природних лісів є незначною. Також обмеженням нашого дослідження і його результатів є те, що нами не було враховано інші зміни природоохоронного статусу ділянок природних лісів, зокрема під час розширення існуючих об'єктів та територій ПЗФ (наприклад, національних природних парків), через відсутність доступу до потрібних картографічних матеріалів. Варто також наголосити, що у даному дослідженні ми не розглядали фактичний стан ділянок природних лісів, частина з яких, першочергово без природоохоронного статусу, могла бути втрачена

внаслідок лісокористування. Зокрема про такі випадки повідомляли низка екологічних організацій у регіоні (*WWF-Ukraine calls...*, 2025), а також було відомо з попередніх наукових публікацій (Смалійчук, 2019). Окремо потрібно згадати про відсутність у відкритому доступі геопросторової інформації про ідентифіковані праліси, в тому числі із заповідним статусом, що перешкоджає ефективному та своєчасному контролю громадськості за використанням цих екосистем. У цьому відношенні наголосимо на слабкій інтеграції інформації про природні ліси у документи в галузі менеджменту довкілля. Зокрема плани управління річковими басейнами, які нещодавно були офіційно затверджені в Україні (*Плани управління річковими басейнами 2025 – 2030 роки*, б. д.), не містять жодної згадки про охорону і збереження природних лісів, передусім у контексті їхнього впливу на якісні та кількісні показники водних ресурсів. Натомість у них згадана загальна потреба у підвищенні лісистості водозборів з обов'язковим урахуванням природних умов.

6. Висновки

Консолідована та актуальна інформація про ідентифіковані ділянки природних лісів у регіоні, що є важливим осередком ландшафтного та біологічного різноманіття, є передумовою для ефективного менеджменту довкілля та досягнення природоохоронних зобов'язань, в тому числі міжнародних. Розуміння просторового розподілу та характеристики природних лісів у розрізі річкових басейнів може бути складовою планів управління ними. Натомість дані про природні ліси у територіальних громадах вважаємо інформаційною основою для формування екологічних складових місцевих стратегій розвитку та відновлення, а також документів просторового планування з врахуванням принципів екологічної зв'язаності елементів зеленої інфраструктури.

ORCID iD

Anatoliy D. Smaliychuk <https://orcid.org/0000-0001-6294-6035>

Ivan S. Kruhlov <https://orcid.org/0000-0002-0814-0935>

Anna V. Smaliychuk <https://orcid.org/0000-0003-3520-9966>

Oleh G. Chaskovskiy <https://orcid.org/0000-0002-2938-0524>

Oleksandr I. Kyseliuk <https://orcid.org/0009-0000-2064-7942>

Oksana Tymchuk <https://orcid.org/0009-0000-4728-9401>

Список посилань

- 1800 гектарів найцінніших лісів Львівщини отримають статус “пралісова пам'ятка природи” найближчим часом. (3 жовтня, 2022). Дунайсько-Карпатська програма. <http://www.natureexperts.org/1800-gektariv-najczinnishyhlisiv-lvivshhyny-otrymayut-status-pralisova-pamyatka-prirodnajblyzhchym-chasom/>
- Волосянчук, Р., Проць, Б., & Кагало, О. (ред.). (2017). *Критерії та методика ідентифікації пралісів і старовікових лісів (квазі-пралісів)*. Львів: Ліга-Пресс. https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/old_growth_forest_identification_methodology.pdf

- Державний водний кадастр за розділом: “Поверхневі води” у частині обліку поверхневих водних об'єктів. (б. д.). Державне агентство водних ресурсів України. <https://data.gov.ua/dataset/cadastre-surface-water>
- Державний кадастр територій та об'єктів природно-заповідного фонду. (б. д.). Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. https://data.gov.ua/dataset/mepr_05
- Круглов, І., Кюммерле, Т., Часковський, О., Кнорн, Я., Радлофф, Ф., & Гостерт, П. (2013). Динаміка лісистості Українських Карпат протягом 1988–2007 років: геоecологічний аналіз засобами геоматики. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 46, 218–233. <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2013.46.1473>
- Плани управління річковими басейнами 2025 – 2030 роки. (б. д.). Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. <https://mepr.gov.ua/diyalnist/plany/plany-upravlinnya-richkovymy-basejnami-2025-2030-roky/>
- Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо охорони пралісів згідно з Рамковою конвенцією про охорону та сталий розвиток Карпат. Постанова Верховної Ради України № 2063-VIII (2017) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2063-19>
- Про затвердження Методики визначення належності територій до пралісових пам'яток природи. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України № 162 (2018) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0708-18#Text>
- Про ратифікацію Протоколу про стале управління лісами до Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат. Постанова Верховної Ради України № 5432-VI (2012) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5432-17#Text>
- Про схвалення Державної стратегії управління лісами України до 2035 року. Розпорядження Кабінету міністрів України № 1777-р (2021) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-2021-%D1%80?lang=en#Text>
- Смалійчук А. (2019). Старовікові ліси та праліси Українських Карпат: геопросторова структура та перспективи збереження. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 53, 301-314. <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2019.53.10680>
- Смалійчук, А. & Гребенер, У. (ред.) (2018). *Природні ліси Українських Карпат*. Львів: Карти і Атласи. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1411/beratungshilfe/d4.4b_documentation-old_growth_forest_0.pdf
- Україна - Адміністративні кордони субнаціонального рівня. (б. д.). Обмін гуманітарними даними. <https://data.humdata.org/dataset/cod-ab-ukr>
- Україна бере під охорону поліські праліси. (20 травня 2021). Тексти.org.ua. <https://texty.org.ua/fragments/103621/ukrayina-nareshti-bere-pid-ohoronu-poliski-pralisy/>
- Ancient and Primeval Beech Forests of the Carpathians and Other Regions of Europe. (2019). UNESCO. <https://whc.unesco.org/en/list/1133>
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O., & Townshend, J. R. G. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6130), 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Kruhlov, I. S. (2008). Delimitation, metrization, and classification of morphogenic ecoregions of the Ukrainian Carpathians. *Ukrainian Geographical Journal*, 3, 59–68.
- Lyubinska, L., Matvieiev, M., Optasyuk, O., Drebet, M., & Ragulina, M. (2022). Biodiversity of the Sataniivska Dacha tract, a UNESCO World Heritage site (Ukraine). *GEO&BIO*, 23, 107–130. <https://doi.org/10.15407/gb2310>

- Stryamets, G.V., Ferenz, N.M., & Stryamets, N.S. (2015). Ancient beech forests of the Nature Reserve "Roztochya". *Scientific bulletin of UNFU*, 25(1), 96-101.
- The Framework Convention on the Protection and Sustainable Development of the Carpathians. (2003). UNEP. <http://www.carpathianconvention.org/convention/framework-convention/>
- WWF-Ukraine calls on the Ministry of Environment and the Prosecutor General's Office of Ukraine to hold those responsible for the logging of virgin forest to construct a forest road. (2025). WWF-Ukraine. <https://wwf.ua/stay-tuned/news/?17957366/wwf-ukraina-zaklykaie-mindovkillia-ta-heneralnu-prokuraturu-ukrainy-prytiahnuti-vynnykh-do-vidpovidalnosti-za-vyrubku-pralisku-pid-lisovu-dorohu>
- ## References
- 1800 hektariv naytsinnishykh lisiv L'vivshchyny otrymayut' status "pralysova pam'yatka pryrody" nayblyzhchym chasom [1,800 hectares of the most valuable forests of the Lviv region will receive the status of "primordial forest natural monument" in the near future] (3 zhovtnya, 2022). Dunays'ko-Karpat-s'ka prohrama. <http://www.natureexperts.org/1800-gektariv-najczinnishykh-lisiv-lvivshchyny-otrymayut-status-pralysova-pamyatka-pryrodynajblyzhchym-chasom/> [in Ukrainian].
- Ancient and Primeval Beech Forests of the Carpathians and Other Regions of Europe. (2019). UNESCO. <https://whc.unesco.org/en/list/1133>
- Derzhavnyy kadastr terytoriy ta ob'ektiv pryrodno-zapovidnoho fondu [State Cadastre of Territories and Objects of the Nature Reserve Fund]. (b. d.). Ministerstvo zakhystu dovkillya ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. https://data.gov.ua/dataset/mepr_05 [in Ukrainian].
- Derzhavnyy vodnyy kadastr za rozdilom: "Poverkhnevi vody" u chastyni obliku poverkhnevnykh vodnykh ob'ektiv [State Water Cadastre under the section: "Surface waters" in the part of accounting for surface water bodies] (b. d.). Derzhavne ahentstvo vodnykh resursiv Ukrainy. <https://data.gov.ua/dataset/cadastre-surface-water> [in Ukrainian].
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O., & Townshend, J. R. G. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6130), 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Kruhlov, I., Kummerle, T., Chaskovskyy, O., Knorn, YA., Radeloff, F., & Hostert, P. (2013). Dynamika lisyosti Ukrainy's'kykh Karpat protyahom 1988–2007 rokiv: heoekologichnyy analiz zasobamy heomatyky [Forest dynamics of the Ukrainian Carpathians during 1988–2007: geoeological analysis using geomatics]. *Visnyk L'vivskoho universytetu. Seriya heohrafichna*, 46, 218–233. [in Ukrainian].
- Kruhlov, I. S. (2008). Delimitation, metrization, and classification of morphogenic ecoregions of the Ukrainian Carpathians. *Ukrainian Geographical Journal*, 3, 59–68. <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2013.46.1473> [in Ukrainian].
- Lyubinska, L., Matvieiev, M., Optasyuk, O., Drebet, M., & Ragulina, M. (2022). Biodiversity of the Satanivska Dacha tract, a UNESCO World Heritage site (Ukraine). *GEO&BIO*, 23, 107–130. <https://doi.org/10.15407/gb2310>
- Plany upravlinnya richkovyymi baseynamy 2025 – 2030 roky [River Basin Management Plans for 2025-2030] (b. d.). Ministerstvo zakhystu dovkillya ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. <https://mepr.gov.ua/diyalnist/plany/plany-upravlinnya-richkovyymi-baseynamy-2025-2030-roky/> [in Ukrainian].
- Pro ratyfikatsiyu Protokolu pro stale upravlinnya lisamy do Ramkovoyi konventsiyi pro okhoronu ta stalyy rozvytok Karpat [On the ratification of the Protocol on Sustainable Forest Management to the Framework Convention on the Protection and Sustainable Development of the Carpathians]. Postanova Verkhovnoyi Rady Ukrainy vid 16 zhovtnya 2012 roku № 5432-VI <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5432-17#Text> [in Ukrainian].
- Pro skhvalennya Derzhavnoyi stratehiyi upravlinnya lisamy Ukrainy do 2035 roku [On approval of the State Forest Management Strategy of Ukraine until 2035]. Rozporyadzhennya Kabinetu ministriv Ukrainy № 1777-r (2021) (Ukrayina). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-2021-%D1%80?lang=en#Text> [in Ukrainian].
- Pro vnesennya zmin do deyakykh zakonodavchykh aktiv Ukrainy shchodo okhorony pralysiv z-hidno z Ramkovoyu konventsiyeyu pro okhoronu ta stalyy rozvytok Karpat [On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine on the Protection of Primeval Forests in Accordance with the Framework Convention on the Protection and Sustainable Development of the Carpathians]. Postanova Verkhovnoyi Rady Ukrainy vid 23 travnya 2017 roku № 2063-VIII. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2063-19> [in Ukrainian].
- Pro zatverdzhennya Metodyky vyznachennya nalezhnosti terytoriy do pralysovykh pam'yatok pryrody [On approval of the Methodology for determining the belonging of territories to primeval forest natural monuments]. Nakaz Ministerstva ekolohiyi ta pryrodnykh resursiv Ukrainy № 162 (2018) (Ukrayina). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0708-18#Text> [in Ukrainian].
- Smaliychuk, A. (2019). Starovikovi lisy ta pralisy Ukrainy's'kykh Karpat: heoprostorova struktura ta perspektyvy zberezheniya [Old-growth and virgin forests of Ukrainian Carpathians: geospatial pattern and prospects of conservation]. *Visnyk L'vivskoho universytetu. Seriya heohrafichna*, 53, 301-314. <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2019.53.10680> [in Ukrainian].
- Smaliychuk, A., & Grebener, U. (Eds.). (2018). *Pryrodni lisy Ukrainy's'kykh Karpat* [Natural forests of Ukrainian Carpathians]. L'viv: Karty i Atlasy. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1411/beratungshilfe/d4.4b_documentation-old_growth_forest_0.pdf [in Ukrainian].
- Stryamets, G.V., Ferenz, N.M., & Stryamets, N.S. (2015). Ancient beech forests of the Nature Reserve "Roztochya". *Scientific bulletin of UNFU*, 25(1), 96-101. [in Ukrainian].
- The Framework Convention on the Protection and Sustainable Development of the Carpathians. (2003). UNEP. <http://www.carpathianconvention.org/convention/framework-convention/>
- Ukrayina - Administratyvni kordony subnatsional'noho rivnya [Ukraine - Subnational Administrative Boundaries] (b.d.). Obmin humanitarnykh danymy. <https://data.humdata.org/dataset/cod-ab-ukr> [in Ukrainian].
- Ukrayina bere pid okhoronu polis'ki pralisy [Ukraine takes Polissya primeval forests under protection] (20 travnya 2021). Teksty.org.ua. <https://texty.org.ua/fragments/103621/ukrayina-nareshiti-bere-pid-okhoronu-poliski-pralisy/> [in Ukrainian].
- Volosyanchuk, R., Prots', B., & Kahalo, O. (red.). (2017). *Kryteriyi ta metodyka identyfikatsiyi pralysiv i starovikovykh lisiv (kvazi-pralysiv)* [Criteria and methodology for virgin and old growth (quasi-virgin) forests identification]. L'viv: Liha-Presc. https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/old_growth_forest_identification_methodology.pdf
- WWF-Ukraine calls on the Ministry of Environment and the Prosecutor General's Office of Ukraine to hold those responsible for the logging of virgin forest to construct a forest road (2025). WWF-Ukraine Retrieved. <https://wwf.ua/stay-tuned/news/?17957366/wwf-ukraina-zaklykaie-mindovkillia-ta-heneralnu-prokuraturu-ukrainy-prytiahnuti-vynnykh-do-vidpovidalnosti-za-vyrubku-pralisku-pid-lisovu-dorohu>

Особливості впливу пожеж на фітогенні форми рельєфу в межах басейну річки Остер

Юрій М. Філоненко 

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, вул. Графська, 2, Ніжин, 16600, Україна

Анотація

Вивчення впливу полум'я на стан та особливості еволюції фітогенних форм рельєфу в межах території басейну річки Остер є важливим і актуальним. Такі форми рельєфу, у більшості своїй, представлені в місцях (заплавні річок; болотні комплекси; ліси та узлісся; захисні лісові смуги вздовж залізниць, автомобільних доріг, річок, на полях та по периметру водойм; території парків тощо) де ймовірність пожеж в останні роки є досить високою. Під впливом вогню зовнішній вигляд фітогенних форм рельєфу, їх розміри, характер поверхні і речовинний склад зазнають суттєвих змін, а найдрібніші з них зникають взагалі. Дослідження впливу пожеж на фітогенний рельєф дає можливість оцінити роль та масштаби впливу пірогенного чинника у фітогенному рельєфотворенні.

Враховуючи інформацію, наявну в публікаціях відомих дослідників, та спираючись на результати власних польових досліджень, було проаналізовано особливості впливу пожеж на фітогенні форми рельєфу в межах басейну річки Остер. Зокрема, було досліджено болотні комплекси та заболочені території, які є найбільшими формами фітогенного рельєфу, поверхня яких зазнає значних змін внаслідок пірогенного впливу. Встановлено, що під дією полум'я суттєво зменшуються розміри та змінюється зовнішній вигляд купин, а також відбувається ущільнення мертвої фітомаси, яка їх складає.

Було визначено, що внаслідок пожеж відбувається значна деформація пристовбурових піднять, вітровальних горбів, ям і мікропasm, а також звивистих мікропasm утворених кореневими системами дерев. Варто також зазначити, що дернові і мохові горбочки та мікропasma і очеретяні береги водойм та водотоків найчастіше знищуються під впливом полум'я повністю, а внаслідок підземних пожеж на багатьох ділянках боліт має місце просідання поверхні, яке призводить до утворення улоговин різного розміру та обрисів.

Ключові слова

фітогенний рельєф, пожежа, болото, вітровальний горб, купина, вигорання, вітровальне пасмо, фітомаса, улоговина, пристовбуровий горб

Надійшла до редакції: 13 травня 2025 / Прийнята: 9 червня 2025 / Опублікована онлайн: 30 червня 2025

Features of the impact of fires on phytogenic landforms within the Oster River basin

Yurii M. Filonenko

Mykola Gogol Nizhyn State University, St. Grahfska, 2, Nizhyn, Chernihiv region, 16600, Ukraine

Abstract

The study of the impact of flame on the state and features of the evolution of phytogenic landforms within the territory of the Oster River basin is important and relevant. Such landforms are mostly represented in places (river floodplains, swamp complexes, forests and forest edges, protective forest belts along railways, highways, rivers, fields and the perimeter of water bodies, park territories, etc.) where the probability of fires in recent years has been quite high. Fires in the studied area occur most often in spring and autumn. Their main cause is the human factor, namely deliberate arson, failure to comply with fire safety rules when making bonfires in the countryside, burning plant remnants on agricultural lands and in private households, spontaneous combustion of garbage at illegal dumps, discarded cigarette butts, children's mischief with fire, enemy shelling, etc.

Under the influence of fire, the appearance of phytogenic landforms, their size, surface character, and material composition undergo significant changes, and the smallest of them disappear altogether. The study of the influence of fire on phytogenic landforms makes it possible to assess the role and scale of the influence of the pyrogenic factor in phytogenic landform formation.

Taking into account the information available in the publications of well-known researchers and based on the results of our own field research, the specifics of the impact of fires on phytogenic landforms within the Oster River basin were analyzed.

In particular, swamp complexes and wetlands were studied, which are the largest forms of phytogenic relief, the surface of which undergoes significant changes due to pyrogenic impact. It was established that under the influence of flame, the mounds significantly reduce in size and their appearance changes as well as the dead phytomass that makes them up is compacted.

It was determined that fires cause significant deformation of trunk ridges, wind humps, pits, and micro-strips as well as winding micro-strips formed by tree root systems.

It is also worth noting that turf and moss mounds, micro-strips, and reedy banks of water bodies and watercourses are most often completely destroyed under the influence of fire. Meanwhile, as a result of underground fires, in many areas of the swamps surface subsidence occurs, which leads to the formation of depressions of various sizes and shapes.

Keywords

phytogenic relief, fire, swamp, wind hump, mound, combustion, wind strip, phytomass, hollow, root crown.

Received: 13 May 2025 / Accepted: 9 June 2025 / Published online: 30 June 2025

Corresponding author:

Yurii M. Filonenko, Mykola Gogol Nizhyn State University, St. Grahfska, 2, Nizhyn, Chernihiv region, 16600, Ukraine
Email: y.filonenko@ndu.edu.ua

© 2025 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

Вивчення впливу полум'я на стан та особливості еволюції фітогенних форм рельєфу в межах території басейну річки річки Остер є важливим і актуальним. Такі форми рельєфу, у більшості своїй, представлені в місцях (заплави річок; болотні комплекси; ліси та узлісся; захисні лісові смуги вздовж залізниць, автомобільних доріг, річок, на полях та по периметру водойм; території парків тощо) де ймовірність пожеж в останні роки є досить високою. Виникають пожежі на дослідженій території найчастіше навесні та восени. Основною їх причиною є людський фактор – навмисні підпали, недотримання правил пожежної безпеки під час розкладання багаття “на природі”, випалювання рослинних решток на сільськогосподарських угіддях та у приватних домоволодіннях, самозаймання сміття на стихійних сміттєзвалищах, кинуті недопалки, дитячі пустощі з вогнем, ворожі обстріли та ін. Під впливом вогню зовнішній вигляд фітогенних форм рельєфу, їх розміри, характер поверхні і речовинний склад зазнають суттєвих змін, а найдрібніші з них зникають взагалі. Дослідження впливу пожеж на фітогенний рельєф дає можливість оцінити роль та масштаби впливу пірогенного чинника у фітогенному рельєфотворенні.

2. Матеріали і методи

Метою даного дослідження є вивчення впливу пожеж на формування і поширення, а також морфологічні і морфометричні особливості форм рельєфу фітогенного походження у межах території басейну річки Остер. Мета пов'язана із виконанням таких завдань: вивчення особливостей географічного положення та природних умов території басейну річки Остер; дослідження представлених у її межах фітогенних форм рельєфу; вивчення впливу полум'я на морфологічні і морфометричні особливості фітогенних форм рельєфу, їх збереження та поширення. Про фітогенний рельєф та про важливу роль пірогенних процесів у рельєфоутворенні можна отримати інформацію з публікацій Балабух В.О. та Зібцева С.В. (2016); Балабух В.О. (2020); Граб М.В. (2004); Гуменюка В.В. (2023); Зібцева С.В. (2014); Зібцева С.В. та ін. (2019, 2020); Кузика А. Д. (2021); Матусяк М.В. (2020); Остапчук В.В., Мирон І.В. та Афоніної О.О. (2024); Свириденко В.Є., Бабіч О.Г. та Швиденко А.Й. (1999); Сидоренка С.Г., та Сидоренка С.В. (2020); Стецюка В.В. та ін. (2010); Філоненка Ю.М. (2015, 2021) та інших дослідників. Опрацювання зазначених публікацій, а також матеріали власних польових досліджень дали змогу досить детально проаналізувати особливості впливу пожеж на фітогенні форми рельєфу, які представлені у межах території басейну річки Остер.

У процесі проведення дослідження активно застосовувались літературний (опрацювання наукових та науково-популярних видань, джерел з мережі Інтернет тощо), картографічний (вивчення наявного картографічного матеріалу по території та з тематики

дослідження) і статистичний (аналіз статистичних даних різних установ та організацій) методи. Під час польових досліджень, які проводились нами протягом 2023-2025 років, використовувались метод польових маршрутних спостережень, опитування, фотографування, морфологічний та морфометричний методи. Для обробки та узагальнення отриманих даних застосовувались математичні методи та комп'ютерні технології, а також картографічний метод.

3. Результати і обговорення

Природні умови території басейну річки Остер є сприятливими для формування в її межах акумулятивних (купини, дернові горбочки, пристовбурові підняття, кореневі звивисті мікропаса, вітровальні горби і мікропаса, очеретяні береги тощо) і денудаційних (вітровальні ями, міжстовбурові зниження, “ходи” коренів і ризоїдів та ін.) фітогенних форм рельєфу.

Через наявність на дослідженій території значних лісових масивів, захисних лісосмуг, великих площ боліт і заболочених територій такі форми рельєфу мають тут значне поширення і часто зазнають трансформації внаслідок впливу, спровокованих людською діяльністю, пожеж.

Як показують дані польових досліджень проведених нами у 2022-2025 роках, під вплив полум'я найчастіше потрапляють фітогенні форми рельєфу, які розміщуються переважно на ділянках дослідженої території, що розташовані обабіч залізниць, шосейних та ґрунтових доріг (рис. 1), на заплавах, луках, узліссях, болотах і заболочених ділянках (рис. 2), на схилах меліоративних каналів і прилеглих до них територіях (рис. 3, 4), а також на схилах русла р. Остер.

Необхідно відзначити, що протягом вказаного вище періоду дослідження у межах території басейну річки Остер переважали невеликі (до 5 гектарів) низові пожежі. За швидкістю руху вони були слабкі (до 1 м на хв і висотою полум'я до 0,5 м), середньої сили (від 1 до 3 м на хвилину і висотою полум'я від 0,5 до 1,5 м) і сильні (швидше 3 м на хв і висотою полум'я більше ніж 1,5 м) (*Типи лісових...* (б.д.), *Види та класифікація...* (б.д.)). Часто також траплялась ситуація, коли завдяки різким поривам вітру та за наявності достатнього об'єму і щільності придатного для горіння матеріалу (суха трава, хмиз, опале листя тощо) слабкі низові пожежі швидко трансформувалися у середньосильні та сильні.

Підземні ж пожежі у межах дослідженої території траплялися досить рідко, а верхові зафіксовані нами не були.

Внаслідок низових пожеж мали місце суттєві зміни на поверхні болотних комплексів і заболочених територій, а також на луках, узліссях та прилеглих до водойм ділянках. Внаслідок вигорання мертвої фітомаси на поверхні утворювалися прогарини різного розміру. Окремі з них мали діаметр від кількох до кількох десятків метрів (рис. 5). Крім того, на болотах нами фіксувалися ділянки просідання поверхні, а також лінійно витягнуті (подекуди звивисті) улоговини глибиною до 0.2 м, шириною до 0.5 м і довжиною від кількох сотень м до 1

і більше км, які сформувалися в результаті використання важкої техніки під час гасіння пожеж.

Необхідно також відзначити, що в процесі гасіння

пожеж струмені води часто ставали причиною виникнення ерозійних борозен і призводили до потрапляння золи у товщу торфу або ґрунтовий шар.



Рис. 1. Знищені полум'ям купини і дернові горбики та пасма на придорожній ділянці (південна околиця с. Мильники, Вертіївська СТ, Ніжинський район) (фото Ю. Філоненка)

Fig. 1. Flame-destroyed tussocks and turf mounds and ridges on a roadside plot (southern outskirts of Mylniki village, Vertiivska rural municipality, Nizhyn district) (photo by Yu. Filonenko)



Рис. 2. Обпалені купини та земляні мурашники після пожежі на болоті (південніше с. Вертіївка, Вертіївська СТ, Ніжинський р-н) (фото Ю. Філоненка).

Fig. 2. Burnt mounds and earthen anthills after a fire in a swamp (south of the village of Vertiivka, Vertiivska SG, Nizhyn district) (photo by Yu. Filonenko).



Рис. 3. Вигоріла ділянка водовідвідного каналу з наявністю жрібних фітогенних форм рельєфу (західна околиця с. Прохори, Комарівська СГ, Ніжинський р-н) (фото Ю. Філоненка).

Fig. 3. Burned out section of the drainage canal with the presence of shallow phytogenic landforms (western outskirts of the village of Prokhory, Komarivska SG, Nizhyn district) (photo by Yu. Filonenko).



Рис. 4. Обпалені купини і земляні мурашники на вигорілій ділянці поблизу каналу (західна околиця м. Ніжин) (фото Ю. Філоненка).

Fig. 4. Burnt mounds and earthen anthills on a burnt area near the canal (western outskirts of Nizhyn) (photo by Yu. Filonenko).

Необхідно відзначити, що протягом вклого вище періоду дослідження у межах території басейн річки річки Остер переважали невеликі (до 5 гектарів) низові пожежі. За швидкістю руху вони були слабкі (до 1 м на хв і висотою полум'я до 0,5 м), середньої сили (від 1 до 3 м на хвилину і висотою полум'я від 0,5 до 1,5 м) і сильні (швидше 3 м на хв і висотою полум'я більше ніж 1,5 м) (*Типи лісових...* (б.д.)), *Види та класифікація...* (б.д.). Часто також траплялась ситуація, коли завдяки різким поривам вітру та за наявності достатнього об'єму і щільності придатного для горіння матеріалу (суха трава, хмиз, опале листя тощо) слабкі низові пожежі швидко трансформувалися у середньосильні та сильні.

Підземні ж пожежі у межах дослідженої території траплялися досить рідко, а верхові зафіксовані нами не були. Внаслідок низових пожеж мали місце суттєві

зміни на поверхні болотних комплексів і заболочених територій, а також на луках, узліссях та прилеглих до водойм ділянках. Внаслідок вигорання мертвої фітомаси на поверхні утворювалися прогарини різного розміру. Окремі з них мали діаметр від кількох до кількох десятків м (рис. 5).

Крім того, на болотах нами фіксувалися ділянки просідання поверхні, а також лінійно витягнуті (в окремих місцях звивисті) улоговини глибиною до 0.2 м, шириною до 0.5 м і довжиною від кількох сотень м до 1 і більше км, які сформувалися в результаті використання важкої техніки під час гасіння пожеж. Необхідно також відзначити, що в процесі гасіння пожеж струмені води часто ставали причиною виникнення ерозійних борозен і призводили до потрапляння золи у товщу торфу або ґрунтовий шар.



Рис. 5. Прогарини на болоті (заплава р. Остер, 2 км на захід від м. Ніжина) (фото Ю. Філоненка).

Fig. 5. Swamps in the swamp (floodplain of the Oster River, 2 km west of the town of Nizhyn) (photo by Yu. Filonenko).

На узліссях та у придорожних лісосмугах нами часто фіксувалися знищені полум'ям дерева і деформовані вогнем пристовбурові підняття. Окремі з них мали діаметр основи понад 5 м і висоту 0.6-0.8 м (рис. 6).

Серйозних змін під дією вогню зазнають також вітровальні горби і ями. Зокрема, горби зменшуються в об'ємі, внаслідок вигорання органіки. Крім того на їхніх схилах, внаслідок пересихання ґрунту, відбувається активізація осипного процесу, завдяки чому на дні вітровальних ям пришвидчується накопичення пухкого матеріалу і зменшуються показники їх глибини. На поверхні окремих вітровальних горбів та ям, в результаті дії високої температури, було зафіксовано формування тонкої твердої кірки.

Щодо вітровальних мікропasm та звивистих мікропasm утворених кореневими системами дерев, то вплив полум'я призводить до суттєвого зменшення їх висоти та об'єму (інколи більш ніж у двічі), а в окремих випадках і до повного зникнення.

Залишені на узліссях після лісозаготівлі, сформовані купами гілок та хмизу, пагорби внаслідок пірогенного впливу у кілька разів зменшують свій об'єм перетворюючись на нано-горбочки, складені золою та обгорілими гілками.

Під час польових досліджень нами було встановлено, що внаслідок впливу полум'я має місце значна трансформація, а часто й зникнення купин і більш дрібних форм фітогенного рельєфу. Так, розміри купин



Рис. 6. Зруйнована вогнем пристовбурве підняття (2 км на північ від с. Ніжинське, Талалаївська СТ, Ніжинський р-н) (фото Ю. Філоненка Ю.).
Fig. 6. A fire-damaged near-stem elevation (2 km north of the village of Nizhynske, Talalaivska SG, Nizhyn district) (photo by Yu. Filonenko Yu.).

суттєво зменшуються. Зокрема їх висота стає меншою на 3-7 см у порівнянні з допожежним станом. Вони набувають переважно округлої форми. Внаслідок потрапляння піроматеріалу до мікропорожнин, відбувається ущільнення відмерлої фітомаси, яка складає купини. На окремих купинах припиняється ріст трави на 1-2 роки. Відновлення допожежного розміру таких форм фітогенного рельєфу може тривати кілька років.

Широко представлені на дослідженій території дернові горбочки та мікропаса під дією полум'я значно зменшують свої розміри, або (на прогаринах та у місцях з потужним шаром сухої трави) майже повністю зникають.

Очеретяні береги водотоків і водойм вигорають практично повністю. Після пожеж на їх місці спостерігаються досить широкі полого хвилясті, переважно нахилені у бік водойм поверхні, вкриті шаром золи 2-3 рідше 5 см. Рослинність на таких ділянках відновлюється за один сезон.

Вплив вогню на мохові горбочки і мікропаса, як правило, призводить до того, що вигорає «мохова шапка» таких форм біогенного рельєфу і залишається лише їх літологічна основа, покрита тонким шаром золи. Варто відзначити, що цей шар може змінювати механічний склад літологічної основи (внаслідок потрапляння зольних елементів) та значною мірою впливає на її водно-повітряний і гідротермічний режим.

Як зазначалося вище, підземні пожежі у межах

території басейну річки Остер трапляються рідко. Під час польових робіт нами було досліджено кілька ділянок, переважно в заплаві Остра, де такі пожежі мали місце. Внаслідок вигорання торфу поверхня боліт зазнала суттєвих змін. На ній сформувалися десятки місць просідання (улоговин) діаметром від 1 до 10-15 м і глибиною до 1 м (рис. 7).

Необхідно також відзначити, що руйнування фітогенних форм рельєфу відбувається і при проведенні робіт із запобігання поширенню вогню (створення мінералізованих смуг шляхом оборювання, дискування, фрезування чи обкопування пожежонебезпечних місць; контрольоване випалювання сухої трави тощо). Мінералізовані смуги, як правило, мають ширину удвічі більшу за можливу висоту полум'я низової пожежі (Гуменюк, 2023; Зібцев та ін., 2019). Досліджені нами мінералізовані смуги найчастіше мали ширину до 2-х м.

7. Висновки

1. Найбільшими формами фітогенного рельєфу дослідженої території, поверхня яких зазнає значних змін внаслідок пірогенного впливу є болотні комплекси та заболочені території.

2. Під дією полум'я суттєво зменшуються розміри та змінюється зовнішній вигляд купин, а також відбувається ущільнення мертвої фітомаси, яка їх складає.



Рис. 7. Улоговина над товщею вигорілого торфу (долина Остра 1 км західніше м. Ніжина) (фото Ю. Філоненка).

Fig. 7. A depression above a layer of burnt peat (Ostra Valley 1 km west of Nizhyn) (photo by Yu. Filonenko).

3. Наслідком пожеж є значна деформація пристовбурових піднять, вітровальних горбів, ям і мікропasm, а також звивистих мікропasm утворених кореневими системами дерев.

4. Дернові і мохові горбочки та мікропasma і очеретяні береги водойм та водотоків найчастіше знищуються під впливом полум'я повністю.

5. Підземні пожежі стають причиною виникнення улоговин різного розміру та форми на поверхні болотних комплексів території дослідження.

ORCID iD

Yurii M. Filonenko <https://orcid.org/0000-0002-2371-0924>

Список посилань

Балабух, В. О. (2020). Розроблення системи моніторингу та прогнозування метеорологічних умов, що визначають природну пожежну безпеку в Україні (Звіт про НДР).

Балабух, В. О., & Зібцев, С. В. (2016). Вплив зміни клімату на кількість та площу лісових пожеж України. *Український гідрометеорологічний журнал*, 18, 54–77.

Види та класифікація лісових пожеж (б.д.). Сталій розвиток для України. <https://surl.li/ikmrxx>

Граб, М. В. (2004). *Моделі, методи та алгоритми розповсюдження лісових пожеж* [Автореф. дис. канд. техн. наук. Харківський національний ун-т радіоелектроніки].

Гуменюк, В. В. (2023). *Ландшафтні пожежі, оцінювання*

та види пожежної небезпеки, порядок розробки плану захисту населеного пункту. Всеукраїнська Асоціація ОТГ. <https://is.gd/vG8Ezu>

Зібцев, С. В. (4 липня 2014). Проблема лісових пожеж у світі виходить на новий, більш небезпечний рівень. *Урядовий кур'єр*. <https://is.gd/W7YtSj/>

Зібцев, С. В., Сошенський, О. М., Гуменюк, В. В., & Корень, В. А. (2019). Багаторічна динаміка лісових пожеж в Україні. *Український журнал лісівництва та деревинознавства*, 10(3), 27-40. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.03.027>

Зібцев, С. В., Яворський, П. П., Сендонін, С. Є., Токарева, О. В., & Левченко, В. В. (2020). *Лісова пірологія: підручник*. Наукова столиця.

Кузик, А. Д. (2021). Оцінювання пожежної небезпеки лісів за умовами погоди. *Національний вісник НЛТУ*, 21(1), 74-81.

Матусяк, М. В. (2020). *Лісова пірологія*. Методичні вказівки до виконання практичних робіт. РВВ ВНАУ. <http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/24412.pdf>

Остапчук, В. В., Мирон, І. В., & Афоніна, О. О. (2024). Лісові пожежі в Україні та на Чернігівщині за сучасних умов. *Фізична географія та геоморфологія*, 47(5-6), 29-35. <https://doi.org/10.17721/phgg.2024.5-6.03>

Свириденко, В. Є., Бабіч, О. Г., & Швиденко, А. Й. (1999). *Лісова пірологія: підручник*. Агропромвидав України.

Сидоренко, С. Г., & Сидоренко, С. В. (2020). Аналіз горимості лісів України як передумови лісопожежного районування. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 137, 91–101. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.137.2020.91>

Стецюк, В. В. (ред.) (2010). *Рельєф України: навчальний посібник*. Слово.

Типи лісових пожеж: як вони різняться і які запобіжні заходи потрібно вживати (б.д.). Пожежна безпека України.

<https://surli.cc/rhtvzk>

Філоненко, Ю. М. (2015). Вплив пожеж на стан та еволюцію окремих форм біогенного рельєфу на території Чернігівської області. *Фізична географія та геоморфологія*, 3(79), 124-128.

Філоненко, Ю. М. (2021). Особливості фітогенного рельєфоутворення в заплаві річки Остер. *Фізична географія та геоморфологія*, 44(1-3), 48-53. <https://doi.org/10.17721/phgg.2021.1-3.06>

References

- Balabukh, V. O. (2020). *Rozroblennya systemy monitorynhu ta prohnouyannya meteorolohichnykh umov, shcho vyznachayut' pryrodnu pozhezhnu nebezpeku v Ukraini* [Development of a system for monitoring and forecasting meteorological conditions that determine natural fire hazard in Ukraine]. (Zvit pro NDR).
- Balabukh, V. O., & Zibtsev, S. V. (2016). Vplyv zminy klimatu na kil'kist' ta ploshchu lisovykh pozhezh Ukrainy [The impact of climate change on the number and area of forest fires in Ukraine]. *Ukrayins'kyi hidrometeorolohichnyi zhurnal*, 18, 54-77. [in Ukrainian].
- Vydy ta klasyfikatsiya lisovykh pozhezh [Types and classification of forest fires] (b.d.). Stalyi rozvytok dlya Ukrainy. <https://surli.li/ikmrkx> [in Ukrainian].
- Hrab, M. V. (2004). *Modeli, metody ta alhorytmy rozpovsyudzhennya lisovykh pozhezh* [Models, methods and algorithms of forest fire spread] [Avtoref. dys. kand. tekhn. nauk. Kharkivs'kyi natsional'nyy un-t radioelektroniky]. [in Ukrainian].
- Humenyuk, V. V. (2023). *Landshaftni pozhezhi, otsynuyannya ta vydy pozhezhnoyi nebezpeky, poryadok rozrobky planu zakhystu naselenoho punktu* [Landscape fires, assessment and types of fire hazards, the procedure for developing a settlement protection plan]. Vseukrayins'ka Asotsiatsiya OTH. <https://is.gd/vG8Ezu> [in Ukrainian].
- Zibtsev, S. V. (4 lyunya 2014). Problema lisovykh pozhezh u sviti vykhodyt' na novyy, bil'sh nebezpechnyy riven' [The problem of forest fires in the world reaches a new, more dangerous level]. *Uryadovyyi kur"yer*. <https://is.gd/W7YtSj/> [in Ukrainian].
- Zibtsev, S. V., Soshens'kyi, O. M., Humenyuk, V. V., & Koren', V. A. (2019). Bahatorichna dynamika lisovykh pozhezh v Ukraini [Long-term dynamics of forest fires in Ukraine]. *Ukrayins'kyi zhurnal lisivnytstva ta derevynoznavstva*, 10(3), 27-40. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.03.027> [in Ukrainian].
- Zibtsev, S. V., Yavors'kyi, P. P., Sendonin, S. YE., Tokaryeva, O. V., & Levchenko, V. V. (2020). *Lisova pirolohiya: pidruchnyk* [Forest pyrology: textbook]. Naukova stolitsya. [in Ukrainian].
- Kuzyk, A. D. (2021). Otsynuyannya pozhezhnoyi nebezpeky lisiv za umovamy pohody [Assessment of forest fire hazard based on weather conditions]. *Natsional'nyy visnyk NLTU*, 21(1), 74-81. [in Ukrainian].
- Matusyak, M. V. (2020). *Lisova pirolohiya. Metodychni vkazivky do vykonannya praktychnykh robot* [Forest pyrology. Methodological instructions for performing practical work]. RVV VNAU. <http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/24412.pdf> [in Ukrainian].
- Ostapchuk, V. V., Myron, I. V., & Afonina, O. O. (2024). Lisovi pozhezhi v Ukraini ta na Chernihivshchyni za suchasnykh umov [Forest fires in Ukraine and Chernihiv region under modern conditions]. *Fizychna heohrafiya ta heomorfologiya*, 47(5-6), 29-35. <https://doi.org/10.17721/phgg.2024.5-6.03> [in Ukrainian].
- Svyrydenko, V. YE., Babich, O. H., & Shvydenko, A. Y. (1999). *Lisova pirolohiya: pidruchnyk* [Forest pyrology: a textbook]. Ahropromvydav Ukrainy. [in Ukrainian].
- Sydorenko, S. H., & Sydorenko, S. V. (2020). Analiz horymosti lisiv Ukrainy yak peredumovy lisopozhezhnoho rayonuvannya [Analysis of the combustibility of Ukrainian forests as a prerequisite for forest fire zoning]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioryatsiya*, 137, 91-101. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.137.2020.91> [in Ukrainian].
- Stetsyuk, V. V. (red.) (2010). *Rel'yef Ukrainy: navchal'nyy posibnyk* [Relief of Ukraine: a textbook]. Slovo.
- Typy lisovykh pozhezh: yak vony riznyat'sya i yaki zapobizhni zakhody potribno vzhlyvaty [Types of forest fires: how they differ and what precautions should be taken] (b.d.). Pozhezhna bezpeka Ukrainy. <https://surli.cc/rhtvzk>
- Filonenko, YU. M. (2015). Vplyv pozhezh na stan ta evolyutsiyu okremykh form biohennoho rel'yefu na terytoriyi Chernihivs'koyi oblasti [The impact of fires on the state and evolution of certain forms of biogenic relief in the territory of Chernihiv region]. *Fizychna heohrafiya ta heomorfologiya*, 3(79), 124-128.
- Filonenko, YU. M. (2021). Osoblyvosti fitohennoho rel'yefoutvorennia v zaplavi richky Oстер [Peculiarities of phytogenic relief formation in the floodplain of the Oster River]. *Fizychna heohrafiya ta heomorfologiya*, 44(1-3), 48-53. <https://doi.org/10.17721/phgg.2021.1-3.06>

Поверхневі води: функції в ландшафті та їх урахування у процесі просторового планування

Любов М. Тимуляк 

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

Анотація

Ландшафт як цілісне утворення впливає на особливості поверхневих вод (режим, хімічний склад, мінералізацію, інтенсивність колообігу тощо). У процесі дослідження поверхневих вод для цілей просторового планування необхідно враховувати як вплив поверхневих вод на структуру, властивості й функціонування конкретних ландшафтних комплексів, так і зворотний вплив останніх на характеристики поверхневих вод. Виокремлення цих складових є непростим завданням, але може відіграти визначальну роль у процесі планування промислових, рекреаційних, заповідних територій, житлових районів, водогосподарських комплексів тощо.

У ландшафті поверхневі води відіграють ландшафтоформуючу, гідробалансовуючу, кліматорегулюючу, трансформаційну, транзитну, екосистемну, господарську, рекреаційну функції. Кожну з цих функцій можна описати за допомогою конкретних показників, перелік яких запропоновано в роботі. Більшість функцій поверхневих вод слід підтримувати і розвивати у процесі просторового планування (гідробалансовуючу, кліматорегулюючу, екосистемну тощо), окремі – обмежувати (трансформаційну, транзитну та ін.). З цією метою для планування промислових, сільськогосподарських, заповідних, рекреаційних та інших територій описано окремі положення, що враховують складну взаємообумовленість природних компонентів у ландшафті. Урахування цих положень сприятиме ухваленню оптимальних рішень у процесі просторового планування територій.

Ключові слова

Просторове планування, функція, поверхневі води, компоненти ландшафту, взаємозв'язки у ландшафті, показник

Надійшла до редакції: 3 травня 2025 / Прийнята: 10 червня 2025 / Опублікована онлайн: 30 червня 2025

Surface water: landscape functions and their integration into spatial planning

Liubov M. Tymuliak

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

Abstract

The landscape, as an integrated natural-territorial system, significantly influences the characteristics of surface waters, including their regime, chemical composition, degree of mineralization, and the intensity of matter and energy exchange. In the context of spatial planning, the study of surface waters must account for both their impact on the structure, properties, and functioning of specific landscape complexes, and the reciprocal influence of those landscapes on surface water dynamics. Disentangling these interdependencies is a complex task, yet it is crucial for the effective planning of industrial, recreational, protected, residential, and water management areas. Within the landscape system, surface waters perform multiple functions: landscape-shaping, hydrological balancing, climate regulation, transformation, transit, ecosystem support, economic use, and recreation. Each of these functions can be described through specific indicators proposed in this study. While most of these functions—such as hydrological balance, climate regulation, and ecosystem services—should be preserved and enhanced through spatial planning, others—like transformation and transit—may require limitation. To support this, the study outlines specific principles for spatial planning of industrial, agricultural, protected, recreational, and other land uses that reflect the complex interdependence of natural components within the landscape. Incorporating these principles will contribute to the development of well-informed, sustainable decisions in territorial spatial planning.

Keywords

Spatial planning, function, surface waters, landscape components, landscape interrelations, indicator

Received: 3 May 2025 / Accepted: 10 June 2025 / Published online: 30 June 2025

1. Вступ

Планування будь-якої території традиційно і логічно розпочинається з усестороннього аналізу компонентів природи. Застосування такого підходу дає можливість не лише закласти підґрунтя для подальшої оцінки природно-ресурсного потенціалу території, але і глибше пізнати зв'язки між компонентами, що стає запорукою для якісного оцінювання ландшафтів.

Поверхневі води – це води суходолу, що постійно

або тимчасово перебувають на земній поверхні в різних водних об'єктах (Хільчевський, 2021). У ландшафтах поверхневі води можуть бути представлені у рідкому (водотоки, водойми, водно-болотні угіддя) чи твердому (льодовики, сніговий покрив) стані, вирізнятися за ступенем мінералізації (прісні, солонуваті, солоні води, ропа), мати природне (озера, річки, струмки, болота) чи техногенне (канали, стави, водосховища) походження, функціонувати постійно (річки, озера, болота), або мати напівпостійний чи ефемерний характер (невеликі

Corresponding author:

Liubov M. Tymuliak, Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine, Volodymyrska Street, 44, Kyiv, 01054, Ukraine
Email: tymuljak@gmail.com

© 2025 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.

струмки, ями, заповнені водою лише частину року).

Важливе значення поверхневих вод у ландшафті окреслюється кількома аспектами. Перш за все, поверхневі води відіграють ландшафтоформуючу роль, що виражається, зокрема, через процеси річкової ерозії й акумуляції (наприклад, утворення заплавних, терасових ландшафтних комплексів). Крім того, поверхневий стік є складовою колообігу води на земній кулі, безпосередньо позначаючись на функціонуванні ландшафтів та забезпечуючи поєднання геокомпонентів у цілісну систему.

Зі свого боку ландшафт як комплексне утворення впливає на такі особливості поверхневих вод як їх режим, хімічний склад, мінералізація, інтенсивність колообігу тощо. Досліджуючи поверхневі води для цілей просторового планування необхідно враховувати складну взаємообумовленість природних компонентів у ландшафті: вплив поверхневих вод на структуру, властивості й функціонування конкретних ландшафтних комплексів, а також зворотний вплив останніх на характеристики поверхневих вод. Виокремити ці складові непросто, але отримані знання можуть відіграти визначальну роль у процесі планування промислових територій, житлових районів, водогосподарських комплексів тощо.

Мета статті – проаналізувати взаємовпливи між компонентами ландшафту і місце у цих взаємовпливах поверхневих вод; розглянути функції, які виконують поверхневі води у ландшафті; опрацювати положення, врахування яких у процесі просторового планування могло б допомогти фахівцям приймати оптимальні рішення щодо підтримання чи обмеження функцій поверхневих вод у ландшафті.

2. Методи

Дослідження ґрунтується на галузевих засадах ландшафтознавства, гідрології, геоморфології, кліматології, ґрунтознавства, біогеографії, гідрохімії, екології й інших природничих дисциплін. Практична спрямованість роботи передбачала не лише вивчення методичних матеріалів з планувальної діяльності, у тому числі ландшафтного планування, а й сучасних тенденцій у сільськогосподарських і лісогосподарських науках, архітектурі, водопостачанні, рекреації тощо.

Підґрунтям аналізу поверхневих вод як компонента природного середовища, що досліджується для планувальних цілей, були методичні та практичні настанови застосування ландшафтного планування в Україні (Руденко, 2014). При виокремленні функцій поверхневих вод у ландшафті використано напрацювання щодо функцій боліт (Павловська та ін., 2015), які проаналізовано, систематизовано і доповнено відповідно до завдань дослідження.

Основними методами дослідження були загальнонаукові – аналіз, синтез, абстрагування, порівняльний, літературний, метод класифікації, аналогії та інші.

3. Результати та їх обговорення

Складну взаємообумовленість природних компонентів можна прослідкувати через функції, які виконують поверхневі води у ландшафті. До цих функцій ми відносимо ландшафтоформуючу, гідробалансовуючу, кліматорегулюючу, трансформаційну, транзитну, екосистемну, господарську й рекреаційну.

Ландшафтоформуюча функція поверхневих вод полягає в тому, що їх робота відіграє провідну роль в утворенні ландшафтних комплексів. Прикладом можуть служити заплавні, терасові, яружно-балкові, карстові ландшафтні комплекси. Основними процесами, що формують заплавно-терасові та яружно-балкові комплекси, є водна ерозія й акумуляція, карстові – процеси розчинення та вилугування гірських порід поверхневими водами. На реалізацію функції безпосередній вплив мають інші компоненти й елементи ландшафту – геологічна будова, рельєф, клімат і т. д. У процесі формування й розвитку *заплавних і терасових ландшафтних комплексів* від геологічної будови території залежать кількість і склад наносів, вміст у них різних мінеральних речовин тощо. Тектонічні рухи визначають потужність алювію, швидкість та інтенсивність врізання русла, форму заплави. Рельєф обумовлює ширину заплави і терас (наприклад, відсутність заплав у вузьких ущелинах), позначається на напрямку і швидкості течії річки, звивистості русла і, як наслідок, на формі заплави. Від клімату (кількість й інтенсивність опадів, температурний режим) залежить густота річкової мережі, багатоводність річок, час скресання і замерзання, час формування повеней і паводків, що в кінцевому підсумку відображається на характеристиках заплавних, а з плином часу і терасових ландшафтних комплексів.

Формування і розвиток *яружно-балкових ландшафтних комплексів* значною мірою залежить від типу підстилаючих порід, які характеризуються більшим чи меншим ступенем розмивання поверхневим стоком. Рельєф (крутизна схилів, ступінь розчленованості) визначає характер та інтенсивність поверхневого стоку. Інтенсивності розмивання земної поверхні можуть сприяти клімат, зокрема такі його характеристики як посушливість, наявність потужних зливових опадів, а також певні властивості ґрунту (поглинальна здатність, гранулометричний склад, вміст гумусу, мінералогічний склад), які, крім інтенсивності, впливають також на напрямок міграції хімічних елементів. Особливості рослинного покриву посилюють чи перешкоджають розмиванню ґрунту, наприклад, залісеність зменшує поверхневий стік, покращує якість води у водотоках.

На формування *карстових ландшафтних комплексів*, наземна частина (підсистема) яких вирізняється специфічними поверхневими карстовими формами рельєфу – жолобами, колодязями, лілками, чашами, понорами (Мізерський, 2011) визначальний вплив має група літоморфотектонічних компонентів (Проскурняк та Андрейчук, 1998). Умовами формування наземних карстових ландшафтних комплексів є наявність потужного шару тріщинуватих карбонатних (вапняк,

мергель, крейда) чи соляних (ангідрит, гіпс, кам'яна і калійна солі) порід, що легко розчиняються водами з підвищеною кислотністю; порушення порід тектонічними рухами, сучасні й новітні тектонічні рухи; плоска або слабо нахилена земна поверхня; клімат з достатньою кількістю атмосферних опадів тощо (Чепурний, 2014). Поверхневі води відіграють подвійну перетворювальну роль у карстових ландшафтних комплексах, оскільки тут одночасно відбувається хімічне розчинення порід та їх фізичне (механічне) дроблення, винесення і акумуляція. Інтенсивність цих процесів залежить від клімату: найактивніше вони відбуваються у тропіках, слабше – у помірному поясі, найслабше – у полярних і пустельних районах (Проскутняк та Андрейчук, 1998).

Зміст ландшафтоформуючої функції поверхневих вод розкривається через описову та формалізовану інформацію про (Руденко, 2014) *водотоки* (довжина, середній похил, звивистість), *водозбори* (площа, середня висота, середній похил схилів, густота річкової мережі, густота руслової мережі), *водний режим* (рівень води, витрати води, швидкість течії, похил водної поверхні, об'єм води (річний, максимальний мінімальний стік)), *гідрохімічний режим* (мінералізація (солоність) води, соловий склад (вміст окремих іонів солей), концентрація органічних, біогенних, забруднюючих речовин), *режим наносів* (каламутність води, об'єм наносів, витрата наносів, розподіл наносів за фракціями), *гідрологічний режим* (внутрішньорічні (сезонні) коливання рівня і витрат води, температури води, змін русла), *льодовий режим* (товщина крижаного покриву, строки настання і закінчення фаз замерзання, льодоставу, танення, скресання, очищення від льоду), *небезпечні гідрологічні явища* (висота підйомів води під час паводків 2, 4, 10, 20 і 100-річної повторюваності, зони можливого затоплення під час паводків різного забезпечення). Для виявлення взаємозв'язків і взаємозалежностей у ландшафтних комплексах цю інформацію потрібно аналізувати сукупно з характеристиками інших компонентів й елементів у їх межах. До таких належать *геологічна будова і поверхневі відклади* (стійкість гірських порід, пористість, водопроникність, роздробленість, порушення тектонічними рухами), *рельєф* (крутизна схилів, ступінь розчленованості), *клімат* (кількість та характер опадів, температурний режим), *грунти* (ємність поглинання, гранулометричний склад, вміст гумусу, мінералогічний склад, коефіцієнт еродованості), *рослинний покрив* (залісеність (коефіцієнт лісистості)).

Встановлені взаємозв'язки і властивості компонентів варто враховувати у процесі просторового планування задля сприяння розвитку (заплавно-терасові) чи обмеження (яружно-балкові, карстові ландшафтні комплекси) ландшафтоформуючої функції поверхневих вод.

Під час планування *сільськогосподарських територій* слід зважати на те, що лесові породи є найбільш схильними до процесів розмивання, що яроутворенню сприяє важкий гранулометричний склад ґрунту. Потрібно брати до уваги те, що сільськогосподарське освоєння заплавл призводить до евтрофікації

річок. На сільськогосподарських підприємствах з децентралізованим водопостачанням рекомендується застосовувати замкнені системи водокористування та повторне використання очищених стічних вод і осади у сільському господарстві (Хоружий та ін., 2017).

У процесі *планування водогосподарських комплексів* належить враховувати взаємозв'язок між гідрологічним режимом і мінералізацією води: під час повеней і паводків мінералізація знижується, а у меженний період – зростає. Важливим принципом боротьби зі шкідливою дією води (ерозія, повені, паводки) є те, що такі заходи повинні розроблятися у межах всього річкового басейну. Також задля прогнозування рівнів води і вчасного реагування мережа пунктів гідрометеорологічних спостережень повинна охоплювати всю територію басейну річки. Зважати потрібно на те, що лінійні гідротехнічні споруди і мостові переходи звужують ворота пропуску паводків, і це зумовлює вихід паводкових вод на поверхні перших надзаплавних терас нижче за течією річки; водночас об'ємні протипаводкові споруди, спроектовані з урахуванням ландшафтно-ї структури території в межах басейну можуть значно знизити рівні катастрофічних паводків (Тимуляк, 2011). Під час повеней і паводків у воді може зростати вміст забруднюючих речовин.

Планування забудованих територій має виключати заплавні ландшафтні комплекси, оскільки їх забудова призводить до неминучого підняття рівнів води під час катастрофічних паводків. З метою поліпшення пропуску високих рівнів вод заплави у межах забудованих територій потрібно регулярно розчищати від деревно-чагарникової рослинності. Особливу увагу слід звертати на малі річки у межах забудованих територій, оскільки їх водність, гідрологічний режим і якість води безпосередньо залежать від стану поверхні водозбору. Слід забезпечувати вільну плинність річищ малих річок у межах забудованих територій, адже у такому стані річка більш якісно впливає на температурний режим і регулює вологість повітря. За можливості варто обмежувати планування закарстованих територій під забудову.

Планування промислових територій має відбуватись на основі аналізу ландшафтно-ї структури, зокрема такого узгодження вимагає розташування каналізаційних насосних станцій й очисних споруд дощової каналізації, оскільки у деяких населених пунктах наявні приклади їх підтоплення через неврахування цього аспекту (Тимуляк, 2013). Також необхідним є обмеження забору води з малих річок для промислових цілей.

При *плануванні заповідних територій і територій екологічної мережі* враховувати потрібно те, що лісозбереження сприяє повільнішому надходженню вод у водотоки. У межах прибережних захисних смуг, заповідних територій тощо потрібно передбачати охорону флори і фауни від інвазійних видів, оскільки останні є загрозою для біорізноманіття цих територій, маючи здатність витіснити автохтонні види з їх екологічних ніш.

При *плануванні дорожньо-транспортної інфраструктури* потрібно передбачити такий профіль дорожньої мережі, який забезпечуватиме водовідведення поверхневого стоку, а також спеціальні пристрої для

збору стічних вод і їх очищення. Крім того, потрібно виробити модель подальшого використання цих вод у промисловому водопостачанні, зрошенні чи для інших господарських потреб.

Гідрозбалансовуюча та кліматорегулююча функції поверхневих вод, що накопичуються у водно-болотних угіддях, озерах, ставках, водосховищах, полягає в тому, що ці резервуари є джерелами гідрологічних та екосистемних послуг, роль яких особливо зростає у посушливі періоди. Гідрозбалансовуюча функція, зокрема, сприяє зниженню рівнів і затримці в часі паводків та повеней, регулюванню річкового стоку, живленню підземних водоносних горизонтів, фільтрації забруднень; кліматорегулююча – пом'якшенню місцевого клімату (коливань температури і вологості повітря) шляхом охолодження через випаровування води тощо (Сніжко та ін., 2021). У свою чергу, реалізація зазначених функцій залежить від таких компонентів і елементів ландшафту як рельєф, клімат, підстилаючі відклади, ґрунти. Розглянемо ці залежності на прикладі водно-болотних угідь. Розташування водно-болотних угідь характеризується прямою залежністю від форми рельєфу: вода накопичується у зниженнях при наявності цілого ряду інших сприятливих для цього чинників, зокрема: клімату з достатньою кількістю атмосферних опадів та позитивним водним балансом; твердих ґрунтів чи скелястих порід, що унеможливають зв'язок з підземними водами; або, навпаки, пов'язаність з підземними водами і підживлення ними.

Зміст гідрозбалансовуючої та кліматорегулюючої функцій поверхневих вод можна описати через такі показники (Руденко, 2014) як *морфометричні характеристики водоймищ* (вид, форма, висотне положення, розміри, об'єм води у них: площа водойми, рівень води, нормальний підпірний рівень водосховища, середня та максимальна глибина, об'єм озера чи водосховища, довжина, максимальна ширина); *морфологічні характеристики водозборів*, що характеризують особливості їх будови (озерність, кількість і сумарна площа природних стічних та безстічних водоймищ, кількість і сумарна площа штучних водойм, заболоченість), *гідрохімічний режим* (мінералізація води, сольовий склад, концентрація органічних, біогенних, забруднюючих речовин), *режим наносів* (каламутність води, об'єм наносів, розподіл наносів за фракціями), *гідрологічний режим* (внутрішньорічні коливання рівня і температури води), *льодовий режим* (товщина крижаного покриву, строки настання і закінчення фаз замерзання, льодоставу, танення, скресання, очищення від льоду), *трофність* (ступінь розвитку органічного життя: водойми евтрофні, мезотрофні, оліготрофні, дистрофні). Перелічені показники аналізуються у комплексі з іншими характеристиками, серед яких – розораність, залісеність, урбанізованість, закарстованість, характер ґрунтів та поверхневих відкладів водозбору, стан наявних меліоративних систем, особливості клімату (кількість та характер опадів, температурний режим) тощо.

У процесі просторового планування варто сприяти

розвитку гідрозбалансовуючої та кліматорегулюючої функцій поверхневих вод, особливо на тлі кліматичних змін. Перспективи для підтримування цих функцій розкриваються під час планування водогосподарських комплексів, сільськогосподарських, забудованих, рекреаційних, заповідних територій, територій екологічної мережі тощо.

При плануванні водогосподарських комплексів потрібно враховувати високі ризики надрозрахункових рівнів води у ставках і водосховищах, що за умови недоліків у проєктуванні, будівництві й експлуатації, можуть призводити до аварійних ситуацій (Савчук та Бабіцька, 2017). Виходячи з ландшафтної структури у межах річкових басейнів необхідно передбачати облаштування ставків, водосховищ, польдерів з метою зрізання піків паводків. На етапі планування водогосподарських комплексів варто також визначити ймовірні заходи щодо зниження евтрофікації водойм, наприклад, можливість промислової розробки донних відкладів – сапропелів, які на сьогодні активно використовуються у сільському господарстві та медицині. Водночас слід окреслити схеми відновлення і подальшого господарського освоєння водойм після екскавації донних відкладів (Савчук та Бабіцька, 2017).

При плануванні сільськогосподарських територій необхідно мати на увазі, що евтрофікація водойм є наслідком надмірного використання у межах їх водозбору мінеральних добрив і певних агрохімічних заходів (боротьба з бур'янами, хворобами, шкідниками рослин). В умовах планування зрошуваного землеробства варто провести оцінку іригаційних властивостей води, оскільки існує небезпека засолення ґрунтів поливними водами високої мінералізації.

При плануванні забудованих територій рекомендуємо використовувати практику управління дощовою водою, прийняту в Європейському Союзі. Наприклад, у § 5 Закону про води Чеської Республіки (Zákon..., 2001) прописано зобов'язання забудовників накопичувати дощову воду і забезпечити її просочування у земну поверхню із подальшим випаровуванням; якщо ж умови території не дозволяють реалізувати цю норму, то передбачається утримання дощової води на території забудови із метою подальшого використання. Отже, способом планування мікрорельєфу (спорудження западин, каналів, невеликих басейнів) вибудовуються водозбірні елементи, заповнені спеціальним заповнювачем, які, з одного боку, дозволяють коригувати паводковий стік, а з іншого – покращують мікроклімат території, зволожуючи повітря та сприяючи зниженню температури. Окремим акцентом слід означити регулярне очищення наявних водойм у населених пунктах. Важливе значення має збереження водно-болотних угідь. Практика їх підсилення і подальшої забудови раніше була досить поширеною, особливо у міських населених пунктах. Підсилення залишків водно-болотних угідь у районі вулиці Л. Ребета у місті Івано-Франківську авторці доводилось спостерігати ще відносно недавно (Тимуляк, 2013). Зниженню евтрофікації водойм сприятиме впровадження у сільських населених пунктах, а також

у районах садибної забудови міст централізованого водовідведення.

При плануванні рекреаційних територій варто використовувати потенціал невеликих озер і ставків з метою розвитку їх місцевого рекреаційного значення. Рекреаційне використання водосховищ і великих озер повинно супроводжуватись розробкою норм навантаження на акваторію і ландшафтні комплекси у їх прибережних зонах. Задля збереження екологічно прийняттого стану водойм при плануванні рекреаційних територій слід звертати увагу на розвиток інженерної інфраструктури. Потрібно передбачати превентивні заходи щодо рекреаційної дегресії ландшафтних комплексів.

При плануванні природоохоронних територій і територій екологічної мережі слід враховувати кліматичні зміни, оскільки підвищення температури води і зниження її рівнів у водоймах через зростання випаровування може мати негативний вплив на іхтіофауну, особливо на рідкісні види риб, а також спровокувати розвиток інвазійних видів. Зміна клімату також стає тим чинником, що підвищує вимоги до охорони і збереження водно-болотних угідь, які забезпечують чималий асортимент гідрологічних та екосистемних послуг (Сніжко та ін., 2021).

Трансформаційна і транзитна функції поверхневих вод взаємопов'язані. Суть першої полягає у перетворенні ландшафтних комплексів, передусім їх літогенної основи, через процеси руйнування й акумуляції. Друга, транзитна функція, змістом якої є перенесення продуктів руйнування гірських порід, часто стає з'єднуючою ланкою між означеними вище процесами. Руйнування гірських порід, їх транспортування й акумуляція – процеси, на яких значною мірою ґрунтується виокремлена вище ландшафтоформуюча функція. Однак роль цих процесів у виділених функціях різна – в основі ландшафтоформуючої функції лежить водна механічна міграція, а в основі трансформаційної й транзитної – водно-гравітаційна механічна міграція. Окрім того, останні дві функції, на відміну від ландшафтоформуючої, не сприяють поступовому (еволюційному) формуванню ландшафтних комплексів вищих таксономічних рівнів (місцевостей, ландшафтів); вони, як правило, відіграють провідну роль у перетворенні фацій, підурочищ, окремих урочищ. Найчіткіше трансформаційна і транзитна функції поверхневих вод проявляються через несприятливі природні та природно-антропогенні процеси – селі, снігові лавини, площинний змив, абразію тощо. Реалізація зазначених функцій залежить від поєднання гідрометеорологічних, геолого-геоморфологічних, ґрунтово-геоботанічних й антропогенних чинників. Розглянемо трансформаційну і транзитну функції поверхневих вод на прикладі формування і розвитку селів та снігових лавин.

На зародження і протікання селів безпосередній вплив мають зливові опади або інтенсивне танення снігу, наявність крутих схилів і значного розчленування рельєфу, великий похил русел річок, сильна тріщинуватість гірських порід, їх літологічний склад,

нагромадження пухкого вивітрілого матеріалу у верхів'ях схилів (Байрак, 2018; Куковський та ін., 2016; Клапчук, 2012), зв'язок поверхневих вод із підземними (Ковальчук та Трофімова, 2014) тощо. Ключовими чинниками, як правило, виступають гідрометеорологічні та геолого-геоморфологічні, однак господарська діяльність людини може підсилювати або навіть провокувати розвиток селювих процесів. До такої діяльності належать порушення стійкості гірських порід під час будівництва доріг у горах, суцільні рубки лісу на схилах, деградація лучного покриву через надмірне випасання худоби та ін.

Як приклад проілюструємо вплив літології гірських порід на формування селів в Українських Карпатах. Відклади флішової формації Карпат є нестійкими до звітрювання, у зв'язку з чим простежується залежність між складом порід та накопиченням у селевих осередках різного за розмірами селеформувального матеріалу (Клапчук, 2012), що за сприятливих умов призводить до утворення різних типів селевих потоків. Наприклад, палеоценові масивні ямненські пісковики формують водно-крупноглибові селі, а чорні невапнисті менілітові сланці – водно- та грязе-щебнисті (Клапчук, 2012). У цілому в Українських Карпатах типовими ландшафтними комплексами, в яких фіксуються проходження селів, є крутопадаючі звори, врізані у сильнотріщинуваті піщано-аргілітові (шипотські) товщі (Миллер, 1974).

Зародження і розвиток *снігових лавин* визначається, передусім, сукупною дією кліматичних та геоморфологічних чинників. Кліматичні характеристики, зокрема снігопади і хуртовини, є необхідною передумовою формування полігенетичних лавин; інсоляція й адвекція – епігенетичних (Тиханович та Біланюк, 2016); завдяки діяльності вітру відбувається перерозподіл снігового покриву з навітряних схилів на завітряні (Третяк, 2011). Рельєф місцевості, передусім його розчленованість, висота, крутизна та експозиція схилів відіграють не менш важливу роль у цьому процесі. Лавинонебезпечні схили, як правило, мають крутизну 20-50°. В Українських Карпатах на схилах південної експозиції формуються лавини, що пов'язані з радіаційними відлигами. В цілому у межах Полонинського хребта, Чорногори і Горган більш лавинонебезпечними є схили північно-східних експозицій, що пояснюється не лише асиметрією поперечних профілів цих масивів (північно-східні схили – круті; південно-західні – пологі), але й переважанням вітрів південно-західного і західного напрямків, що переносять на північно-східні схили значні маси снігу (Аксюк та ін., 2014). Простежується зв'язок між морфологією рельєфу та типами лавин: у межах льодовиково-денудаційних форм (карів, цирків), як правило, формуються великі схилові лавини, а в ерозійних і нівально-ерозійних борознах – відносно невеликі за об'ємами снігу лоткові лавини.

Сприяють сходженню лавин гладкі гірські породи, що виходять на поверхню; висока некошена лучна рослинність, яка утворює поверхню ковзання; оголені гірські схили (внаслідок вирубування лісів, вітровалів, буреломів) тощо (Рудий та Підлуська, 2011). Лісова рослинність середньогір'я та субальпійські чагарники

відіграють протилавинну роль опосередковано, оскільки вони сприяють акумуляції й затриманню снігу на навітряних схилах, зменшуючи обсяг потенційних лавин; безпосередньо ж лісова рослинність не може зупинити їх сходження (Третяк та ін., 2011).

Трансформаційна функція лавинної діяльності призводить до змін у межах ландшафтних комплексів. У рельєфі ці зміни проявляються через утворення специфічних лавинних ерозійних (врізи, борозни, ями вибивання) та акумулятивних (конуси виносу; паралельні вали уламкового матеріалу, що формуються під час зупинки лавини на слабонахиленому дні долини; основні гряди – уламки, знесені до підосви схилів зсувами снігу і т. д.) форм рельєфу (Аксюк та ін., 2014). Зміни відбуваються і у ґрунтовому покриві – внаслідок сходження лавин здирається ґрунтовий шар, міняється вологість ґрунту, фіксуються перетворення в особливостях геофізичних і геохімічних процесів (Тиханович та Біланюк, 2016). У зонах накопичення, транзити й акумуляції снігу чиниться вплив на рослинний покрив – від пригнічення росту деревної і чагарникової рослинності – до виривання її з корінням, механічних пошкоджень гілок і кореневої системи, наслідком чого стає всихання, гниття, зараження шкідниками та поширення хвороб навіть за межі лавинопроявів (Біланюк та ін., 2014).

Зміст трансформаційної і транзитної функцій поверхневих вод розкривають такі *показники селю*, як щільність потоку, ширина потоку, глибина потоку, середні та максимальні розміри уламків наносів селю, швидкість селю, максимальні та середні витрати селю, мінімальний (критичний) повздовжній ухил; частота проходження (періодичність) селів; висота розміщення сільових вогнищ; об'єм сільового виносу; сільова активність басейну; кількість сільових вогнищ (Ковальчук та Трофімова, 2014); потужність відкладень, їх площа (Миллер, 1974), морфологія (місцезонавання) сільозбірного басейну (руслівий, схилівий (ерозійний, лавинний, соліфлюкційний)) (Байрак, 2018).

Лавини досліджують за допомогою таких *показників* як довжина пробігу лавини; швидкість, потужність, сила удару лавини; густота мережі лавин (Аксюк та ін., 2014); структура снігового покриву; рівень стійкості снігового покриву за ступенем небезпеки від 1 (низький) до 4 (високий); рівень небезпеки лавини (за п'ятибальною шкалою); розмір лавини; об'єм снігу, задіяного в русі лавини; очікуваний інтервал повторення лавин тощо (LaChapelle, 1977). Цю інформацію варто аналізувати разом з іншими характеристиками, що впливають на формування лавин. Такими є *особливості рельєфу* (глибина розчленування; форма схилу; крутизна схилу; довжина схилу; експозиція), *кліматичні характеристики* (середня температура повітря; перепад температур; висота снігового покриву; кількість опадів; швидкість і напрямок вітру), характерні риси *рослинності* (життєва форма (деревна, чагарникова, трав'яниста); видовий склад; снігофіксуючі властивості; стан рослинного покриву), *поверхневих відкладів* (стійкість, роздробленість) і *ґрунтів* (гранулометричний склад, структурність) тощо.

Трансформаційну і транзитну функції поверхневих вод слід лімітувати під час розробки документації з просторового планування. Це є непростим завданням, зважаючи на те, що особливості деяких природних й природно-антропогенних процесів, у яких найчіткіше проявляються згадані функції, і методи їх прогнозування ще недостатньо розроблені. Тим не менше, під час планувальної діяльності варто намагатися враховувати описані вище взаємозв'язки і властивості компонентів задля обмеження трансформаційної й транзитної функцій поверхневих вод. Селі та снігові лавини найбільш поширені в горах, тож ці території найчастіше постають у просторовому плануванні як лісогосподарські, туристично-рекреаційні та природоохоронні.

Планування лісогосподарських територій сьогодні здійснюється на основі наближеного до природи лісівництва, яке, зокрема, передбачає відтворення корінних за складом насаджень, формування лісів відповідних до конкретних лісорослинних умов (умов місцезростання) та ін. (Вишняк та ін., 2011). Такі ліси оптимальніше забезпечують екосистемні послуги, серед яких ті, що гальмують розвиток селів, снігових лавин, площинного змиву – регулювання поверхневого стоку, захист ґрунтів від ерозії тощо. Рослинний покрив є найважливішим чинником водорегулювання у гірській місцевості (*Науково-експертний висновок...*, 2001). Тому під час планування лісогосподарських територій слід опиратися на гідрологічну та протилавинну захисну роль лісу та субальпійської чагарникової рослинності. Ліси та сланкі чагарники утримують від зсування значні маси снігу. Серед лісової рослинності найкращі показники снігозатримання мають зімкнені ялинники, серед чагарникової – зарості вільхи зеленої (*Alnus viridis*), які можуть утримувати сніг висотою 2,0-2,5 м, та сосни гірської (*Pinus mugo Turra*) (1,5-2,0 м) (Третяк, 2011).

Планування лісогосподарських територій має передбачати мінімізацію впливу лісівництва і лісівничої практики на гідрологічний режим території: вибіркові методи рубок, планування оптимальної мережі лісових автодоріг, відмова від застосування наземного трелювання деревини на користь підвісного способу канатними установками тощо (Коржов, 2015), що сприятиме захисту ґрунтів від ерозії та скороченню об'ємів твердого стоку під час селів.

Процес *планування туристично-рекреаційних територій* у горах має ґрунтуватись на оцінці та прогнозі лавинної небезпеки, небезпеки прояву селевих, інших несприятливих процесів, що на сьогодні ще певною мірою залишається проблемним завданням. Для розвитку гірськолижного туризму ключовим чинником є дослідженість лавин – дані про їх поточну протяжність, розрахунок максимальної прогнозованої протяжності, очікуваного інтервалу повторення лавин різного розміру тощо (LaChapelle, 1977). Під час планування туристично-рекреаційних територій потрібно відзначати ділянки, де склалися традиції снігового фрирайду, з метою впровадження превентивних заходів щодо "підрізання" лавин. Такими заходами можуть бути проектування спеціальних загороджень, які відкриваються за

відсутності лавинної небезпеки, встановлення прапорців, що символізують той чи інший рівень лавинної небезпеки тощо. У процесі планування територій, що використовуватимуться для туристично-рекреаційних цілей передбачаються гідротехнічні (створення польдерів у верхів'ях селевих басейнів з метою зменшення максимальних витрат води; будівництво зливовідводів задля перехоплення поверхневого стоку та скидання його в русло нижче зони формування селевих потоків) та агролісомеліоративні (збереження лісів на водозборах селевих потоків; заліснення схилів; терасування крутих схилів) протисельові заходи (Куковський та ін., 2016). В цілому планування туристично-рекреаційних територій має узгоджуватися з особливостями морфологічної структури гірських ландшафтів (Онуфрів, 2015).

Екосистемна функція поверхневих вод полягає в тому, що у водному середовищі та навколо нього створюються специфічні водні (морські або прісноводні) екосистеми. У межах водних екосистем (гідроекосистем) відбувається безперервна взаємодія між живими організмами (біотою) та абіотичними чинниками їх розвитку. Біотичні спільноти налагоджують різноманітні за характером внутрішньовидові та міжвидові відносини, водночас їх життєдіяльність безпосередньо чи опосередковано залежить від особливостей навколишнього середовища та змін, що відбуваються у ньому, в тому числі внаслідок господарської діяльності людини. Абіотичними чинниками є глибина і солоність води, швидкість течії, прозорість, температура води, кількість поживних речовин та розчиненого кисню, завислі речовини, тип субстрату тощо. Зокрема, кількість розчиненого кисню є чинником, що визначає наявність, ступінь поширення і продуктивність тих чи інших видів живих організмів у водному середовищі. Розчинений кисень потрібний для життєдіяльності іхтіофауни, при цьому деякі види (карась, лин, в'юн, щука та ін.) адаптовані до низького вмісту кисню у воді, а інші (форель, лососеві, гольяни та ін.) – навпаки (Nilsson & Renshaw, 2009). Кількість розчиненого кисню залежить від температури і солоності води: із підвищенням цих двох показників фіксується зниження вмісту кисню. Водна рослинність регулює кількість кисню у воді через процес фотосинтезу.

Екосистемна функція поверхневих вод “координує” процеси фільтрації та самоочищення води, завдяки яким нейтралізуються шкідливі сполуки. Самоочищення води відбувається за допомогою фізичних (розведення, відстоювання, фільтрація, аерація), хімічних (окислення, відновлення, адсорбція, абсорбція, коагуляція, гідроліз токсикантів тощо) та біологічних (мінералізація, асиміляція (поглинання речовин у харчових ланцюгах)) процесів. Зазвичай ключову роль у самоочищенні води відіграють гідробіонти (біохімічне самоочищення), однак за умови пригнічення водних організмів суттєвіше значення мають фізико-хімічні процеси (Langergraber et al., 2004). Отже, самоочищення відбувається завдяки залученню речовин, що потрапили у водне середовище, у біохімічні кругообіги під впливом біотичних й абіотичних чинників.

Поверхневі води є середовищем проживання, живлення чи розмноження багатьох видів рослин і тварин. Наприклад, прісноводні екосистеми налічують понад 100 000 видів (Білоус, 2020), однак кількісні показники біорізноманіття в екосистемах можуть значно змінюватись залежно від впливу абіотичних й антропогенних чинників. Саме біорізноманіття відіграє провідну роль у забезпеченні стабільності екосистем.

Зміст екосистемної функції поверхневих вод певною мірою може розкриватися через такі показники як *клас якості води* (I клас – дуже чиста, II клас – чиста, III клас – забруднена, IV клас – брудна, V клас – дуже брудна); *сапробність* (показує рівень забруднення водойми органічними речовинами і продуктами їх розпаду; за видами-індикаторами виділяють 4 зони сапробності: полі-, мезо- оліго- і ксеносапробна) або *індекс сапробності* (крім індикаторної значущості видів ураховує кількість особин індикаторних організмів (абсолютна кількість, умовні бали або відсоткове співвідношення)); *трофічний статус* (оліготрофні (малопродуктивні), мезотрофні (середньопродуктивні), евтрофні (високопродуктивні), дистрофні (непродуктивні) водойми) (Мальцев та ін., 2011); *комплексна оцінка якості води за еколого-санітарними показниками* (враховує кількісні характеристики планктону, бентосу, перифітону і зоофітосу, ступінь трофності водного об'єкта станом на певний період часу); *рівень евтрофікації* водойми (визначається за вагою синьо-зелених (ціанобактерії) та планктонних водоростей: 0,50-0,9 г/м³ води – слабе “цвітіння”, 1-9,9 г/м³ – помірне, 10,9-99,9 г/м³ – інтенсивне, понад 100 г/м³ – “гіперцвітіння”); *біомаса фітопланктону* (г/м³); *валова продукція фітопланктону* (виражається величиною молекулярного кисню, що виділяється за добу при утворенні сумарної кількості органічної речовини в стовпі води під 1 м²); *індекс самоочищення-самозабруднення* (відношення валової продукції до сумарної деструкції планктону за добу) (Науково-дослідна..., 2020); *біотичний індекс Вудівісса* (використовується для річок помірного поясу; враховує кількість видів безхребетних тварин і наявність у водоймі організмів-індикаторів, чутливих до забруднення); *індекс Шеннона* (визначається за біомасою фітопланктону) (Слепньов та ін., 2020); *індекс домінування та різноманіття Сімпсона* (відображає домінування одного або кількох видів; показник різноманіття залежить не лише від видового багатства, але й від рівномірності співвідношень різних видів за їхньою чисельністю); *індекс видового багатства Маргалєфа*; *індекс видового багатства Менхініка* (Суходольська та Грубінко, 2021); *інтегральний або екологічний індекс якості води* (середнє арифметичне значення від суми блокових індексів показників сольового складу, еколого-санітарних показників та показників специфічних речовин токсичної і радіаційної дії) (Васенко та ін., 2015), *екологічний ризик погіршення стану поверхневих вод* (залежить від існуючого стану поверхневих вод і впливу антропогенного навантаження) (Рибалова та ін., 2018) тощо. Екосистемна функція поверхневих вод залежить від численних характеристик водного

середовища, серед яких *морфометричні* (довжина, падіння, середній похил, коефіцієнт звивистості, площа річкового басейну, густота річкової мережі, площа водного дзеркала тощо), *гідрологічні* (середня швидкість течії, глибина водотоку, умови проточності, об'єм стоку), *гідрохімічні* (вміст розчиненого кисню, біохімічне споживання кисню, біогенні речовини (сполуки азоту, фосфору, кремнію, заліза), сольовий склад, мінералізація, іонний склад, кислотно-лужний баланс (показник рН), специфічні забруднюючі речовини (пестициди, феноли, нафтопродукти тощо)), *гідрофізичні* (завислі речовини, прозорість, каламутність), *гідродинамічні* (течії, хвилювання, перемішування води) *показники водних об'єктів*, а також *інші фізико-географічні показники* (температурний, світловий і водний режими, склад донних відкладів тощо).

Екосистемну функцію поверхневих вод слід наполегливо підтримувати і розвивати у процесі просторового планування. Такі можливості розкриваються, перш за все, під час планування природоохоронних, лісгосподарських, рекреаційних територій, водогосподарських комплексів тощо.

Планування заповідних територій і територій екологічної мережі значною мірою ґрунтується на екосистемній функції поверхневих вод. З одного боку, близькі за станом до природних ландшафти досі збереглися у межах окремих озер, боліт та заболочених земель, і такі території часто приймаються як перспективні для заповідання. З іншого боку, саме долини річок можуть служити біокоридорами між розосередженими ділянками заповідних територій (Papazekou et al., 2022). Тому актуальним завданням є виокремлення у процесі планування і подальше встановлення на місцевості прибережних захисних смуг вздовж берегів річок та водойм (уздовж урізу води). Ширина прибережних захисних смуг залежить від розмірів водних об'єктів: 25 м для малих річок, струмків та ставків площею менше 3 га; 100 м – для великих річок. Крутизна схилів понад 3° зумовлює збільшення ширини прибережної захисної смуги вдвічі (Осипчук, 2005).

Одним із джерел інформації, що відображає рівень забруднення річок у межах шести найбільших річкових басейнів України (Дніпра, Дунаю, Дністра, Південного Бугу, Вісли, Дону) і може бути використано у процесі планування природоохоронних територій є інтерактивна карта “Чиста вода”, розроблена незалежним журналістським виданням Texty.org.ua на основі даних Державного агентства водних ресурсів України (*Чиста вода...*, б.д.). На карті відображено понад 400 пунктів контролю річкової води, кожен з яких характеризується інформацією про 16 параметрів забруднення та динаміку їх концентрацій протягом кількох років. На жаль, інформація на карті є точковою, та все-ж за умови комплексного використання даних, поєднуючи їх з іншими характеристиками навколишнього середовища, може бути корисною для аналізу екологічного стану водойм.

При плануванні лісгосподарських територій належить встановлювати потенційні оселища, що

можуть бути включені до Смарагдової мережі, а також території, зайняті інвазійними видами. Ефективним засобом для цього можуть стати дані дистанційного зондування Землі, що дають можливість відстежувати поширення і стан розвитку водяних рослин та флори у межах заплав (Коцун та ін., 2021), у тому числі видів-індикаторів екологічного стану водних екосистем.

У процесі планування лісгосподарських територій слід враховувати очікувані тенденції змін клімату і, відповідно, окреслювати можливості для збереження біорізноманіття у лісах, включно з водними об'єктами та навколо них.

Планування рекреаційних територій має здійснюватися відповідно до норм рекреаційного навантаження, що відрізняються для різних природних комплексів, пов'язаних з водними об'єктами (приморських, озерних, річкових) залежно від сезону року. Наприклад, у межах приморських ландшафтних комплексів улітку можуть одночасно перебувати, не завдаючи відчутної шкоди природному середовищу, 300-500 осіб/км², а взимку – 60-100 осіб/км²; у межах озерних аквально-комплексів та приозерних територій – 80-150 осіб/км² та 16-45 осіб/км², а у межах річкових комплексів – 50-80 осіб/км² та 16-24 осіб/км² відповідно (Кравців та ін., 1999).

У процесі планування рекреаційних територій, визначаючи локації, обґрунтовуючи розміщення об'єктів інфраструктури та послуг, слід враховувати екологічний стан території, її біорізноманіття і намагатись уникати планувальних рішень, що могли б у перспективі мати негативний вплив як на екологічний стан прибережних територій, так і на якість поверхневих вод.

Врахування екосистемної функції поверхневих вод під час планування водогосподарських комплексів чи водогосподарських систем є важливим завданням. Особливу увагу потрібно звертати на планування гідротехнічних споруд (дамб, гребель, насосних установок, каналів, трубопроводів тощо), оскільки такі споруди мають безпосередній вплив на життєдіяльність і міграцію водних організмів. Водогосподарське планування має ґрунтуватись на басейновому принципі управління водними ресурсами і бути міжвідомчим за своєю суттю – враховувати стан, перспективи використання, потреби не лише водного середовища, але й земельних, лісових та інших ресурсів у межах басейну задля досягнення економічних та соціальних цілей, основною умовою чого має бути сталий розвиток екосистем.

Поверхневі води відіграють надважливу *господарську функцію*, суть якої полягає у використанні води для задоволення широкого спектра потреб населення – централізованого господарсько-питного водопостачання, водяного опалення, промислового і сільськогосподарського виробництва, вироблення електроенергії, транспортування вантажів чи пасажирів (водний транспорт), промислового рибальства тощо. Вода, що використовується у деяких видах діяльності, втрачається безповоротно, у інших – повертається у джерело надходження, майже не змінюючись

в об'ємі, але, як правило, втрачається її якість.

Як приклад господарської функції поверхневих вод розглянемо їх використання у сільському господарстві, акцентуючи увагу на взаємовпливі між використовуваною водою, ґрунтовим і рослинним покривом, а також можливостях враховувати цей взаємовплив у процесі просторового планування. Сільське господарство – галузь виробничої сфери, що характеризується найбільшим споживанням води (як правило, з поверхневих джерел). Вода використовується для зрошення і обводнення земель, водопостачання тваринницьких ферм, вирощування водоплавної птиці й розвитку рибиництва. За умови зрошення полів для вирощування 1 га кукурудзи витрачається 3000 м³ води, капусти – 8000 м³, рису – 12000-20000 м³ (Хвесик та Мандзик, 2009). Вплив зрошення на стан ґрунтів, а також втрати води залежать від способу, яким воно реалізовується – поливанням по борознах, дощуванням, аерозольним, підґрунтовим чи лиманим (весняне затримання талих вод) зрошуванням. Найбільші втрати води притаманні поливу по борознах (40-70%), дещо менші – дощуванню (близько 20%), найменші – підґрунтовому зрошенню, яке полягає у подачі води системою трубок і крапельниць безпосередньо до коренів рослин (до 10%) (Хвесик та Мандзик, 2009).

Зрошення полів сприяє підвищенню врожайності культур, однак неврахування механічного складу ґрунту, якості води, що використовується, особливостей клімату і рельєфу, а також неправильно підібраний спосіб зрошення та його режим призводять до розвитку вторинного засолення, заболочування ґрунтів, іригаційної ерозії, просідання земної поверхні, забруднення поверхневих і підземних вод нітратами та пестицидами, обміління річок, інших негативних наслідків.

У тваринництві вода використовується для напування тварин, приготування кормів, промивання молочного устаткування, гідроприбирання (видалення гною водою за допомогою апарату високого тиску), потреб обслуговуючого персоналу та ін. Кількість води, що використовується, залежить від виду, кількості й віку тварин, що утримуються на фермі чи у тваринницькому комплексі, типу відгодівлі (прив'язний, безприв'язний для великої рогатої худоби; груповий для свиней і т.д.), методів приготування кормів (сухі корми, суміші на основі води), способу прибирання (вручну, механізовано). Наприклад, при утриманні худоби на пасовищах кількість споживання води менша, ніж при стійловому утриманні; при механізованому способі прибирання гною витрата води на одну голову худоби збільшується на 4-10 л/добу (Журавель та ін., 2018). Загалом тваринництво є одним із найбільш водозалежних напрямів господарства – на 1 кг м'яса витрачається 5000-15000 л води (Даниляк, 2021).

Недосконала організація прибирання тваринницьких приміщень, утилізації гною й гноївки призводять до забруднення поверхневих і підземних вод (азотні сполуки, фосфати, патогенна мікрофлора – стафілококи, стрептококи, лістерії, кампілобактерії, тощо).

Господарська функція поверхневих вод поєднує в собі різноманітні за змістом запити населення,

для задоволення яких вода може мати неоднакові характеристики і якість. Зрозуміло, що вимоги до якості води, що використовується для вироблення електроенергії чи транспортування вантажів не співпадатимуть із вимогами, яким має відповідати вода, яка використовується для господарсько-питного водопостачання чи сільськогосподарського виробництва, а різні галузі промисловості можуть мати свої специфічні норми щодо її властивостей. Тому в цьому дослідженні обмежимося оглядом лише тих показників, які мають важливе значення для сільськогосподарського виробництва.

Питна вода для тварин має відповідати державним санітарно-гігієнічним стандартам за *фізичними, хімічними і бактеріологічними показниками*. Фізичними показниками води є *температура* (для напування корів – 14-16°C, у технологічних процесах – 37-65°C); *прозорість* (прозора); *каламутність* (не більше 2 мг/л); *кольоровість* (не більше 20° за спеціальною шкалою); *запах* (без стороннього запаху); *присмак* (оцінюється за шкалою від 0 (запах відсутній) до 5 балів (дуже сильний); для напування тварин придатна вода без присмаку (0 балів), з дуже слабким (1 бал) та слабким присмаком (2 бали)).

Вода, що використовується в тваринництві характеризується такими хімічними показниками як *жорсткість* (10-20° – середня жорсткість (1° жорсткості відповідає 10 мг окису кальцію CaO або 14 мг окису магнію MgO в 1 л води)); *сухий залишок* (після випаровування 1 л питної води сухого залишку має бути не більше 1 г); *активна реакція (pH)* (нейтральна або слаболужна реакція (pH – в межах 6,5-8,5)) і *вміст у ній шкідливих речовин* – наприклад, *показник біохімічного споживання кисню (БСК)* (залежить від кількості забруднювачів органічного походження у воді) – кількість розчиненого в 1 л води кисню, що витрачається на окислення органічних речовин за 5 діб зберігання при температурі 18- 20°C. БСК класифікує воду як дуже чисту, коли на окислення органічних речовин бактеріями втрачається 1 мг кисню на 1 л води за 5 днів; чисту – 2 мг; досить чисту – 3 мг; сумнівної чистоти – 5 мг; дуже забруднену – 10 мг) (Мовчан та ін., 2021). Придатна для використання вода має мати БСК, що дорівнює 1-3 мг.

Бактеріологічні показники – *мікробне число* (кількість колоній, що зростають при посіві 1 мл води, на м'ясопептонному агарі після вирощування при температурі 37°C через 24 години; мікробне число не повинно перевищувати 100); *титр кишкової палички (колі-титр)* (це найменший об'єм води (в мл), в якому можна знайти 1 кишкову паличку; придатна для споживання вода має мати коли-титр не нижче 300-350); *колі-індекс* (кількість кишкових паличок в 1 л води; безпечна вода має коли-індекс не більше 3).

Придатність води для зрошення оцінюється за *агрономічними* (вплив води на ґрунти), *екологічними* (на якість продукції рослинництва) і *технічними* (на елементи зрошувальної мережі) *критеріями*. Агрономічні критерії спрямовані на попередження процесів засолення, осолонцювання, злитизації і порушення біологічного режиму ґрунтів і повинні враховувати такі

показники як "... сума токсичних солей в еквівалентах хлорид-іонів (eCl^-), мекв/дм³; величину pH – pNa, тобто воднево-натрієвий термодинамічний потенціал, що характеризує процес підлучення ґрунту; вміст лужності від нормальних карбонатів (CO_3^{2-}) і токсичної лужності ($\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$), мекв/дм³; відношення суми лужних катіонів натрію і калію (мекв/дм³) до суми всіх катіонів (мекв/дм³), %; перевищення концентрації катіону магнію над концентрацією катіону кальцію, мекв/дм³; вміст аніону хлору (Cl^-), мекв/дм³; термодинамічні потенціали; температуру води, °C" (Доценко та ін., 2022, с. 5). *Екологічні критерії* націлені на виявлення можливостей для накопичення шкідливих речовин у рослинах та запобігання негативному впливу на навколишнє природне середовище. До них належать як показники, що у певній кількості необхідні для нормального функціонування агроєкосистеми – *макроелементи* (нітрати амонію); *мікроелементи* (манган, залізо, мідь, бор, кобальт, цинк, молібден) і *фтор*, мг/л; *біохімічне споживання кисню*, мг O_2 /л; так і ті показники, що мають негативний вплив на стан та функціонування агроєкосистеми – *еколого-токсикологічні* (важкі метали (свинець, ртуть, кадмій, селен, миш'як, хром загальний, вісмут, нікель, ванадій), мг/л; пестициди, мг/л; феноли, ціаніди, мг/л; нафта і нафтопродукти, мг/л; детергенти, мг/л); *санітарно-бактеріологічні* (колі-індекс; фаги кишкової палички (індекс колі-фагів); патогенна мікрофлора; життєздатні яйця гельмінтів), *радіоактивні речовини*. *Технічні критерії* визначаються для того, щоб передбачити, як вода для зрошення впливатиме на довговічність елементів гідромеліоративних систем і уникнути таких процесів як замулення, корозія, заростання, біообростання тощо. Для цього мають значення такі показники як *загальна мінералізація*, мг/л (менше 500 – придатна для зрошення, 500-2000 – умовно придатна); *pH* (6-7 – придатна, 7-8 – умовно придатна); *вміст марганцю*, мг/л (менше 0,1 – придатна, 0,1-1,5 – умовно придатна); *вміст заліза*, мг/л (менше 0,2 – придатна, 0,2-1,5 – умовно придатна); *вміст сірководню*, мг/л (менше 0,2 – придатна, 0,2-2,0 – умовно придатна); *кількість популяцій бактерій* (менше 10×10^6 – придатна, 10×10^6 - 50×10^6 – умовно придатна); *індекс стабільності води (або індекс Ланжельє)* (визначає ступінь насичення розчину карбонатом кальцію; нестабільність розчину призводить або до утворення накипу, або до корозії) у межах від – 0,5 до +0,5 – придатна; –0,5 і +0,5 – умовно придатна (Доценко та ін., 2022).

Господарська функція поверхневих вод завжди займала важливе місце у процесі просторового планування. Наявність поверхневих вод, їх кількість і якість значною мірою визначають планування промислових, сільськогосподарських, забудованих, рекреаційних територій, водогосподарських комплексів тощо.

У процесі планування *сільськогосподарських територій*, що використовуватимуться для зрошуваного землеробства, доцільно враховувати властивості ґрунтів, їх склад, величину ємності катіонного обміну тощо, а також якість води та її потенційний вплив на ґрунти

(Доценко та ін., 2022). Корисним для цього може бути показник загальної концентрації токсичних іонів у воді (в еквівалентах хлору), який разом з відомостями про гранулометричний склад ґрунту надають інформацію про небезпеку вторинного засолення ґрунту (Якість природної..., 2016). Найбільшою небезпекою вторинного засолення (за умови підвищених показників концентрації токсичних іонів у зрошуваній воді) характеризуються важкосуглинкові та глинисті ґрунти, найменшою – піщані й супіщані.

При плануванні земель під зрошуване землеробство потрібно враховувати також потенційну небезпеку підлучення ґрунтів, на яку вказують прісні лужні води гідрокарбонатнонатрієвого складу за умови низької буферності ґрунтів проти підлугування, ґрунтові води содового хімізму, що залягають на глибині менше 3 м від поверхні тощо (Доценко та ін., 2022).

Під час планування *промислових, забудованих територій*, як і сільськогосподарських, призначених для тваринництва, необхідно враховувати можливості для якісного очищення стічних вод, розміщення очисних споруд й агрегатів, призначених для знезараження і знешкодження забруднюючих речовин.

Поверхневим водам властива **рекреаційна функція**, оскільки водойми часто є популярними місцями для відпочинку і туризму (наприклад, рафтинг), використовуються для розвитку водних видів спорту, приватного (у т. ч. спортивного) рибальства, а також відіграють важливу культурну й естетичну роль, що впливає на відновлення фізичного та психічного здоров'я населення. На реалізацію цієї функції мають вплив рельєф і гірські породи (наявність чи відсутність пляжів і оглядових майданчиків, ступінь розчленованості території (сприяє розвитку тих чи інших видів відпочинку – наприклад, гірськолижного спорту), визначає естетичну виразність ландшафтів)). Рельєф виступає ключовим чинником при розробці функціонального зонування рекреаційних територій. Такі особливості клімату території як переважаючі вітри і їх швидкість, температурний режим, вологість повітря, кількість і розподіл опадів за порами року, температура повітря і водних поверхонь тощо також мають безпосередній вплив на реалізацію рекреаційної функції поверхневих вод. Рослинність, зокрема наявність чи відсутність лісів, трав'янистих лук, їх видовий склад можуть бути важливим чинником, що впливатиме на естетичне сприйняття території, її наукове, культурне, природоохоронне значення. Наявність лісів на берегах водойми суттєво підвищує рівень її рекреаційної цінності. Тваринний світ підсилює рекреаційну функцію поверхневих вод завдяки біорізноманіттю їхтїофауни, молюсків і ракоподібних, а також водоплавних птахів, які сприяють розвитку рибальства та спортивного мисливства.

Показники, що використовуються з метою планування рекреаційних територій залежать від потенційного виду відпочинку і для організації місць для купання відрізнятимуться від показників, за допомогою яких визначається придатність

акваторії для риболовлі, відпочинку на парусних чи веслових суднах, воднолижного спорту тощо. Наприклад, *показниками*, важливими для організації пляжного відпочинку, є *параметри водного об'єкта* (мінімальна глибина і ширина водойми), гідрологічний, гідрофізикохімічний і гідробіологічний режими, *якість води* за хімічними, мікробіологічними, органолептичними показниками, *концентрація водневих іонів, розчинений кисень, біохімічне споживання кисню, кліматичні характеристики* (температура і вологість повітря, атмосферний тиск, кількість сонячних днів), *рекреаційна ємність* (кількість людей, що можуть перебувати у межах одиниці площі акваторії протягом певного проміжку часу (залежно від виду відпочинку), не призводячи до деградації природного середовища; м² на особу у межах пляжу; м² на особу при купанні тощо), *допустиме рекреаційне навантаження* (кількість відпочиваючих у межах аквального комплексу протягом сезону, яка не призводить до незворотних екологічних змін у його межах), *індекс рекреаційного навантаження* (співвідношення між кількістю постійного населення і довгостроково відпочиваючих), *рекреаційна дисгресія* (порушення біогеоценозу в межах прибережних зон внаслідок рекреаційного використання території), *коефіцієнт рекреації* (відношення площі стежок до загальної площі території, %), *оцінка транспортної доступності* (за віддаленістю від залізничних станцій, автошляхів) (Кепеняк, 2015), *наявність інфраструктури* (Чижевська, 2021), *засміченість території* тощо.

Розвитку рекреаційної функції поверхневих вод сприяє планування природоохоронних, рекреаційних територій і водогосподарських комплексів.

Організація рекреації та туризму в межах *природоохоронних територій* регламентується законодавством, зокрема Законом України "Про природно-заповідний фонд України" (Про природно-заповідний фонд України, 1992) та Положенням про рекреаційну діяльність у межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду України (Положення..., 2022). Плануючи рекреаційне і туристичне використання природоохоронних територій (національних природних і регіональних ландшафтних парків, біосферних заповідників тощо), варто звертати увагу не лише на практичну необхідність облаштування зон для відпочинку (оглядових майданчиків, мангалів, лавочок, смітників, під'їздних доріг, стоянок і т. д.), але й враховувати ландшафтну структуру території, порушені зв'язки між природними компонентами, що в процесі рекреаційно-туристичної діяльності можуть призвести до втрати рекреаційних властивостей території чи акваторії.

Планування *рекреаційних територій* безпосередньо пов'язане зі збереженням рекреаційної функції поверхневих вод не лише за умови, що такі води є джерелом рекреаційного використання, але й опосередковано, як важливий чинник природного середовища, що впливає на естетичне сприйняття території рекреантами. Надмірне рекреаційне навантаження негативно впливає на екологічний стан водойм та суміжних ландшафтних комплексів. Важливою

проблемою залишається забезпечення водопостачання і каналізації рекреаційних зон.

Плануючи *водогосподарські комплекси*, слід пам'ятати про гідрологічну рівновагу і взаємопов'язаність поверхневих вод у межах річкових басейнів. Тому використання вод з рекреаційною метою може мати певні наслідки навіть у віддалених частинах басейну. Спорудження водосховищ сприяє вирішенню багатьох питань – від виробництва гідроенергії, водопостачання, водозабезпечення промисловості й сільського господарства, – до зниження пікових рівнів паводків і повеней та розвитку рекреації (купання, рибальства, водного спорту тощо). Використання акваторій з метою рекреації негативно позначається на їх санітарному стані (забруднення води мікрофлорою людей, внесення кормів для риби тощо), у випадку водосховищ сюди додаються ще й проблеми з цвітінням води, заболоченням берегів, змінами природного режиму річки і т.д.

7. Висновки

Дослідження поверхневих вод для цілей просторового планування повинне ґрунтуватися на принципі взаємозалежності: з одного боку, поверхневі води істотно впливають на морфофункціональну організацію ландшафтних комплексів; з іншого – самі ландшафти детермінують формування та динаміку гідрологічних процесів. Відокремлення й аналіз цих взаємозалежностей становлять методологічну складність, однак можуть відігравати вирішальне значення для прийняття збалансованих рішень у процесі планування територій різного призначення – житлових, промислових, рекреаційних, заповідних тощо.

У ландшафтах поверхневі води виконують цілий ряд функцій, серед яких провідними є ландшафтоформуюча, гідрозбалансовуюча, кліматорегулююча, трансформаційна, транзитна, екосистемна, господарська, рекреаційна. Кожну з них можливо і доцільно інтерпретувати через систему кількісних і якісних показників, запропонованих у межах цього дослідження. З огляду на актуальні завдання просторового планування, пріоритет має надаватися збереженню й підтриманню гідрозбалансовуючої, кліматорегулюючої, екосистемної функцій, тоді як реалізацію трансформаційної й транзитної функцій необхідно обмежувати. У дослідженні представлено положення, які з точки зору авторки, є важливими для підтримання чи обмеження функцій поверхневих вод при плануванні житлових районів, промислових, сільськогосподарських, лісгосподарських, природоохоронних, рекреаційних територій, водогосподарських комплексів тощо.

Опрацьовані методичні положення враховують складну систему взаємозв'язків між компонентами ландшафту та дозволяють здійснювати інтегративну оцінку функцій поверхневих вод у процесі просторового планування. Їх урахування сприятиме формуванню науково обґрунтованих планувальних рішень навіть

за умови неможливості додаткового залучення вузькопрофільних спеціалістів – гідроекологів, гідрохіміків, гідробіологів, екологів і т. д.

У контексті післявоєнної відбудови України питання просторового планування постане особливо гостро, а напрацьований матеріал може стати науковим підґрунтям для відновлення водогосподарської інфраструктури, реабілітації деградованих ландшафтів, а також забезпечення стійкості урбанізованих і сільських територій до кліматичних і техногенних загроз.

ORCID iD

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

Список посилань

- Аксюк, О. М., Гончаренко, Г. А., Грищенко, В. Ф. (2014). *Кадастр снігових лавин України (Карпати, Крим)*. Київ, УкрГМІ.
- Байрак, Г. (2018). *Методи геоморфологічних досліджень: навчальний посібник*. Львів: ЛНУ імені Івана Франка.
- Біланюк, В., Іванов, Є., Тиханович, Є., & Ключник, В. (2014). Функціонування лавинних природних територіальних комплексів Горган. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія Географія*, 1 (36), 67-76.
- Білоус, Л. Ф. (2020). *Біогеографія. Навчальний посібник*. https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2021/06/bilous_biogeography_posibn.pdf
- Васенко, О. Г., Рибалова, О. В., Артем'єв, С. Р., Горбань, Н. С., Коробкова, Г. В., Полозенцева, В. О., Козловська, О. В., Мацак, А. О., & Савічев, А. А. (2015). *Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія*. Харків: НУГЗУ.
- Вишняк, А., Волошина, Н., Дербаль, Ю., Лойко, Л., & Рековець, М. (2011). *Взаємопов'язане планування розвитку громад та лісового господарства: Практичний посібник*. Івано-Франківськ: Фоліант.
- Даниляк, А. (1 квітня 2021). Забруднення водою України. Якого слона в кімнаті українська влада не помічає? *Дзеркало тижня*. <https://zn.ua/ukr/ECOLOGY/dnipro-mohutnij-i-brudnij.html>
- Доценко, В. І., Онопрієнко, Д. М., Запороженченко, В. Ю., & Ткачук, Т. І. (2022). *Оцінка якості води для поливів сільськогосподарських культур: навчальний посібник*. Дніпро: ДДАЕУ, Акцент ПП.
- Журавель, Д. П., Болтянський, Б. В., & Дереза, С. В. (2018). Особливості водопостачання в тваринництві. *Тваринництво сьогодні*, 8, 66-71.
- Кепеняк, Н. М. (2015). *Конструктивно-географічне обґрунтування рекреаційного використання території НПП "Сколівські Бескиди"* (дис. канд. геогр. н.) Львівський національний університет. Львів. https://www.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2016/02/dis_kepeniak.pdf
- Клапчук, М. (2012). Селеві процеси в гірській частині басейну ріки Прут. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 40(2), 9-16.
- Ковальчук, І. П., & Трофімова, О. О. (2014). Прогнозування селів як засіб оптимізації управління сільською небезпечкою гірських регіонів (Ф. В. Зузук, ред.). В *Природа Західного Полісся та прилеглих територій* (с. 80-88). Луцьк: Волинський національний університет ім. Лесі Українки.
- Коржов, В. Л. (2015). Особливості гідрологічної ролі гірських лісових територій у разі виникнення паводків. *Науковий вісник НЛТУ України*, 25(3), 9-16.
- Коцун, Л., Радзій, В., & Коцун, Б. (2021). Моніторинг поширення *Salvinia natans* (L.) All. в річці Турія в межах міста Ковель. *Нотатки сучасної біології*, 1(2), 8-14. <https://doi.org/10.29038/NCBio.21.2.8-14>
- Кравців, В. С., Гринів, Л. С., Копач, М. В., & Кузик, С. П. (1999). *Науково-методичні засади реформування рекреаційної сфери*. Львів: НАН України.
- Куковський, А. Г., Кизима, В. П., & Семчук, П. П. (2016). Виконання робіт по будівництву селезахисних споруд. *Вісник НУВГП. Серія "Технічні науки"*, 1(73), 19-33.
- Мальцев, В. І., Карпова, Г. О., & Зуб, Л. М. (2011). *Визначення якості води методами біоіндикації: науково-методичний посібник*. К.: Науковий центр екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАН України, Недержавна наукова установа Інститут екології (ІНЕКО) Національного екологічного центру України.
- Миллер, Г. П. (1974). *Ландшафтные исследования горных и предгорных территорий*. Львов: Изд-во Львов. ун-та.
- Мізерський, В. (2011). Динамічна геологія (загальна геологія): навчальний посібник. Львів: Вид. Львівського університету ім. І. Франка.
- Мовчан, С. І., Дереза, О. О., Болтянська, Н. І., & Дереза, С. В. (2021). Показники якості води і їх вплив на продуктивність сільськогосподарських тварин (С. І. Мовчан, О. О. Дереза, ред.). В *Меліорація та водовикористання. Професійна освіта: стан та перспективи* (36-40). Якимівка: ДНЗ "Якимівський професійний аграрний ліцей".
- Науково-дослідна установа "Український науково-дослідний інститут екологічних проблем (УКРНДІЕП)". (2020). *Розроблення методики віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод: Звіт про науково-дослідну роботу за темою № 5/1.2-20*.
- Науково-експертний висновок про природні й техногенні причини проходження паводків у листопаді 1998 та березні 2001 років у Закарпатській області (2001). https://tlu.kiev.ua/uploads/media/Nauk-ekspertnij_visn-NAN-18052001.pdf
- Онуфрієв, Я. О. (2015). Розвиток рекреаційних територій в структурі ландшафту Сколівського району Львівської області. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Архітектура*, 816, 143-153.
- Осипчук, С. О. (2005). Еколого-економічна модель сталого розвитку землекористування України на середньострокову перспективу. *Землеустрій і кадастр*, 1, 45-61.
- Павловська, Т. С., Рудик, О. В., & Ковальчук, І. П. (2015). Болотні екосистеми у структурі природно-заповідної мережі Волинської області. *Фізична географія та геоморфологія*, 3(79), 67-77.
- Положення про рекреаційну діяльність у межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду України (2022). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1043-22#Text>
- Про природно-заповідний фонд України. Закон України (1992) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text>
- Проскурняк, М. М. & Андрейчук, В. М. (1998). *Структура закарстованих ландшафтів: Теорія. Методика. Регіональні особливості*. Чернівці, Рута.
- Рибалова, О. В., Артем'єв, С. Р., Сарапіна, М. В., Цимбал, Б. М., Бахарєва, Г. Ю., Шестопалов, О. В., & Філенко, О. М. (2018). Розробка методів оцінки екологічного ризику

погіршення стану поверхневих вод. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 2(10), 4-17.

Руденко, Л. Г. (ред.) (2014). *Ландшафтне планування в Україні*. К.: Реферат.

Рудий, Р., & Підлуська, К. (2011). Морфологічні характеристики шляху снігової лавини. *ISTCGCAP*, 75, 88-92.

Савчук, Д., & Бабицька, О. (2017). Прориви гребель в Україні (А. С. Заришняк, ред.). В *Управління водними ресурсами в умовах змін клімату* (242-243). К.: ТОВ "ЦП "КОМПРИНТ".

Слепньов, О. Е., Ляшенко, А. В., & Маковський, В. В. (2007). Біорізноманіття макрозообентосу верхньої ділянки річки Рось (О. Є. Пахомов, ред.). В *Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах* (106-108). Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ.

Сніжко С., Шевченко О., & Дідовець Ю. (2021). *Аналіз впливу кліматичних змін на водні ресурси України (повний звіт за результатами проекту)*. Центр екологічних ініціатив "Екодія".

Суходольська, І. Л., & Грубінко, В. В. (2021). Основні підходи до оцінювання стійкості водних екосистем. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія Біологія*, 81(3), 55-69.

Тимуляк, Л. М. (2013). *Передгірські урбанізовані ландшафти: структура, функціонування, дослідження для прикладних цілей*. К.: Прінт-Сервіс.

Тимуляк, Л. М. (2011). *Урбанізовані ландшафти Передкарпаття (на прикладі м. Івано-Франківська)* (Автореф. дис. ... канд. геогр. наук). Інститут географії НАНУ. Київ.

Тиханович, Є., & Біланюк, В. (2016). Умови сходження лавин в масиві Чорногора (Українські Карпати). *Вісник Львів. ун-ту. Серія географія*, 50, 359-368.

Третяк, П. Р. (2011). Снігові лавини у лісових ландшафтах Горган (Українські Карпати). *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 9, 147-155.

Хвесик, М. А. & Мандзик, В. М. (2009). Водні ресурси – інвестиція сьогодення і перспектива майбутнього. *Інвестиції: практика та досвід*, 1, 2-8. http://www.investplan.com.ua/pdf/1_2009/3.pdf

Хільчевський, В. К. (2021) Води поверхневі. У *Велика українська енциклопедія*. https://vue.gov.ua/Води_поверхневі

Хоружий, П. Д., Стасюк, С. Р., Харланов, Д. І., Левицька, В. Д., Мосійчук, Я. Б., & Нор, В. В. (2017). Наукові підходи в модернізації систем сільськогосподарського водопостачання і водовідведення в умовах змін клімату (А. С. Заришняк, ред.). В *Управління водними ресурсами в умовах змін клімату* (с. 40-42.). К.: ТОВ "ЦП "КОМПРИНТ".

Чепурний, І. В. (2014). Аналіз умов прояву сульфатного та карбонатного карсту як фактор безпечної експлуатації нафтогазопроводів. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*, 4(53), 89-102.

Чижевська, Л. О. (2021) Науково-методичні засади визначення туристично-рекреаційного потенціалу об'єднаних територіальних громад та їх практична реалізація в проектах просторового планування. *Теорія та практика дизайну*, 22, 1540170. <https://doi.org/10.18372/2415-8151.22.15403>

Чиста вода (б.д.). <https://texty.org.ua/water/>

Шелюк, Ю. С. (2020). *Фітопланктон різномісних водних екосистем Полісся*. (Дис... д-ра. біолог. наук). Житомир.

Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. ДСТУ 2730:2015 (2016). https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1-10395-zahyst_dovkilliya_yakist_pryrodnoyi_vody_dlya_zroshen.pdf

LaChapelle, E. R. (1977). Snow avalanches: A review of current research and applications. *Journal of Glaciology*, 19(81), 313–324. <https://doi.org/10.3189/S00222143000215633>

Langergraber, G., Fleischhacker, S., & Haberl, R. (2004).

Self-purification. In J. W. Delleur (Ed.), *The Water Encyclopedia: Hydrologic Data and Internet Resources* (pp. 834–838). CRC Press. [https://doi.org/10.1016/S0167-5648\(08\)71087-6](https://doi.org/10.1016/S0167-5648(08)71087-6)

Nilsson, G. E., & Renshaw, G. M. C. (2009). Mechanisms and evolution of hypoxia tolerance in fish. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1657), 3071–3077. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.1235>

Papazekou, M., Tsavdaridou, A., Almpandou, V., & Mazaris, A. D. (2022). A river-based approach in reconstructing connectivity among protected areas: Insights and challenges from the Balkan region. *Journal for Nature Conservation*, 66, 126146. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2022.126146>

Закон о водах а о změně některých zákonů (vodní zákon) (2001). <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>

References

- Aksyuk, O. M., Honcharenko, H. A., Hryshchenko, V. F. (2014). *Kadastr snihovykh lavyn Ukrayiny (Karpaty, Krym)* [Avalanche Cadastre of Ukraine (Carpathians, Crimea)]. Kyiv, UkrHMI.
- Bayrak, H. (2018). *Metody heomorphologichnykh doslidzhen': navchal'nyy posibnyk* [Methods of geomorphological research: a textbook]. L'viv: LNU imeni Ivana Franka. [In Ukrainian].
- Bilaniuk, V., Ivanov, Ye., Tykhanovych, Ye., & Klyuynyk, V. (2014). Funktsionuvannya lavynnykh pryrodnykh terytorial'nykh kompleksiv Horhan [Functioning of avalanche natural territorial complexes of Gorgan]. *Naukovi zapysky Ternopil's'koho natsional'noho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatyuka. Seriya Heohrafiya*, 1(36), 67-76. [In Ukrainian].
- Bilous, L. F. (2020). *Bioheohrafiya* [Biogeography]. Navchal'nyy posibnyk [Textbook]. Retrieved from https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2021/06/bilous_biogeography_posibn.pdf [In Ukrainian].
- Chepurnyi, I. V. (2014). Analiz umov proyavu sulfatnoho ta karbonatnoho karstu yak faktor bezpechnoyi ekspluatatsiyi naftohazoprovodiv [Analysis of conditions of sulfate and carbonate karst occurrence as a factor of safe operation of oil and gas pipelines]. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovysch*, 4(53), 89-102. [In Ukrainian].
- Chysta voda (n.d.). [Clean water]. <https://texty.org.ua/water/> [In Ukrainian].
- Chyzhevska, L. O. (2021). Naukovo-metodychni zasady vyznachennya turystychno-rekreatsiynoho potentsialu ob'yednanykh terytorial'nykh hromad ta yikh praktychna realizatsiya v proektakh prostorovoho planuvannya [Scientific and methodological principles for determining the tourism and recreation potential of united territorial communities and its practical implementation in spatial planning projects]. *Teoriya ta praktyka dizaynu*, 22, 1540170. <https://doi.org/10.18372/2415-8151.22.15403> [In Ukrainian].
- Danyliak, A. (2021, April 1). Zabrudnennya vodoyom Ukrayiny. Yakoho slona v kimnati ukrayins'ka vlada ne pomichaye? [Pollution of Ukraine's water bodies. Which elephant in the room does the Ukrainian government not see?]. *Dzerkalo Tyzhnia*. <https://zn.ua/ukr/ECOLOGY/dnipro-mohutnij-i-brudnij.html> [In Ukrainian].
- Dotsenko, V. I., Onoprienko, D. M., Zaporozhchenko, V. Yu., & Tkachuk, T. I. (2022). *Otsinka yakosti vody dlya polyviv sil's'kohospodars'kykh kul'tur: Navchal'nyy posibnyk* [Assessment of water quality for irrigation of agricultural crops: A textbook]. Dnipro: DDAEU, Aktsent PP. [In Ukrainian].
- Kepenyak, N. M. (2015). *Konstruktivno-heohrafichne obgruntuvannya rekreatsiynoho vykorystannya terytoriyi NPP "Skolivs'ki Beskydy"* [Constructive-geographical justification of

- recreational use of the territory of Skolivski Beskydy National Nature Park] (dys. kand. heohr. n.). Lviv National University, Lviv. https://www.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2016/02/dis_kepeniak.pdf [In Ukrainian].
- Khilchevskyi, V. K. (2021). *Vody poverkhnevi* [Surface waters]. In Velyka ukrayins'ka entsyklopediya. https://vue.gov.ua/Води_поверхневі [In Ukrainian].
- Khoruzhyi, P. D., Stasyuk, S. R., Kharlanov, D. I., Levytska, V. D., Mosiichuk, Ya. B., & Nor, V. V. (2017). Naukovi pidkhody v modernizatsiyi system sil's'kohospodars'koho vodopostachannya i vodovidvedennya v umovakh zmin klimatu [Scientific approaches in modernization of agricultural water supply and drainage systems under climate change]. (A. S. Zaryshnyak, Ed.). In *Upravlinnya vodnymi resursamy v umovakh zmin klimatu* (pp. 40-42). Kyiv: TOV "TsP "KOMPRYN". [In Ukrainian].
- Khvesyk, M. A., & Mandzyk, V. M. (2009). Vodni resursy – investytsiya s'ohodennya i perspektyva maybutn'oho [Water resources – investment of today and prospect for the future]. *Investytsiyi: praktyka ta dosvid*, 1, 2-8. http://www.investplan.com.ua/pdf/1_2009/3.pdf [In Ukrainian].
- Klapchuk, M. (2012). Selevi protsesy v hirs'kyi chastyni baseynu riky Prut [Debris flow processes in the mountain part of the Prut River basin]. *Visnyk L'viv's'koho universytetu. Seriya Heohrafična*, 40(2), 9-16. [In Ukrainian].
- Korzhov, V. L. (2015). Osoblyvosti hidrolohichnoyi roli hirs'kykh lisovykh terytoriy u razi vynykennya pavodkiv [Features of the hydrological role of mountain forest areas in the case of floods]. *Naukovy visnyk NLTU Ukrayiny*, 25(3), 9-16. [In Ukrainian].
- Kotsun, L., Radzii, V., & Kotsun, B. (2021). Monitorynh poshyrennya *Salvinia natans* (L.) All. v richtsi Turia v mezhakh mista Kovel' [Monitoring of the spread of *Salvinia natans* (L.) All. in the Turia River within the city of Kovel]. *Notatky suchasnoyi biolohiyi*, 1(2), 8-14. <https://doi.org/10.29038/NCBio.21.2.8-14> [In Ukrainian].
- Kovalchuk, I. P., & Trofimova, O. O. (2014). Prohnozuvannya seliv yak zasib optymizatsiyi upravlinnya sel'ovoyu nebezpekoyu hirs'kykh rehioniv [Prediction of debris flows as a means of optimizing the management of debris-flow hazard in mountain regions] (F. V. Zuzuk, Ed.). In *Pryroda Zakhidnoho Polissya ta prylyhlykh terytoriy* (pp. 80-88). Luts'k: Volyns'kyi natsional'nyy universytet im. Lesi Ukrayinky. [In Ukrainian].
- Kravtsiv, V. S., Hryniv, L. S., Kopach, M. V., & Kuzyk, S. P. (1999). *Naukovo-metodychni zasady reformuvannya rekreatsionoyi sfery* [Scientific and methodological principles of reforming the recreational sphere]. Lviv: NAN Ukrayiny. [In Ukrainian].
- Kukovskyi, A. H., Kyzyma, V. P., & Semchuk, P. P. (2016). Vykonannya robot po budivnytstvu selezakhysnykh sporud [Implementation of works on the construction of debris-flow protection structures]. *Visnyk NUVHP. Seriya "Tekhnichni nauky"*, 1(73), 19-33. [In Ukrainian].
- LaChapelle, E. R. (1977). Snow avalanches: A review of current research and applications. *Journal of Glaciology*, 19(81), 313-324. <https://doi.org/10.3189/S0022143000215633>
- Langergraber, G., Fleischhacker, S., & Haberl, R. (2004). Self-purification. In J. W. Delleur (Ed.), *The Water Encyclopedia: Hydrologic Data and Internet Resources* (pp. 834-838). CRC Press. [https://doi.org/10.1016/S0167-5648\(08\)71087-6](https://doi.org/10.1016/S0167-5648(08)71087-6)
- Maltsev, V. I., Karpova, H. O., & Zub, L. M. (2011). *Vyznachennya yakosti vody metodamy bioindykatsiyi: naukovo-metodychnyy posibnyk* [Determination of water quality by bioindication methods: A scientific-methodical manual]. Kyiv: Naukovyy tseentr ekonomichnoyi ta bioriznomanitny mehapolisu NAN Ukrayiny, Nederzhavna naukova ustanova Instytut ekolohiyi (INEKO) Natsional'noho ekolohichnoho tsentru Ukrayiny. [In Ukrainian].
- Miller, G. P. (1974). *Landshaftnye issledovaniya gornyykh i predgornyykh territoriy* [Landscape studies of mountain and foothill areas]. L'viv: Izd-vo L'viv. un-tu. [In Russian].
- Mizersky, V. (2011). *Dynamichna heolohiya (zahal'na heolohiya): navchal'nyy posibnyk* [Dynamic geology (general geology): A textbook]. Lviv: Lvivs'kyi universytet im. I. Franka. [In Ukrainian].
- Movchan, S. I., Dereza, O. O., Boltianska, N. I., & Dereza, S. V. (2021). Pokaznyky yakosti vody i yikh vplyv na produktyvnist' sil's'kohospodars'kykh tvaryn [Water quality indicators and their impact on the productivity of farm animals] (S. I. Movchan & O. O. Dereza, Eds.). In *Melioratsiya ta vodovokorystannya. Profesiyna osvita: stan ta perspektyvy* (pp. 36-40). Yakymivka: DNZ "Yakymivs'kyi profesiynny ahrarnyy litsey". [In Ukrainian].
- Naukovo-doslidna ustanova "Ukrayins'kyi naukovo-doslidnyy instytut ekolohichnykh problem (UKRNDIEP)". (2020). *Rozroblennya metodyky vidnesennya masyvu poverkhnevyykh vod do odnogo z klasiv ekolohichnoho ta khimichnoho staniv masyvu poverkhnevyykh vod: Zvit pro naukovo-doslidnu robotu za temoyu № 5/1.2-20* [Development of a method for assigning a surface water body to one of the classes of ecological and chemical states of surface water bodies: Research report on topic No. 5/1.2-20]. [In Ukrainian].
- Naukovo-ekspertnyy vysnovok pro pryrodni y tekhnohenni prychny prokhodzhennya pavodkiv u lystopadi 1998 ta berezni 2001 rokiv u Zakarpats'kyi oblasti. (2001). [Scientific expert opinion on natural and technogenic causes of floods in November 1998 and March 2001 in Zakarpattia region]. https://tlu.kiev.ua/uploads/media/Nauk-ekspertnii_visn-NAN-18052001.pdf [In Ukrainian].
- Nilsson, G. E., & Renshaw, G. M. C. (2009). Mechanisms and evolution of hypoxia tolerance in fish. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1657), 3071-3077. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.1235>
- Onufriv, Y. O. (2015). Rozvytok rekreatsionnykh terytoriy v strukturi landshaftu Skolivs'koho rayonu L'vivs'koyi oblasti [Development of recreational areas in the landscape structure of Skole district of Lviv region]. *Visnyk Natsional'noho universytetu "L'vivs'ka politekhnika"*. *Arkhitektura*, 816, 143-153. [In Ukrainian].
- Osipchuk, S. O. (2005). Ekoloho-ekonomichna model' staloho rozvytku zemlekorystuvannya Ukrayiny na seredn'ostrokovu perspektyvu [Ecological and economic model of sustainable land use development of Ukraine for the medium term]. *Zemleustriy i kadastr*, 1, 45-61. [In Ukrainian].
- Papazekou, M., Tsavdaridou, A., Almpandou, V., & Mazaris, A. D. (2022). A river-based approach in reconstructing connectivity among protected areas: Insights and challenges from the Balkan region. *Journal for Nature Conservation*, 66, 126146. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2022.126146>
- Pavlovskaya, T. S., Rudyk, O. V., & Kovalchuk, I. P. (2015). Bolotni ekosystemy u strukturi pryrodno-zapovidnoyi merezhi Volyns'koyi oblasti [Wetland ecosystems in the structure of the nature reserve network of Volyn region]. *Fizychna heohrafiya ta heomorfolohiya*, 3(79), 67-77. [In Ukrainian].
- Polozhennya pro rekreatsionnu diyal'nist' u mezhakh terytoriy ta ob'yektiv pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrayiny [Regulations on recreational activities within the territories and objects of the nature reserve fund of Ukraine]. (2022). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1043-22#Text> [In Ukrainian].
- Pro pryrodno-zapovidnyy fond Ukrayiny. Zakon Ukrayiny [On the nature reserve fund of Ukraine. Law of Ukraine]. (1992). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text> [In Ukrainian].
- Proskurniak, M. M., & Andreychuk, V. M. (1998). *Struktura zakarstovanykh landshaftiv: Teoriya. Metodyka. Rehional'ni*

- osoblyvosti* [Structure of karst landscapes: Theory. Methodology. Regional features]. Chernivtsi: Ruta. [In Ukrainian].
- Rudenko, L. H. (Ed.). (2014). *Landshaftne planuvannya v Ukrayini* [Landscape planning in Ukraine]. Kyiv: Referat. [In Ukrainian].
- Rudy, R., & Pidluska, K. (2011). *Morfologichni kharakterystyky shlyakhu snihovoyi lavyny* [Morphological characteristics of the snow avalanche path]. *ISTCGCAP*, 75, 88-92. [In Ukrainian].
- Rybalova, O. V., Artemiev, S. R., Sarapina, M. V., Tsymbal, B. M., Bakhareva, H. Yu., Shestopalov, O. V., & Filenko, O. M. (2018). Rozrobka metodiv otsinky ekolohichnoho ryzyku pohirshennya stanu poverkhnelykh vod [Development of methods for assessing the ecological risk of deterioration of surface water status]. *Vostochno-Yevropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnolohiy*, 2(10), 4-17. [In Ukrainian].
- Savchuk, D., & Babitska, O. (2017). Proryvy hrebels' v Ukrayini [Dam breaks in Ukraine] (A. S. Zaryshnyak, Ed.). In *Upravlinnya vodnymy resursamy v umovakh zmin klimatu* (pp. 242-243). Kyiv: TOV "TsP "KOMPRYNT". [In Ukrainian].
- Shelyuk, Y. S. (2020). *Fitoplankton riznotypnykh vodnykh ekosystem Polissya* [Phytoplankton of various types of aquatic ecosystems of Polissya]. (DSc dissertation in Biological Sciences). Zhytomyr. [In Ukrainian].
- Slepnev, O. E., Lyashenko, A. V., & Makovskyi, V. V. (2007). Bioriznomanittya makrozoobentosu verkhnoyi dilyanky richky Ros' [Biodiversity of macrozoobenthos in the upper section of the Ros River] (O. Ye. Pakhomov, Ed.). In *Bioriznomanittya ta rol' tvaryn v ekosystemakh* (pp. 106-108). Dnipropetrovs'k: Vyd-vo DNU. [In Ukrainian].
- Snizhko, S., Shevchenko, O., & Didovets, Yu. (2021). *Analiz vplyvu klimatichnykh zmin na vodni resursy Ukrayiny (povnyy zvit za rezul'tatamy proektu)* [Analysis of the impact of climate change on Ukraine's water resources (full project report)]. Tsentr ekolohichnykh initsiatyv "Ekodiya". [In Ukrainian].
- Sukhodolska, I. L., & Grubinko, V. V. (2021). Osnovni pidkhody do otsynuvannya stiykosti vodnykh ekosystem [Main approaches to assessing the resilience of aquatic ecosystems]. *Naukovi zapysky Ternopil's'koho natsional'noho pedahohichnoho universytetu. Seriya Biolohiya*, 81(3), 55-69. [In Ukrainian].
- Tretiak, P. R. (2011). Snihovi lavyny u lisovykh landshaftakh Gorgan (Ukrayins'ki Karpaty) [Snow avalanches in the forest landscapes of Gorgan (Ukrainian Carpathians)]. *Naukovi pratsi Lisivnychoi akademiyi nauk Ukrayiny*, 9, 147-155. [In Ukrainian].
- Tykhanovych, Ye., & Bilaniuk, V. (2016). Umovy skhodzhennya lavyn v masivi Chornohora (Ukrayins'ki Karpaty) [Conditions of avalanche occurrence in the Chornohora massif (Ukrainian Carpathians)]. *Visnyk L'vivs'koho universytetu. Seriya Heohrafiya*, 50, 359-368. [In Ukrainian].
- Tymuliak, L. M. (2011). *Urbanizovani landshafty Peredkarpattya (na prykladi m. Ivano-Frankivs'ka)* [Urbanized landscapes of Precarpathians (Ivano-Frankivsk city case study)]. (Avtoref. dys. ... kand. heohr. nauk). Instytut heohrafiyi NANU. Kyiv. [In Ukrainian].
- Tymuliak, L. M. (2013). *Peredhirs'ki urbanizovani landshafty: struktura, funktsionuvannya, doslidzhennya dlya prykladnykh tsiley* [Foothill urbanized landscapes: structure, functioning, research for applied purposes]. Kyiv: Prynt-Servis. [In Ukrainian].
- Vasenko, O. H., Rybalova, O. V., Artemyev, S. R., Horban, N. S., Korobkova, H. V., Polozentseva, V. O., Kozlovskaya, O. V., Matsak, A. O., & Savichiev, A. A. (2015). *Integral'ni ta kompleksni otsinky stanu navkolysn'oho pryrodnoho seredovishcha: Monohrafiya* [Integral and complex assessments of the state of the environment: A monograph]. Kharkiv: NUGZU. [In Ukrainian].
- Vyshniak, A., Voloshyna, N., Derbal, Yu., Loiko, L., & Rekovets, M. (2011). *Vzayemopov'yazane planuvannya rozvytku hromad ta lisovoho hospodarstva: Praktychnyy posibnyk* [Integrated planning of community development and forestry: A practical guide]. Ivano-Frankivsk: Foliant. [In Ukrainian].
- Yakist' pryrodnoyi vody dlya zroshennya. Ahronomichni kryteriyi. DSTU 2730:2015* [Quality of natural water for irrigation. Agronomic criteria. DSTU 2730:2015] (2016). https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1-10395-zahyst-dovkillya_yakist_pryrodnoyi_vody_dlya_zroshen.pdf [In Ukrainian].
- Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) [Water Act and on amendment of certain acts (Water Act)] (2001). <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254> [In Czech].
- Zhuravel, D. P., Boltianskyi, B. V., & Dereza, S. V. (2018). Osoblyvosti vodopostachannya v tvarynnyts'tvi [Features of water supply in animal husbandry]. *Tvarynnyts'tvo s'ohodni*, 8, 66-71. [In Ukrainian].

Пам'яті Ольги Павлівни Андріяш

In memory of Olga Pavlivna Andriyash



24 травня 2025 року на 89 році життя пішла з життя відомий український геоморфолог, геолог, кандидат географічних наук, доцент географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка Ольга Павлівна АНДРІЯШ.

Ольга Павлівна АНДРІЯШ (10.12.1936, с. Теолін, наразі у Монастирищенській міській громаді Уманського району Черкаської області – 24.05.2025, м. Миронівка Київської області).

У 1958 році закінчила кафедру геоморфології та палеогеографії географічного факультету Київського державного університету імені Т. Г. Шевченка. Після закінчення навчання працювала геологом в “Башкиргеології” та “Артемвуглегеології”. Вступивши до аспірантури досліджувала рельєф та антропогенні відклади Причорноморської низовини, зв'язок похованих неогенових долин з сучасним рельєфом. У 1974 році захистила кандидатську дисертацію на тему “Пліоцен-четвертинна історія розвитку рельєфу Інгулець-Бузького межиріччя (в межах Причорноморської низовини)”.

З 1975 працювала асистентом кафедри та з 1975-1989 старшим науковим співробітником науково-дослідної частини географічного факультету, з 1989-1996 – доцент кафедри геоморфології та палеогеографії географічного факультету.

Ольга Павлівна гідно продовжила стежку геологічної освіти студентів-географів, завдяки їй, через досконалі знання нормативного курсу “Загальна геологія” і саме у її викладанні, студентів-випускників, які присвятили виробниче та наукове життя геології, завжди поважали у середовищі професійних геологів. Викладання нею спецкурсів студентам кафедри геоморфології та палеогеографії, керівництво курсовими та дипломними роботами студентів було справжнім фаховим випробуванням для багатьох випускників кафедри.

Неперевершений педагог та дослідник, Ольга Павлівна залишила незабутній слід в українській географічній освіті та науці. Її вимогливе та доброзичливе ставлення до студентів, надзвичайна людяність і товариськість були і залишаться для нас взірцем у професійному і громадському житті.

Похована Ольга Павлівна у рідному для неї м. Миронівка поряд з батьками та сином.

Теплі спогади про Ольгу Павлівну назавжди залишаться у наших серцях та її багаточисельних учнів.

“Кожен має знати історію свого роду”



Ольга Павлівна Андріяш
Olga Pavlivna Andriyash

Ольга Павлівна багато років викладала в Київському університеті, була доцентом на географічному факультеті. Коли вийшла на пенсію, переїхала в Миронівку до мами. Свою квартиру в столиці продала, а отримані за неї кошти витратила ... на подорожі. Цей її вчинок не всі схвалювали, він справді таки не характерний для нашого менталітету.

Їй хотілось побачити світ, реалізувати свою мрію, як географа. Об'їздила всі скандинавські країни — Фінляндія, Швеція, Норвегія, а ще - Данія, Польща, Німеччина, Бельгія, Франція, Італія, Іспанія, Чехія, Словаччина, Болгарія. Далі Африка - Конго, заповідник Серенгеті. Південно-східна Азія - Індонезія, Балі, Таїланд, південь В'єтнаму...

Вражень від тих подорожей ні з чим не зрівняти. Все матеріальне в порівнянні з враженнями — ніщо. І це, як вважає Ольга Павлівна, в неї від її пращурів.

Хто вони, звідки, що пережили? — їй цікавило завжди. Все, що стосується їхнього роду, дізнавалася з розповідей старших. Береже, як реліквію, вишукане мереживо ручної роботи, вишивки, альбоми з сімейними фотографіями. Дві з них, найдавніші, початку XIX століття, передавалися з покоління в покоління. На них її прапрадід і прапрабабуся. Вони вихідці з Прибалтики. Прапрадід Отто Цилінський був людиною не бідною. Приїхав в Україну і купив земельну ділянку на Полтавщині, в селі Яхники біля Лохвиці. Він займався вирощуванням тютюну. Одружився

з українкою Палагеєю Папей. Розширив згодом своє виробництво. У нього тютюн купляли навіть сини відомого композитора Дунаєвського.

Вдома Цилінські розмовляли польською і німецькою мовою, але прапрадід встановив чітке правило: якщо ми живемо в Україні, то повинні досконало знати українську мову. І дітей своїх їй навчали.

Прадід теж займався тютюном. Дід закінчив Харківський технологічний інститут, працював інженером на ткацькій фабриці і в той же час продовжував родинну справу. Бабуся також була освіченою людиною. Під час навчання пройнялась духом народовольства. І за це була вислана, їй не дозволили працювати в школі. Тому влаштувалась гувернанткою в одну заможну родину. Там вони й познайомились з дідусем. Одружились. Після того — вона почала викладати вже в сільській школі. Згодом народилась донька, а потім і друга — мама Ольги Павлівни. Дід був старшим за бабусю на 24 роки...

Для роботи на тютюнових плантаціях вони наймали сезонних робітниць. Ті дівчата були ровесницями з хазяйськими доньками, тепло ставились одна до одної. На фото, що збереглися в сімейному архіві, не видно різниці — де хазяйська дочка, а де працівниця. Всі одягнуті в українське вбрання. Навіть повсякденне, воно було таким гарним, як святкове.

До речі, до прислуги в родині ставились по-доброму. Ольга з розповідей мами дізналась, як дівка йшла заміж, їй давали корову чи телицю і скриню з вбранням та іншим приданим.

На інших фото моменти відпочинку родини. Вони з гостями ставили театралізовані сценки, виїздили на природу, а ще подорожували Європою, були на Капрі. Звідусіль привозили сувеніри. Серед того, що збереглося до сьогодні - черепашка тридакна.

— Коли розпочалась революція, панство виганялось і звільнялась територія від буржуїв. Та в бабусі і на думці не було їхати з України, - згадує те, що чула колись від неї, Ольга Павлівна.

— Вона пішла в наркомпрос і сказала, що за фахом педагог і може організувати в себе вдома дитячий будинок для безпритульних дітей. І тоді їй дозволили взяти близько 20 діток. Вона не тільки навчала їх грамоти, а й вчила, як працювати на землі - щось садити, полоти, збирати урожай, готувати. Тобто ці діти ставали пристосованими до життя. Окрім того, бабуся ще й керувала хором. Вміла майстерно в'язати мереживо, вишивати. Її скатертини збереглися до наших днів.

Дідусь пішов викладати в професійне училище. Це училище згодом закінчила і мама Ольги Павлівни - стала слюсарем п'ятого розряду.

А потім Цилінським все таки довелося виїхати. їхній будинок націоналізували. На те, щоб зібратись, у них була всього доба. Спочатку дітей відправили подаль з дому, а тоді самі поїхали в глухе село...

Мамі Ольги Павлівни, щоб вступити до Уманського сільськогосподарського інституту, довелося діставати довідку, що вона селянського походження. Там вона і познайомилася з майбутнім чоловіком. Він працював в Теолині Монастирищенського району. Туди направили і її - агронома-ентомолога. Одружились і забрали до себе батьків.

Чоловік був талановитим агрономом. Йому запропонували роботу по створенню бурякорадгоспів для вирощування сировини для Миронівського цукрозаводу. Так родина опинилась у Миронівці. Але переїхали сюди вже без дідуся... Він не дочекався народження онуки Олі.

Мама пішла працювати агрономом-ентомологом, окрім того, була ще й добрим прогнозистом. Ольга Павлівна і досі пам'ятає, як мама їхала в поле конем і донечку брала

з собою. Але це вже було після війни.

Батька забрали в армію у 1939-ому. Потрапив у Другу світову в оточення, потім полон, табір для військовополонених в Чехії. Коли американці розбомбили той табір, його зарахували до частини, яка штурмувала Берлін.

Після війни повернувся в Миронівку і знову працював у бурякорадгоспах. А мама пішла викладати в школу, спочатку у вечірню, а потім у тодішню 22-у, залізничну. Там 7 класів закінчила й Ольга Павлівна.

Згодом сталося жахливе і неочікуване. Один сусід написав на їхню родину донос. Той папір і татову відповідь на нього вона зберегла в домашньому архіві. Батьки тоді приховували це від доньки. У них вдома був обшук і після цього батько відмовився тут працювати. Поїхав у цукротрест писати заяву на звільнення. Але хорошого спеціаліста не схотіли відпускати і направили в сільгоспакадемію, в господарство поблизу Ксаверівки.

Ольга Павлівна поступила на географічний факультет Київського університету. Після закінчення її направили в нинішній Бахмут, а тодішній Артемівськ на роботу в "Артемвуглегеологію. Там і заміж вийшла, теж за геолога. Разом з чоловіком працювали в експедиції. Вона, геоморфолог, пізніше отримає запрошення навчатись в аспірантурі. Наукова робота так привабила Ольгу Павлівну, що навіть незгода чоловіка її не зупинила. Працювала над цікавою темою, досліджувала розвиток рельєфу півдня України протягом останніх 1 млн років. То була титанічна робота. Її було завершено у 1973 році, навіть раніше визначеного терміну. Так і стала викладати, стала доцентом.

Саме через університетську кафедру розшукав вже через роки Ольгу Павлівну Андріяш один краєзнавець. Його зацікавила історія їхньої родини, яку з такою любов'ю береже ця незвичайна жінка.

В цій історії в долях людей відображаються всі події, що відбувались в Україні. В кожному роду є свої таємниці, свої переплетіння життєвих шляхів. Маємо пам'ятати, берегти пам'ять про минуле. Не забувати свого коріння.

За джерелами:

Лисенко В. (2022). Кожен має знати історію свого роду. *Миронівський край*. 11 лист.

Семешенко Т. (12 листопада 2024). *Краєзнавчий марафон*. <https://www.facebook.com/share/p/1BBzqhWyVs/>

**Фізична географія та геоморфологія, Том 48, Вип. 1(129), 2025. Київський національний університет імені
Тараса Шевченка. Науковий журнал. Заснований у 1970 р. Виходить два рази на рік.
Головний редактор: Наталія Герасименко.**

**Physical Geography and Geomorphology, 48, 1(129), 2025. Taras Shevchenko National University of Kyiv.
Scientific journal. Established in 1970. Published twice a year. Editor-in-Chief: Natalia Gerasimenko.**

Затверджено до друку Вченою радою географічного факультету
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
Реєстрація: Ідентифікатор друкованого медіа у Реєстрі суб'єктів у сфері медіа: R30-06505
(Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення
№ 1218'О' від 12.09.2025)
Комп'ютерна верстка – Ольга Ковтонюк
Дизайн обкладинки – Євгеній Рогозін

Формат 60x84/8. Ум.-друк. арк.10,5. Обл.-вид. арк. 10,7. 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.