



ГЕОГРАФІЯ

УДК 911.2+551.578.48; 528.952
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.8.2024.10>

ДОСЛІДЖЕННЯ ГРАДІЄНТА ТЕМПЕРАТУР ВОДИ МІЖ Б'ЄФАМИ ПРИРОДНО-ТЕХНІЧНОЇ ГЕОСИСТЕМИ ДНІСТРОВСЬКОЇ ГАЕС

А. В. Зигар¹

Метою дослідження є з'ясування градієнту температури води між б'єфами Дністровської ГАЕС для майбутньої оцінки його впливу на зміну теплового балансу водойми. Для аналізу натурних методів вивчення впливу природно-технічної геосистеми (ПТГС) Дністровської ГАЕС на динамічні процеси у середовищі її функціонування використовувалася комплексна методика досліджень. Початковий етап включав аналіз результатів попередніх наукових досліджень, що стосувалися впливу інженерних гідротехнічних об'єктів на природне середовище. Це дозволило врахувати попередні висновки та визначити наявні знання в цій галузі. Далі, проводився тереновий (польовий) збір даних, який включав в себе натурні вимірювання та спостереження безпосередньо в зоні функціонування об'єкта дослідження. Водосховища разом з ГЕС та ГАЕС – це надзвичайно потужні природно-технічні, природно-інженерні комплекси. Дослідження таких комплексів перш за все відноситься до сфери конструктивної географії. З географічних позицій це особливі геосистеми, ландшафти, складові річково-басейнових геосистем загалом. Їх дослідження носять міждисциплінарний характер, поєднуючи природничі, соціально-економічні, географічні, геологічні, технічні та інші напрями. Зокрема, вони прямо стосуються планування, проектування та управління відповідними об'єктами. Важливим інструментом сучасних досліджень природно-технічних геосистем є ГІС-технології. Сучасні технології, такі як географічні інформаційні системи (ГІС), супутникові знімки, дистанційне зондування тощо, надають географам нові можливості для збору, аналізу та інтерпретації даних, що допомагає вирішувати складні проблеми більш ефективно. Прикладом застосування інтегрованого підходу у вивченні впливу природно-технічної геосистеми Дністровського каскаду ГЕС та ГАЕС на термодинамічні процеси. Дослідження дають змогу розширити розуміння конкретної проблеми управління антропогенним навантаженням в природно-технічній системі. Аналіз об'єкта, що проектується, як системи, що містить дві найважливіші частини – технічну і природну, робить системний підхід не окрасою, а обов'язковою умовою роботи, природознавця – союзником і поплічником проектувальника. Проектувати, створювати середовище, яке є оптимальним для життя людини, означає проектувати такі системи, конструкції, технології, щоб вони були максимально пов'язані з існуючими взаємозв'язками в природі.

Ключові слова: геоecологія, конструктивна географія, геосистеми, річково-басейнові системи, річково-долинний ландшафт, річкові природно-технічні системи, ландшафтно-технічні системи, ландшафтно-інженерні системи, ГІС-технології, Дністровська ГАЕС, натурні методи.

¹ аспірант географічного факультету
кафедри географії України та регіоналістики
(Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, м. Чернівці)
email: zyhar.andrii@chnu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-3882-8829

A STUDY OF THE WATER TEMPERATURE GRADIENT BETWEEN THE BAYS OF THE NATURAL AND TECHNICAL GEOSYSTEM OF THE DNIESTER PSPP

A. V. Zyhar

The purpose of the study is to investigate the water temperature gradient between the flumes of the Dniester PSPP for the future assessment of its impact on changes in the heat balance of the reservoir. A comprehensive research methodology was used to analyse in-situ methods for studying the impact of the Dniester PSPP natural and technical geosystem on dynamic processes in the environment of its operation. The initial stage included an analysis of the results of previous scientific studies on the impact of hydraulic engineering facilities on the environment. This made it possible to take into account previous findings and identify existing knowledge in this area. Next, we carried out on-site (field) data collection, which included in-situ measurements and observations directly in the area of the study object. Reservoirs, together with HPPs and PSPPs, are extremely powerful natural and technical, natural and engineering complexes. The study of such complexes primarily falls within the scope of constructive geography. From the geographical point of view, these are special geosystems, landscapes, and components of river-basin geosystems in general. Their research is interdisciplinary in nature, combining natural, socio-economic, geographical, geological, technical and other areas. In particular, they are directly related to the planning, design and management of relevant facilities. GIS technologies are an important tool for modern research of natural and technical geosystems. Modern technologies, such as geographic information systems (GIS), satellite imagery, remote sensing, etc., provide geographers with new opportunities for collecting, analysing and interpreting data, which helps to solve complex problems more efficiently. An example of the application of an integrated approach is the study of the impact of the natural and technical geosystem of the Dniester cascade of HPPs and PSPs on thermodynamic processes. The research in this article allows us to expand our understanding of the specific problem of managing anthropogenic load in a natural and technical system. The analysis of the object being designed as a system containing two most important parts – technical and natural – makes the systems approach not a decoration, but a prerequisite for the work of a natural scientist: a geographer, an ecologist – an ally, an associate of the designer. Designing, creating an environment that is optimal for human life means designing such systems, structures, and technologies so that they are as closely related to the existing relationships in nature as possible.

Key words: *geoecology, constructive geography, geosystems, river-basin systems, river-valley landscape, river natural and technical systems, landscape technical systems, landscape engineering systems, GIS technologies, Dniester PSPP, field methods.*

Вступ

Водосховища разом з ГЕС та ГАЕС – це надзвичайно потужні природно-технічні, природно-інженерні комплекси. Дослідження таких комплексів перш за все відноситься до сфери конструктивної географії. З географічних позицій це особливі геосистеми, ландшафти, складові річково-басейнових геосистем загалом. Їх дослідження носять міждисциплінарний характер, поєднуючи природничі, соціально-економічні, географічні, геологічні, технічні та інші напрями. Зокрема, вони прямо стосуються планування, проектування та управління відповідними об'єктами. Важливим інструментом сучасних досліджень природно-технічних геосистем є ГІС-технології.

Завданням Дністровської гідроакумуючої електростанції (ГАЕС) є регулювання пікових навантажень в електричній мережі в такий спосіб: вода закачується з резервуара гідроелектростанції до резервуару гідроакумуючої електростанції, який розта-

шований на висоті 150 м (рис. 1). При цьому споживання електроенергії з мережі відбувається під час низьких робочих навантажень (тобто, в період низької потреби в електроенергії), а спуск води з резервуару через турбіни дає змогу давати електрику під час пікових (максимальних) навантажень (ПрАТ..., 2023).

Необхідність регулювання виробничих навантажень здебільшого визначається низькими маневровими якостями атомних електростанцій (тобто, їхньою здатністю регулювати свій режим виробництва електроенергії). Спочатку в Дністровський гідроенергетичний комплекс входила атомна електростанція, що і послужило причиною включення ГАЕС у цей комплекс. Під час детального розгляду об'єкта в профілі (рис. 2) стає очевидним, що він складається з елементарних компонентів таких як:

- підземний комплекс споруд;
- надземний комплекс споруд.



Рис. 1. Вигляд на Дністровську ГАЕС (Економічна..., 2023).

До надземного комплексу споруд належать:

- верхня водойма;
- водоприймач;
- будівля ГАЕС;
- водовипуск;
- нижня водойма (зарегульована частина р. Дністер).

До підземного комплексу споруд належать:

- напірні підвідні водоводи;
- напірні відвідні водоводи;
- шахта гідроагрегатів;
- дренажні штольні.

Верхнє водосховище разом з водоприймачем (аванкамера), розташовано на плато 125 м вище від рівня р. Дністер і побудоване шляхом виїмки та насипу ґрунту в екран дна і дамб обгородження висотою до 20 м (рис. 3). Загальний об'єм водосховища 41,43 млн м³, площа дзеркала при НІР – 2,61 км² (Мудра, 2017; Про..., 2022). Нижня водойма Дністровської ГАЕС має загальний об'єм 58,10 млн м³, площа дзеркала при НІР – 7,30 км² (Про..., 2022; ПрАТ..., 2023).

Від верхньої водойми до агрегатних шахт будівлі ГАЕС, підходять 7 ниток напірних водоводів кожна нитка яких включає:

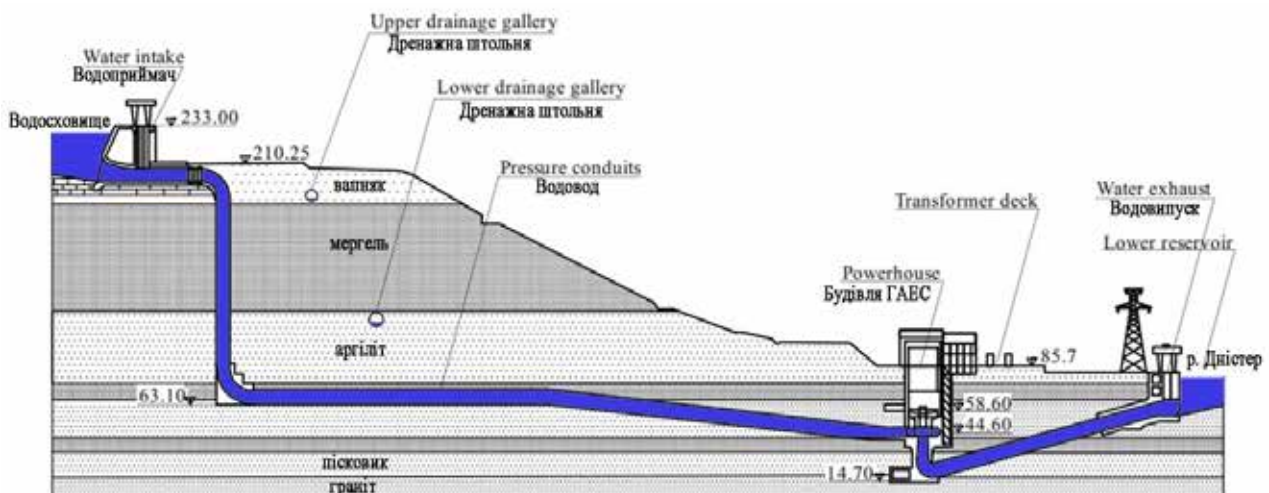


Рис. 2. Поздовжній профіль основних споруд Дністровської ГАЕС (Savchyn & Pronyshyn, 2020)



Рис. 3. Вигляд на верхню водойму Дністровської ГАЕС (ПрАТ..., 2023)

– вертикальна ділянка зі сталобетонним кріпленням заввишки близько 100 м, діаметром 7,5 м.

– горизонтальна ділянка діаметром 7,5 метрів, завдовжки близько 400 м.

Матеріал і методи

Останніми роками актуальність вивчення температурних змін у водних ресурсах помітно зросла на тлі глобальних кліматичних змін та їхнього впливу на екосистеми й енергетику.

Різноманітність методик і підходів, які використовують дослідники по всьому світу, демонструє міжнародне визнання цієї проблематики, а також відмінності в умовах проведення подібних досліджень у різних географічних регіонах. Серед зарубіжних дослідників темою дослідження температури води р. Дністер займалися молдавські вчені (Corobov, 2013; Kovalyshyna, 2021), дослідження націлені на гідроекологічні аспекти фітопланктону та зміни хімічного складу води в р. Дністер внаслідок зміни температурного режиму. Серед вітчизняних дослідників варто згадати (Лобода, 2009; Мудра, 2017; Семанюк і Гриб, 2021), автори пов'язують підвищення температури води у верхів'ях Дністра з глобальним потеплінням. Дослідження температурного балансу ділянки зрегульованого русла нижньої водойми Дністровського каскаду ГЕС та ГАЕС, не проводились.

У період з 2021 по 2022 рік були проведені синхронні заміри температури води, що скидається Дністровською гідроелектростанцією (ГЕС) у буферне водосховище

безпосередньо біля дамби ГЕС, а також температури води у місці водозабору Дністровської гідроакumuлюючої електростанції (ГАЕС) та у верхній водоймі ГАЕС.

За вказаний період було отримано 27309 значень температури, що забезпечує основу даних для детального аналізу градієнтів температур води в зоні експлуатації енергетичного каскаду, даючи змогу глибше та точніше зрозуміти алгоритм формування фонові температури локальної частини р. Дністер. Замір показників температур, проведений в середній течії річки, та на середній глибині водосховища.

Результати

Дністровська гідроакumuлююча електростанція (ГАЕС) розташована нижче за течією від Дністровської гідроелектростанції (ГЕС). У рамках своєї операційної діяльності, Дністровська ГЕС здійснює скидання води з нижніх шарів Дністровського водосховища. У зв'язку зі значною глибиною водосховища, яка сягає 54 метрів, забір води здійснюється з глибоких шарів (Zyhar, 2023; Zyhar et al., 2023).

Це призводить до стабілізації температури води, що скидається, оскільки вода з глибинних шарів характеризується меншими температурними коливаннями, порівняно з поверхневими шарами. У результаті, температура води, що скидається в буферне водосховище, залишається відносно стабільною.

Ця особливість гідрологічного режиму впливає на термічні умови нижнього водо-



Рис. 4. Вигляд на буферну водойму Дністровської ГАЕС (ПрАТ..., 2023)

сховища і, отже, на роботу ГАЕС, розташованої нижче за течією (рис. 5).

Під час дослідження було узагальнено та проілюстровано на графіку, що відображає зміни температури води в буферному водосховищі біля точки водозабору Дністровської гідроакмулюючої електростанції (ГАЕС), а також у верхній водоймі цієї ж станції. Примітно, що впродовж усього періоду спостережень температура води в точці скидання Дністровської гідроелектростанції

(ГЕС) залишалася відносно стабільною і становила 11,3 градуса Цельсія з коливаннями в межах $\pm 0,5$ градуса (рис. 6).

Виходячи з отриманих результатів можна зробити висновок, що різниця температур між верхньою водоймою Дністровської ГАЕС і буферним водосховищем сприяє перемішуванню води в точках скидання і забору ГАЕС.

Це призводить до зниження фонові температури в буферному водосховищі

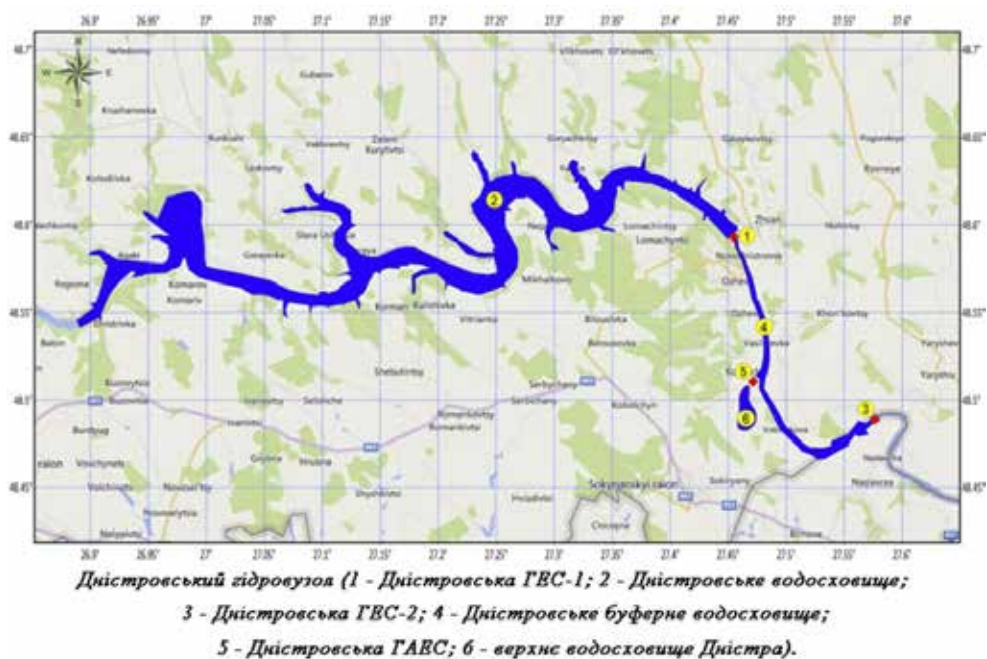


Рис. 5. Мапа розташування об'єктів (Savchyn & Pronyshyn, 2020)

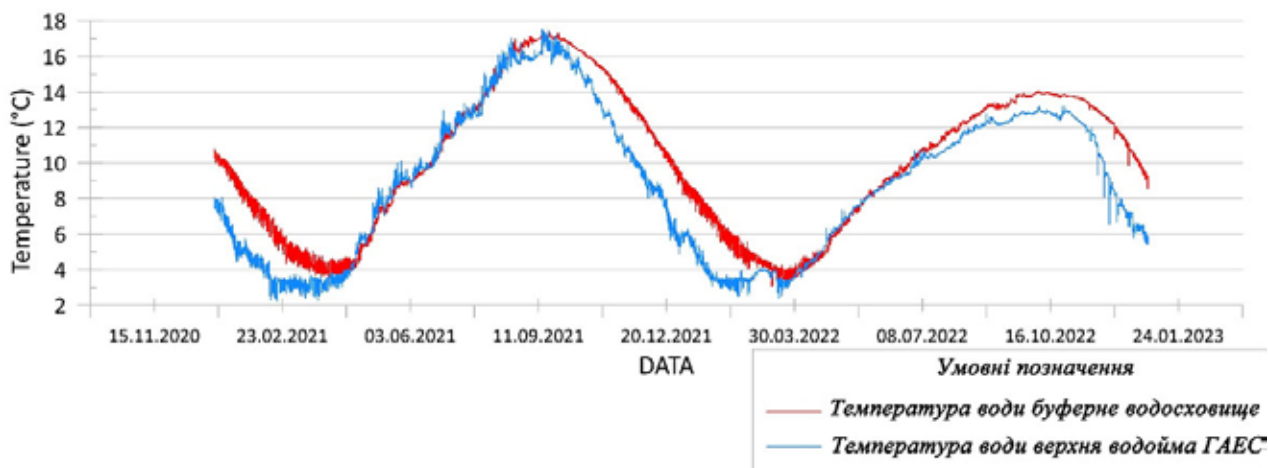


Рис. 6. Графік коливання температури води

впродовж майже всього періоду експерименту. Однак, у літній період температурний градієнт верхньої водойми здатен сприяти незначному підвищенню температури в буферному водосховищі. Ці спостереження підкреслюють важливість урахування температурних градієнтів для розуміння термодинамічних процесів у системі водосховищ ГАЕС.

Для більш переконливої оцінки результатів дослідження також було застосовано ГС-орієнтований підхід (Зацерковний та ін., 2018), заснований на аналізі космічних знімків, отриманих за допомогою місії

Landsat-8 (EarthExplorer..., 2023). Під час цієї роботи було виконано необхідні перетворення та корекції вихідних даних, що дало змогу створити термальну карту досліджуваного регіону (Bala et al., 2020; Zyhar, 2023; Zyhar et al., 2023). Ця карта надає візуальне уявлення про розподіл температур у регіоні, що є важливим доповненням до основного аналізу і сприяє глибшому розумінню термодинамічних процесів у зоні експлуатації каскадів ГЕС та ГАЕС (рис. 7).

На основі аналізу термальної мапи стає очевидною кореляція між космічними знімками та інструментальними вимірюван-

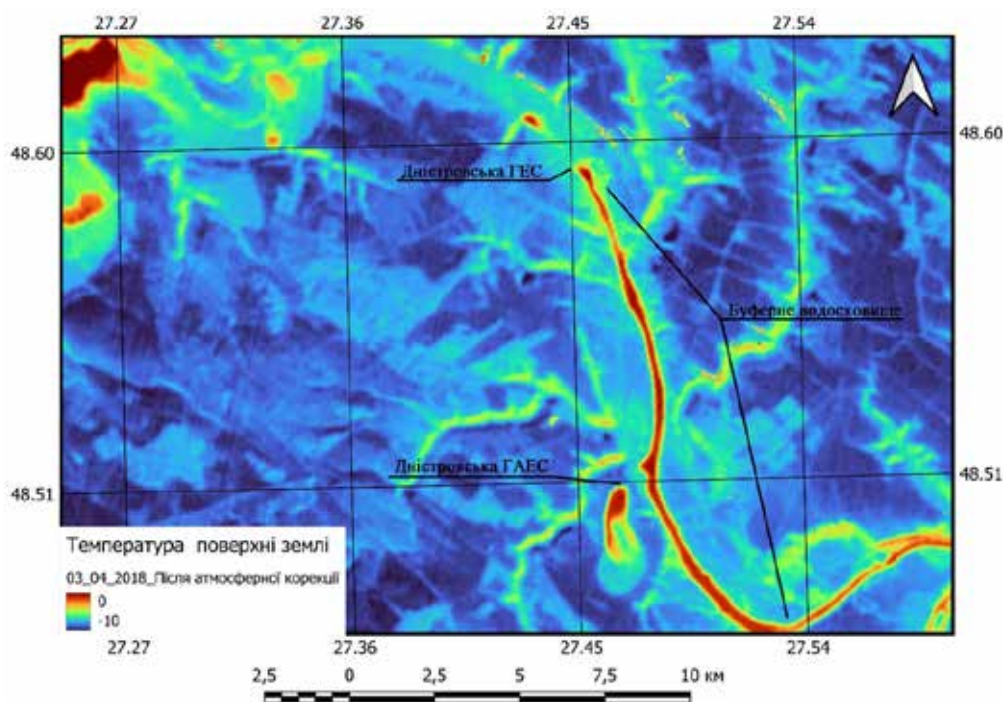


Рис. 7. Термомапа розподілу тепла в зоні експлуатації ГЕС та ГАЕС

нями. Чітко простежується, що у верхній водоймі Дністровської ГАЕС відбувається змішування води, її охолодження, а також дозоване скидання в буферне водосховище. Ці дані підтверджують динамічні процеси у водній системі, що має важливе значення для розуміння теплового балансу в регіоні.

Обговорення

Виходячи з отриманих результатів, можна констатувати, що температурні градієнти між верхньою водоймою Дністровської ГАЕС і буферним водосховищем відіграють ключову роль у процесах перемішування води в точках скидання і водозабору.

Це явище призводить до зниження фонові температури в буферному водосховищі протягом більшої частини експериментального періоду. Однак у літній період температурний градієнт у верхній водоймі сприяє помірному підвищенню температури в буферному водосховищі.

Ці спостереження підкреслюють значущість урахування температурних градієнтів для розуміння термодинамічних процесів у системі водосховищ ГАЕС.

Висновки

Застосування ГС-орієнтованого підходу, що ґрунтується на аналізі даних з місії Landsat-8, дало змогу провести глибокий аналіз термодинамічних процесів у досліджуваному регіоні. Трансформація і корекція первинних супутникових даних призвела до створення термальної карти, яка візуально ілюструє розподіл температур і підтверджує динамічні процеси у водній системі, включно зі змішуванням, охолодженням води і контрольованим скиданням у буферне водосховище.

Це забезпечує цінне доповнення до інструментальних вимірювань, поглиблюючи розуміння впливу температурних умов на екосистему та тепловий баланс у регіоні експлуатації ГЕС і ГАЕС. Примітно, що подібні умови теоретично можуть чинити позитивний вплив на атмосферний термобаланс усього регіону, виступаючи як компенсатор.

Температурний режим води буферного водосховища є прийнятним для зариблення цінних порід лососевих риб, зокрема дзеркальної форелі, що може сприяти економічному розвитку регіону.

Список використаної літератури

Економічна правда. Дністровська ГАЕС стала найбільшою в Європі. *Економічна правда* [Електронний ресурс]. URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2021/12/24/680955/> (дата звернення 16.04.2024).

Зацерковний В.І., Оберемок Н.В., Березіна П.О. Spatial-temporal analysis of the “islands of heat” of the metropolis for satellite images Landsat. *Science-based technologies*. 2018. Vol. 37. № 1. <https://doi.org/10.18372/2310-5461.37.12377>.

Лобода Н., Сіренко А. Вплив глобального потепління на льодовий режим річки Дністер. *Науковий вісник Чернівецького університету*. 2009. № 480 (481). С. 200–204.

Мудра К.В. Відновлення стоку води на гідрологічних постах річки Дністер з метою вивчення його довгоперіодних коливань. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2017. Т. 2. № (45). С. 30–39.

ПрАТ Укргідроенерго. Укргідроенерго – провідна гідрогенеруюча компанія в Україні. *Укргідроенерго* [Електронний ресурс]. URL: <https://uhe.gov.ua/> (дата звернення 16.04.2024).

Про затвердження Правил експлуатації водосховищ Дністровського комплексного гідровузла : Наказ М-ва зах. довкілля та природ. ресурсів України від 27.05.2022 р. № 209 [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0635-22#Text> (дата звернення 16.04.2024).

Семанюк, К.І., Гриб О.М. Оцінка змін абіотичних чинників (об'ємів стоку, рівнів та температур води) гідроекологічного режиму Нижнього Дністра за період з 1945 по 2018 рр. *Матеріали науково-практичної конференції Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт зі спеціальності «Екологія»*. 2021. С. 17–19.

Bala R., Prasad R., Yadav V.P. Thermal sharpening of MODIS land surface temperature using statistical downscaling technique in urban areas. *Theoretical and applied climatology*. 2020. Vol. 141. № 3–4. P. 935–946. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03253-w>.

Corobov R. (ed). Assessment of climate change vulnerability at the local level: a case study on the dniester river basin (moldova). *The scientific world journal*. 2013. Vol. 2013. P. 1–13. <https://doi.org/10.1155/2013/173794>.

EarthExplorer. *EarthExplorer*. [Електронний ресурс] URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата звернення 16.04.2024).

Kovalyshyna S. (ed). Ecological conditions of the lower dniester and some indicators for assessment of the hydropower impact. *Applied sciences*. 2021. Vol. 11. № 21. P. 9900. <https://doi.org/10.3390/app11219900>.

Radkevych A. (ed). Overview of technologies for constructing the facilities at the Dniester pumped storage power station. *Mining of mineral deposits*. 2019. Vol. 13. № 3. P. 31–39. <https://doi.org/10.33271/mining13.03.031>.

Savchyn I., Pronyshyn R. Differentiation of recent local geodynamic and seismic processes of tectonogenic-loaded territories based on the example of Dniester Hydro Power Complex (Ukraine). *Geodesy and geodynamics*. 2020. Vol. 11. № 5. P. 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2020.06.001>.

Zyhar A. (ed). Geodynamics. *Geodynamics*. 2021. Vol. 1 (30). P. 17–24. <https://doi.org/10.23939/jgd2021.01.017>.

Zyhar A. Geodynamics. *Geodynamics*. 2023. Vol. 1 (34). P. 19–27. <https://doi.org/10.23939/jgd2023.01.019>.

Zyhar A., Yushchenko Y., Savchyn I. Geodesy, cartography and aerial photography. *Geodesy, cartography and aerial photography*. 2023. Vol. 97. 2023. № 97. P. 24–31. <https://doi.org/10.23939/istcgcap2023.97.024>.

Zyhar A., Zayats I., Zakrevskyi O. GIS-Oriented approach to analyzing the causes of water displays on hydraulic structures. *International conference of young professionals «geoterrace-2023»*. Lviv, 2023. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023510037>.

References (translated and transliterated)

Ekonomichna pravda. Dnistrovska HAES stala naibilshoiu v Yevropi. [Economic truth. The Dniester PSPP has become the largest in Europe]. *Ekonomichna pravda [Economic truth]*. [Electronic resource] URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2021/12/24/680955/> (access date 16.04.2024) [in Ukrainian].

Zatserkovnyi, V.I., Oberemok, N.V., & Berezina, P.O. (2018). Spatial-temporal analysis of the «islands of heat» of the metropolis for satellite images Landsat. *Science-based technologies*, 37 (1). <https://doi.org/10.18372/2310-5461.37.12377> [in Ukrainian].

Loboda, N., & Sirenko, A. (2009). Vplyv hlobalnoho poteplynnia na lodovyi rezhym richky dnister [The impact of global warming on the ice regime of the Dniester River]. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu [Scientific Bulletin of Chernivtsi University]*, 480 (481), 200–204 [in Ukrainian].

Mudra, K.V. (2017). Vidnovlennia stoku vody na hidrolohichnykh postakh richky Dniester z metoiu vyvchennia yoho dovhoperiodnykh kolyvan [Recovery of water flow at the hydrological stations of the Dniester River to study its long-term fluctuations]. *Hidrolohiiia, hidrokhemiiia i hidroekolohiiia [Hydrology, hydrochemistry and hydroecology]*, 2 (45), 30–39 [in Ukrainian].

PrAT Ukrhydroenerho. Ukrhydroenerho – providna hidroheneruiucha kompaniia v Ukraini [Ukrhydroenergo is a leading hydroelectric generating company in Ukraine]. *Ukrhydroenerho [Ukrhydroenergo]*. [Electronic resource] URL: <https://uhe.gov.ua/> (access date 16.04.2024) [in Ukrainian].

Pro zatverdzhennia Pravyl ekspluatatsii vodoskhovyshch Dnistrovskoho kompleksnoho hidrovuzla : Nakaz M-va zakh. dovkillia ta pryrod. resursiv Ukrainy vid 27.05.2022 r. № 209 [On approval of the Rules for the operation of the reservoirs of the Dniester complex hydroelectric complex: Order of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine of 27.05.2022 r. № 209]. [Electronic resource] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0635-22#Text> (access date 16.04.2024) [in Ukrainian].

Semanyuk, K.I., & Grib, O.M. (2021). Otsinka zmin abiotichnykh chinnikov (oB'emiv stoku, rivniv ta temperatur vodi) gidroekologichnogo rezhimu Nizhn'ogo Dnistra za period z 1945 po 2018 [Assessment of changes in abiotic factors (flow volumes, water levels and temperatures) in the hydroecological regime of the Lower Dniester over the period from 1945 to 2018]. *Materialy naukovopraktychnoyi konferentsiyi Vseukrayins'koho konkursu student-s'kykh naukovykh robot zi spetsial'nosti «Ekolohiia» [Materials of the scientific and practical conference of the All-Ukrainian competition of student scientific papers in the specialty «Ecology»]*, 17–19 [in Ukrainian].

Bala, R., Prasad, R., & Yadav, V.P. (2020). Thermal sharpening of MODIS land surface temperature using statistical downscaling technique in urban areas. *Theoretical and applied climatology*, 141 (3–4), 935–946. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03253-w> [in English].

Corobov, R. (ed.) (2013). Assessment of climate change vulnerability at the local level: a case study on the Dniester river basin (Moldova). *The scientific world journal*, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2013/173794> [in English].

EarthExplorer. *EarthExplorer*. [Electronic resource] URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (access date 16.04.2024) [in English].

Kovalyshyna, S. (ed.) (2021). Ecological conditions of the lower Dniester and some indicators for assessment of the hydropower impact. *Applied sciences*, 11 (21), 9900. <https://doi.org/10.3390/app11219900> [in English].

Radkevych, A. (ed.) (2019). Overview of technologies for constructing the facilities at the Dniester pumped storage power station. *Mining of mineral deposits*, 13 (3), 31–39. <https://doi.org/10.33271/mining13.03.031> [in English].

Savchyn, I., & Pronyshyn, R. (2020). Differentiation of recent local geodynamic and seismic processes of technogenic-loaded territories based on the example of Dniester Hydro Power Complex (Ukraine). *Geodesy and geodynamics*, 11 (5), 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2020.06.001> [in English].

Zyhar A. (ed.) (2021). Geodynamics. *Geodynamics*, 1 (30), 17–24. <https://doi.org/10.23939/jgd2021.01.017> [in English].

Zyhar, A. (2023). Geodynamics. *Geodynamics*, 1 (34), 19–27. <https://doi.org/10.23939/jgd2023.01.019> [in English].

Zyhar, A., Yushchenko, Y., & Savchyn, I. (2023). Geodesy, cartography and aerial photography. *Geodesy, cartography and aerial photography*, 97 (97), 24–31. <https://doi.org/10.23939/istcgcap2023.97.024> [in English].

Zyhar, A., Zayats, I., & Zakrevskyi, O. (2023). GIS-Oriented approach to analyzing the causes of water displays on hydraulic structures. *International conference of young professionals «geoterrace-2023»*. Lviv <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023510037> [in English].

Отримано: 29.04.2024

Прийнято: 10.05.2024