

ЕКОЛОГО-ГІДРОЛОГІЧНИЙ СТАН ХРІННИКІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ТА ШЛЯХИ ЙОГО ПОКРАЩЕННЯ

Мисковець Ірина Ярославівна,

кандидат географічних наук, доцент,
доцент кафедри екології

Луцького національного технічного університету

ORCID ID: 0000-0001-9248-4919

Scopus Author ID: 57445616000

Web of Science Researcher ID: AIB-9267-2022

Внаслідок послідовного використання водних ресурсів проходять значні зміни в гідроекосфері. Створене водосховище змінює річкові екосистеми, надаючи їм прикмети озерних. Непомірне зарегулювання водотоку внаслідок будівництва каскадів ГЕС зумовлює значні екологічні перетворення. В результаті цього порушується гідрологічний режим водотоку, втрачається цілісність річки, виникають екологічні ризики басейну, змінюється якість води тощо. Ці питання стають все більш гострішими і вимагають наукового обґрунтування, а дослідження набувають високої актуальності. Метою дослідження було покращення якості поверхневих вод і зменшення впливу антропогенного на басейн річки Стир, що дозволить стабілізувати гідрологічний режим та його екологічний стан. У дослідженні використано методи як аналізу, так й синтезу, гідрологічної аналогії, математичної статистики, картографії, ГІС-технологій та порівняльної оцінки ландшафтно-екологічних характеристик. Вивчено екологічну ситуацію екосистеми Хрінниківського водосховища, включно з загальним аналізом його характеристик, ерозійної активності берегів водосховища, екологічних ризиків у басейні та небезпеки, пов'язаної з гідрологічними параметрами. Встановлено, що за останні десятиліття водосховище зазнало значних екологічних змін. Створення водосховища порушило геоморфологічний баланс і активізувало ряд геоморфологічних ризиків. Надмірне зарегулювання стоку води внаслідок будівництва каскадів гідроелектростанцій спричинило значні екологічні зміни і в якості води. Внаслідок цього порушується гідрологічний режим стоку, втрачається цілісність річки Стир, утворюється її поділ на окремі екосистеми. У сучасному середовищі якість води залежить не від природних процесів, а від втручання людини в екосистеми. Особливо небезпечним залишається забруднення стічними водами комунальних і сільськогосподарських підприємств. Крім забруднення вод, актуальною проблемою, що потребує вирішення, є сучасна структура землекористування в басейні водосховища, оскільки надмірне сільськогосподарське освоєння значно скоротило площі природних угідь. Виходячи з аналізу екологічних проблем басейну Хрінниківського водосховища, необхідно встановити водоохоронні зони та захисні смуги вздовж усіх берегів водосховища і здійснити на цих територіях інженерно-біотехнічні заходи.

Ключові слова: антропогенні чинники, якість води, ерозійна активність, захисні смуги, водоохоронні зони, гідротехнічна споруда.

Mykovets Iryna. Ecological and hydrological state of the Khrynnikivsk Reservoir and ways to improve it

As a result of the consistent use of water resources, significant changes occur in the hydroecosphere. The created reservoir changes river ecosystems, giving them the characteristics of lakes. Excessive regulation of the water flow due to the construction of HPP cascades causes significant ecological transformations. As a result, the hydrological regime of the water flow is disturbed, the integrity of the river is lost, environmental risks of the basin arise, water quality changes, etc. These issues are becoming increasingly acute and require scientific justification, and research is becoming highly relevant. The purpose of the study was to improve the quality of surface waters and reduce the impact of anthropogenic load on the Styr River basin, which will allow stabilizing the hydrological regime and its ecological state. The study used methods of analysis and synthesis, hydrological analogy, mathematical statistics, cartography, GIS technologies and comparative assessment of landscape and ecological characteristics. The ecological situation of the Khrynniky Reservoir ecosystem was studied, including a general analysis of its characteristics, erosion activity of the reservoir banks, environmental risks in the basin and hazards associated with hydrological parameters. It was established that over the past decades the reservoir has undergone significant ecological changes. The creation of the reservoir has disrupted the geomorphological balance and activated a number of geomorphological risks. Excessive regulation of water flow due to the construction of cascades of hydroelectric power plants has caused significant ecological changes in water quality. As a result, the hydrological regime of the flow is disrupted, the integrity of the Styr River is lost, and its division into separate ecosystems is formed. In the modern environment, water quality depends not on natural processes, but on human intervention in ecosystems. Pollution by wastewater from municipal and agricultural enterprises remains especially dangerous. In addition to water pollution, an urgent problem that needs to be solved is the modern land use structure in the reservoir basin, since excessive agricultural development has significantly reduced the area of natural lands. Based on the analysis of the environmental problems of the Khrynniky Reservoir basin, it is necessary to establish water protection zones and protective strips along all banks of the reservoir and carry out engineering and biotechnical measures in these territories.

Key words: anthropogenic factors, water quality, erosion activity, protective strips, water protection zones, hydraulic structure.

Вступ. Через використання водних ресурсів в гідросфері відбуваються зміни, які можуть впливати на екологічний стан планети. Зокрема, це призводить до виснаження водних запасів, зміни рівнів води, а також порушення природного водного балансу.

Створене водосховище сповна змінює річкові екосистеми, надаючи їм прикмети озерних. Непомірне зарегулювання водотоку внаслідок будівництва каскадів ГЕС зумовлює значні екологічні зміни в довкіллі. В результаті цього порушується режим гідрологічний водотоку, втрачається цілісність річкової системи і вона ділиться на окремі екосистеми.

Територія водосховища є важливою природоохоронною рекреаційною зоною регіонального значення. Створення ландшафтного парку значно покращує імідж цієї місцевості серед туристів і відпочивальників, що, в свою чергу, сприяє розвитку туристичного бізнесу. Крім того, це генерує нові робочі місця для місцевих жителів та підвищує їх усвідомлення щодо меж природокористування, а також забезпечує належний режим охорони парку. Стан водозборів є одним із головних факторів, що визначають водні ресурси, і в таких умовах зростає ризик техногенних катастроф через проблеми з експлуатацією та зношенням технологічного обладнання. Це також вимагає ретельного врахування наслідків реалізації різних проєктів, які можуть ще більше посилити антропогенний вплив на екосистеми водних басейнів. Все це потребує комплексної оцінки басейну водосховища, що за останні десятиріччя зазнав певних змін. Тому ці питання на сучасному етапі набувають особливої актуальності. Наукова новизна полягала в аналізі впливу господарської діяльності на екосистему Хрінниківського водосховища.

Метою роботи є визначення, аналіз та оцінка гео-екологічного стану Хрінниківського водосховища на основі проведених конструктивно-географічних та еколого-гідрологічних досліджень. Це дозволить поліпшити якість води, відновити гідрологічний режим, покращити екологічний стан водосховища та зменшити антропогенне навантаження на його екосистему.

Матеріали і методи досліджень: У роботі використано методи аналізу й синтезу загальної науки, методи гідрології (зокрема, гідрологічної аналогії), математичної статистики, аналізу, картографії, ГІС-технологій та метод порівняльної оцінки ландшафтно-екологічних характеристик. Базу дослідження складають дані (звітні та статистичні) агенства водних ресурсів України, інституту «Волиньводпроект», управління статистики, лабораторії моніторингу вод, Рівненського центру з гідрометеорології та гідрометеорологічної станції Хрінниківської ГЕС (гідроелектростанція), інтернет-ресурси. Для визначення геоморфологічних та гідрологічних особливостей екосистеми водосховища було здійснено аналіз проєктних рішень та актуальних гідрологічних даних, згідно з діючими проєктними і нормативними документами [4, с. 404]. Також проведено дослідження гідрохімічного режиму водосховища та його змін протягом періоду спостережень, на основі даних моніто-

рингу, отриманих у результаті лабораторних аналізів, проведених органами екологічного контролю Рівненської області [3, с. 10].

Стан вивчення проблеми. Аспекти оцінки стану поверхневих вод та їх захисту, раціонального використання були розглянуті як вітчизняними, так і закордонними науковцями, включаючи географів, екологів, гідрологів і т. д. Мікробіологічним станом питної води займався С. Яковлев (1991). Він запропонував розраховувати індекс питної води за групою показників. Концепція класифікації поверхневих вод була розроблена Й. Грибом у 1991 році, а методика оцінки річкових басейнів з водогосподарських позицій - А. Яциком (1992). М. Ганущак, В. Хільчевський, М. Забокрицька, О. Кирилюк, Я. Мольчак, І. Мисковець, С. Панькевич та інші займалися дослідженням проблеми забруднення поверхневих вод у регіоні. Оцінку добротності води Хрінниківського водосховища провів І. Гопчак. У роботі Ю. Власюка та Д. Стефанишина висвітлено розвиток гідроенергетики в Україні, а також розглянуті теоретичні аспекти формування системи управління та удосконалення екологічного механізму водокористування. Оцінка екологічного стану природних водних систем із застосуванням системного підходу розглянута Fedorovsky A.D., Suhanov K. Yu., Yakimchuk V.G. [9, с. 706].

Актуальність теми обумовлена необхідністю покращення гідрологічного режиму Хрінниківського водосховища та його прибережних територій, які використовуються для гідроенергетики, рекреації та рибництва. Ці території мають великий потенціал для розвитку рекреаційного використання. Хрінниківське водосховище, як основний рекреаційний об'єкт для Рівненської та Волинської областей, відчуває вплив господарської діяльності [5, с. 39].

В даний час антропогенна дія на водну екосистему стає все більш багатофакторною і комплексною [5, с. 40]. Річки, безпосередньо, використовуються у господарській діяльності, для водоспоживання, рекреації, рибному господарстві і інше. Інтенсивне використання води призводить до зменшення режиму річок, сприяє заростанню їх водоростями та може зумовити їх повне зникнення. Це викликає практичний інтерес та стає предметом дослідження [6, с. 97; 9, с. 707]. Тому ці питання на сучасному етапі особливо актуальні.

Результати досліджень. Хрінниківське водосховище побудоване у 1959 році у долині р. Стир, з метою виробництва електроенергії, водозабезпечення регіону та розвитку рекреаційного та рибогосподарського потенціалу [4, с. 406]. Проєкт Хрінницького водосховища, в складі гідровузла, виконаний західноукраїнською філією інституту «Гіпросельлектро» в 1953 р. Рівень води у водосховищі, згідно проєкту, становив 188,3 м. В 1959 р. для електропостачання колгоспів Демидівського району була введена в експлуатацію ГЕС. Хрінниківське водосховище (рис. 1) створено на верхній ділянці р. Стир за 380 км від гирла. Площа водосховища становить 20,5 км². Повний об'єм водосховища 45,0 млн. м³ [2, с. 104].



Рис. 1. Хрінниківське водосховище з висоти пташиного польоту

Вода р. Стир є джерелом водопостачання для водосховища, що становить 20,39 млн. м³. Ширина водосховища (максимальна) – 2,5 км, а глибина (максимальна) – 12,0 м. Площа водного зеркала – 6,03 км². Основна частина води, що поступає у водосховище проходить через вхідний створ по річці Стир. Проточність у акваторії водосховища незначна. Всі водотоки, що впадають у водосховище забезпечують водопостачання водосховища на рівні не більше 1–2 % від основного притоку [8, с. 35]. В цілому стік річки Стир та інших водотоків в баланс водних мас Хрінниківського водосховища становлять 97,0 %. З них 95,0 % балансу водних мас, що скидаються, приходить на Хрінниківську ГЕС [8, с. 37].

Відповідно до акту від 28.07.1967 року через інтенсивну зміну берегової лінії на більшій частині водосховища та підтоплення заповідника «Козацькі могили», нормальний підпертий рівень Хрінниківського водосховища був знижений на один метр, до позначки 187,3 м. Такий рівень води зберігався до 1975 року. В результаті цього, у період з 1967 по 1979 рік водосховище не наповнювалось до проектної позначки. У 1994 році, в ході капітального ремонту гідровузла, водосховище було повністю спорожнене до рівня річки, що призвело до значних змін у гідрологічному режимі та екосистемі водосховища. Ці зміни негативно вплинули на навколишнє середовище, зокрема на біорізноманіття прибережних зон та гідрохімічні показники води.

У 1987–1988 роках інститутом Союзгідроводгосп було проведено топографічні вишукування Хрінниківського водосховища з метою уточнення його параметрів і збору вихідних даних для гідрологічних та гідравлічних розрахунків, необхідних для реконструкції гідровузла. При порівнянні отриманих результатів з проектними даними 1953 року було виявлено, що за час експлуатації водосховище зменшилося на 3–4 млн м³ при рівні води 187,3 ± 0,2 м. Це скорочення об'єму пояснюється накопиченням продуктів ерозії берегів та відкладеннями твердих часток, що потрапляють із стічними водами.

Згідно з прогнозами інституту, підвищення рівня водосховища до позначки 188,3 м може спричинити низку негативних наслідків. Зокрема, значно збільшаться об'єми та площі ерозії берегів під впливом хвиль, зросте кількість затоплених лісових та лугових територій, піднімуться ґрунтові води, що призведе до підто-

плення населених пунктів, а також історичних та культурних пам'яток. Крім того, неможливо гарантувати, що при уточненні межі підпору на річці Стир не будуть підтоплені заплавні землі, зокрема на території Львівської області. Тому підняття ґрунтових вод на 1,0 м розглянуто як варіант, який можна буде здійснити тільки після отримання позитивного гідрогеологічного прогнозу.

Довжина водосховища вздовж річки становить 30 км, а його ширина – 600 м. Біля греблі глибина водосховища досягає 6,5 м. Верхня частина водосховища є найвузючою та мілководною, з шириною від 200 до 300 м і глибиною від 0,5 до 1,0 м. У середній частині ширина збільшується до 2,0–2,5 км, а глибина варіюється між 1,5 і 2,0 м. У нижній частині ширина водосховища коливається від 800 до 1200 м, середня глибина – 3,0–3,5 м. Це водосховище відноситься до заплавного типу і розташоване в лісостеповій зоні. Правий берег є похилим, зниженим та плоским, місцями залісненим, тоді як лівий берег характеризується стрімкістю та складним яружно-балковим рельєфом.

У таблицях 1 та 2 наведені характеристики гідротехнічних споруд гідровузла. Основним призначенням Хрінниківського водосховища, введенного в експлуатацію в 1959 році, було забезпечення електроенергії навколишніх населених пунктів [4, с. 406]. На протязі свого функціонування водосховище кілька разів спускалось (спрацьовувалось). Останній раз це було у травні 1989 року, коли провели спрацювання до мертвого об'єму.

Таблиця 1

Характеристика гідротехнічної споруди гідровузла

Споруда	Пропускна здатність, м ³ /с	
	У разі ННП	У разі ФНП
Паводковий водоскид	325	425

Спонукала цьому карстова воронка, діаметром 25 м та глибиною 9 м у нижньому б'єфі, неподалік від греблі. Лише після проведення ремонтних робіт на греблі, водосховище знову наповнили водою (табл. 2).

Потреба в воді для зволоження земель покривається на 100% при забезпеченості водними ресурсами на рівні 75%. Вибір іншого рівня забезпеченості водозбору можливий за умови детального та обґрунтованого розрахунку. Комунальне та промислове водопостачання

Склад і коротка характеристика гідротехнічних споруд гідровузла

Споруда	Місце розташування	Характеристика	Відомча належність
Глуха земляна гребля	Заплава р. Стир с. Хрінники	$l=750\text{м}$, $b=7\text{м}$, $h=9,5\text{м}$	Демидівському комунгоспу
Паводковий водоскид системи Сєнкова	р. Стир, с. Хрінники	$l=39\text{м}$, $h=12,1\text{м}$ 8 водоскидних отворів розміром 5×6 , в тому числі 2 аварійно-ремонтних	6 водоскидних отворів – Демидівському комунгоспу 2 (два) аварійно-ремонтних водоскидні отвори
ГЕС руслового пригреблевого типу	Русло р. Стир, с. Хрінники	Розмір споруди $17,8\times 10\text{м}$. Гідротурбіни – 2 шт. Розрахунковий напір – 4,55 м, Проектна потужність–860кВт	ТОВ "Малий енергетичний комплекс"

забезпечується на 95%. Енергетика забезпечується на 97%, при цьому, коли рівень водосховища опускається нижче 187,3 м, водозабір для РАЕС зменшується з 2,32 м³/с до 1,8–2,12 м³/с, що обумовлено графіками профілактичного ремонту [4, с. 407].

У разі пониження ґрунтових вод до позначки об'єму 184,85 м водоспоживання зменшується на 20 %. Гарантована потужність Хрінниківської ГЕС – 254 кВт забезпечується за середніми зимовими витратами забезпеченістю 90 %, що складає 6,45 м³/с.

У період нересту риби, за винятком випадків пропуску вод під час водопілля та паводків, спрацювання водосховища з інтенсивністю більше 10 см на добу не допускається. Інші вимоги рибного господарства задовольняються в тій частині, що не суперечать вимогам інших учасників водогосподарського комплексу.

Після реконструкції гідровузла водосховище стало використовуватись у комплексному режимі. За останні десятиліття воно зазнало значних екологічних змін. Створення водосховища трансформує похідні процеси та явища в ландшафтах річкової екосистеми. Непропорційне регулювання водного потоку через будівництво каскадів гідроелектростанцій призводить до змін в екосистемі. Це викликає порушення гідрологічного режиму, погіршення води та розподіл водотоку на окремі сегменти, які втрачають свою цілісність. У сучасному середовищі вода (її якість) залежить не від природних процесів, а від втручання в екосистеми антропогенних чинників [7, с. 281]. Особливо небезпечним є забруднення стоками комунальних та сільськогосподарських підприємств.

Генерація води у водосховищі та річці Стир визначається низкою антропогенних факторів. Через непропорційне регулювання водотоку режим річки Стир стає основним джерелом водопостачання. Географічні особливості сприяють формуванню сольового режиму. Рівень водосховища залежить від ландшафтних умов Поліської низовини. Дерново-підзолисті ґрунти та чорноземи забезпечують ґрунтові води мінеральними солями, які живлять річку.

Якість води у водосховищі визначається за сольовим, еколого-санітарним складом, вмістом своєрідних токсичних речовин. У результаті аналізу основних чинників режиму гідрохімічного водосховища та річки Стир у період із 2017 по 2022 роки, значних відхилень від основних досліджуваних показників не встановлено [3, с. 12]. Згідно класифікації за рівнем загальної мінералізації вода водосховища є прісною, олігогалинною, з середнім ступенем мінералізації – 500–1000 мг/дм³ [3, с. 10]. Вода як водосховища, так і у верхів'ї річки Стир належить до гідрокарбонатного класу другого типу кальцієвої групи за йонним складом. За сольовим складом вода відповідає високому класу якості і характеризується як «відмінна», «дуже чиста» [11, с. 4]. Санітарно-гігієнічні показники вказують, що за вмістом азоту вода р. Стир (на всіх контрольних пунктах, окрім с. Набережне) відноситься до категорій «дуже забруднена», «дуже погана». Головною причиною такого стану є інтенсивна евтрофікація [10, с. 17]. Специфічні речовини (мідь, залізо, марганець, цинк) мають назву пріоритетних токсикантів, тому що їх поява в поверхневих водах спричинена природними особливостями і народногосподарським спрямуванням. Зокрема, стоки підприємств хімічної промисловості та використання добрив спричиняють появу сполук міді у воді. Залізо потрапляє з дренажними водами меліоративних систем, а також із стоками різних підприємств [3, с. 97]. Стоки підприємств із виробництва паперу, добрив, підприємств машинобудівної і електротехнічної промисловості, сільськогосподарське використання земель спричиняють появу цинку, який порушує активність ряду ферментів в організмі живих істот, уповільнює темпи їх росту, знижує плодючість [12, с. 360].

Дослідження показали, що відповідно класифікації за рівнем загальної мінералізації вода у водосховищі була з помірним вмістом мінералів (600–650 мг/дм³), а твердість дещо підвищеною, становлячи $6,42 \pm 0,41$ мг-екв/дм³ у водосховищі та $5,45 \pm 0,19$ мг-екв/дм³ у річці Стир [3, с. 10]. Значення рН не демонстрували

різких коливань: у річці воно було нейтральним, а у водосховищі – слабо лужним. Концентрація фосфору та азоту була однаковою, що є характерним для чистої води, за винятком нітратів. Підвищення рівня нітратів пов'язане зі зливом речовин з сільськогосподарських угідь, розташованих на прилеглих територіях. Аналізуючи залежність між розчиненим киснем у воді та її прозорістю, можна побачити, що зниження прозорості призводить до зменшення вмісту кисню. Це пояснюється тим, що в першій половині року накопичуються органічні речовини, а в другій – їх розклад, що спричиняє інтенсивне споживання кисню.

У літній період розчинений кисень у воді на 3-4 метрах може бути критично низьким, що створює загрозу кисневого голодування для риби, що, в свою чергу, може призвести до її масової загибелі (Рис. 2).

Створення водосховища порушило геоморфологічну рівновагу та активізувало ряд геоморфологічних ризиків, а саме: переробку берегів, заболочування, суфозію, підняття ґрунтових вод та зміну фізико-хімічних характеристик ґрунтів, замулення, процеси карсту [5, с. 42].

Особливо активним були процеси абразії (руйнування берега) (Рис. 3), коли зміна геоморфологічних умов призвела до агресивної дії геологічних агентів [3, с. 13].

Перетворення берегів водосховища тривалий час спричинило утворення при їх основі сильного осипно-обвального шлейфу (Рис. 4), надаючи берегам виробленої похилої форми. Це відбулось внаслідок руйнації верхньої частини берегів та нагромадження відкладів у прибережній відміліні. З часом процеси абразії затухають. Однак береги східної та південно-східної орієнтації залишаються динамічними, що пояснюється їх фронтним положенням на шляху вітрових потоків та хвиль [8, с. 44].

Поряд із переробкою берегів, відбувається замулення водосховища. У замулених частинах водосховища річка виробила нове меандруюче русло, де спостерігається значна швидкість течії – до 0,2 м/с. Створення водосховища зумовило поступове підняття ґрунтових вод на 3-4 м, що у знижених частинах надзапленої тераси та високої заплави призвело до утворення боліт (урочище Грабівець, Острів), а також озер (урочище Острів, Шибин) [1, с. 56]. Під час спуску водосховища усі озера трансформувалися у болота. Досить змінилися властивості ґрунтового покриву на прилеглих територіях: характеристики інфільтрації, водного та теплового режиму, активізувалися процеси лімонізації, оглеєння тощо, що сприяє процесам суфозії. Актуальною є проблема карсту під дамбою ГЕС [6, с. 97].

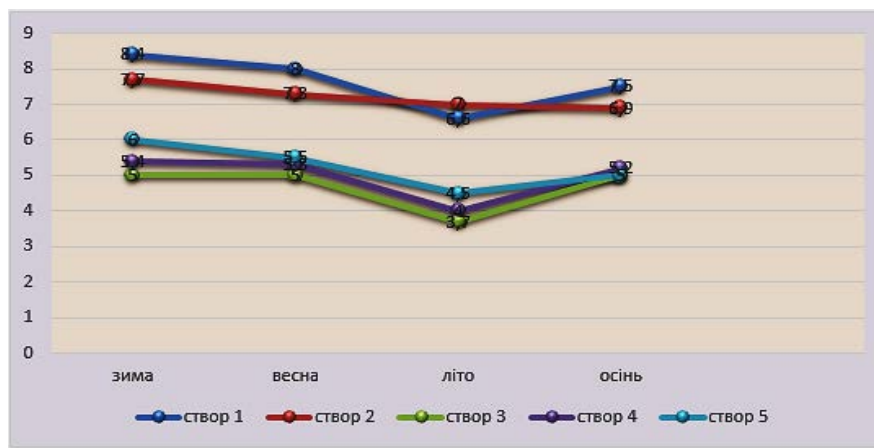


Рис. 2. Динаміка розчиненого у воді кисню у різні пори року, мг/дм³ (2017–2022 роки)



Рис. 3. Абразія берега



Рис. 4. Абразійні береги складені лесовими породами (с. Боремель)

Накопичення вологи призвело до активізації процесів інфільтрації, що загрожує конструкції ГЕС (вже зараз у дамбі виявлені тріщини, зумовлені незначним просіданням). Місто Луцьк, що знаходиться нижче за течією, перебуває у постійній потенційній небезпеці. Для вирішення такої проблеми потрібно створити протикарстові системи, або ж визначити певні адміністративні заходи. Зараз на водосховищі є явна проблема накопичення в товщі води очерету, який погіршує циркуляцію води і становить загрозу для проходу води через шлюзи ГЕС [7, с. 320].

Екологічною проблемою в басейні водосховища є поява несанкціонованих сміттєзвалищ, що зумовлено збільшенням кількості відпочиваючих на водосховищі. Вони є осередком розмноження комах, гризунів, які являються збудниками та переносниками інфекційних захворювань. Несанкціоновані сміттєзвалища шкодять природному середовищу через забруднення шкідливими речовинами повітря, ґрунту, підземних вод. Санітарна норма води, яка пропускається через ГЕС має становити 3,2 м³.

За результатами досліджень вода у водосховищі знизилась на 1 метр від звичайних показників. Мінімально можливий рівень води має показувати відмітку 187,3 м, проте нині цей показник становить 187,2 м. У порівнянні із 2020 роком Хрінниківська ГЕС виробляє електроенергії менше [8, с. 48]. Необхідно приймати додаткові заходи щодо роботи ГЕС. Якщо ж повноцінно виробляти електроенергію, то територія водосховища втратить рекреаційні можливості. Для поліпшення стану екосистеми Хрінниківської ГЕС необхідно розробити та реалізувати комплексний план благоустрою водосховища. Це включає встановлення чітких меж водосховища та проведення інженерно-біотехнічного упорядкування захисних смуг, що дозволить зменшити вплив антропогенних факторів і покращити загальний екологічний стан території. Крім того, важливо вдосконалити роботу водосховища, зокрема забезпечити ефективний захист гідротехнічних споруд від нега-

тивних впливів, таких як наносні відкладення, сміття та лід, що можуть пошкодити конструкції та знижувати їх експлуатаційну ефективність. Важливо також здійснювати постійний моніторинг і проводити регулярне обслуговування всіх споруд з використанням сучасних науково-технічних методів, що дозволить підтримувати високий рівень безпеки та ефективності функціонування гідросистеми в умовах змін клімату та навантаження на водні ресурси.

Висновки. За останні десятиріччя басейн водосховища зазнав суттєвих змін. Через порушення нормальної експлуатації та зношення технологічного обладнання зростає ризик виникнення потенційних катастроф. Створення водосховища порушило геоморфологічну рівновагу, активуючи низку геоморфологічних ризиків, таких як заболочування, суфозія, підняття ґрунтових вод, зміна властивостей ґрунтів, замулення та процеси карсту. У річці було виявлено нейтральне значення рН, а у водосховищі – слабо лужне. Концентрація фосфору та азоту була однаковою, при цьому збільшення рівня нітратів обумовлено зливом з сільськогосподарських угідь, розташованих на прилеглих територіях. Для поліпшення екологічної ситуації необхідно встановити водоохоронні зони та захисні смуги вздовж усіх берегів Хрінниківського водосховища. На цих територіях слід реалізувати заходи з інженерного та біотехнічного упорядкування, що допоможе зменшити антропогенний вплив та відновити екосистему водосховища.

Результати досліджень показують, що вода у водосховищі наразі є доброю, однак у майбутньому ситуація може суттєво погіршитися. Це пов'язано з недбалим використанням об'єкта та гідротехнічних споруд, а також зростанням антропогенного навантаження на водосховище. Для досягнення позитивних змін необхідна активна участь екологічної служби області, працівників Хрінниківської ГЕС, Хрінниківського комунального підприємства «Маївка» та УНДІВЕР.

Цей матеріал може бути використаний як основа для оцінки стану інших відповідних водосховищ.

Література:

1. Водний фонд України: штучні водойми–водосховища і ставки: довідник /за ред. В.К. Хільчевського, В.В. Гребеня. К.: Інтерпрес, 2016, 164 с.
2. Вишневецький В.І. Річки і водойми України. Стан і використання: Монографія. Київ, 2000. 376 с.
3. Гопчак І. В. Екологічна оцінка якості поверхневих вод Хрінниківського водосховища. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2019, № 47 (Ч. 1), С. 9–15.
4. Козак Д.Н. Дослідження на Хрінниківському водоймищі. Археологічні дослідження в Україні 2015. Луцьк : Волинські старожитності, 2016, С. 404–407.
5. Кучерява І.М. Відновлювальна енергетика в світі та Україні, станом на 2019 р. – початок 2020 р. № 1. Київ. 2020. С. 38–44.
6. Мольчак Я.О., Мисковець І.Я., Горбач Л.І. Перспективи формування ефективної еколого–економічної системи водокористування. *Часопис соціально-економічної географії*. 2021. Вип. 30. С. 95–103.
7. Поверхневі води Волині: кол. моногр./Я.О. Мольчак, І.Я. Мисковець, А.М. Вох [та ін.], (за редакцією Мольчака Я.О.), Луцьк: видавництво «Терен». 2019, 344 с.
8. Хрінниківське водосховище. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki>.
9. Fedorovsky A.D., Suhanov K.Yu., Yakimchuk V.G. The estimation of ecological condition of natural water systems with use of system approach / *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. XXXII, Part 7, Budapest, 1998, pp. 706–707.
10. Hnativ R., Cherniuk V., Khirivskyi P., Kachmar N., Lopotych N. Hnativ I. ocesses of natural self–cleaning of small watercourses with increasing anthropogenic load in the Dniester River basin. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. № 24(2), pp. 12–18. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/156914>.

11. Khilchevskiy, V. K., Kurylo, S. M., Zabokrytska, M. R. Long-term fluctuations in the chemical composition of surface waters and climate change. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment* : conference Proceedings, XIV International Scientific Conference (2020) (Vol. 1, pp. 1–5). November, DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202056003>.

12. Mansukh S.Y., Bruce R.J. Zink exchangeability as a function of pH in citric acid - amended. *Soil Science*. 2003. № 5. pp. 356–367.

References:

1. Vodnyy fond Ukrainy: shtuchni vodoymy–vodoskhovyshcha i stavky: dovidnyk. (2016) [Water resources of Ukraine: artificial reservoirs – reservoirs and ponds: a guide ed.] V.K. Khilchevsky, V.V. Grebenya. Kyiv : Interpress, 164 p. [in Ukrainian].

2. Vyshnevskiy, V.I. (2000) Richky i vodoymy Ukrainy. Stan i vykorystannya [Rivers and reservoirs of Ukraine. Condition and usage]. Monograph. Kyiv : Vipol, 376 p. [in Ukrainian].

3. Hopchak, I.V. (2019). Ekolohichna otsinka yakosti poverkhnevyykh vod Khrinnykivs'koho vodoskhovyshcha [Ecological assessment of the quality of surface waters of the Khrinnyky reservoir.] Bulletin of the National University of Water Management and Nature Conservation. No. 47 (Part 1.), pp. 9–15. [in Ukrainian].

4. Kozak, D.N. (2016). Doslidzhennya na Khrinnykivs'komu vodoymyshchi [Research on the Khrinnyky reservoir. Archaeological research in Ukraine 2015]. Lutsk : Volynskii starozhitnosti, pp. 404–407. [in Ukrainian].

5. Kucheryava, I.M. (2020). Vidnovlyuval'na enerhetyka v sviti ta Ukraini [Renewable energy in the world and Ukraine, as of 2019 – early, 2020].No. 1. Kyiv. pp. 38–44. [in Ukrainian].

6. Molchak, Ya.O., Myskovets, I.Ya., Gorbach, L.I. (2021) Prospects for the formation of an effective ecological and economic system of water use. *Human Geography Journal*. 30, pp. 95–103. [in Ukrainian].

7. Poverkhnevi vody Volyni [Surface waters of Volyn:] Col. Monograph Ya.O. Molchak, I.Ya. Myskovets, A.M. Voh (2019). [and others], (edited by Molchak Ya.O.), Lutsk : Teren Publishing House., 344 p. [in Ukrainian].

8. Khrinnykivs'ke vodoskhovyshche. [Khrinnyky Reservoir]. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki> [in Ukrainian].

9. Fedorovsky, A.D., Suhanov, K.Yu., Yakimchuk, V.G.(1998), The estimation of ecological condition of natural water systems with use of system approach / International Archives of Photogrammetry and Remote Sensung. Vol. XXXII, Part 7, Budapest, pp. 706–707 [in Hungarian].

10. Hnativ, R., Cherniuk, V., Khirivskiy, P., Kachmar, N., Lopotych, N., Hnativ I. (2023). Processes of natural self-cleaning of small watercourses with increasing anthropogenic load in the Dniester River basin. *Journal of Ecological Engineering*. №24(2), pp. 12–18. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/156914>.

11. Khilchevskiy, V. K., Kurylo, S. M., Zabokrytska, M. R. (2020) Long-term fluctuations in the chemical composition of surface waters and climate change. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment* : conference Proceedings, XIV International Scientific Conference (Vol. 1, pp. 1–5). November, DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202056003>. [in Ukrainian].

12. Mansukh, S.Y., Bruce, R.J. (2023). Obminna zdatnist' tsynku yak funktsiya pH u lymonniy kysloti. [Zink exchangeability as a function of pH in citric acid-amended]. *Soil Science*. № 5. pp. 356–367. [in Bulgarian].