



# Водна безпека: сьогодення та майбутнє

Тези науково-практичної  
студентської конференції,  
присвяченої Всесвітньому дню води

27 березня 2026 року

м. Дніпро

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**РЕГІОНАЛЬНИЙ ОФІС ВОДНИХ РЕСУРСІВ У  
ДНІПРОПЕТРОВСЬКІЙ ОБЛАСТІ**



**Факультет водогосподарської інженерії  
та екології  
Кафедра цивільної інженерії, технології будівництва та захисту  
довкілля**



## *Водна безпека: сьогоднішня та майбутня*

**Тези науково-практичної студентської конференції,  
присвяченої Всесвітньому дню води  
27 березня 2026 року**

**м. Дніпро, 2026**

*Водна безпека: сьогодні та майбутнє: Тези науково-практичної студентської конференції, присвяченої Всесвітньому дню води. (Дніпро, 27 березня 2026 р.). Дніпро: ДДАЕУ, 2026. 42 с. (Електронне видання).*

Збірник тез містить студентські наукові дослідження, які проведені самостійно або разом з науковцями у напрямках технологій захисту гідросфери, атмосфери, літосфери і біосфери, запобігання екологічній небезпеці при експлуатації гідротехнічних споруд, раціонального використання та зберігання водних ресурсів, гідротехнічного та цивільного будівництва.

Матеріали друкуються за редакцією авторів.

Рекомендовано організаційним комітетом до публікації у вигляді електронного видання.

© Дніпровський державний аграрно-економічний університет, 2026

Фото на обкладинці – травертинові озера Памуккале, Туреччина

## ЗМІСТ

<b>Ананьєва Т. В., Онищенко А. С.</b> Ефективність роботи очисних споруд системи водовідведення міста Павлоград.....	5
<b>Якименко Є.В., Михалевич С.С., Грицан Ю.І., Непошивайленко Н.О.</b> Еколого-гідрохімічна оцінка стану меліоративної системи міста Кам'янське.....	7
<b>Гапич Г.В., Коваленко В.В., Нечай Д.О.</b> Водно-балансовий моніторинг ставка засобами дистанційного зондування Землі.....	9
<b>Доценко В.І., Запорожченко В.Ю.</b> Просторово-часова оцінка якості води за вмістом хлору в системі каналу Дніпро-Донбас.....	11
<b>Коваленко В.В., Запорожченко В.Ю., Жура С.В.</b> Дослідження зневоднення ставків в басейні балки Вербова притоки Янчура.....	13
<b>Коваленко В.В., Рудаков Л.М., Сміюха Д.С.</b> Аналіз гідрологічного режиму ставка за використання даних ДЗЗ.....	15
<b>Магазінов Б.А., Кацевич В.В., Ткачук А.В.</b> Якість підземних вод сільських територій Криворізького залізорудного басейну: оцінка та екологічні ризики.....	17
<b>Мігура В.О., Яковенко В.М.</b> Використання засобів дистанційного зондування Землі для дослідження екологічних наслідків руйнації Каховської ГЕС.....	19
<b>Твердохліб А.В., Яковенко В.М.</b> Екологічний стан території колишнього Каховського водосховища.....	21
<b>Шпак Н.Ю.</b> Екологічно безпечне водокористування та водовідведення для селища Кушугум.....	23
<b>Nazarenko M.M., Izhboldin O.O.</b> Rational use of water sources in cultivation of modern winter wheat varieties.....	25
<b>Булейко А.А.</b> Визначення гідро-екологічних показників та збереження водних ресурсів України.....	27
<b>Пікареня Д.С., Орлінська О.В.</b> Використання води при ручній розробці корисних копалин.....	29
<b>Пікінер Л.Ю.</b> Стратегія нульового забруднення водних об'єктів для Слобожанської ОТГ.....	31
<b>Середа В.В.</b> Раціональне використання та збереження водних ресурсів: законодавче регулювання, технологічні рішення та управлінські виклики.....	33
<b>ТКАЧУК Andriy, ТКАЧУК Polina.</b> Artificial intelligence in environmental monitoring during war.....	36
<b>Макаров А.В., Макарова Т.К.</b> Сучасні методи контролю за станом будівельних конструкцій гідротехнічних споруд.....	39
<b>Гапич Г.В., Березніков Д.О., Дмитрієв І.В.</b> Технологічні інновації ПРАТ «ОРІЛЬ-ЛІДЕР» у контексті сталого розвитку.....	41

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ОЧИСНИХ СПОРУД СИСТЕМИ ВОДОВІДВЕДЕННЯ МІСТА ПАВЛОГРАД**

**Ананьєва Т. В.**, к.б.н., доцентка,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
[ananieva.t.v@dsau.dp.ua](mailto:ananieva.t.v@dsau.dp.ua)

**Онищенко А. С.**, головний спеціаліст-еколог,  
*Управління комунального господарства та будівництва  
Павлоградської міської ради,*  
[alenaonisenko5@gmail.com](mailto:alenaonisenko5@gmail.com)

Недосконале очищення стічних вод, які надходять до каналізаційно-очисних споруд міста від споживачів, промисловості та зливових вод безпосередньо впливає на природні водойми, в які здійснюється скид вже очищених стоків, та на життєдіяльність гідробіонтів. В результаті забруднення природних водойм відбувається скорочення обсягів та зниження якості питної води, виникають загрози погіршення стану здоров'я населення. Збір, очищення та обеззараження комунальних стічних вод є важливою умовою для створення здорового середовища існування в місті.

У зв'язку з цим проаналізували ефективність роботи каналізаційно-очисних споруд міста Павлограда на підставі результатів лабораторного дослідження хімічного складу стічних вод після кожного етапу очищення. Експлуатацію та надання послуг з централізованого водовідведення міста здійснює КП «Павлоградводоканал».

До складу системи водовідведення входять 21 каналізаційна насосна станція (проектна потужність – 52,6 тис. м<sup>3</sup>/рік; фактична у 2025 р. – 5,8 тис. м<sup>3</sup>/рік); каналізаційні очисні споруди, збудовані у 1983 році (проектна потужність – 15,22 тис. м<sup>3</sup>/рік); розподільна каналізаційна мережа загальною протяжністю 263,4 км. Технологічна схема знезараження забруднених стоків вміщує блок механічного очищення, блок біологічного очищення та блок обробки утворюваних при очищенні осадів. Стічні води з 5-ти трубопроводів надходять до приймальної камери для зменшення тиску, далі по лотку на решітку дробарку, де відбувається вловлення великих частинок забруднень. У подальшому стоки надходять до пісковловлювача, де здійснюються осадження та видалення піщаних частинок, після – до розподільчої камери і після відстоювання надходять у первинні радіальні відстійники. Після видалення осаду стоки надходять до блоку біологічного очищення на аеротенки, де за допомогою мікроорганізмів відбувається регенерація активного мулу. Після аеротенків стоки потрапляють до вторинних відстійників для видалення осаду, який не видалився на попередніх етапах очищення, потім – до камери знезараження рідким хлором. Після остаточного знезараження здійснюється спуск вже очищених стічних вод до р. Гніздка.

Контроль хімічного складу стічних вод, відбір проб та їх дослідження здійснювали у спеціально акредитованій лабораторії КП «Павлоградводоканал». Відбір проб стічних вод здійснювався згідно з Законом України «Про водовідведення та очищення стічних вод» від 12.01.2023 №2887-ІХ. Відповідність стічної води визначали шляхом порівняння отриманих у лабораторії показників зі встановленими нормативами, які зазначені у «Правилах приймання стічних вод до системи централізованого водовідведення м. Павлограда».

Згідно результатів аналізів за останні три роки очисні каналізаційні споруди міста фактично не дозволяли досягти встановлених нормативів для скиду стічних вод у водойми за основними показниками: вміст азоту амонійного перевищував ГДС на 2,53 мг/дм<sup>3</sup>; вміст нітратів – на 2,6 мг/дм<sup>3</sup>; вміст фосфатів – на 4,0 мг/дм<sup>3</sup>, вміст хлоридів – на 6,3 мг/дм<sup>3</sup>; показник завислих речовин перевищував ГДС на 14,0 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальні показники БСК<sub>5</sub> коливалися в межах встановлених норм, а у 2025 році перевищували їх. Максимальні значення концентрації нафтопродуктів перевищували ГДС на 0,50 мг/дм<sup>3</sup>, СПАР – на 0,28 мг/дм<sup>3</sup>, заліза загального – на 0,08 мг/дм<sup>3</sup>.

Таким чином, ефективність каналізаційних очисних споруд не досягає запроєктованої, тому у плані міста Павлоград необхідно обов'язково передбачити проведення реконструкції очисних та каналізаційних споруд і впровадження більш досконалих методів знезараження стічних вод, що надходять до системи водовідведення для підвищення ефективності та надійності їх роботи з метою виконання встановлених ГДС для очищених стоків.

При реконструкції очисних споруд передбачається збереження повної біологічної очистки стічних вод, заміна застарілого та виведеного з роботи обладнання для підвищення ефективності біологічної очистки. Необхідно видаляти із стічних вод великі грубодисперсні включення шляхом встановлення механізованої решітки ЕКОТОН в обвідному каналі з улаштуванням навісу. Блок пісковловлювачів потребує виконання робіт з заміни щитових затворів на підвідних та відвідних лотках, а також встановлення занурювальних насосних агрегатів. Для забезпечення безперебійної роботи насосної станції необхідно здійснити заміну насосного обладнання та технологічних трубопроводів і арматури. Необхідно передбачити повну заміну та ремонт насосів, турбоповітрянодувних агрегатів, пошкодженої та застарілої арматури та трубопроводів для насосної станції, машинної зали НС та насосно-повітряної станції. Непридатність обладнання хлораторної та застарілість методів обеззараження очищеної стічної води обумовлює необхідність передбачення заходів з реконструкції та проведення обеззараження за допомогою УФ-випромінювання та розчину гіпохлориду натрію.

## ЕКОЛОГО-ГІДРОХІМІЧНА ОЦІНКА СТАНУ МЕЛІОРАТИВНОЇ СИСТЕМИ МІСТА КАМ'ЯНСЬКЕ

**Якименко Є.В.**, здобувач вищої освіти,  
*Дніпровський державний технічний університет,*  
[y.elizavetta201@gmail.com](mailto:y.elizavetta201@gmail.com)

**Михалевич С.С.**, здобувач вищої освіти,  
*Дніпровський державний технічний університет,*  
[sofia.mikhalevich@gmail.com](mailto:sofia.mikhalevich@gmail.com)

**Грицан Ю.І.**, д.б.н., професор,  
*Дніпровський державний технічний університет,*  
[gritsan@i.ua](mailto:gritsan@i.ua)

**Непошивайленко Н.О.** к.т.н., доцент,  
*Дніпровський державний технічний університет,*  
[nna2013@ukr.net](mailto:nna2013@ukr.net)

Місто Кам'янське є одним з найбільших промислових центрів Дніпропетровської області, де зосереджені підприємства металургійної та хімічної промисловості. Це зумовлює значне техногенне навантаження на всі компоненти довкілля, особливо на водні об'єкти. Зливово-меліоративна система міста, яка призначена для збору та відведення дощових, талих і дренажних вод, є важливим елементом міської інфраструктури. Скид неочищених або недостатньо очищених вод з цієї системи безпосередньо впливає на гідрохімічний стан р. Дніпро. Незважаючи на існуючі нормативи якості води, меліоративна система міста залишається потенційним джерелом забруднення, що потребує постійного моніторингу.

Метою роботи є оцінка сучасного еколого-гідрохімічного стану меліоративної системи міста Кам'янське шляхом визначення просторово-часової динаміки ключових фізико-хімічних показників (рН, температури, вмісту розчиненого кисню, електропровідності).

Дослідження проводились протягом літнього та осіннього періодів 2025 року на трьох ключових ділянках меліоративної системи м. Кам'янське: вул. Широка, вул. Колеусівська та в районі Насосної станції. Вимірювання виконувались за допомогою портативного багатопараметричного пристрою AZ-86032, який дозволяє визначати рН, температуру, розчинений кисень та електропровідність.

В результаті дослідження встановлено суттєву неоднорідність гідрохімічних показників у просторовому аспекті. Температура води була типовою та не відрізнялася між точками спостереження для кожного сезону. Значення рН знаходились у межах допустимих для природних вод (6,5–8,5) для всіх точок спостереження для кожного сезону.

Найбільш показовими виявилися результати вимірювання вмісту розчиненого кисню (DO) та електропровідності (ЕС). На рис. 1 наведено порівняння концентрації кисню на досліджуваних ділянках у літній та

осінній періоді. Критично низький рівень DO (2,17 мг/л) зафіксовано влітку на Насосній станції, що значно нижче нормативу (не менше 4 мг/л) і свідчить про інтенсивні процеси органічного забруднення та розкладання. На вул. Колеусівській влітку вміст кисню також був зниженим (3,50 мг/л).

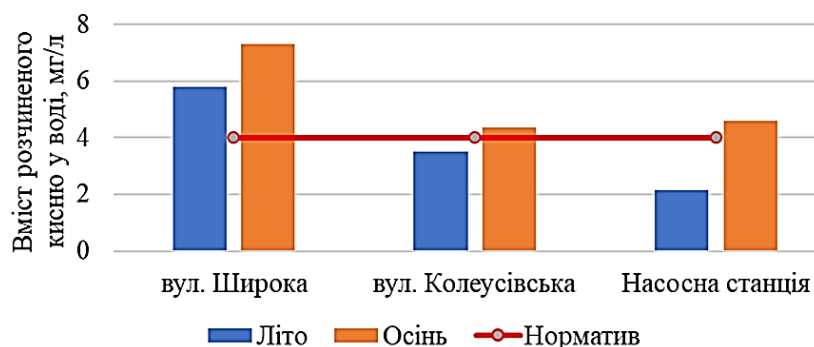


Рис. 1. Вміст розчиненого кисню у воді меліоративної системи м. Кам'янське, мг/л

Електропровідність (рис. 2) є індикатором мінерального забруднення. На вул. Колеусівській та Насосній станції показники ЕС стабільно високі (від 934 до 1046 мкСм/см), що перевищує значення, характерні для умовно чистих ділянок (вул. Широка – 464÷503 мкСм/см). Це свідчить про значне надходження розчинених солей техногенного походження.

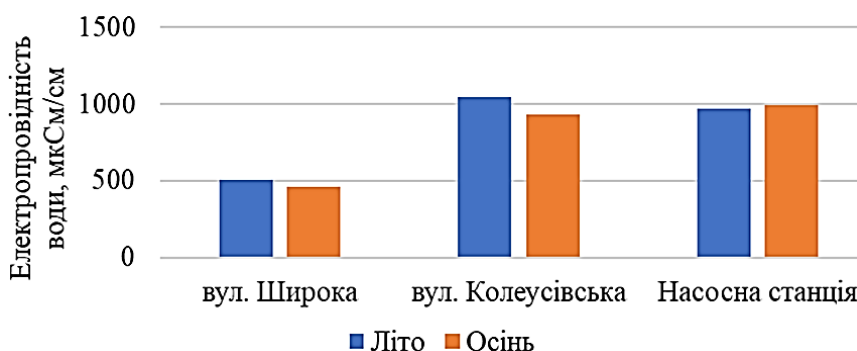


Рис. 2. Електропровідність води меліоративної системи м. Кам'янське, мкСм/см

Підвищена електропровідність у поєднанні з низьким вмістом кисню створює несприятливі умови для гідробіонтів та погіршує загальний екологічний стан гідросистеми.

Проведені дослідження виявили незадовільний екологічний стан окремих ділянок меліоративної системи м. Кам'янське. Найбільш напружена ситуація спостерігається на Насосній станції (гострий дефіцит кисню) та по вул. Колеусівській (висока мінералізація). Проведені дослідження свідчать про значне антропогенне навантаження на гідросистему, її занедбаність та неефективність водообміну, що може призводити до надходження забруднюючих речовин у р. Дніпро. Для стабілізації ситуації необхідне проведення розчищення каналів, модернізація насосного обладнання, виявлення та ліквідація несанкціонованих скидів, а також запровадження регулярного моніторингу якості води за розширеним переліком показників.

## ВОДНО-БАЛАНСОВИЙ МОНІТОРИНГ СТАВКА ЗАСОБАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

**Гапіч Г.В.**, к.т.н., доцент,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
[hapich.h.v@dsau.dp.ua](mailto:hapich.h.v@dsau.dp.ua),  
**Коваленко В.В.**, к.с.-г.н., доцент,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
**Нечай Д.О.**, здобувач вищої освіти,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

Управління водними ресурсами малих водойм, особливо рибогосподарського призначення, суттєво ускладнилось в сучасних умовах змін клімату. Водний баланс ставків та малих водосховищ має тенденції до зменшення. Така зміна гідрологічного режиму часто унеможлиблює сезонне регулювання ставків, що регламентується цільовим призначенням, в їх технологічному процесі скиду води зі ставка для вилову риби з подальшим наповненням в період високої водності. Подібна ситуація склалася на водному об'єкті, який знаходиться на орендованій СФГ «Роксолана» ділянці землі (Кіровоградська область, 48,342° ПнШ, 33,152°СхД). Скидання води зі ставка для вилову риби відбулося в грудні 2024 року. Відносно «суха» весна 2025 року мала незначний позитивний водний баланс для водойми, проте, помірно посушливі погодні умови літа та осені 2025 р. не дозволили наповнити ставок. Весь цей час відмітки дзеркала води були близькими до *рівня мертвого об'єму* (РМО, 103,5 м).

Метою роботи було проведення водно-балансового моніторингу ставка з використанням відкритих даних елементів водного циклу на web-порталах Data Rods Explorer (DRE) (<https://apps.hydroshare.org/apps/data-rods-explorer/>) та Copernicus (<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>), а також методів розрахунку річного стоку з малих водозборів для ймовірнісної оцінки умов регулювання водними ресурсами. Для цього були виконані наступні задачі: 1) проаналізовані погодні умови, які склалися на досліджуваній території в період 2023-2025 рр.; 2) виконані гідрологічні розрахунки річного стоку з водозбору ставка; 3) встановлені елементи водного балансу території водозбору ставка; 4) проаналізовані зміни водного дзеркала ставка за використання даних ДЗЗ для встановлення режиму зміни його водності.

Для характеристики погодних умов території водозбору ставка в 2023-2025 рр. за даними DRE визначені: кількість опадів, температура повітря, обсяги водних ресурсів в наявному сніговому покриві, поверхневому та підземному стоках. В цілому за період грудень 2024 р. – листопад 2025 р. кількість опадів (498 мм) була близька до норми (524 мм), проте в квітні та червні їх кількість становила 50% від норми, а у вересні – 70%, що і визначило процеси недостатнього наповнення ставка водою. Температура повітря була

дещо вище норми і відповідала слабопосушливому року. Відмітимо, що за зиму 2024-2025 рр. накопичення води в сніговому покриві склало близько 22 мм, що суттєво менше норми. Величини поверхневого та підземного стоку за весь 2025 р. суттєво поступились стоку 2024 р., що, на нашу думку, є однією з головних причин низької водності та незначного рівня наповнення ставка.

Результати гідрологічних та водно-балансових розрахунків річного стоку з водозбору ставка площею 14 км<sup>2</sup> показали, що «нульовий» водний баланс відповідає 44%-вій забезпеченості, тобто в 44 випадках зі 100 баланс буде «позитивний» (більше 0). Дослідження обґрунтовують можливість сезонного регулювання води в ставку та збільшення середньорічної екологічної витрати води в нижньому б'єфі, яка встановлена Держводагентством України в Кіровоградській області витратою 1 л/с. Відповідно, в 56% випадків наповнення ставка від РМО до *нормального підпірного горизонту* (НПГ) за один сезон не відбудеться, що характерно і для 2025 р. Відмітимо, що норма стоку близька до зарегульованого на водозборі об'єму води в трьох ставках (два знаходяться вище), що, очевидно, не достатньо для сезонного регулювання. Відмічаємо практично відсутність стоку в сухі роки (забезпеченістю більше 75%). Дослідження зміни водного дзеркала (рис. 1) виконані за використання даних ДЗЗ з ресурсу Європейського космічного агентства Copernicus Browser.

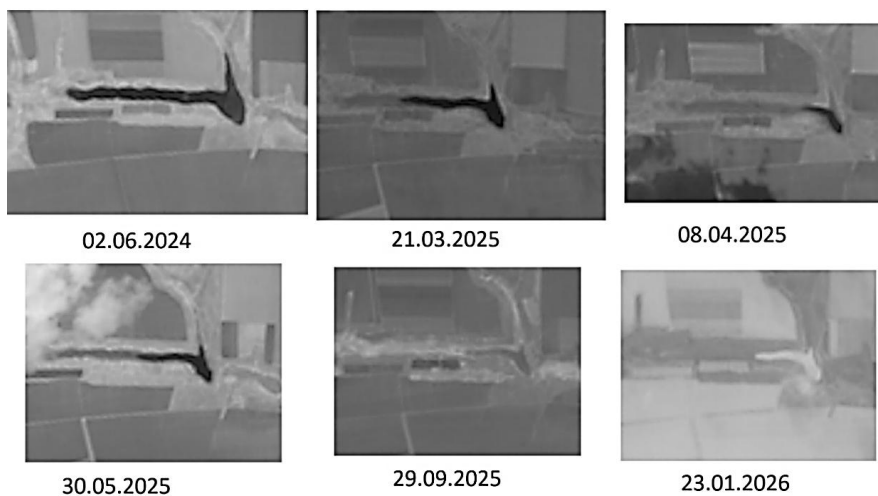


Рис. 1. Зміни водного дзеркала ставка за ДЗЗ (Sentinel 2)

В QGIS, за використання методів дешифрування спектральних індексів, розраховані площі водного дзеркала ставка та відповідні їм об'єми. За нашими оцінками на 23.01.2026 р. в ставку уже накопичено 95 тис.м<sup>3</sup> (об'єм при НПГ складає за паспортом водного об'єкту 174 тис.м<sup>3</sup>), а відмітка водного дзеркала ставка оцінена близько 104,91 м БС (НПГ=106 м БС).

Таким чином, використання відкритих даних web-порталів та даних ДЗЗ практично в режимі он-лайн надає можливість проводити наближені водно-балансові розрахунки для басейнових геосистем малих річок в умовах прямої обмеженості натурних досліджень таких об'єктів, що є підґрунтям для прийняття рішень щодо їхнього екологічного захисту та сталого управління в умовах кліматичних змін і кризових ситуацій.

## ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ЗА ВМІСТОМ ХЛОРУ В СИСТЕМІ КАНАЛУ ДНІПРО-ДОНБАС

**Доценко В.І.**, к.с.-г.н., доцент,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
[dotsenko.v.i@dsau.dp.ua](mailto:dotsenko.v.i@dsau.dp.ua),

**Запорожченко В.Ю.**, к.с.-г.н., доцент  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*

Основне призначення каналу Дніпро–Донбас - це забезпечення потреб водою м. Харкова та області для підтримки водності річки Сіверський Донець, а також для зрошення. До того ж канал повинен забезпечити достатню кількість води відповідної якості для потреб питного водопостачання, яка залежить від природних факторів її формування та характеризується підвищеними показниками жорсткості води річок і струмків, що впадають у нього [1, 2].

Різними вченими проводиться аналіз якості води у каналі Дніпро-Донбас для комунально-питного призначення [1, 2] та на зрошення. В Дніпропетровській області зрошення з каналу проводяться Царичанською, Магдалинівською та Олександрівською зрошувальними системами, які були побудовані саме під цей канал.

Для аналізу якості води були використані публічні дані моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України Державного агентства водних ресурсів. З метою прийняття відносно результатів хімічного аналізу лабораторії моніторингу вод Управління каналу Дніпро-Донбас (с. Шульгівка за 0,5 км від початку каналу після Головного водозабору каналу та за 109 км від м. Перещепине, Перещепинський водозабір) і лабораторії моніторингу вод Східного Регіону (170 км с. Орілька, Орільське водосховище, шлюзовий водовипуск). Нажаль, станом на сьогодні, в загальному доступі є результати спостережень тільки до 2017–2018 рр. Проаналізовані результати отриманих наявних спостережень за вищевказаний період часу представлені на рис. 1.

Аналіз отриманих даних свідчить про стабільну концентрацію хлор-іонів біля м. Шульгівка з невеликими коливаннями (0,39–1,00 мекв/дм<sup>3</sup>). Біля пунктів спостереження м. Перещепене і с. Орілька відмічаються значні коливання: Перещепене від 0,414 до 3,623 мекв/дм<sup>3</sup>; Орілька від 0,43 до 8,45 мекв/дм<sup>3</sup>.

Отже, ці зміни вказують, що чим далі від водозабору з каналу будуть проходити більше коливання концентрації хлор-іону з часом. Це можна пояснити таким фактором, як втрати води по довжині каналу на випаровування (дистильованої води), підживлення каналу поверхневими водами, які стікають з прилеглої території (з підвищеною концентрацією хлор-іонів), і підживлення ґрунтовим водами при низьких рівнях води в каналі. У той же час канал працює як дрена (ґрунтові води також мають підвищений вміст хлор-іонів).

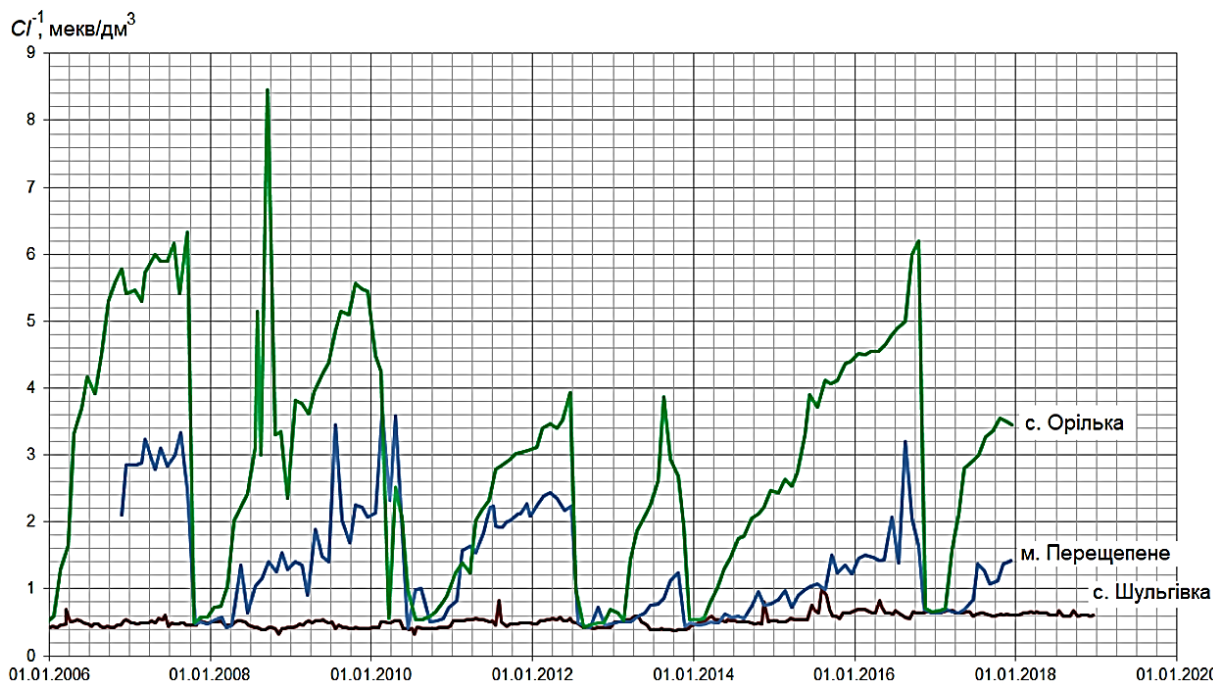


Рис. 1. Хід динаміки концентрації іонів хлору  
вздовж каналу Дніпро-Донбас (2006–2018 рр.) в мекв/дм<sup>3</sup>

Після проведення прокачки Дніпровської води каналом, концентрація хлор-іонів різко зменшується і прагне до концентрації їх у річці Дніпро.

При таких коливаннях концентрація хлор-іонів не перевищує максимально-допустиму для зрошення за агрономічними критеріями, тобто не буде негативно впливати на родючість ґрунту [3]. Отже, при всіх коливаннях і застоях води в каналі Дніпро-Донбас її якість буде I класу (придатна для зрошення без обмежень).

### Література:

1. Рожко В.І. Просторово-часова оцінка якості вод за екологічними критеріями в системі каналу Дніпро-Донбас. *Меліорація і водне господарство*, 2018. № 107. С. 24–29.
2. Рожко В.І., Ковальчук П.І. Аналіз якості води для питного водопостачання в системі каналу Дніпро-Донбас. *Меліорація і водне господарство*, 2016. № 103. С. 32-36.
3. Доценко В.І., Онопрієнко Д.М., Запорожченко В.Ю., Ткачук Т.І. Оцінка якості води для поливів сільськогосподарських культур: навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, Акцент ПП, 2022. 149 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНЕВОДНЕННЯ СТАВКІВ В БАСЕЙНІ БАЛКИ ВЕРБОВА ПРИТОКИ ЯНЧУРА

**Коваленко В.В.**, к.с.-г.н., доцент,  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет,  
[kovalenko.v.v@dsau.dp.ua](mailto:kovalenko.v.v@dsau.dp.ua),

**Запорожченко В.Ю.**, к.с.-г.н., доцент,  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет,

**Жура С.В.**, здобувач вищої освіти,  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Протягом останніх 5-10 років стрімко розвиваються процеси зневоднення річок та створених на них ставків і водосховищ. Сьогодні ці процеси стали настільки очевидні, що немає людини, яка б не говорила про це негативне явище, і виникає відчуття його невідворотності. Тотальне зарегулювання стоку на річках Степу України перетворило їх на фрагментовані ділянки русла і, на додачу – відсутність снігу та інфільтрації і не поповнення ґрунтових вод, тільки прискорило цей процес.

В дослідження розглянутий процес зневоднення ставків на водозборі балки Вербова, яка розташована в південно-східній частині Дніпропетровської області, є правою притокою р. Янчур (басейн Вовчої, Самари). Площа водозбору балки 95,0 км<sup>2</sup> (рис.1). Для дослідження процесів зневоднення ставків використані методи ГІС моніторингу (QGIS) водних об'єктів за даними: геодезичні планшети М 1:10000; карти генштабу (<https://freemap.com.ua/>) М 1:100000 та 1:50000; картографічне дослідження доступних знімків Google Earth (kh.google.com) та ESRI World Imagery; матеріали дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та супутні їм методи класифікації об'єктів (<https://browser.dataspace.copernicus.eu>).

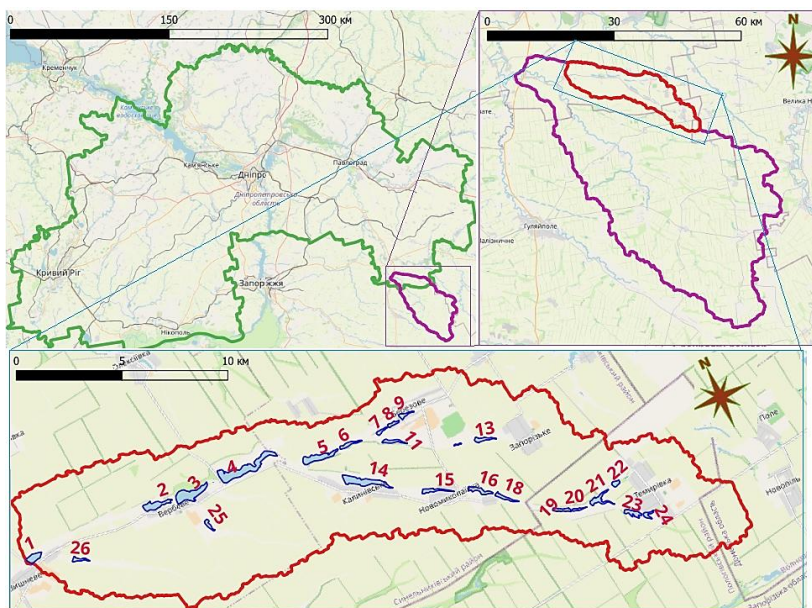


Рис. 1. Водозбір та ставки балки Вербова (OSM, 2000)

Геопросторовий аналіз перелічених вище першоджерел показав стрімку тенденцію до зменшення площ водного дзеркала та водності ставків. Детальний аналіз наявних водних об'єктів за п'ятьма базами даних (табл.) показав, що протягом останніх 35 років (1991-2026) дев'ять з 30 ставків повністю пересохли. Площа водного дзеркала їх зменшилась на 70% (з 305 га в 1991 р. – до 91 га в 2026 р.), особливо стрімко висихають ставки в останні 4-5 років, що свідчить про реальні втрати води, обміління ставків і їх різкий перехід в болото чи взагалі суходіл.

Таблиця – Динаміка зміни площі водного дзеркала ставків на водозборі балки Вербова

Метод / ресурс моніторингу, рік	Кількість ставків	Площа водного дзеркала ставків			
		всього, га	% до площі водозбору	% до карти генштабу (1991)	середня площа ставка, га
Ручна оцифровка / Карти генштабу 1: 50000, 1991	30	305	3,2	100	10,2
Плагін QuickOSM / OSM, 2000	25	226	2,4	74	9,0
Спектральні індекси / ДЗЗ, сцена 22.04.2017	25	201	2,1	66	8,0
Ручна оцифровка / ESRI World Imagery, 2022	25	206	2,2	68	8,2
Спектральні індекси / ДЗЗ, сцена 10.03.2026	21	91	1,0	30	4,3

На рис. 2 процес зневоднення зображений зміною контурів дзеркала води окремих ставків (№3, 4 та 14, див. рис.1) протягом 1991-2026 рр. Зокрема площа водного дзеркала найбільшого ставка (№4) з 1991 року зменшилась в 8 разів (контури 1 та 5 на рис.2)!!!



Рис. 2. Візуалізація процесу зневоднення ставків в балці Вербова: 1 – ДЗЗ, 2026; 2 – ДЗЗ, 2017; 3 – ESRI World Imagery, 2022; 4 – OSM, 2000; 5 – карти генштабу 1: 50000, 1991

Очевидно, настав час говорити про створення пілотних проектів природооблаштування басейнових екосистем малих річок. Одним із шляхів покращення, або хоча б збереження, існуючого екологічного стану водних об'єктів, є проведення заходів з ревіталізації водотоків. Сьогодні в усьому світі, можна сказати, системно впроваджують заходи ревіталізації річок, зокрема в Європі на 2025 рік знято більше 9000 бар'єрів на річках (<https://damremoval.eu/dam-removal-map-europe/>).

## АНАЛІЗ ГІДРОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ СТАВКА ЗА ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДЗЗ

**Коваленко В.В.**, к.с.-г.н., доцент,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
[kovalenko.v.v@dsau.dp.ua](mailto:kovalenko.v.v@dsau.dp.ua),  
**Рудаков Л.М.**, к.с.-г.н., доцент,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
**Сміюха Д.С.**, здобувач вищої освіти,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

Зміна клімату стрімко змінює (зменшує) водність ставків та водосховищ, особливо які живляться місцевим стоком. Тому однією з важливих задач в цьому контексті є моніторингові дослідження гідрологічного режиму водних об'єктів і, в першу чергу, площ водного дзеркала зарегульованих водойм. Для виділення водної поверхні за даними ДЗЗ на сьогодні розроблено ряд алгоритмів автоматизованого дешифрування (класифікації) супутникових знімків. З 2006 р. почали використовувати нормалізований різницевий водний індекс NDWI (наприклад, <https://eos.com/ru/make-an-analysis/ndwi/>) та його модифікований варіант MNDWI. В роботі французьких дослідників (<https://doi.org/10.3390/rs11192210>, 2019 р.) запропонований індекс води у водно-болотних угіддях (WIW), за яким точність карт водних ресурсів кращій, достовірність класифікації становить 94-96%.

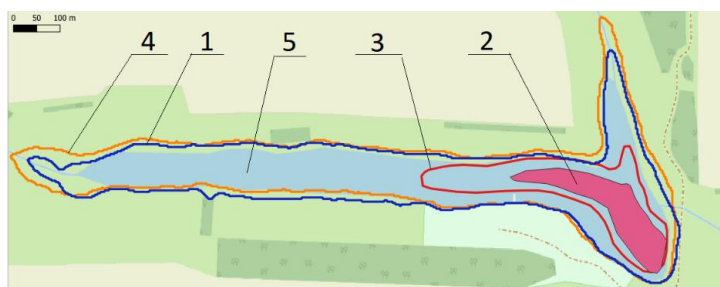
На кафедрі водогосподарської інженерії, в рамках студентської наукової роботи, проведені дослідження з напівавтоматичної класифікації водної поверхні за використання спектрального індексу «фальшивий колір» (False Color), що поєднує спектральні канали 8, 4 та 3 супутника Sentinel 2. Це не індекс у класичному розумінні, а спосіб відображення даних, де невидиме для ока інфрачервоне випромінювання «підміняє» видимий колір – червоний.

Спектральна відбивна здатність води в червоному діапазоні (канал 1(Red) даних False Color –  $k1$ ) значно менша аніж землі чи рослинності. В той же час в синьому (Blue) спектральному діапазоні (канал 3 –  $k3$ ) вони близькі. Саме тому для водної поверхні співвідношення  $k1/k3$  мінімальне. Методом ітерацій, порівнюючи результати напівавтоматичної класифікації зі знімками ДЗЗ у видимому діапазоні (True Color), встановили, що найбільш точні межі акваторії водного об'єкту були за умови  $k1/k3 < 1,55$ .

Апробацію такого алгоритму класифікації водних сцен провели для рибогосподарського ставка в СФГ «Роксолана» (Кіровоградська область, 48,342° ПнШ, 33,152° СхД) на якому протягом березня-квітня 2025 р. спустили воду для вилову риби. Наповнення ставка відбулося тільки в лютому-березні 2026 р., так як літньо-осінній період 2025 р. був посушливим.

Для встановлення зв'язку між топографічними характеристиками ставка використали нормативні дані про режим роботи штучного водного об'єкту (Кіровоградський РОВР), дані картографічних сервісів. Базою знімків (сцен)

ДЗЗ послужив Browser Європейського космічного агентства Copernicus (<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>) за якими, за умови  $\kappa l/\kappa z < 1,55$ , для сцен на вказані в таблиці дати (вибрані через мінімальну хмарність) визначили площу дзеркала води. Окремі площі дзеркала ставка показані на рис. 1.



- 1 - 02.06.2024;
- 2 - 08.04.2025;
- 3 - 23.01.2026;
- 4 - 16.03.2026;
- 5 – на карті OSM (2015)

Рис. 1. Режим зміни площі водного дзеркала

Аналіз наведеного на рис. 2 режиму основних гідрологічних характеристик ставка дозволив визначити складові водного режиму як: інтенсивність зміни об'єму ставка, середнє значення витрати води та модуля стоку з водозбору ставка в період між сусідніми датами сцен ДЗЗ (табл.).

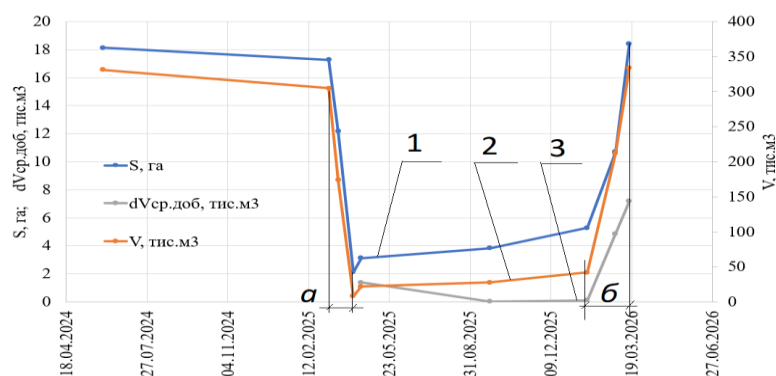


Рис. 1. Режим гідрологічних характеристик ставка: 1-площа водного дзеркала, 2- об'єм води, 3- середньодобова зміна об'єму; а – період опорожнення, б-період інтенсивного накопичення води

Таблиця – Характеристика гідрологічного режиму ставка

Дата сцени ДЗЗ	Площа водного дзеркала S, га	Відмітка рівня води Н, м БС	Зарегульований об'єм ставка V, тис. м <sup>3</sup>	Зміна об'єму за період між датами dV, тис. м <sup>3</sup>	Зміна об'єму в сер. за добу, dVср.доб., тис. м <sup>3</sup>	Середня витрата за період між датами Q, л/с	Модуль стоку, л/с/км <sup>2</sup>
02.06.2024	18,13	106,65	331				
09.03.2025	17,26	106,5	305	-26			
21.03.2025	12,16	105,58	174	-131	-10,92		
08.04.2025	2,13	103,3	8	-166	-9,22		
18.04.2025	3,12	103,55	22	14	1,40	16,2	1,23
25.09.2025	3,84	103,7	28	6	0,04	0,4	0,03
23.01.2026	5,29	104,05	42	14	0,12	1,4	0,10
27.02.2026	10,7	105,2	212	170	4,86	56,2	4,26
16.03.2026	18,41	106,7	334	122	7,18	83,1	6,29

Таким чином, використання відкритих даних ДЗЗ практично відкриває можливість в режимі он-лайн проводити наблизені водно-балансові розрахунки для басейнових геосистем малих річок.

## ЯКІСТЬ ПІДЗЕМНИХ ВОД СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ КРИВОРІЗЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО БАСЕЙНУ: ОЦІНКА ТА ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ

**Магазінов Б.А.**, здобувач вищої освіти,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
**Кацевич В.В.**, к.с.-г.н., доцент,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
[katsevych.v.v@dsau.dp.ua](mailto:katsevych.v.v@dsau.dp.ua),  
**Ткачук А.В.** к.с.-г.н., доцент,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

Забезпечення населення якісною питною водою є ключовим чинником екологічної та санітарної безпеки. Особливо гостро ця проблема проявляється у сільській місцевості, де водопостачання здійснюється переважно з децентралізованих джерел (шахтні колодязі, свердловини), які є найбільш вразливими до антропогенного забруднення та гідрогеохімічних змін [1].

Метою дослідження є комплексна екологічна оцінка якості підземних вод у сільських населених пунктах Криворізького залізорудного басейну, зокрема у селах Гурівка, Лозуватка та Недайвода, де здійснюється використання води з шахтних колодязів і водозабірних свердловин, та обґрунтування практичних заходів щодо покращення якості питної води [1].

Методологічною основою дослідження є поєднання польових, лабораторних та аналітичних методів. Проведено відбір проб води з типових джерел водопостачання (шахтні колодязі та свердловини) з подальшим визначенням фізико-хімічних показників (рН, мінералізація, нітрати, амоній, хлориди, сульфати). Отримані результати порівнювалися з вимогами ДСТУ 7525:2014, ДСанПіН, а також рекомендаціями ВООЗ і директив ЄС [2-5].

Отримані результати свідчать про наявність суттєвих відхилень від нормативних значень якості питної води. Найбільш критичними є показники мінералізації та сольового складу. У пробах води з шахтних колодязів зафіксовано значні перевищення нормативів за вмістом сульфатів, хлоридів і натрію, а також істотне зростання сухого залишку, що свідчить про високий рівень засолення води [1]. Суттєві відхилення спостерігаються також за вмістом заліза, концентрації якого перевищують нормативні значення у кілька разів. Підвищена жорсткість води додатково погіршує її споживчі властивості [1].

У воді з свердловин відхилення мають менш виражений характер, однак також фіксується перевищення нормативних значень. Зокрема, відмічається підвищений вміст сульфатів, хлоридів і загальної мінералізації. Вміст заліза у свердловинах перевищує допустимі рівні, що вказує на поєднання природних і техногенних чинників формування хімічного складу води [1].

Показники азотної групи (нітрати, нітроти, амоній) переважно залишаються в межах допустимих значень, що свідчить про відсутність

інтенсивного фекального забруднення. Водночас підвищені значення хімічного споживання кисню у колодязях вказують на вплив поверхневого органічного забруднення.

Гідрохімічна класифікація за діаграмою Пайпера показала, що досліджені води належать до натрієво-калієвого хлоридно-сульфатного типу (Na–K–Cl–SO<sub>4</sub>), що відображає спільний вплив природних геохімічних процесів і техногенного навантаження [1].

Отримані результати підтверджують, що підземні води досліджуваних територій є переважно мінералізованими та засоленими, що обмежує можливість їх використання для питних потреб без попереднього очищення [1].

Встановлено, що формування якості води визначається поєднанням природних і техногенних чинників. Територія Криворізького басейну характеризується значним рівнем техногенної трансформації, що супроводжується зміною гідрогеологічного режиму, підвищенням мінералізації підземних вод та формуванням зон вторинного забруднення [1].

Практичні рекомендації включають впровадження систем доочищення води, зокрема використання технологій зворотного осмосу, які забезпечують високий ступінь видалення розчинених солей і домішок, а також встановлення систем знезалізнення та механічної фільтрації. Оптимізація агрохімічного навантаження та створення санітарно-захисних зон є необхідними заходами зменшення антропогенного впливу [1, 4].

Таким чином, якість питної води у сільських територіях Криворізького залізорудного басейну формується під впливом комплексних природно-техногенних процесів і потребує впровадження системних заходів управління водними ресурсами для забезпечення екологічної безпеки населення.

### **Література:**

1. Магазінов Б. А. Якість питної води в сільській місцевості Криворізького залізорудного басейну та рекомендації щодо її поліпшення : кваліфікаційна робота магістра / Дніпровський державний аграрно-економічний університет. Дніпро, 2025. 58 с.
2. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 25 с.
3. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» : ДСанПіН 2.2.4-171-10. Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 2010. 48 с.
4. Guidelines for Drinking-water Quality. 4th ed. Geneva : World Health Organization, 2017. 541 p.
5. Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption. Official Journal of the European Union. 2020.

## ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ РУЙНАЦІЇ КАХОВСЬКОЇ ГЕС

**Мігура В.О.**, здобувач вищої освіти,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
**Яковенко В.М.**, канд. біол. наук, доцент,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
[yakovenko\\_v@i.ua](mailto:yakovenko_v@i.ua)

Руйнація греблі Каховської ГЕС 6 червня 2023 року стала найбільшою техногенною та екологічною катастрофою в Європі за останні десятиліття. Внаслідок теракту Україна втратила третину об'єму прісної води, що призвело до дефіциту питного та технічного водопостачання на півдні та сході країни. Через активні бойові дії та мінування територій, наземні польові дослідження в зоні катастрофи є вкрай небезпечними або неможливими. У таких умовах дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) стає безальтернативним інструментом для оперативного моніторингу та довгострокового аналізу трансформації екосистем.

Українські дослідники детально повідомили про наслідки катастрофи на Каховській ГЕС 2023 року, включаючи затоплення територій, забруднення води, а також вплив на природний ландшафт. Катастрофа спричинила значний підйом води, що сягав 5,37 м (з найвищою точкою 5,68 м), затопивши багато населених пунктів (Нова Каховка, Олешки, Гола Пристань та Херсон). Зокрема, серйозно постраждало місто Нова Каховка, де рівень води досяг 12,50 м над рівнем моря. Підвищення рівня води спостерігалось і в морських портах (зокрема, в Одеському порту, де після катастрофи на дамбі Каховської ГЕС вода піднялася на 5–10 см). Катастрофа зачепила 80 населених пунктів у чотирьох областях України, затопивши великі території в Херсонській та Миколаївській областях. Рівень води піднявся у річках Дніпро, Інгулець та Південний Буг, а також у їхніх притоках, що призвело до затоплення великих територій Південної України. Паводок вразив ґрунти в долинах річок, які були цінними активами для сільського та лісового господарства.

**Методологія та джерела даних ДЗЗ.** Для комплексного моніторингу використовується мультиспектральна супутникова зйомка різних рівнів просторової розрізненості: 1) Landsat 8/9 та Sentinel-2 – основні джерела даних для аналізу вегетаційних індексів (NDVI), індексів вологості (NDWI) та ідентифікації типів ґрунтів; 2) Sentinel-1 (SAR) – радіолокаційні дані, що дозволяють проводити моніторинг незалежно від хмарності, що критично для фіксації динаміки затоплення в перші дні катастрофи; 3) MODIS – для відстеження великомасштабних температурних аномалій та каламутності води в Чорному морі.

**Моніторинг гідрологічних змін.** Супутникові дані дозволили чітко розмежувати дві зони впливу. **Зона затоплення:** за даними ДЗЗ ідентифіковано близько 2 500 км<sup>2</sup> підтоплених земель, включаючи 48 об'єктів природно-заповідного фонду. Зафіксовано фази паводку та поступового спаду води. **Зона осушення:** оголення понад 1 500 км<sup>2</sup> ложа водосховища. ДЗЗ дозволило відстежити формування нової гідрографічної мережі, де Дніпро повернувся у своє історичне русло з утворенням численних приток, рукавів та заплачних озер (які займають близько 3% площі).

**Аналіз ґрунтового покриття та абіотичних факторів.** Завдяки спектральному аналізу (кластеризація характеристик поверхні) на осушеному ложі виявлено чотири основні типи субстратів за гранулометричним складом: піски, супіски, суглинки та глини. Використання індексів зволоження дозволило класифікувати ці ґрунти за рівнем гідроморфності (глейоземи та флювізолі). Моніторинг показує, що значна частина цих ґрунтів зберігає реліктові ознаки гідроморфізму, що сприяє швидкому заселенню рослинністю.

**Дослідження біотичних компонентів та сукцесійних процесів.** Стадія активного заростання ложа почалася вже в першій декаді серпня 2023 року. Моніторинг рослинності виявив: 1) нерівномірність заростання, вегетація поширювалася від периферії до центру, де найінтенсивніше відновлення зафіксовано у верхній частині (між Хортицею та Нікополем); 2) станом на кінець 2023 року площа заліснення та заростання склала понад 1 054 км<sup>2</sup>; 3) супутникові дані в поєднанні з обмеженими виїздами підтверджують формування густих масивів верби білої та тополі чорної.

**Екологічні ризики та аномальні зони.** ДЗЗ дозволило виявити аномальні ділянки, де заростання не відбулося (наприклад, поблизу с. Грушівка). Це може вказувати на хімічне забруднення, особливу щільність глинистих відкладень або специфічний водний режим. Також супутники фіксують ризики вітрової ерозії та пилових бурь на ділянках з піщаним субстратом до моменту їх закріплення рослинністю.

**Прогнозне моделювання.** На основі ретроспективного аналізу знімків Landsat (до створення водосховища у 1950-х роках) та сучасних даних створюються моделі майбутнього стану Великого Лугу. ДЗЗ підтверджує, що екосистема не повернеться до стану 1950 року, а сформує новий антропогенно-трансформований ландшафт, де режим стоку регулюється вищерозташованим каскадом ГЕС.

**Таким чином,** використання засобів дистанційного зондування Землі є ключовим для об'єктивної оцінки збитків біорізноманіттю (затоплення заповідних територій нижнього Дніпра), моніторингу самовідновлення екосистем на площі понад 150 тис. га та прийняття управлінських рішень щодо доцільності відновлення ГЕС або підтримки природної ревіталізації Великого Лугу.

## ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ТЕРИТОРІЇ КОЛИШНЬОГО КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

**Твердохліб А.В.**, здобувач вищої освіти,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
**Яковенко В.М.**, канд. біол. наук, доцент,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
[yakovenko\\_v@i.ua](mailto:yakovenko_v@i.ua)

Вранці 6 червня 2023 року гребля Каховської ГЕС на річці Дніпро була зруйнована. Прорив дамби призвів до затоплення територій нижче за течією та водночас до осушення територій вище за неї. Це найбільше вплинуло на водні біотопи та біотопи, характерні для надмірно зволжених ділянок. Тому нашою метою було визначити ділянки вище Каховської дамби та надати загальну характеристику природних компонентів висохлих ландшафтів в початковий період після руйнації каховської ГЕС. На місці Каховського водосховища починає формуватися нова екосистема. Вивчення етапів цієї сукцесії наразі ускладнене триваючими військовими діями в регіоні. Доступним методом моніторингу цього складного екологічного процесу є дистанційне зондування Землі. Ми провели аналіз абіотичних і біотичних компонентів початкового етапу сукцесійного ряду: гідрографічної мережі та водного режиму територій, ґрунтового покриву та рослин-піонерів. Основним джерелом даних стали супутникові знімки Landsat 8/9 та Sentinel 2.

**Гідрологічний режим та гідрографічна мережа.** У першій половині року після зниження рівня води на території Каховського водосховища спостерігалися ознаки фаз річкового водного режиму: повінь, паводок та спад води. Фази найвищого рівня води безпосередньо підпорядковані режиму регулювання стоку каскадом водосховищ, розташованих вище зруйнованої греблі. Навесні 2024 року максимальний рівень затоплення ложа водосховища припав на березень–квітень. Повінь пройшла двома хвилями з піком наприкінці березня, що пояснюється режимом пропускної здатності поверхневого стоку з Дніпровського водосховища.

**Основні показники гідрології. Затоплена площа** 1 246,23 км<sup>2</sup> (63% площі оголеного суходолу). Спостерігається чітко виражене головне русло та окремі рукави, які частково пересихають у періоди межені. Гідравлічний зв'язок між деякими притоками та головним руслом Дніпра виражений слабо. Перевантаження потоку твердими матеріалами провокує утворення наносів по всій довжині головного русла. Найбільша ширина русла (понад 1 200 м) спостерігається у верхній частині, нижче острова Хортиця. У середній течії є ділянки русла шириною до 100 м. Заплава річки є двосторонньою. Найширші ділянки розташовані в районі між містом Запоріжжя та місцем повороту річки на південний захід. Заплавні озера займають 3% загальної площі заплави; більшість із них пересихає в меженні

періоди. Рельєф заплавл складний: присутні лимани, залишки стариць, меандрові сліди, розгалужена мережа тимчасових водотоків тощо. Ділянки заплави вздовж русла сформовані легкими розмитими ґрунтами, тому очікується, що положення русла Дніпра на таких ділянках буде нестабільним.

Характеристика ґрунтового покриву. Інтерпретація результатів кластеризації спектральних характеристик поверхні ложа водосховища виявила чотири типи ґрунтів за гранулометричним складом: піски, супіски, суглинки та глини. За умовами зволоження всі ґрунти були умовно розділені на Gleysols і Fluvisols (алювіальні ґрунти). Відповідно, ми ідентифікували Gleysols та Fluvisols як основні компоненти ґрунтового покриву осушеної ділянки ложа. Найпоширенішими є Eutric Gleyic Fluvisols. Ключовим фактором класифікаційної ідентифікації ґрунтів ложа на рівні референтних груп є водний режим, який визначає процеси та режими ґрунтоутворення, а також властивості конкретних ґрунтів. Усі ґрунти осушеної зони тривалий час перебували під затопленням, тому характеризуються наявністю флювіального матеріалу як материнської породи та мають ознаки гідроморфізму в морфологічній будові.

Формування рослинного покриву. Оскільки рівень води у водосховищі стрімко впав у розпал вегетаційного сезону, після висихання ґрунту новоутворені заплави почали активно заростати рослинами-піонерами. Початок стадії заростання було зафіксовано в першій декаді серпня 2023 року. Поширення рослинності відбувалося нерівномірно, переважно від периферії до центру. Перші осередки сформували групи гідро- та гігрофітної рослинності берегів та мілководь. Протягом серпня найактивніше заростала верхня частина водосховища (між о. Хортиця та м. Нікополь). інтенсивність формування рослинного покриву досягла максимуму наприкінці вересня 2023 року. Загальна площа заростання наприкінці 2023 року склала 1 054 км<sup>2</sup>. Було виявлено зв'язок між гранулометричним складом, вологістю ґрунту та інтенсивністю заростання. Рослини спочатку заселяли надмірно вологі (затоплені) ділянки, а потім переходили на ґрунти з помірним вмістом вологи. Зони, де заростання не відбулося протягом усього вегетаційного періоду, були класифіковані як постійно затоплені або заболочені ділянки з глинистими ґрунтами.

Окремо відзначено ділянку заплави (колишня акумулятивна рівнина) поблизу села Грушівка (Дніпропетровська обл.), де також не спостерігалось заростання протягом періоду моніторингу. Ґрунти тут ідентифіковані як Eutric Gleyic Fluvisols (глинисті) з помірним рівнем зволоження; під час повені ця територія не була затоплена. Для з'ясування причин відсутності рослинного покриву на цій ділянці необхідно провести ґрунтові польові дослідження.

## ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНЕ ВОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ ДЛЯ СЕЛИЩА КУШУГУМ

**Шпак Н.Ю.**, здобувач вищої освіти,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
[10351750@student.dsau.dp.ua](mailto:10351750@student.dsau.dp.ua)

В умовах воєнного стану, особливо, при руйнуванні Каховського водосховища та тривалого антропогенного тиску на екосистеми питання водної безпеки набуває критичного значення. На теперішній час є велике питання по ліквідуванню наслідків збройної агресії, а також довгострокова стратегія по відновленню водних ресурсів відповідно до Європейського зеленого курсу та плану дій «Нульового забруднення». Географічне положення селища Кушугум (лівий берег Дніпра) є сприятливе для водозабезпечення, але неподалік розташовується промисловий центр та велика кількість житлових забудов. Завдяки інтенсивному розвитку урбанізації формується значне антропогенне навантаження на місцеві водойми. Першим кроком до нульового забруднення є проведення належного моніторингу якісних параметрів водного середовища громади.

Розташування Кушугумської селищної територіальної громади у Запорізькому районі Запорізької області захоплює зону промислового центру м. Запоріжжя. Водозабір громади здійснюється з р. Дніпро нижче очисних споруд міста Запоріжжя, що призводить до надходження накопичених забруднювачів. Одним із основних факторів для ризику є локальне озеро Малий Кушугум. Даний водний об'єкт багато разів налічував загибель риби. Це відбувається через наявність у воді таких факторів як: евтрофікація та неконтрольований скид стоків. Підґрунтові води у більшості випадків не можуть бути використані через значне забруднення. На території громади каналізаційні мережі можуть бути відсутніми, або за технічними параметрами не є придатним для використання. Наявні очисні системи каналізаційних стоків не дають потрібний ступень очистки. Велика кількість забруднюючих речовин потрапляє у воду, оскільки наявні фільтри на станціях потребують заміну через значну зношеність. Очищення стоків проводиться часткове або обмежується фільтраційними полями.

Для громади, особливо у післявоєнний період, стає актуальним збереження водно-ресурсного потенціалу та модернізація систем водопостачання і водовідведення, що повинно відповідати європейським принципам «Zero Pollution Action Plan».

До сучасних проблем водопостачання в с. Кушугумі можливо віднести:

1. Зниження подачі та погіршення якості води: наявність у воді підвищеного вмісту фосфатів, заліза, марганця, хлороформу, амонійного азоту та інших органічних речовин (табл.1);

2. Перевантаження системи через велику кількість споживання питної води на полив та відсутність технічної води;

3. Вплив аварійних відключень із-за пошкодження мереж при обстрілах та значної зношеність інфраструктури.

Таблиця 1 – Основні показники якості води в смт Кушугум за даними моніторингу та громадських досліджень

Показник	ГДК	Фактичне значення	Перевищення	Джерело забруднення
Залізо, мг/дм <sup>3</sup>	0,2	0,8	4 рази	Природне, антропогенне
Марганець, мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,2	4 рази	Природне, скид зворотних вод
Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	1,5	3 рази	С/Г, очисні споруди
Амонійний азот, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	1,3	3 рази	Зворотні води, сільгоспстоки
ХСК, мг/дм <sup>3</sup>	17,5	32,5	2 рази	Органічні забруднення

Аналізуючи сучасний стан водопостачання с. Кушугум можливо сказати, що частина населення користується централізованими мережами водопостачання, а у приватному секторі – індивідуальні свердловини, при цьому якість питної води не завжди відповідає вимогам ДСанПіН. З водовідведенням ситуація складніше, адже відсутній централізований скид води до каналізації і тому стоки потрапляють до вигрібних ям або фільтраційних полів.

З 2023 року Кушугумська громада перейшла на альтернативні рішення, а саме: встановлення систем зворотного осмосу у 2025 році, відкриття бюветів з артезіанською водою у с. Малокатеринівка та с. Кушугум та встановлення резервуарів для накопичення води. Дані заходи повністю не вирішують проблеми питного водопостачання та зовсім не враховують потреби сільського господарства. Вплив воєнних дій та евтрофікація влітку забруднюють водойми, що не дозволяє використовувати їх для поливу сільськогосподарських угідь.

Перспективи та рекомендації, які необхідні для післявоєнного відновлення систем водопостачання та водовідведення с. Кушугум є:

1. Реконструкція та модернізація очисних споруд каналізаційних стоків для подальшого повторного використання води у сільському господарстві;

2. Розвиток локальних артезіанських джерел;

3. Будівництво централізованих систем водовідведення та очищення стоків;

4. Впровадження раціонального водокористування у сільському господарстві: крапельний полив або повторне використання води;

5. Інтеграція заходів гідро-техногенної безпеки в плани відновлення громади;

6. Посилення моніторингу якості води та екологічної освіти населення.

## **RATIONAL USE OF WATER SOURCES IN CULTIVATION OF MODERN WINTER WHEAT VARIETIES**

**Nazarenko M.M.**, Dr. Sc. at Agriculture, Professor,  
*Dnipro State Agrarian and Economic University,*  
[nazarenko.m.m@dsau.dp.ua](mailto:nazarenko.m.m@dsau.dp.ua)

**Izhboldin O.O.**, PhD at Agriculture, As. Professor,  
*Dnipro State Agrarian and Economic University*

Winter wheat is the principal grain crop not only in Ukraine but also worldwide. It serves as a staple food in 48 countries with a combined population of more than 2 billion people and forms an essential part of the daily diet for approximately 3 billion more. One of the major challenges in winter wheat production is the adaptive capacity of existing genotypes to a complex of unfavorable winter conditions. This issue is especially significant in the Steppe region, where it limits the ability of modern varieties to realize their full genetic potential for grain yield and quality. As a result, plant mortality during winter increases, and drought stress during critical stages of growth and development often leads to the formation of poorly developed grain, losses that cannot always be compensated for during later ontogenesis.

Ukraine is characterized by considerable diversity of biomes and climatic zones, as well as highly unstable meteorological conditions across years and seasons. The presence of contrasting natural regions, shaped by both latitudinal and vertical zonation, creates a need for genetically diverse winter wheat varieties, including at least three major agroecotypes adapted to different ecological conditions.

Semi-intensive and intensive winter wheat varieties are generally distinguished by high or above-average tillering ability, specific thermal requirements, and relatively strong frost and winter hardiness. Over the past fifteen years, new complex-type intensive winter wheat varieties have been developed and released. These are characterized by high yield potential, adaptability, disease resistance, good grain quality, and relatively strong drought tolerance. At the same time, the agroclimatic conditions of the Steppe are marked by pronounced variability in key environmental resources across years, growing periods, and territories, which explains the considerable fluctuations in winter wheat productivity in this region.

The ability of plants to adapt to and tolerate adverse environmental conditions is one of the basic prerequisites for their survival and depends on the activation of protective mechanisms. The adaptation process can be broadly divided into two stages: stress response and specialized adaptation. During the first stage, protective systems are rapidly mobilized or induced, ensuring short-term survival under damaging conditions. During the second stage, longer-term adaptive mechanisms are formed, allowing ontogenesis to continue under prolonged stress. Plants may respond to stressors of different origin through

changes in cell membrane permeability and charge, ionic balance, metabolic activity, and differential gene expression.

For local varieties, considering the long-standing objectives of genetic improvement of winter wheat in the Steppe zone, tolerance to unfavorable winter conditions and drought resistance have always been among the most important traits requiring targeted enhancement. Traditionally, improvement of these traits often came at the expense of yield and grain quality. However, a balanced breeding approach makes it possible to develop genotypes that combine high resistance to abiotic stress with strong productivity and acceptable technological grain quality. Relaxing some rigid requirements related to the traditional breeding model may also broaden the range of usable biodiversity, enable the introduction of new varieties, and significantly reduce breeding effort.

Global climate change presents not only new challenges but also new opportunities. Under these conditions, it is essential to respond quickly to environmental shifts and to formulate an appropriate strategy at the level of crop genetic improvement programs rather than relying solely on technological adjustments. Since the development of new genetic material requires much greater expenditures of time, labor, and expertise than changing individual cultivation practices, timely and well-targeted breeding decisions can produce a much stronger long-term economic effect. Investments made at the initial stages of the breeding process are among the most efficient in agricultural production.

The development of resistance to abiotic stress is not always associated with a greater physiological or morphological ability to respond directly to harmful factors by forming new adaptive traits. In many cases, it is linked to the capacity of plants to partially or completely avoid unfavorable conditions in time and space. Under the conditions of our zone, such an adaptive developmental trait is early or medium earliness. High-yielding genotypes can be developed both through the predominance of photosystem I activity and through combinations involving medium-early maturity or intense wax accumulation. As a rule, a highly productive variety usually combines at least two of these advantageous features.

Resistance to abiotic stressors has always been one of the most desirable characteristics in winter wheat breeding, particularly in regions with severe winter conditions and limited moisture availability during the growing season. Drought is especially dangerous during the critical phases of development, namely stem elongation and ear formation. However, under ongoing climate change, the relative importance of particular adaptive traits may shift substantially. In addition, the required level of stress tolerance may be achieved through different mechanisms than before.

## ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРО-ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

**Булейко А.А.**, к. б. н., доцент,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
[Alla.A.Buleyko@gmail.com](mailto:Alla.A.Buleyko@gmail.com)

Згідно з офіційною статистикою, щороку у водойми України скидають близько 300 млн кубометрів неочищених стоків. Неофіційна статистика показує значно гірші результати. Саме тому, назвати стан водних ресурсів країни задовільним не доводиться. Фактично у кожній з водойм можна легко зафіксувати перевищення допустимих норм забруднення.

У водному середовищі зосереджуються складні комплекси різних хімічних сполук, які інакше впливають на організми ніж окремі складові. До цього треба додати, що в результаті перетворення забруднюючих речовин, а також взаємодії багатьох хімічних інгредієнтів у водному середовищі відбуваються утворення, які важко піддаються аналізу [1]. Багато з них відрізняються за молекулярною стійкістю, мають високу токсичність і вираженим мутагенним ефектом, і контроль за забрудненням водних об'єктів тільки за фізичними та хімічними показниками навіть при наявності екологічно обґрунтованих нормативів вмісту забруднюючих речовин у природних середовищах часто виявляється недостатнім. Тому в рамках ОГСНК з 1974 року стали здійснюватися систематичні спостереження за якістю поверхневих вод по гідробіологічним показникам. Гідробіологічні показники є найважливішим елементом спостережень забруднення поверхневих вод, що дозволяють:

- Визнати екологічний стан водних об'єктів;
- Оцінити якість поверхневих вод, як середовища існування організмів, що населяють водойми;
- Визначити сукупний ефект комбінованого впливу забруднюючих речовин;
- Визначити специфічний хімічний склад води та її походження;
- Перевірити наявність або відсутність вторинного забруднення води.

Все це є також допоміжною інформацією при визначенні умов скиду, характеру та меж поширення стічних вод; при дослідженні біотрансформації забруднюючих речовин; при боротьбі з цвітінням води та заростанням водоймищ вищими рослинами; при проектуванні гідротехнічних споруд, а також є допоміжною інформацією при визначенні умов скиду, характеру та меж поширення стічних вод; при дослідженні біотрансформації забруднюючих речовин; при боротьбі з цвітінням води та заростанням водоймищ вищими рослинами; при проектуванні гідротехнічних споруд.

Україна належить до країн з досить обмеженими водними ресурсами. Виснаження природних вод у наш час відбувається головним чином за

рахунок скорочення якісної води під впливом дії антропогенних факторів. Таким чином, проблема охорона природних вод набуває досить гострого характеру та дуже актуальна особливо в наш час.

Міські водойми м. Дніпро, постійно піддаються впливу різноманітних забруднень та впливу людської діяльності. Оскільки водойми знаходяться в межах мегаполісу який насичений підприємствами важкої промисловості то до них в значній кількості з пилом та стічними водами потрапляють важкі метали, які накопичуються в мулистих покладах, потрапляють до трофічних ланцюгів та накопичуються в живих організмах, як наслідок чинять негативний вплив на всіх етапах життя організму.

Ми можемо спостерігати, як антропогенні фактори впливають на видове різноманіття та на формування трофічних зв'язків. Вони є зручними для проведення досліджень оскільки знаходяться в межах населених пунктів та не потребують значних транспортних витрат.

Інтенсивність процесу забруднення вод Дніпра можна значно зменшити шляхом регулювання режимом поверхневого стоку урбанізованих територій, а саме шляхом зменшення швидкості течії поверхневого стоку забруднених вод на окремих його ділянках з метою збільшення ефективності процесів трансформації і знешкодження забруднюючих речовин [2].

При визначенні екологічного стану водних екосистем, особливо урбанізованих територій, питання формування якості їх водної маси, як місця існування гідробіонтів дуже актуально, особливо в наш час. Головними гідрохімічними характеристиками, що її визначають є стан газового режиму, вмісту органічної речовини, концентрація біогенних речовин, а саме сполук азоту та фосфору, а також мінералізація води.

Отже визначення гідро-екологічних показників та зберігання водних ресурсів України, постійний моніторинг та визначення цих питань допоможе в майбутньому запобігти екологічних проблем, які впливають на якість води.

### **Література:**

1. Булейко А.А. Техногенний вплив на сучасний стан видового складу іхтіофауни р. Самара в Новомосковському районі Дніпропетровської області. *Екологія та ноосферологія, Дніпро: ДНУ, 2023, 34 (1),* р. 49-53. <https://doi.org/10.15421/032308>

2. Булейко А.А. Вплив живлення риб на якість рибопродукції в умовах забруднення водного середовища хімічними речовинами. *Екологія та ноосферологія, Дніпро: ДНУ, 2025, 36 (1),* р. 45-52. <https://doi.org/10.15421/032506>

## ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ ПРИ РУЧНІЙ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН

**Пікареня Д.С.**, д. г. н., професор,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
[pikarenia.d.s@dsau.dp.ua](mailto:pikarenia.d.s@dsau.dp.ua),

**Орлінська О.В.**, д. г. н., професор,  
*Відділення фізики гірничих процесів*  
*Інституту геотехнічної механіки*  
*ім. М.С. Полякова НАН України,*  
[ovorlinska@gmail.com](mailto:ovorlinska@gmail.com)

В південно-західній частині острова Мадагаскар розташоване селище Ілакака, «столиця» всесвітньо відомого регіону, де видобувається майже половина світового дорогоцінного каміння – сапфіру. Ці мінерали утворилися внаслідок метаморфічних процесів, що відбулися 750-700 млн років тому. Після цього територія суходолу була піддана процесам ерозії та розмиву річками, внаслідок чого виникли прадавні алювіальні розсипи сапфіру. В основному вони відносяться до категорії «похованих» розсипів, тобто перекриті метровими товщами сучасних річкових відкладів. Вперше сапфір був знайдений в цьому районі у 1998 році, з тих пір селище Ілакака переживає справжню «сапфірову лихоманку». Багато людей, використовуючи власну ручну працю, розкривають поховані розсипи через вузькі гірничі виробки – дудки, в яких під світлом звичайних свічок видобувають сапфіровмісну породу, підіймають на поверхню у мішках, а потім жінки й діти на примітивних інструментах промивають її в місцевій річці та відбирають сапфір (рис 1-а, б). Кількість таких самодіяльних «гірників» сягає понад 10 тисяч, і усі вони миють породу в річці, завдяки чому вона перетворилася в кольоровий жовто-бурий потік, воду якого неможливо використовувати (рис. 1-в). Це призвело до того, що території, які розташовані нижче за течією, потерпають від нестачі питної та поливної води. Спроби уряду та місцевої влади якось урегулювати розробку розсипів, впровадити природоохоронні заходи поки що не мають ефекту, оскільки видобуток сапфіру носить стихійний характер.



а



б



в

Рис. 1. Видобуток сапфіру на о. Мадагаскар: а – промивання породи на ситі; б – сапфіри; в – річка після розробок

Таким чином, розробка розсипів призводить до перетворення долин річок, забруднення води зваженими частками та подальшому замуленню їх русел. Разом з тим, ручний спосіб розробки з мінімальним технічним озброєнням не передбачає використання хімічних речовин, які часто застосовуються при збагаченні, тому що це дорого. Це надає впевненості в тому, що після відпрацювання розсипів, чого чекати вже недовго, річкова система самовідновиться, а спотворені русла повернуться до природного стану.

В іншій частині африканського континенту – на сході Демократичної республіки Конго, розташована провінція Киву з центром у м. Гома. В цьому районі розвинені численні прояви рідкіснометалевого зруденіння – танталу та ніобію, які є цінної сировиною в сучасній електроніці та автомобілебудуванні. Поряд з ними розташовані поклади золота, срібла, міді та інших корисних копалин. Район цей гористий, важкодоступний для техніки, багатий на річки та струмки, що заповнені чистою прозорою водою (рис. 2-а). Він населений дуже бідними мешканцями, які майже не мають роботи та засобів до існування. Ці обставини визначили ручний спосіб розробки рідкіснометалевих родовищ як найбільш дешевий та соціально значущий. Завдяки фізико-хімічним властивостям мінералів (колумбіту, танталіту), процес відокремлення їх від породи та концентрування відбувається шляхом звичайного промивання у воді. Місцеві мешканці вручну розбирають рудні тіла (рис. 2-б), зносять руду вниз до річки, де промивають її на звичайних ситах і відбирають мінерали, які потім здають у приймальний пункт та отримують винагороду – еквівалент 2-3 доларів на день. У гірництві зайняті усі – і підлітки, і жінки, навіть літні люди, яких там не багато в силу виснажливості праці. Годі й казати, що річки після таких розробок стають сильно забрудненими (рис. 2-в). Але ж це забруднення не хімічне, оскільки ставити хімічне збагачення у цих районах поки що дуже дорого. Отже, річки мають високий потенціал до самовідновлення.

Наприкінці треба відмітити подвійну роль річок як на Мадагаскарі, так і в ДР Конго для перетворення територій: якби в цих місцях не було води, то розробки корисних копалин скоріш за все не відбулися б. Вода в даному випадку є основним чинником територіальних змін і, як не парадоксально це виглядає, саме її наявність призвела до небажаних екологічних наслідків. В цьому проявляється дуалізм води: при вмілому використанні вода – це благо, але якщо відноситися до неї з неповагою, то вона може відповісти.



а)



б)



в)

Рис. 2. Розробки рідкіснометалевих руд в ДР Конго: а) – природні річки регіону; б) – «Біла гора» – родовище, розібране вручну; в) – потік після промивання руди

## СТРАТЕГІЯ НУЛЬОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ СЛОБОЖАНСЬКОЇ ОТГ

Пікінер Л.Ю., здобувач вищої освіти,  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет,  
[10351810@student.dsau.dp.ua](mailto:10351810@student.dsau.dp.ua)

В умовах воєнного стану, руйнування інфраструктури та безпрецедентно зростаючого антропогенного навантаження на екосистеми, питання забезпечення водної безпеки та раціонального використання водних ресурсів виходить на перший план. Сьогодні Україна стоїть перед викликом не лише подолання наслідків збройного конфлікту, але й формування чіткої стратегії збереження водно-ресурсного потенціалу. Фундаментальним орієнтиром для такого повоєнного відновлення є Європейський зелений курс (European Green Deal) та його ключовий компонент – стратегія «Нульового забруднення» (Zero Pollution Action Plan).

Слобожанська селищна територіальна громада розташована в безпосередній близькості до міста Дніпра. Попри розташування у порівняно екологічно чистій зоні, сусідство з промисловим центром та інтенсивний розвиток приміської забудови створюють значне антропогенне навантаження на гідросферу громади. Аналіз екологічного стану довкілля свідчить, що серйозною перепорою на шляху до гідро-техногенної безпеки є нерівномірний розвиток очисних споруд та критична зношеність інфраструктури водовідведення. Якщо в адміністративному центрі є підключення до міських мереж, то у сільських населених пунктах громади каналізаційні стоки часто не проходять належного очищення та відводяться на фільтраційні поля, просякаючи у ґрунтові води та забруднюючи місцеві водойми.

Надходження надмірної кількості органічних речовин та біогенних елементів з неочищеними скидами провокує процеси евтрофікації, зниження здатності водойм до самоочищення та деградацію екосистем. Першочерговим кроком до розв'язання цієї проблеми в рамках стратегії «нульового забруднення» є проведення об'єктивного інструментального моніторингу. Для оцінки реального стану гідросфери було проаналізовано результати екологічного моніторингу якості поверхневих вод річки Самара у двох контрольних точках: поблизу адміністративного центру (смт. Слобожанське) та поблизу с. Олександрівка. Дослідження проводилося у грудні 2025 року за допомогою мультипараметрового аналізатора якості води Hanna HI98194.

Дані порівняльного аналізу яскраво ілюструють просторову нерівномірність екологічного навантаження. Поблизу смт. Слобожанське якість поверхневих вод відповідає гігієнічним нормативам. Однак на ділянці річки поблизу с. Олександрівка зафіксовано помітне погіршення. Найбільш критичною є невідповідність нормативному значенню за показником розчиненого кисню ( $O_2$ ), концентрація якого знижується до 3,07 мг/л при

нормі понад 4,0 мг/л. Зміщення водневого показника у лужний бік (рН 8,60) та зниження рівня кисню свідчать про локальне антропогенне навантаження – ймовірно, через недостатньо очищені побутові стічні води та поверхневий злив із територій житлової забудови і сільськогосподарських угідь. Це є прямим індикатором посилення процесів евтрофікації.

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз якості поверхневих вод р. Самара в межах Слобожанської територіальної громади

Параметр	Граничне значення*	смт. Слобожанське (середнє значення)	с. Олександрівка (середнє значення)
Водневий показник (рН)	6,5 – 8,5	8,38	8,60
Розчинений кисень (O <sub>2</sub> ), мг/л	> 4,0	4,31	3,07
Відсоток насичення киснем, %	–	55,1	57,6
Мінералізація, мг/л	1000	665	264
Електропровідність, $\mu\text{S}/\text{cm}$	–	1317	566
Солоність, PSU	–	0,66	0,45
Температура, °C	–	5,11	3,49

\*згідно з наказом МОЗ України №721 від 02.05.2022 р.

Для вирішення проблем, стратегія нульового забруднення водних об'єктів у смт Слобожанське має ґрунтуватися на європейському досвіді й включати такі ключові кроки:

1. Природоорієнтовані рішення. Економічно доцільним є створення локальних систем очищення із фітотехнологіями та біоплато, які забезпечують високу якість очищення стічних вод та стійкість в умовах перебоїв електропостачання.

2. Скорочення біогенного забруднення. Варто посилити контроль за потраплянням нітратів і фосфатів у водойми для запобігання зниженню кисню.

3. Циркулярна економіка. Очищені стічні води можна повторно використовувати для технічних потреб, поливу або миття вулиць, що зменшить навантаження на річку Самару та підземні води.

4. Цифровий моніторинг. Автоматизовані системи й ГІС-технології дадуть змогу оперативно виявляти й прогнозувати екологічні ризики для гідроекосистем.

5. Екологічна свідомість. Залучення громади до природоохоронних ініціатив формуватиме сталу місцеву модель водокористування.

Упровадження цих заходів, засноване на сучасних технологіях і контролі, дозволить зберегти водні ресурси Слобожанського в післявоєнний період.

## **РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ: ЗАКОНОДАВЧЕ РЕГУЛЮВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА УПРАВЛІНСЬКІ ВИКЛИКИ**

**Середа В.В.**, здобувач вищої освіти,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
[11802577student@dsau.dp.ua](mailto:11802577student@dsau.dp.ua)

Гідросфера є фундаментальним компонентом біосфери, що забезпечує підтримку всіх форм живих організмів та функціонування промислових, аграрних і енергетичних процесів. Прісна вода становить лише 2,5% загального обсягу гідросфери, а найдоступніший її різновид – відновлюваний ресурс річкового стоку – розподілений украй нерівномірно: на Азію припадає 32%, Південну Америку – 28%, Африку – 9%, Європу – лише 7% [1]. Всесвітній економічний форум включив кризу водозабезпечення до переліку головних глобальних ризиків ще у 2015 році, а прогнози засвідчують: до 2050 року обмежений доступ до прісної води відчуватимуть на 3,3 мільярди людей більше, ніж у базовому 2000 році [1]. Для України, економіка якої історично базувалася на екстенсивній експлуатації природних ресурсів за залишкового принципу фінансування охорони довкілля, ці виклики набувають стратегічного значення [2].

Системна відповідь держави на означені виклики реалізується через законодавчу архітектуру інтегрованого водокористування. Фундаментом є Водний кодекс України у взаємодії із Законом №1264-ХІІ «Про охорону навколишнього природного середовища» та Законом «Про питну воду та питне водопостачання». Вирішальним кроком стало прийняття Закону №1641-VIII, яким запроваджено басейновий принцип – комплексне управління водними ресурсами в межах 9 районів річкових басейнів (Дніпро, Дністер, Дунай, Південний Буг, Дон, Вісла, Крим, Причорномор'я, Приазов'я) – з обов'язковою розробкою Плану управління річковим басейном (ПУРБ) для кожного з них [2]. Закон №2697-VIII «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики до 2030 року» закріплює кількісні цілі відносно базового 2015 року: зниження водоемності ВВП з 3,6 до 2,5 куб. м на 1000 грн, скорочення ресурсоемності ВВП до 60% від базового рівня, зменшення частки забруднених скидів з 15,7% до 5,0% та досягнення «доброго екологічного стану» 30% водних об'єктів [2].

Проте реальна ефективність попередніх державних програм виявилася катастрофічно низькою. Аудит Рахункової палати України щодо виконання Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну Дніпра (Закон №4836-VI) за 2013–2020 роки засвідчив фактичний провал: каналізаційні мережі побудовано або реконструйовано лише на 16,2% від планового обсягу, протиерозійні заходи та гідротехнічні споруди виконано на 0,1% від плану, споруди зливової каналізації – на 0,2%, а системи чистішого виробництва впроваджено лише на 3 з 162

запланованих підприємств (1,9%) [3]. Наслідком стало виявлення 161 забруднювача у поверхневих водах Дніпра [3]. Незважаючи на значне фінансування – лише на розчищення та регулювання русел річок (726,8 км) виділялося 627,8 млн грн, на будівництво гідротехнічних споруд – 1167,5 млн грн — результат виявився мінімальним, що доводить пріоритетність жорсткого антикорупційного контролю над декларативним програмуванням [2].

Найбільшим гідроекологічним потрясінням стало знищення дамби Каховської ГЕС 6 червня 2023 року: у перші години витікало близько 40 000 куб. м/с, а рівень водосховища впав майже на 5 метрів за три доби, що спричинило оголення водозаборів і зупинку насосних станцій [4]. У Нікопольському районі водоканали припинили роботу через 3–5 днів, у Криворізькому районі без постачання залишилося 70% населення; мешканці були змушені транспортувати від 40 до 80 літрів на домогосподарство з пунктів розливу. Вимушений перехід на артезіанські свердловини спричинив критичні відхилення якості: еколого-гігієнічний моніторинг 2023–2024 років виявив суттєві перевищення норм за сухим залишком, загальною жорсткістю, сульфатами, хлоридами та амонієм [5]. Ці дані підтверджують: єдиним рішенням є масове впровадження установок зворотного осмосу в поєднанні з відновленням централізованих систем водозабору на нових гідрологічних реаліях.

На рівні промислового сектору еталонним є досвід ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» – повністю замкнений цикл технічного водопостачання без жодного скиду у річку Інгулець: освітлена оборотна вода з хвостосховища через ставок-акумулятор повертається на збагачувальні фабрики та використовується для пилопригнічення з ефективністю 91–94% у 2024 році [6]. Системним вектором для всієї промисловості є Закон «Про інтегроване запобігання та контроль промислового забруднення» (імплементация Директиви ЄС 2010/75), що зобов'язує великі установки отримувати інтегрований довкіллевий дозвіл (ІДД) на основі Найкращих доступних технологій та методів (НДТМ) [7]. Природоорієнтованим доповненням є штучні водно-болотні угіддя (Constructed Wetlands) – інженерні фіторе mediaційні екосистеми, що очищують стоки та виконують протипаводкову функцію, однак в Україні їх масштабування гальмується відсутністю підзаконних актів до Закону №2887-IX щодо сертифікації локальних очисних споруд [8].

Таким чином, раціональне використання та зберігання водних ресурсів потребує конвергенції трьох рівнів управління. Стратегічного – реальної імплементации басейнового принципу (Закон №1641-VIII) з досягненням індикаторів Стратегії до 2030 року (Закон №2697-VIII) та дієвим інституційним контролем, уроки якого наочно демонструє провал Програми оздоровлення Дніпра. Технологічного – замкнених промислових водооборотних циклів, установок демінералізації методом зворотного осмосу та природоорієнтованих очисних систем. Децентралізованого – рециклінгу сірої води (прогнозований CAGR ринку 6,7% у 2026–2032 рр.), збору дощової води та локальних очисних споруд [9]. В умовах воєнної

агресії, наслідків Каховської катастрофи та кліматичних змін реалізація цих підходів є не лише екологічним пріоритетом, а й фундаментом продовольчої безпеки та післявоєнної відбудови держави [2].

### Література:

1. Global water resources: Challenges of the 21st century. *ResearchGate*. URL: [https://www.researchgate.net/publication/348069523\\_GLOBAL\\_WATER\\_RESOURCES\\_CHALLENGES\\_OF\\_THE\\_21st\\_CENTURY](https://www.researchgate.net/publication/348069523_GLOBAL_WATER_RESOURCES_CHALLENGES_OF_THE_21st_CENTURY)
2. Закони України. *Державне агентство водних ресурсів України*. URL: <https://davr.gov.ua/zakoni-ukraini1>
3. Рахункова палата: Екологічний стан річки Дніпро катастрофічний – у поверхневих водах виявлений 161 забруднювач. *Рахункова палата*. URL: <https://rp.gov.ua/PressCenter/News/?id=1145>
4. Без «моря» та води. Як жителі Дніпропетровщини через підрив Каховської ГЕС залишилися без водопостачання. *Суспільне*. URL: <https://suspilne.media/dnipro/762103-bez-mora-ta-vodi-ak-ziteli-dnipropetrovsini-cerez-pidriv-kahovskoi-ges-zalisilisa-bez-vodopostacanna/>
5. Еколого-гігієнічна оцінка стану водозабезпечення. *Національний університет «Острозька академія»*. URL: <https://journals.ostroh-academy.rv.ua/index.php/publichealth/article/view/123>
6. Звіт ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». *Офіційний вебсайт Криворізької міської ради та її виконавчого комітету*. URL: [https://kr.gov.ua/api/uploads/27\\_amkr\\_a2372750c5.pdf](https://kr.gov.ua/api/uploads/27_amkr_a2372750c5.pdf)
7. Тренінгова програма для бізнесу щодо процедури отримання інтегрованого дозволу. *Дія.Бізнес*. URL: <https://business.dii.gov.ua/news/treninhova-prohrama-shchodo-protsedury-otrymanna-idd>
8. Інтегроване управління водними ресурсами. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України*. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/reformy/integrovane-upravlinnya-vodnyymi-resursamy/>
9. Greywater Recycling System Market Forecast, 2026-2033. *Coherent Market Insights*. URL: <https://www.coherentmarketinsights.com/industry-reports/greywater-recycling-system-market>

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENVIRONMENTAL MONITORING DURING WAR

**Andriy TKACHUK**, associate professor, candidate of agricultural sciences,  
Dnipro State Agrarian University,  
[tkachuk.a.v@dsau.dp.ua](mailto:tkachuk.a.v@dsau.dp.ua)

**Polina TKACHUK**, student, Dnipro State Agrarian University,  
[11099733@student.dsau.dp.ua](mailto:11099733@student.dsau.dp.ua)

The Russian Federation's full-scale aggression against Ukraine has had considerable ramifications for the environment. These include the degradation of natural ecosystems, the deterioration of public health, and the impediment of economic development in the country. The destruction of industrial facilities, shelling of energy infrastructure, fires at oil depots, damage to hydraulic structures, and soil contamination from munitions are leading to a large-scale deterioration of the environment. In such circumstances, effective environmental monitoring assumes particular significance, as it facilitates the timely identification of environmental threats and the assessment of the extent of damage caused [1].

Traditional methods of environmental monitoring often require significant time and financial resources, and conducting field research in areas of active combat can be dangerous or even impossible. This underscores the significant potential for artificial intelligence technologies to emerge as a leading field in the development of environmental monitoring systems. Machine learning algorithms facilitate the analysis of voluminous datasets obtained from satellite systems, automated monitoring stations, and unmanned aerial vehicles [2].

One of the key areas of application for artificial intelligence in Ukraine is the analysis of satellite imagery to detect changes in the natural environment. The employment of image processing algorithms facilitates the automated identification of water pollution, the destruction of natural ecosystems, the extent of forest fires, and other consequences of military operations. The employment of neural networks has been demonstrated to markedly accelerate the processing of satellite data, thereby enhancing the precision of environmental damage assessments [3].

It is imperative to note that the monitoring of atmospheric air quality in industrial regions of Ukraine that have been significantly damaged because of hostilities is of relevance. The release of toxic substances into the atmosphere can be triggered by damage to chemical plants, fuel depots and other high-risk facilities. As demonstrated in artificial intelligence systems have the capacity to analyze data from a network of air quality sensors and predict the spread of pollutants contingent on meteorological conditions [4].

Another equally important area of application for modern technologies is the use of artificial intelligence systems to monitor the state of water resources. In the context of military operations and man-made pressures, the risks of disrupting the ecological balance of aquatic ecosystems increase significantly. The destruction of hydraulic infrastructure, damage to water treatment facilities, accidental discharges

from industrial enterprises, and the release of hazardous chemicals into water bodies can lead to significant pollution of rivers, lakes, and underground aquifers.

In such circumstances, the deployment of intelligent data analysis systems assumes particular significance. These systems possess the capacity to process substantial quantities of information derived from automated observation posts, monitoring sensors, and satellite systems. The employment of machine learning algorithms and predictive analytics enables these systems to expeditiously discern deviations in the physical and chemical parameters of water, including but not limited to pH level, dissolved oxygen content, concentration of harmful substances, and fluctuations in temperature.

In addition, artificial intelligence technologies make it possible not only to detect pollution but also to predict potential environmental consequences, identify sources of pollution, and assess the extent of its spread. This enables relevant agencies to respond promptly to environmental threats, make effective management decisions, and implement measures to prevent further deterioration of water quality.

The integration of artificial intelligence with the Internet of Things (IoT) represents a promising avenue for the advancement of environmental monitoring. Sensor networks have the capacity to collect real-time data on temperature, humidity, pollutant concentrations, and other environmental parameters. Machine learning algorithms process this data and generate forecasts of potential environmental risks, a particularly salient consideration in regions affected by military conflict [5].

At the same time, the implementation of artificial intelligence technologies in environmental monitoring systems requires addressing a number of challenges. These include the need to establish a unified system for the collection and exchange of environmental data, ensuring access to contemporary Earth remote sensing technologies, and the training of specialists in the field of environmental data analysis. For Ukraine, these tasks are of particular pertinence in the context of post-war recovery and the assessment of environmental damage caused by the war.

Therefore, the utilisation of artificial intelligence technologies engenders novel prospects for environmental monitoring in military contexts. The employment of contemporary data analysis algorithms facilitates the expeditious identification of environmental issues, the estimation of environmental degradation, and the formulation of efficacious strategies for its rehabilitation. The further development of such technologies will contribute to improving Ukraine's environmental safety and ensuring the country's sustainable development in the post-war period.

### **Literature:**

1. Клерк Л. де, Шлапак М., Шмурак А., Гасан-Заде О., Михайленко О., Кортуіс А., Засядько Є., Андрусевич А., Городиський І. Вплив російської війни в Україні на клімат. Київ, 2023. (Звіт). URL: [https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2024/01/Report-2023\\_December\\_UA.pdf](https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2024/01/Report-2023_December_UA.pdf) (дата звернення: 13.03.2026).

2. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th ed. Harlow : Pearson Education Limited, 2021. 1136 p. URL: [http://lib.yosu.am/disciplines\\_bk/efdd4d1d4c2087fe1cbe03d9ced67f34.pdf](http://lib.yosu.am/disciplines_bk/efdd4d1d4c2087fe1cbe03d9ced67f34.pdf) (дата звернення: 13.03.2026).

3. Ma L., Liu Y., Zhang X., Ye Y., Yin G., Johnson B. A. Deep learning in remote sensing applications: A meta-analysis and review / L. Ma, Y. Liu, X. Zhang, та ін. // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2019. Т. 152. С. 166–177. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.04.015>

4. Air Quality Forecasting Using Machine Learning: Comparative Analysis and Ensemble Strategies for Enhanced Prediction // Water, Air, and Soil Pollution. 2025. Vol. 236, No 7. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-025-08122-8> (дата звернення: 13.03.2026).

5. Dimple, Malik R. Review on Internet of Things: A Survey // International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). 2017. Vol. 5, Issue 11. URL: <https://www.ijert.org/research/review-on-internet-of-things-a-survey-IJERTCONV5IS11036.pdf> (дата звернення: 13.03.2026).

## СУЧАСНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ЗА СТАНОМ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

**Макаров А.В.**, к.т.н., старший викладач,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
[makarov.a.v@dsau.dp.ua](mailto:makarov.a.v@dsau.dp.ua),

**Макарова Т.К.**, к.с.-г.н., доцент,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

Сьогодні актуальність гідротехнічних споруд (ГТС) в Україні визначається насамперед потребами національної безпеки та енергетичної стійкості в умовах воєнного стану. Після руйнування Каховської ГЕС питання відновлення та захисту дамб й водосховищ стало критичним для виживання цілих регіонів. Від ГТС залежить не лише генерація електроенергії, а й забезпечення питною водою мільйонів людей та робота стратегічних промислових підприємств. Окрім енергетичного аспекту, гідроспоруди відіграють вирішальну роль у підтримці аграрного сектору Півдня України, де без належного регулювання водних ресурсів неможливе ефективне зрошення земель. Сучасний стан водних артерій країни також вимагає негайної модернізації шлюзів та берегоукріплень для запобігання екологічним катастрофам і техногенним аваріям. У контексті євроінтеграції Україна має впроваджувати інтегроване управління водними ресурсами, що робить належне функціонування гідротехнічних об'єктів фундаментом для економічного відродження та екологічної стабільності держави.

Для забезпечення надійної експлуатації та запобігання аварійним ситуаціям на таких стратегічних об'єктах критичним етапом є регулярне та фахове обстеження основних будівельних конструкцій гідротехнічних споруд. Обстеження будівельних конструкцій гідротехнічних споруд - це багатофакторний процес, який поєднує методи класичного цивільного будівництва та специфічні підводно-технічні роботи. Головна складність полягає в тому, що ГТС постійно перебувають під динамічним та статичним тиском води, що прискорює руйнацію матеріалів. На знос будівельних матеріалів у ГТС впливає унікальний комплекс агресивних факторів. На відміну від звичайних будівель, ГТС працюють в умовах постійного контакту з водою, величезного тиску та динамічних ударів [1, 2].

В умовах воєнних дій та підвищеного ризику техногенних катастроф візуально-інструментальне обстеження стає основою для прийняття рішень щодо обсягів ремонтних робіт або необхідності підсилення конструкцій. Використання сучасних методів неруйнівного контролю дає змогу отримати об'єктивну картину зносу матеріалів, яка є необхідною для розробки проектів з ремонту [3, 4, 5, 6].

Для контролю за станом фундаментів та прихованих порожнин ГТС використовують системи автоматизованого діагностичного моніторингу. Це мережа датчиків, що «вшиваються» в конструкцію ще на етапі

будівництва або під час реконструкції. Основні типи інструментів, які дозволяють зазирнути «всередину» фундаментів – це п'єзометричні датчики (контроль тиску), які вимірюють рівень і тиск фільтраційної води в основі; оптоволоконні системи (укладається спеціальний кабель, якій реагує на температуру, мікророзтяги та інші фактори); інклінометри та екстензометри (фіксують найменший нахил споруди або зсув шарів ґрунту під нею); екстензометри (вимірюють взаємне зміщення блоків бетону або осідання фундаменту відносно скельної основи); сейсмоакустичні датчики (виявити процес суфозії).

Для безперервного контролю (в режимі 24/7) за станом металевих та бетонних конструкцій ГТС використовують системи автоматизованого моніторингу. Вони складаються з мережі датчиків, що передають дані на центральний пульта у реальному часі.

Основні інструменти онлайн-моніторингу: тензометри (датчики деформації); датчики акустичної емісії; електрохімічні сенсори корозії; гідростатичні нівеліри та інклінометри; вібраційні датчики (віброметри, акселерометри).

Для запобігання техногенним аваріям стратегічне значення має впровадження автоматизованих систем онлайн-моніторингу, які за допомогою мережі датчиків (тензометрів, п'єзометрів, інклінометрів) цілодобово фіксують найменші деформації фундаментів та матеріалів. Такий комплексний підхід дозволяє не лише об'єктивно оцінювати знос об'єктів, а й приймати оперативні рішення щодо їхнього підсилення та модернізації задля сталого економічного розвитку країни.

### **Література:**

1. ДБН В.2.4-3:2025 Гідротехнічні споруди. Основні положення
2. ДБН В.1.2-6:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість
3. Обстеження, випробування та експлуатація будівель і споруд : навчальний посібник. М. М. Корзаченко, І. О. Прибитько, Т. Р. Ганєєв, М. Г. Болотов. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. 110 с.
4. ДСТУ-НБВ.1.2-18:2016. (2017). Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Київ: ДП УкрНДНЦ.
5. ДСТУ Б.В.2.6-210:2016. (2017). Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. Київ: Мінрегіонбуд України, Укрархбудінформ.
6. Наказ № 252 [1995.12.21]. (1995). Про затвердження Методики обстеження і паспортизації гідротехнічних споруд систем гідравлічного вилучення та складування промислових відходів. Київ: Держбуд України.

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ ПРАТ «ОРІЛЬ-ЛІДЕР» У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

**Гапіч Г.В.**, к.т.н., доцент,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
[hapich.h.v@dsau.dp.ua](mailto:hapich.h.v@dsau.dp.ua),  
**Березніков Д.О.**, здобувач вищої освіти,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*  
**Дмитрієв І.В.**, здобувач вищої освіти,  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

В умовах повномасштабної війни та глобальних кризових ситуацій питання забезпечення продовольчої та екологічної безпеки України набуло критично важливого значення. Безперебійне функціонування агропромислового комплексу, потужних господарств і холдингів, таких як ПрАТ «Оріль-Лідер» (підрозділ МХП), є запорукою продовольчої стабільності держави. Проте сучасні виклики вимагають не просто виробництва сільськогосподарської продукції, а й формування стійких, автономних систем, що здатні мінімізувати техногенне навантаження на компоненти довкілля та забезпечувати енергетичну незалежність навіть у періоди дефіциту ресурсів. Екологізація виробництва сьогодні – це не лише вимога та імплементація законодавства європейського рівня, а й стратегічний інструмент виживання та розвитку національної економіки України.

ПрАТ «Оріль-Лідер» є одним із найбільших підприємств галузі птахівництва в Україні. Підприємство розташоване у Дніпровському районі Дніпропетровської області. Виробничий цикл охоплює всі технологічні етапи від формування кормової бази і вирощування птиці до переробки відходів. Головною екологічною інновацією підприємства стала інтеграція внутрішньогосподарського комплексу з виробництва біогазу, потужність якого дозволяє обробляти понад 100 тон органічних відходів (курячий послід, силос) на добу. Впровадження та реалізація такого рішення перетворило екологічний виклик підприємства на енергетичний ресурс, що дозволило компанії стати активним учасником Всеукраїнських проектів з відновлювальної енергетики (*EKOtransformation та інші*) та впроваджувати кращі доступні технології для захисту атмосферного повітря і водних ресурсів регіону.

Для мінімізації впливу на довкілля підприємство використовує багаторівневу систему моніторингу. Очистка стічних вод базується на суворому дотриманні нормативів гранично допустимих скидів (ГДС). Компанія інвестує у сучасне лабораторне обладнання, що дозволяє контролювати якість води за широким переліком показників, включаючи специфічні забруднювачі. У сфері захисту атмосфери впроваджено технології пилогазоочистки, що дозволяють утримувати концентрації аміаку, сірководню та діоксиду азоту в межах санітарних норм, що

підтверджується регулярними комплексними екологічними аудитами та відкритими звітами підприємства з ОВД.

Стратегія декарбонізації ПрАТ «Оріль-Лідер» реалізується через заміщення викопного палива відновлюваними джерелами. Підприємство впроваджує системи моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів. Використання теплової енергії біогазового комплексу дозволило замінити понад 555 тис. м<sup>3</sup> природного газу за аналогічний період, суттєво зменшуючи викиди CO<sub>2</sub> в атмосферу. Станом на сьогодні продуктивність внутрішньогосподарського комплексу наступна:

- виробництво біогазу – 69421 м<sup>3</sup>/добу;
- виробництво біометану – 35000 м<sup>3</sup>/добу;
- виробництво теплової енергії – 23,35 МВт/добу;
- виробництво електроенергії – 5,69 МВт/год.

Технологічне рішення з експлуатації біогазового комплексу дозволяє здійснювати глибоку переробку відходів за міжнародними стандартами. Ключовим продуктом цієї біотехнології є дигестат – високоефективне органічне добриво. Загальна схема технологічного циклу роботи установки наведена на рис. 1.



Рис. 1. Технологічний цикл поводження з відходами ПрАТ «Оріль-Лідер»  
(частково створено методом візуалізації даних за допомогою штучного інтелекту моделі Gemini 3 Flash)

Впровадження сучасних біотехнологій дозволяє повністю замикати цикл обігу речовин, повертаючи поживні елементи в ґрунти та підвищуючи їхню родючість без використання надмірної кількості мінеральних добрив. Такий підхід не лише знижує витрати, а й запобігає забрудненню підземних вод сполуками азоту. Таким чином, досвід ПрАТ «Оріль-Лідер» доводить, що навіть у складних умовах воєнного стану та економічних криз, ставка на екологічні інновації та декарбонізацію забезпечує подвійний ефект: зміцнення продовольчої безпеки держави та збереження навколишнього середовища.