



ОСАДЧИЙ

Володимир Іванович — академік НАН України, директор Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України

КАХОВСЬКЕ ВОДОСХОВИЩЕ ПІСЛЯ КАТАСТРОФИ: СУЧАСНИЙ СТАН, ВИКЛИКИ ТА СТРАТЕГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ

Стенограма доповіді на засіданні
Президії НАН України 16 квітня 2025 року

У доповіді наголошено, що науковці Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України у тісній співпраці з вченими інших установ НАН України та колегами із закордонних наукових центрів зосередили основну увагу на короткострокових і віддалених екологічних наслідках катастрофи на Каховському водосховищі. Використовуючи міждисциплінарний підхід, дослідницька команда розробила методологічну основу, яка поєднує польові роботи та спостереження методами дистанційного зондування Землі з чисельним та аналітичним моделюванням. Такий підхід є раціональним, оскільки доступ до водосховища залишається ускладненим, а в деяких районах — неможливим через бойові дії, що й досі тривають.

Вельмишановний Анатолію Глібовичу!

Вельмишановні члени Президії! Шановні присутні!

Дякую за можливість представити деякі результати наукових досліджень, які науковці Українського гідрометеорологічного інституту (УкрГМІ) ДСНС України та НАН України отримали, вивчаючи Каховське водосховище до і після трагедії.

Наслідки цієї катастрофи та майбутня доля водосховища перебувають нині у фокусі уваги суспільства та наукової громадськості не лише України, а й світу. Моя сьогоднішня доповідь певною мірою є продовженням серії виступів на засіданнях Президії НАН України колег-науковців — академіків С.О. Афанасьєва й Я.П. Дідуха, і, гадаю, вона буде не останньою, оскільки проблема Каховського водосховища дійсно складна й багатогранна.

Свого часу створення Каховського водосховища було зумовлено природними умовами півдня України, зокрема кліматичними, та особливостями формування водного стоку в басейні Дніпра, коли на нижній Дніпро припадає менш як 1 % загальної

величини водного стоку річки — в середньому $52 \text{ км}^3/\text{рік}$. Ще в 1850 р. дослідник-природознавець російської Імператорської академії наук Карл Бер писав: «Таврійські степи через свій клімат та нестачу води завжди будуть належати до найбільш і найнезручніших для обробітку місцевостей».

Передумовами створення Каховського водосховища була низка соціальних і політичних факторів, зокрема необхідність забезпечення водою південних регіонів України та Криму для розвитку в них сільського господарства. Поштовхом же стала найбільша за пів століття посуха, в результаті якої в 1946—1947 рр. Україну охопив нищівний голод. У 1948 р. керівництво Радянського Союзу ухвалило комплексну програму «Велике перетворення природи», яка передбачала, зокрема, будівництво Каховського водосховища. Роботи було завершено в 1956 р., і це була остання «велика будова комунізму» в Україні.

Створення Каховського водосховища мало як позитивні, так і негативні наслідки.

Спорудження водосховища дійсно дало значний економічний ефект, дозволило отримувати в регіоні стабільні врожаї сільськогосподарських культур, вирішити питання енергозабезпечення, питного водопостачання, розвивати водний транспорт, рибництво та рекреаційні зони. На базі водосховища було створено найбільшу в Європі Каховську меліоративну систему. Воду для зрошення подавали з Каховського магістрального каналу та Північнорогачинської зрошувальної системи. Мережею місцевих зрошувальних каналів вода надходила до Херсонської, Запорізької та Дніпропетровської областей. Найбільшими споживачами поливної води були підприємства Херсонської області, на які до початку повномасштабної війни РФ проти України припадало в середньому понад $1 \text{ км}^3/\text{рік}$.

Створення водосховища дозволило звужити сезонні коливання водного стоку і, що найважливіше, збільшити показники водності у меженний лімітуючий період. Так, під час водопілля максимальні витрати води зменшилися з 3500 до менш як 2000 $\text{м}^3/\text{с}$, а в лімітуючий ме-

женний період, навпаки, зросли, тобто влітку води стало більше, що важливо для водокористувачів у різних галузях економіки.

Однак будівництво Каховського водосховища призвело до негативних гуманітарних наслідків, насамперед через відсутність уваги до потреб людини з боку радянської влади. Так, було переселено близько 37 тис. осіб, причому цей процес відбувся в командно-адміністративний спосіб, без можливості вибору, без компенсації втраченого майна і без реальної допомоги людям. Найвідомішим населеним пунктом, який зник під водою, було стародавнє місто Велика (Стара) Каховка. Загалом повністю або частково було затоплено 91 населений пункт, понад 200 тис. га родючих земель. І зрештою, було знищено історичну спадщину українців, місце національної ідентифікації — Великий Луг Запорізький.

Прорахунки під час проектування та на етапі здійснення будівництва призвели до інтенсифікації гідробіологічних процесів, наслідком чого стало масове цвітіння води, спричинене бурхливим розвитком водоростей. Спорудження Каховського водосховища й греблі негативно позначилося і на біоті, зокрема, перервало шляхи міграцій риб і безхребетних, погіршило умови існування багатьох видів.

6 червня 2023 р. російські війська підірвали греблю Каховської ГЕС, що призвело до неконтрольованого скиду води з Каховського водосховища. Наслідки цієї безпрецедентної техногенно-екологічної та соціальної катастрофи мають різний вимір у часі.

Короткострокові наслідки руйнування греблі Каховської ГЕС пов'язані передусім з масштабною повинню, коли водні маси з водосховища обсягом близько $16,4 \text{ км}^3$ хлинули вниз за течією, спричинивши в пониззі Дніпра різке підняття рівня води, що призвело до загибелі десятків людей і численних руйнувань. Від затоплення лише на правобережжі постраждало 110 тис. осіб та 60 тис. будівель. Спустошення водосховища тривало 20 діб, і 26 червня 2023 р. Каховське водосховище перестало існувати. На цю дату вода містилася лише в русловій частині та залишкових водоймах глибоководних зон.

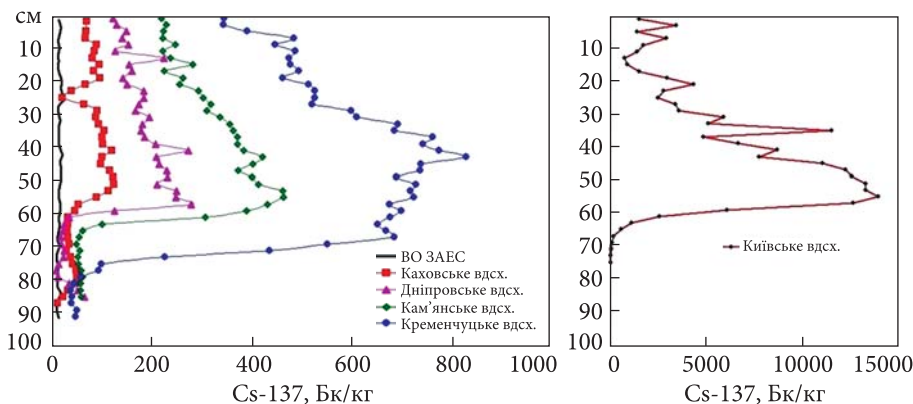
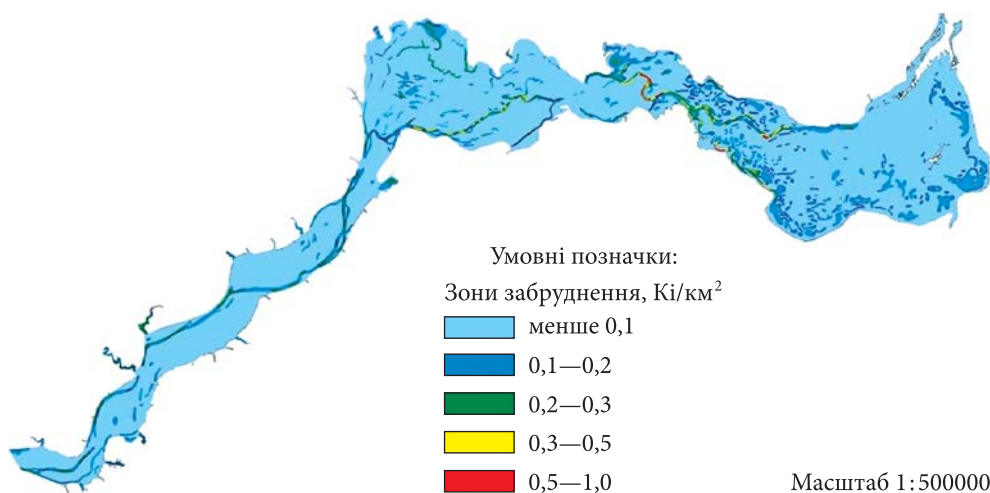


Рис. 1. Вертикальна структура забруднення ^{137}Cs у водосховищах Дніпровського каскаду

Рис. 2. Картосхе-ма розподілу ^{137}Cs у донних відкладах Каховського водосховища



Площа водної поверхні становила 124 км², або 6 % початкової площі водосховища (2155 км²).

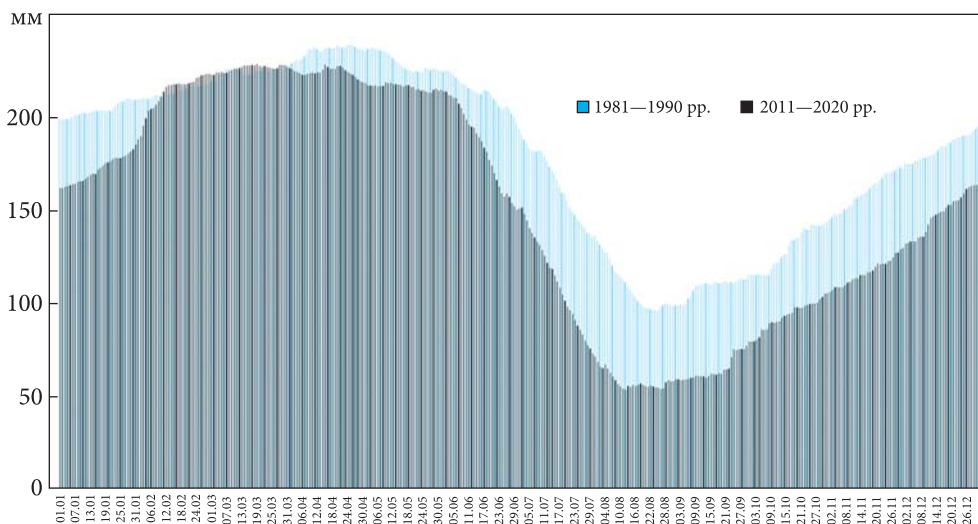
Моделювання гідродинамічних умов, проведене науковцями УкрГМІ у співпраці з німецькими та американськими вченими, показало, що хвиля повені не мала характеристик цунамі, а рухалася за принципом вузького горла. В іншому випадку кількість жертв і масштаби руйнувань могли б бути набагато більшими.

Для дешифрування дна Каховського водосховища науковці нашого інституту використали спектросональні космічні знімки супутника Sentinel-2 та знімки у візуальному діапазоні, що дозволило досить точно визначити площі, які потім покрилися рослинністю. Виконані раніше дослідження у поєднанні з супутниковою інформацією дали нам змогу ідентифікувати типи осушених донних відкладів.

Знімки в діапазоні NDWI (normalized difference water index) допомогли детально дешифрувати залишкові водні об'єкти водосховища під час водопілля на Дніпрі та відобразити рельєф його чаші. Саме рельєф відіграв ключову роль у розрахунку об'ємів води, що залишалася у водосховищі в періоди водопілля й межені.

Ми дослідили повінь 2024 р. Починаючи з 28 червня 2023 р. кількість води в чаші Каховського водосховища визначається рівнем води у Дніпрі, а також інтенсивністю опадів. Наприкінці лютого 2024 р. внаслідок танення снігу почалося весняне водопілля, що привело до підвищення рівня води в Дніпрі. Станом на 6 березня 2024 р. на території Каховського водосховища спостерігався максимальний рівень води — наповнилися водою близько 17 тис. во-

Рис. 3. Щоденний запас води у ґрунті в басейні р. Базавлук у період 1981—1990 рр. і в 2011—2020 рр.



дойм сумарною площею 888,5 км², або 41 % початкової площі водосховища.

Через 2 місяці, у травні 2024 р., в басейні Дніпра випала значна кількість опадів, і 25 травня рівень води знову підвищився, сягнувши практично максимального березневого показника — 860,48 км (39,9 %). Однак середня глибина водойм невелика, тому запаси води непропорційно менші: об'єм усіх водойм колишнього водосховища і русла Дніпра становив 2,15 км³ (11,8 % початкового об'єму).

Протягом останніх десятиліть, використовуючи наявну технічну й технологічну базу, фахівці УкрГМІ проводили детальні комплексні дослідження з визначення ступеня забруднення важкими металами і радіонуклідами біотичних і абіотичних компонентів екосистем дніпровських водосховищ, зокрема й Каховського водосховища.

Застосування радіоізотопного датування дозволило простежити динаміку техногенного навантаження на водосховище від початку його експлуатації і до 2021 р., коли відбулася остання наша експедиція на Каховське водосховище. Встановлено, що донні відклади є кінцевою ланкою трансформаційно-міграційних процесів для більшості політантів, зокрема й важких металів. Ми показали, що ключовим фактором, який визначає розподіл металів у донних відкладах Каховського водо-

сховища, є ступінь їх дисперсності. Гранулометричний склад донних відкладів впливає на їх хімічний склад та водно-фізичні властивості. З'ясувалося, що піщані фракції є інертними до сорбції чи десорбції металів і не беруть участі в міжфазному перерозподілі забруднювачів. Найбільш забрудненими є дрібнодисперсні донні відклади, які мають високу сорбційну здатність і накопичуються переважно в глибоководних зонах. А це зони з активними седиментаційними процесами.

Слід зазначити, що водосховище відігравало роль природного буфера, акумулюючи токсиканти різного походження. Додатковим джерелом сорбентів металів слугували лесові породи, які надходили в процесі розмиву правобережної берегової лінії. Внаслідок розмиву у водосховище щороку потрапляло понад 3,5 млн т дрібнодисперсного матеріалу, що сприяло формуванню великих зон із помірними концентраціями металів у донних відкладах. Завдяки цьому вміст металів у Каховському водосховищі був нижчим, ніж у Дніпровському.

Наразі нам потрібно провести дослідження, які дадуть відповідь на питання: за яких фізико-хімічних умов водного середовища можлива ремобілізація металів із донних відкладів. Раніше ми вже отримали параметри вторинного забруднення води Каховського водосховища з донних відкладів унаслідок молекулярної ди-

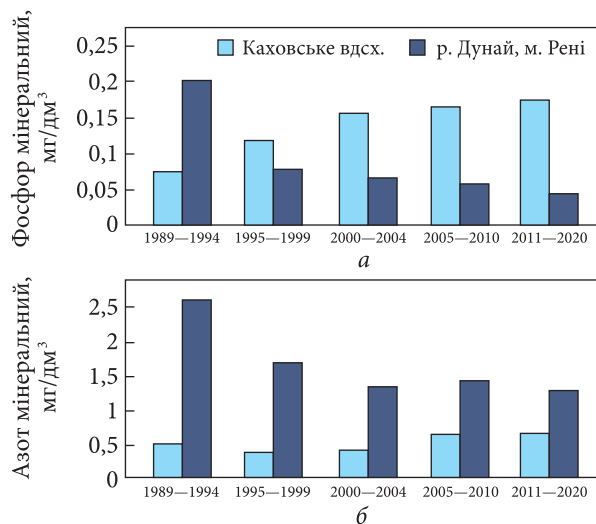


Рис. 4. Порівняння динаміки змін вмісту фосфору (а) і азоту (б) у водах р. Дунай та у Каховському водосховищі за період 1989—2020 рр.

фузії з порових розчинів. Цього року плануємо провести ще одну серію експериментів за цим напрямом.

Після Чорнобильської катастрофи наш інститут постійно вивчає трансформацію забруднення радіонуклідами абіотичних компонентів водних екосистем дніпровських водосховищ. На щастя, Каховське водосховище було найменш забрудненим «чорнобильськими» радіонуклідами (рис. 1).

На рис. 2 наведено картосхему розподілу цезію-137 у донних відкладах Каховського водосховища. Слід зазначити, що щільність забруднення у водосховищі менша, ніж на багатьох берегових ділянках. Тому під час прийняття рішень щодо використання значних площ колишнього Каховського водосховища для виробництва сільгосппродукції радіоактивне забруднення принаймні не буде стримувальним фактором.

Зміни клімату є одним із ключових викликів для аграрного сектору України, особливо це стосується південних регіонів, які традиційно забезпечували значну частку сільськогосподарської продукції країни. Підвищення середньорічних температур, зростання частоти посух та зменшення кількості опадів у ве-

гетаційний період істотно погіршують умови ведення сільського господарства. Як приклад можна навести порівняльні дані, які ілюструють зменшення запасу вологи у ґрунті на правобережжі Каховського водосховища в басейні р. Базавлук у 1981—1990 рр. і 2011—2020 рр. (рис. 3). Тому стабільне водопостачання стає вирішальним фактором збереження продуктивності сільськогосподарського виробництва та забезпечення продовольчої безпеки держави. Крім того, зі змінами клімату в Україні загострюватимуться питання питного водопостачання. Подолання цих викликів, безумовно, може сприяти відновлення Каховського водосховища.

Інвестиції у відбудову водосховища та пов'язаних із ним зрошувальних систем дозволять відновити виробництво високорентабельних сільськогосподарських культур, збільшити експортний потенціал агросектору, створити робочі місця та активізувати розвиток громад. Ефективне водокористування, поєднане із сучасними технологіями зрошення, сприятиме більш раціональному управлінню водними ресурсами, навіть в умовах зміни клімату.

Отже, можна констатувати, що в умовах зміни клімату питання відновлення Каховського водосховища слід розглядати не лише як технічний чи екологічний проєкт, а й як елемент національної адаптаційної стратегії. Відновлення водосховища забезпечить сталу базу для розвитку сільського господарства та зміцнення економіки південного регіону в нових кліматичних умовах.

Однак, розробляючи різні варіанти відбудови Каховського водосховища, потрібно зосередити увагу на вирішенні проблеми забруднення дніпровської водної системи біогенними елементами — азотом і фосфором. Наведу лише один приклад. Понад 80 % забруднення азотом і фосфором із точкових джерел припадає на великі міста — Київ, Дніпро, Запоріжжя. Наявні очисні споруди можуть утилізувати лише 35 % азоту і 20 % фосфору. І якщо для очищення стічних вод від органічних речовин можна використовувати біохімічні методи (мікроорганізми, які окиснюють органіку), то для

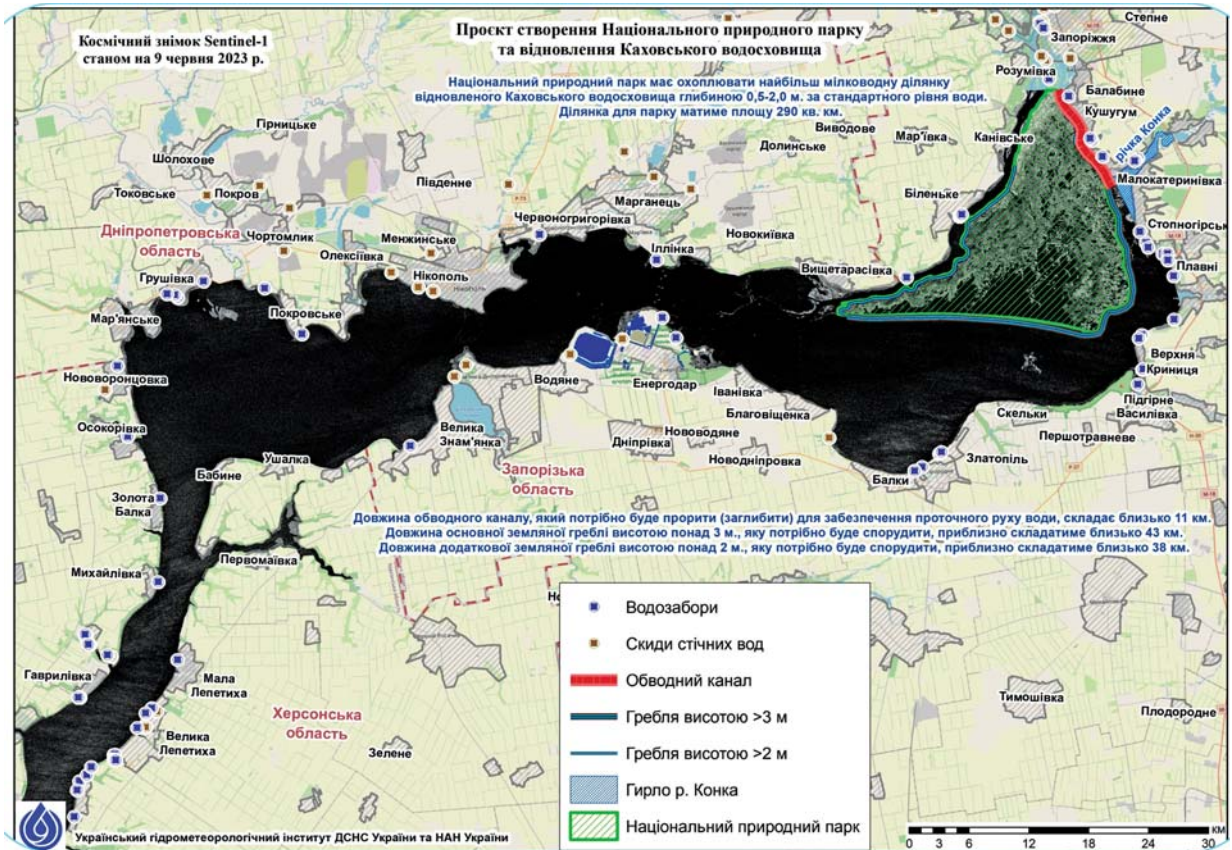


Рис. 5. Проект відновлення Каховського водосховища зі створенням національного парку «Великий Луг». Природний парк має охоплювати найбільш мілководну ділянку водосховища площею 290 км². При цьому довжина обвідного каналу для забезпечення проточного руху води становитиме близько 11 км, довжина основної земляної греблі заввишки понад 3 м — 43 км, а довжина додаткової греблі заввишки близько 2 м — 38 км

очищення від азоту і фосфору потрібні більш високовартісні хімічні методи. Наприклад, для Києва, за різними оцінками, така система повного очищення коштуватиме близько \$1 млрд. Однак, згідно з директивами Європейського Союзу, куди ми прагнемо вступити, всі містамільйонники повинні мати такі очисні споруди. Слід зазначити, що впровадження свого часу принципів Водної рамкової директиви ЄС сприяло зменшенню біогенного навантаження на р. Дунай (рис. 4). Україна також має зайнятися будівництвом ефективних очисних споруд у містах Подніпров'я, інакше наш славний Дніпро і надалі влітку набуватиме зеленого кольору, а екологічне управління Каховським водосховищем буде неможливим.

Сьогодні в українському суспільстві точаться гарячі дискусії щодо майбутнього Каховського водосховища, і вчені мають надавати владі свої об'єктивні й науково обґрунтовані рекомендації. Гадаю, нам зараз потрібно розробляти багатоваріантні сценарії відновлення Каховського водосховища, враховуючи всі соціальні, екологічні, економічні та кліматичні складові і зважаючи на прагнення суспільства відродити Великий Луг. Сподіваюся, що після проведення детальних експертних оцінок науковці з різних наукових установ НАН України та НААН України зможуть запропонувати прийнятну концепцію і визначити межі та конфігурацію майбутнього Каховського водосховища разом із національним парком «Вели-

кий Луг». Один із таких варіантів наведено на рис. 5.

Будівництво дамби у верхів'ї Каховського водосховища може мати обмежене аграрне значення, особливо в умовах кліматичних змін та за наявності солоних вод р. Конки. Без фахового нагляду та управління це може призвести до вторинного засолення і втрати ґрунтового потенціалу.

Найбільш збалансованим рішенням, на наш погляд, є комбіноване використання території: частково — для сільського господарства за умови контролю якості води, частково — для створення національного природного парку.

Для наукового обґрунтування майбутніх рішень обов'язково потрібно провести комплексні дослідження і врахувати можливі гідрохімічні, ґрунтово-екологічні та кліматичні ризики. Це дозволить зберегти екосистему плавнів, степових ділянок та історичну й ландшафтну пам'ять про зону Великого Лугу, а також забезпечити екологічно обґрунтоване використання територій, на яких стабільне аграрне виробництво неможливе через засолення.

З цією метою за державним замовленням було започатковано науково-технічний проєкт «Дослідження впливу руйнування Каховської ГЕС та знищення Каховського водосховища на

водогосподарський баланс басейну р. Дніпро» на 2025—2026 рр., співвиконавцями якого є Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, Інститут гідробіології НАН України, Інститут геологічних наук НАН України, Державна установа «Інститут економіки та прогнозування НАН України», Інститут водних проблем і меліорації НААН України.

Результатом виконання цього проєкту має стати інформаційна комп'ютерна вебсистема, яка дасть змогу автоматизувати процес розроблення водогосподарських балансів на поточний період та прогнозувати їх на майбутнє з урахуванням змін клімату, природної мінливості водного стоку, економічної діяльності в басейні Дніпра, зокрема й Каховського водосховища. Це буде сучасний інноваційний продукт, аналогів якого немає поки що ні в Україні, ні у світі. Ми вже маємо розроблені технології, на основі яких створюватиметься ця система, і сподіваємося, що цей проєкт виявиться успішним прикладом міждисциплінарних досліджень Академії для пошуку рішень екологічних проблем.

Дякую за увагу!

*За матеріалами засідання
підготувала О.О. Мележик*

Volodymyr I. Osadchyi

*Ukrainian Hydrometeorological Institute of State Emergency Service of Ukraine
and National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0428-4827>

KAKHOVKA RESERVOIR AFTER THE DISASTER: CURRENT STATUS, CHALLENGES, AND RECOVERY STRATEGY

Transcript of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine, April 16, 2025

The report emphasizes that scientists from the Ukrainian Hydrometeorological Institute of the State Emergency Service of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine, in close cooperation with scientists from other institutions of the National Academy of Sciences of Ukraine and colleagues from foreign research centers, focused on the short-term and long-term ecological consequences of the Kakhovka Reservoir disaster. Using an interdisciplinary approach, the research team developed a methodological framework that combines field works and remote sensing observations with numerical and analytical modeling. This approach is rational, since access to the reservoir remains difficult, and in some areas, impossible due to ongoing hostilities.

Cite this article: Osadchyi V.I. Kakhovka Reservoir after the disaster: current status, challenges, and recovery strategy (transcript of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine, April 16, 2025). *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2025. (7): 62—68. <https://doi.org/10.15407/visn2025.07.062>