

УДК 556.5:551.58:581.9:504:528.8

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.20>

ДОСЛІДЖЕННЯ НАСЛІДКІВ РУЙНАЦІЇ КАХОВСЬКОЇ ДАМБИ ТА ОСУШЕННЯ ВОДОСХОВИЩА ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ

Пічура В. І. – д. с.-г. н., професор,

Потравка Л. О. – д. е. н., професор,

Білошкурченко О. С. – здобувачка другого (магістерського)

рівня вищої освіти,

Херсонський державний аграрно-економічний університет,

pichuravitalii@gmail.com, potravkalarisa@gmail.com

В статті представлені результати комплексного науково-соціологічного дослідження наслідків руйнації Каховської дамби та осушення водосховища для населення південного регіону України, обґрунтування напрямів повоєнного функціонування території Каховського водосховища. Дослідження проведені за підтримки Canadian Institute of Ukrainian Studies (CIUS, University of Alberta) і програми Documenting Ukraine, a program of the Institute for Human Sciences, IWM Vienna.

Площа території досліджень Півдня України і акваторії Чорного моря складала близько 11,0 млн га. Основні етапи досліджень включали: 1 – дослідження стану ложа осушеного Каховського водосховища; 2 – дослідження стану Дніпровсько-Бузької естуарної системи і Чорного моря; 3 – дослідження стану території зони, де у довоєнний період здійснювалося зрошення; 4 – соціологічне дослідження «Каховське водосховище: минуле, сьогодення, майбутнє»; 5 – обґрунтування сценаріїв функціонування території Каховського водосховища. Отримані результати являються важливим інформаційним ресурсом документування війни в Україні, доказом вчинення екоциду з боку російського збройного агресора по відношенню до України та Європи, пошук шляхів відновлення пошкоджених територій та встановлення умов повернення людей, що потребує подальших наукових досліджень екологічних наслідків та актуалізує наукове обґрунтування напрямів соціально-економічного відновлення. Прогнозування та розробка сценаріїв функціонування цих територій на сьогодні можливо проводити лише шляхом оцінювання спроможності адаптації українців до сформованих умов. У зв'язку з цим важливим є продовження досліджень, здійснення постійного моніторингу стану тимчасово-окупованих, фронтових та прифронтових територій; продовження системних досліджень щодо причин і наслідків екоциду та геноциду; розширення території дослідження, збільшення індикації показників якості і складових навколишнього середовища; інформування населення і міжнародної спільноти через розміщення результатів дослідження про наслідки війни у публічного просторі; розробка геоінформаційних проєктів із детальним обґрунтуванням сценаріїв функціонування території Каховського водосховища і наслідків для водозалежних територій на основі басейнових принципів управління на засадах сталого розвитку; розробка картографічних проєктів просторового планування для повоєнного відновлення територій пошкоджених війною.

Ключові слова: вплив війни, Каховське водосховище, рослинність, якість води, зрошення, соціологічне дослідження, сценарії функціонування, сталий розвиток, Південь України.

Постановка проблеми. Повномасштабне російське вторгнення в Україну завдало великих людських, екологічних та економічних втрат. Ситуацію ускладнило руйнація 06 червня 2023 року дамби Каховської гідроелектростанції, що привело до осушення водосховища та знищення головного джерела водопостачання півдня України. Це негативно вплинуло на екологічний стан навколишнього середовища та викликало соціально-економічну кризу в регіонах зрошуваного землеробства. Тому, у повоєнний період важливим кроком є перегляд черговості цілей сталого розвитку півдня України для забезпечення виживання, повернення та подальшого існування населення, можливості розбудови територій. В цьому контексті проведені попередні дослідження мали локальний характер, що унеможливило системне бачення причинно-наслідкових зв'язків. Більшість публікацій у публічному просторі ґрунтувалися на припущеннях і не підтверджувалися фактичними даними. Тому, відсутність комплексних досліджень реального стану території осушеного Каховського водосховища, яка пов'язана з обмеженим доступом до території досліджень у зв'язку з активними бойовими діями та брак реальної інформації про стан усієї території катастрофи, ускладнювало об'єктивну оцінку наслідків екоциду для вибору сценарію повоєнного функціонування території водосховища. В цьому контексті, важливим є поєднання польових досліджень і даних супутникових знімків для здійснення достовірного комплексного дослідження і документування наслідків війни із врахуванням громадської думки і позиції місцевого населення щодо бачення напрямів регіональних стратегій і заходів повоєнного відновлення порушених територій. Результати та висновки проєкту отримані за результатами проведення комплексних польових досліджень, калібрування та дешифрування супутникових знімків Sentinel 2, Sentinel-3, Landsat 8-9.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Руйнування дамби Каховської ГЕС та осушення водосховища призвело до масштабної техногенної катастрофи, посилення негативних екологічних та соціально-економічних наслідків, початку природно-кліматичних трансформації осушеного водосховища. Наслідками руйнації дамби був різкий перепад рівня вод, аномальне підвищення швидкості і турбулізації течії, зриву донних наносів, затоплення та підтоплення прибережних територій, населених пунктів, абразія берегів, дифузне забруднення водойм та водотоків, порушення функціонування дельтово-озерної системи пониззя річки Дніпро, забруднення Дніпровсько-Бузького лиману і Чорного моря, загибель людей, гідробіонтів та планктонних тварин, наземної флори і фауни, осушення Каховського водосховища, зниження рівня води на 4,0 метри і більше на ділянці нижнього б'єфу нижче греблі ДніпроГЕС та осушення озер заплавної частини острова Хортиця, погіршення стану водозабезпечення прибе-

режних населених пунктів, знищення основного прісного джерела зрошення сільськогосподарських земель на площі більше 800 тис га та інших негативних наслідків. За даними МВС України до зони надзвичайної ситуації потрапили 180 населених пунктів, у яких проживало понад 900 тисяч людей. За даними Херсонської обласної військової адміністрації було затоплено 118 історичних пам'яток української культури.

У дослідженнях В. Вишневецького, С. Шевчука із співавторами [1] були представлені перші результати наслідків Каховської катастрофи на Пониззя Дніпра і акваторію Чорного моря. В подальших дослідженнях [2] вчені висвітили результати власних польових досліджень і дешифрування супутникових знімків формування рослинного покриву у верхній частині осушеного водосховища. Провели історико-картографічну реконструкцію території Великого Лугу, в результаті чого встановили, що її лісистість становила не більше 10 %. За думкою вчених, в подальшому, зміна клімату, зменшення вологості донних відкладів, внутрішньовидова конкуренція дерев зумовлять зменшення швидкості росту дерев, спровокують збільшення частинки тополь і зменшення площ верби, сприятимуть частковому пригніченню вегетації і висиханню прибережної рослинності.

Зокрема Д. Довганенко із співавторами [3] за використання супутникових знімків Sentinel 2, Landsat 8 і 9, встановлено, що просторова неоднорідна структура ґрунтового покриву висушеного пласта водойми сформована з чотирьох типів ґрунтів. Вчені відмічали, що добре зволоження донних відкладів стимулювало щільне заростання прибережної лінії і збільшення рослинного покриву в межах колишнього водосховища. Активна вегетація рослин продовжувалася до початку листопада 2023 року.

У роботі [4] наведені результати польових досліджень формування стану рослинного покриву у межах балок Кам'янка і Мілове, які розташовані на правобережній частині Каховського водосховища Національного природного парку «Кам'янська Січ». Вченими встановлено, що з 30 червня по 19 жовтня 2023 року кількість судинних рослин на територіях балок зросла майже у 7 разів, представлена 68 видами. За думкою вчених, швидке заселення вербами новоутворених субстратів відбулося завдяки збігу часу руйнування дамби і періоду дозрівання насіння верби.

За даними Інституту гідробіології Національної академії наук (ІГ НАН) України руйнація Каховської дамби призвела до загибелі молосків загальною масою до 500 тис. тонн [5]. В перші три дні катастрофи у пониззі та дельтово-озерній системі Дніпра загинуло більше 70 видів риби, у тому числі 18 червонокнижних. Зокрема, з Каховського водосховища [6] зникло 42 види риб загальною масою понад 11000 тон, що призвело до збитків промислового улову близько 2585 тонн на рік вартістю 5,4 млн дол. США. За додатковими розрахунками [7] ці збитки є значно

вищими. Зокрема, знищено 85 рибних господарств, втрати інфраструктури рибальства оцінюються у 270 мільйонів доларів США. Зафіксовано 150 офіційних випадків мору дельфінів у акваторії Чорного моря. Гідроудар та стрімке підняття рівня води у нижні течії Дніпра спричинило загибель більшості наземних безхребетних та хребетних тварин. Зокрема, затоплені 70 % ареалу світової популяції мишівки Нордмана, до 50 % ареалу сліпака, земляного зайця або емуранчика звичайного. Постраждали популяції мідянки звичайної, гадюки стрепетової, полоза жовточервоного, полоза сарматського та інші червонокнижні види. На затоплених територіях проживало близько 20 тисяч особин диких тварин. Внаслідок затоплення і підтоплення постраждало більше 50 об'єктів природно-заповідного фонду, зокрема 80 тис га заповідних територій втратили первозданий стан.

Каховське водосховище і зрошувані системи були важливим водогосподарським комплексом забезпечення сталого функціонування Півдня України. Будівництво водосховища було викликане посухами та голодоморами 1920-х, 1930-х та 1946-1947 років [8]. Водні резерви водосховища були розраховані для зрошення понад 1 млн га [9], зокрема понад 400 тис. га знаходилося в Херсонській області, понад 350 тис. га в Криму, 200 тис. га в Запорізькій області та понад 100 тис. га в Миколаївській та Дніпропетровській областях. Зокрема водосховище забезпечувало водопостачання віддалених міст Мелітополь, Бердянськ та прилеглі населені пункти Запорізької області. Каховське водосховище служило єдиним джерелом водопостачання для ставка-охолоджувача Запорізької атомної електростанції [10].

Осушення водосховища спричинило негативні зміни регіонального клімату водозалежних територій, що обумовило підвищення їх температури на 2,0 °C і більше, пришвидшення евапотранспірації у 1,41-2,04 рази, загострення водного дефіциту [7]. Слід акцентувати, що сформована наземна рослинна біомаса донних ландшафтів не здатна забезпечити належних умов пом'якшення кліматичних умов на рівні існування акваторії Каховського водосховища.

В останнє сторіччя посилення впливу техногенних чинників стало причиною збільшення частоти аномальних кліматичних проявів, що вплинуло на функціонування екосистем [11, 12]. Ознакою цих впливів стало зниження рівня вологозабезпеченості. Тому дефіцит води є серйозною проблемою, яка являється визначальним абіотичним фактором існування та виживання флори, фауни і людей. Близько 19 % населення світу потерпають від нестачі води, 35 % зрошуваних земель потребують додаткового водопостачання [13, 14]. Дефіцит води є причиною деградації екосистем, фактором зниження врожайності сільськогосподарських культур, що негативно впливає на темпи соціально-економічного розвитку територій [15, 16].

За даними прогнозування Інституту водних проблем та меліорації земель Національної академії сільськогосподарських наук [9] встановлено, що без зрошення половина нинішніх орних земель України буде непридатною для вирощування сільськогосподарських культур до 2050 року та дві третини до 2100 року, що відповідає щорічним втратам 13,5 млн тонн зернових та промислових культур і 11 млн тонн фруктів та овочів за поточної врожайності. Тому враховуючи потреби у воді для комунальних підприємств, промисловості та енергетики (включаючи Запорізьку атомну електростанцію), на думку авторів [9], відновлення Каховського водосховища є вкрай необхідним.

За результатами досліджень [17] розраховано, що осушені донні відкладення в сукупності містять близько 83,3 тис. тонн високотоксичних важких металів (Pb, Cd, Ni), з яких менше 1 % було змито в результаті руйнації Каховської дамби. Поллютанти, що залишилися, можуть впливати на водопостачання регіону, оскільки річкова вода широко використовується для компенсації дефіциту водопостачання внаслідок відсутності водосховища з його самоочисною, акумулюючою та буферною функціями. Тому існують протилежні думки про те, чи слід відновлювати Каховське водосховище. Зокрема існує думка, що річкова екосистема швидко відновлює свій стан, тому греблю відновлювати не потрібно, але, на думку вчених ІГ НАН України [15], ці фахівці ігнорують загрози, пов'язані з проблемою важких металів та їх накопиченням у харчових ланцюгах. З іншого боку, затоплення водосховища може пом'якшити цю проблему та сприяти економічному відновленню регіону. Як компроміс між цими двома варіантами, вчені запропонували зменшити площу водосховища шляхом будівництва 50-кілометрової греблі, яка відокремила б північно-східну частину Каховського водосховища (де в свій час була територія сакрального Великого Лугу) від іншої акваторії.

Постановка завдання. Здійснити комплексне науково-соціологічне дослідження наслідків руйнації дамби Каховської гідроелектростанції та осушення водосховища для населення південного регіону України, обґрунтування напрямів повоєнного функціонування території Каховського водосховища. В статті представлено узагальнення основних результатів досліджень, які частково висвітлені у попередніх публікаціях авторів. Дослідження проведені за підтримки Canadian Institute of Ukrainian Studies (CIUS, University of Alberta) і програми Documenting Ukraine, a program of the Institute for Human Sciences, IWM Vienna.

Матеріали та методи досліджень. Площа території досліджень Півдня України і акваторії Чорного моря склала близько 11,0 млн га (рисунок 1). Основні етапи досліджень включали: 1 – дослідження стану ложа осушеного Каховського водосховища; 2 – дослідження стану Дніпров-

сько-Бузької естуарної системи і Чорного моря; 3 – дослідження стану території зони, де у довоєнний період здійснювалося зрошення; 4 – соціологічне дослідження «Каховське водосховище: минуле, сьогодення, майбутнє»; 5 – обґрунтування сценаріїв функціонування території Каховського водосховища.

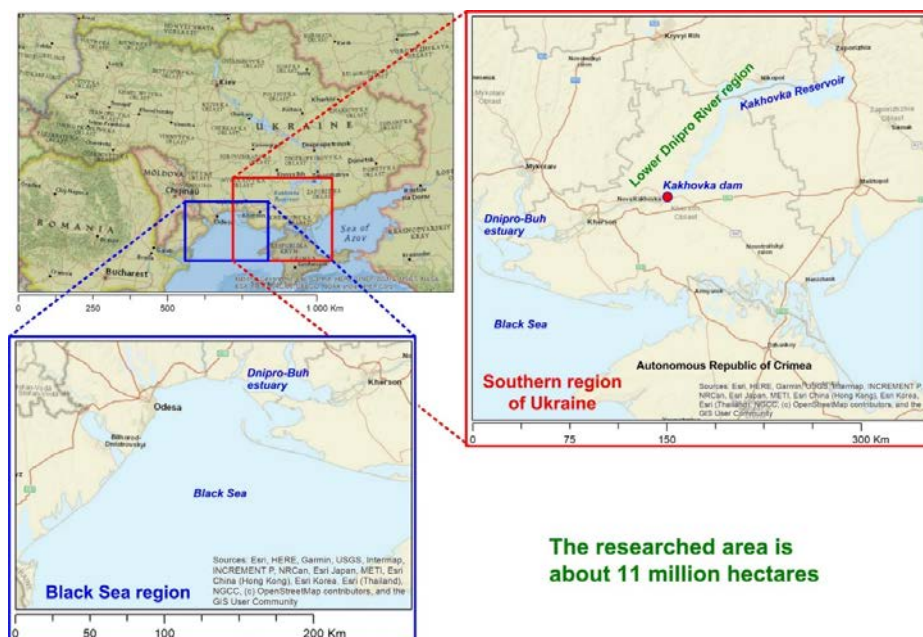


Рис. 1. Територія досліджень впливу воєнних дій

Етап 1 – дослідження стану ложа осушеного Каховського водосховища. Джерелом актуальних даних дослідження стану рослинного покриття в межах колишнього Каховського водосховища були польові спостереження на доступних територіях балки Кам'янка правобережної частини річки Дніпро, дані аеророзвідки водосховища на відрізку село Республіканець → місто Берислав Херсонської області. Супутникові знімки Sentinel 2 L2A і Sentinel-3 OLCI L1B використані для дешифрування та розрахунку індексів вегетації і синтезу хлорофілу рослинністю, визначення рівня зволоження рослинного покриття у період 18/06/2023–22/09/2024рр. Для досліджень використані методи дешифрування супутникових знімків: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Moisture Index (NDMI), Normalized Difference Water Index (NDWI), Terrestrial Chlorophyll Index (OTCI) [7, 18–20].

Етап 2 – дослідження стану Дніпровсько-Бузької естуарної системи і Чорного моря. Для аналіз стану поверхневих вод за 2021–2024 роки

використано фактичні дані польових натурних спостережень і оприлюднені дані Держаної екологічної інспекції Південного округу (ДЕІПО) України. Джерелом актуальних супутникових знімків для дешифрування та розрахунку необхідних індексів є дані космічних апаратів Sentinel 2 L2A, Sentinel-3 OLCI L1B і OLCI L2 Water. Дослідження якості поверхневих вод здійснено за біологічними та фізико-хімічними індикаторами на основі дешифрування супутникових: Maximum Peak-Height Index (MPHI), Chl-a, Phosphates, Turbidity, Total Suspended Matter (TSM), Colored Dissolved Organic Matter (CDOM) [21-23].

Етап 3 – дослідження стану території зони, де у довоєнний період здійснювалося зрошення. Здійснено картування просторового гідрологічного та гідротехнічного розподілу вологи на території лівобережжя Херсонської області у довоєнний період функціонування зрошуваних систем. Для картування розподілу гідротехнічних систем і територій фактичного зрошення, залягання ґрунтових вод на глибині до 5 метрів були використані дані Каховської гідрогеолого-меліоративної експедиції. Для побудови просторової мережі тальвегів здійснено картування гідрологічного розподілу опадів і зрошувальної води, основою є цифрова модель рельєфу SRTM30 із дозволом пікселю на місцевості 30×30 м. Визначення просторового розподілу тальвегів здійснено на основі гідрологічного геомодельовання робочого модуля Hydrologytools of Spatial Analyst Tools. Джерелом отримання актуальних даних дослідження природно-кліматичної трансформації важкодоступних і окупованих територій України у зоні зрошення є супутникові знімки Sentinel 2 L2A і Sentinel-3 SLSTR L1B. Знімки використані для дешифрування і розрахунку індексів вегетації рослинності, визначення зволоження і температури поверхні землі у липні 2021-2024 рр, виявлення стану водних ресурсів, пожеж та ерозійних процесів. Для досліджень використані методи дешифрування супутникових знімків: Bare soil index (BSI), Leaf Area Index (LAI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Detection of Evapotranspiration Levels Composite (DELC), Normalized Difference Moisture Index for Crop Moisture Stress (NDMI_{STRESS}), Land Surface Temperature (LST).

Етап 4 – соціологічне дослідження «Каховське водосховище: минуле, сьогодення, майбутнє». Дослідження складалося з двох блоків: 1) опитування респондентів місцевого населення Херсонської області за кількісними (чисельність, вікова група) та якісними (категорії населення – стать, вид та сфера діяльності) показниками; 2) аналіз і синтез наукових результатів наслідків руйнації Каховської дамби та осушення водосховища для інформаційно-візуального супроводу дискусії окремих питань анкети. Анкета містить 16 питань, які дозволили визначити позицію соціально активних громадян щодо повоєнного відновлення Херсонської області

та ролі у ньому Каховського водосховища. Дослідження проведено у січні-лютому 2025 року. В опитуванні прийняли участь 189 респондентів Херсонської області. Опитування проводилося методом CAPI – computer assisted personal interviews з використанням гугл-форми. Збір даних проводився двома методами: 1) інтерв'ю віч-на-віч; 2) метод розсилки СМС повідомлень мешканцям Херсонщини за їх попередньою згодою. Кількісна характеристика вибірки репрезентує населення Херсонської області за віком: 18-25 років – 42 особи (22,3 %), 26-40 роки – 69 осіб (36,7 %), 41-55 років – 63 особи (33,5 %), старше 55 років – 14 осіб (7,4 %). Якісна характеристика статтю мала таке співвідношення: чоловіки – 124 особи (65,6 %), жінки – 65 осіб (34,4 %). Опитування проводили серед жителів громад Херсонської області, які проявили ініціативу до участі у анкетуванні, їх життя і діяльність були безпосередньо пов'язані із функціонуванням водосховища у довоєнний період.

Етап 5 – обґрунтування сценаріїв функціонування території Каховського водосховища. Для обґрунтування різних сценаріїв функціонування території водосховища було використано результати власних досліджень, дані моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів державного агентства водних ресурсів України (<http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index>), глобальні дані кліматичних досліджень Copernicus Climate Change Service (<https://atlas.climate.copernicus.eu/atlas>), дані дистанційного зондування Землі. Джерелом актуальних супутникових знімків для дешифрування та розрахунку необхідних індексів використані дані космічних апаратів Sentinel 2 L2A, Sentinel-3 SLSTR and OLCI L1B, Landsat 8-9. Для досліджень використані методи дешифрування супутникових знімків: Maximum Peak-Height Index (MPHI), Chl-a, Phosphates, Turbidity, Total Suspended Matter (TSM), Land Surface Temperature (LST), Evapotranspiration (ET_{LST}), Normalized difference vegetation index (NDVI), Above Ground Biomass (AGB), Carbon and CO₂, Terrestrial Chlorophyll Index (OTCI) [24].

Обробку зображень, картографування та просторово-часовий аналіз проводили за допомогою ArcGis 10.6.

Результати досліджень. Етап 1 – дослідження стану ложа осушеного Каховського водосховища. Наприкінці вересня 2023 року площа території, вкритої рослинами, становила 52,4 тис. га. Зимово-весняний період 2024 року характеризувався сприятливими кліматичними умовами, які обумовлені весняними паводками, в результаті настання яких було затоплено до 70 % території осушеного водосховища. Це спричинило суттєве накопичення вологи у донних відкладах, що сприяло швидкому приросту рослинної біомаси та активному синтезу хлорофілу у листях. У кінці вересня 2024 року площа рослинного покриття в межах колишнього водосховища збільшилася у 2 рази (рисунок 2).



Рис 2. Рослинний покрив Каховського водосховища

Території без рослинності вкрита мушлями, характеризується такирами, пісками, камінням, мілководдями (рисунок 3).

Максимальна площа заростання ложа водосховища за 2023-2024рр. склала – 135 тис. га, у тому числі 48 тис га становила деревовидна рослинність (верба і тополі); 87 тис га вкрито переважно болотною і лучною рослинністю з осередками чагарників (рисунок 4).

Відсутність опадів і аномальне збільшення температури повітря у липні 2024 року до рівня історичного максимуму (+40,5 - -42,0 °C) для регіону досліджень, спровокували пришвидшення випаровування та виснаження запасів вологи з ложа водосховища. Це стало причиною погіршення вегетації рослин, їх висихання та часткової деградації. Встановлено, що в кінці вересня 2024 року, 75,3 % рослинного покриву характеризувалися різним ступенем порушення вегетації. Значний рівень порушення нами зафіксовано на 43,5 % площі.

Передчасне висихання рослин призвело до втрати добрих властивостей синтезу хлорофілу на площі 72,8 % (рисунок 5).

Негативні процеси зумовили зменшення площі здорової рослинності на 26,3 тис га. З 27 липня по 19 серпня 2024 року зафіксовані пожежі у верхній частині водосховища на площі 320 га.



Такири



Мушлі, пісок, каміння, мілководдя



Рис. 3. Мозаїчна неоднорідність ділянок осушеного водосховища

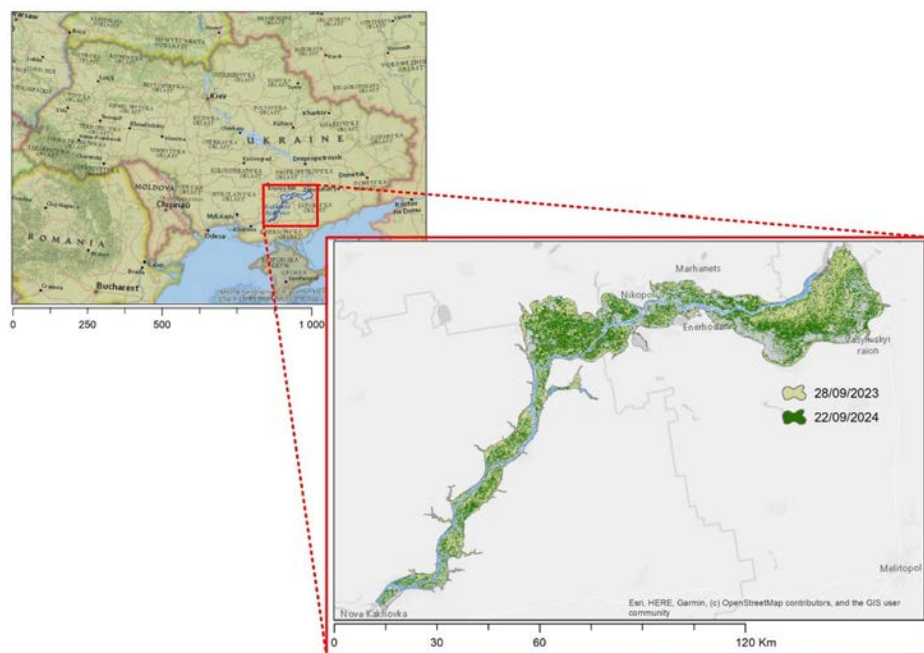


Рис. 4. Формування рослинного покриття в ложі водосховища в період вересень 2023-2024 рр.

Доведено, що зростання частоти кліматичних аномалій і зменшення об'ємів скидів вод Дніпровської гідроелектростанції до території колишнього Каховського водосховища є причиною ускладнення умови виживання рослин. У подальшому це стане причиною зменшенню щільності рослин з доброю вегетацією, збільшить площі деградованого покриття і посухою, підвищить частоту пожеж, зумовить втрату стійкості новоствореної екосистеми та призведе до знищення осередків рослинності [7, 18-20].

Етап 2 – дослідження стану Дніпровсько-Бузької естуарної системи і Чорного моря. Дослідження проведено за гідрологічними, біологічними і фізико-хімічними індикаторам, кожен з яких формує уявлення про стан якості води та функціонування акваторії. Встановлено негативні наслідки воєнних дій, які призвели у 2023 році до руйнації Каховської дамби, осушення водосховища, винесення політантів з перевищенням норм концентрації від 1,1 до 51,8 разів, забруднення водних ресурсів на 6800 км² акваторії естуарної системи та Чорного моря (рисунок 6).

Погіршення сезонних характеристик гідрологічного режиму Дніпровсько-Бузької естуарної системи у 1,42-1,82 рази призвело до застою водних мас, накопичення біогенними речовинами водних джерел з перевищенням норм у 2,1 рази, підвищення щільності розподілу водоростей

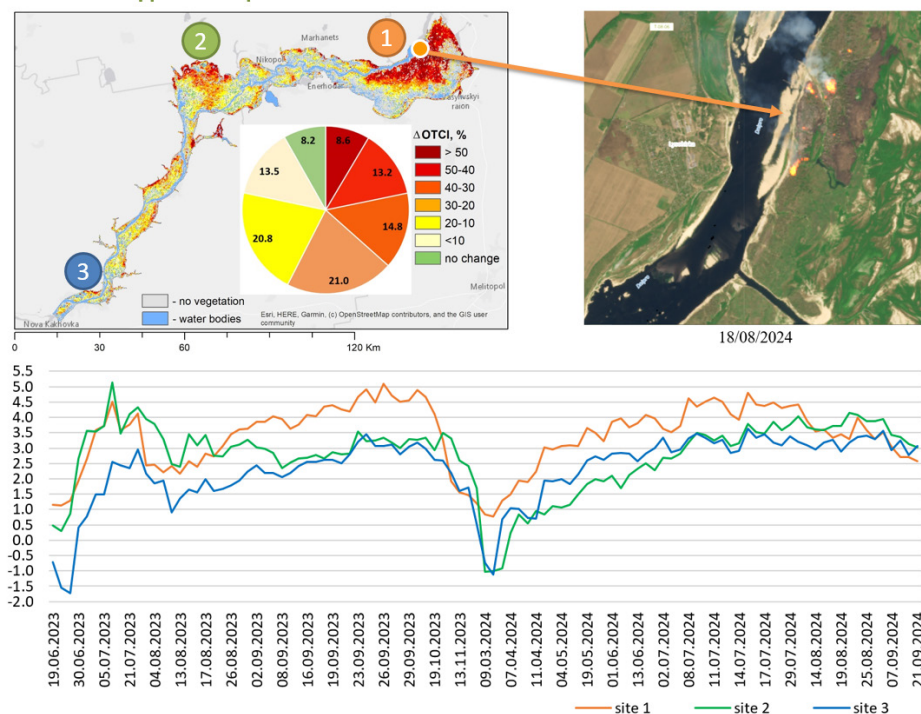


Рис. 5. Просторово-часова неоднорідність формування рослинного хлорофілу (OTCI) в ложі водосховища в період 2023-2024 рр.

Примітка: на карті показано погіршення вегетації рослинного покриву та передчасного висихання рослин, зниження рівня синтезу хлорофілу на різних ділянках Каховського водосховища; на супутникову знімку фіксуються осередки пожежі рослинного покриву

та збільшення концентрації хлорофілу у 2,9 рази, посилення евтрофікації (забруднення і цвітіння води) та значного погіршення якості поверхневих вод, погіршення фізико-хімічних властивостей води у 4,0 разів (рисунок 7).

У зважених і органічних речовинах спостерігалася висока щільність рослинних решток і найпростіших організмів (рисунок 8), насамперед, інфузорій *Oxytricha fallax*, *Vorticella microstoma*, *Uronema nigricans*, *Pseudoglaucosoma muscorum*, які характерні для полісапробної зони (забрудненої води) зі слабкою течією та значними зонами застою водних мас. Рослинні рештки з території Каховського водосховища змиваються весняними паводками та потрапляють до поверхневих вод.

Збільшення обсягів відмерлих решток та найпростіших організмів обумовлено їх вимиванням паводковими водами з донних осередків активного мулу ложа осушеного Каховського водосховища. Водними масами

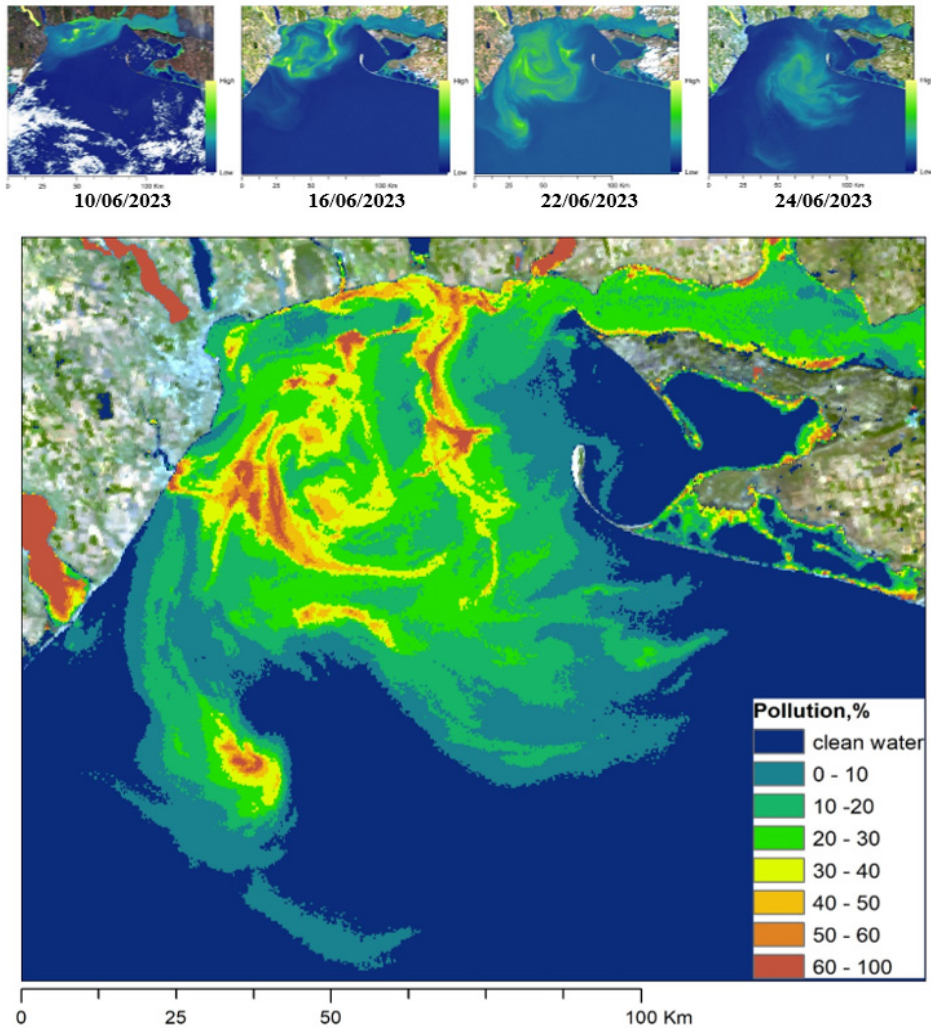


Рис. 6. Розповсюдження забруднених прісноводних мас у акваторії Чорного моря, період з 10/06 по 26/06/2023 р.

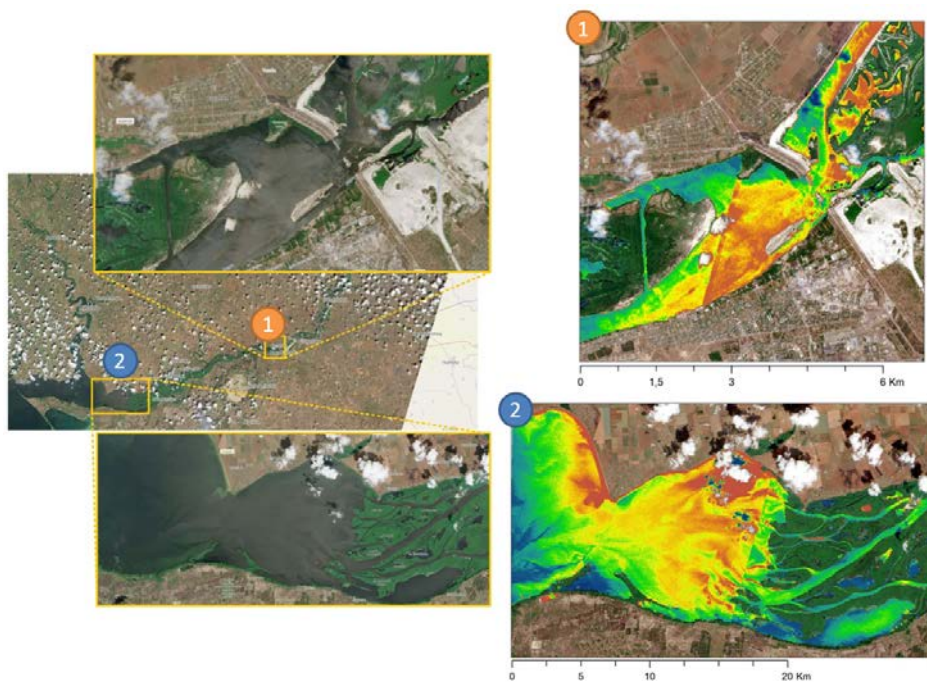


Рис. 7. Погіршення якості води у акваторії Дніпровсько-Бузької естуарної системи, станом на початок червня 2024 року

Примітка: на супутниковому знімку відображено дві локації спостережень: перша локація – акваторія річки Дніпро біля зруйнованої дамби Каховської ГЕС; друга – гирло річки Дніпро і східна частина Дніпровсько-Бузького лиману. Якість води відповідає III-V класам забруднення: «помірно забруднені» (зелений колір), «брудні» (жовтий колір), «дуже брудні» (коричневий колір).

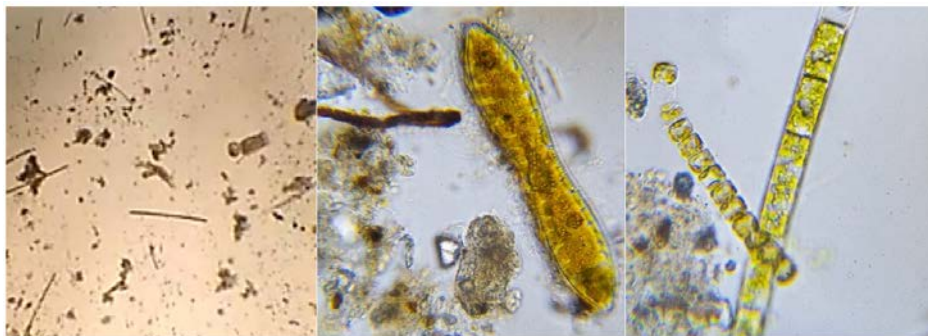


Рис. 8. Якість поверхневих вод річки Дніпро під мікроскопом, проби води відібрані біля міста Херсон: у воді фіксуються висока концентрація зважених і органічних речовин, висока щільність зоопланктону

вимиваються рослинні рештки та донні осади, які містять токсичні речовини і метали, а потім течією переміщуються і акумулюються у Дніпровсько-Бузькій естуарній системі і Чорному морі (рисунок 9). Це призвело до порушення стійкості і екологічного регресу прісноводних та морських водних екосистем [21-23].

Етап 3 – дослідження стану території зони, де у довоєнний період здійснювалося зрошення. Доведено, що воєнні дії, припинення землеробства, осушення Каховського водосховища, знищення зрошення стали причиною водного стресу, негативних наслідків природно-кліматичної трансформації та опустелення територій зони зрошення України.

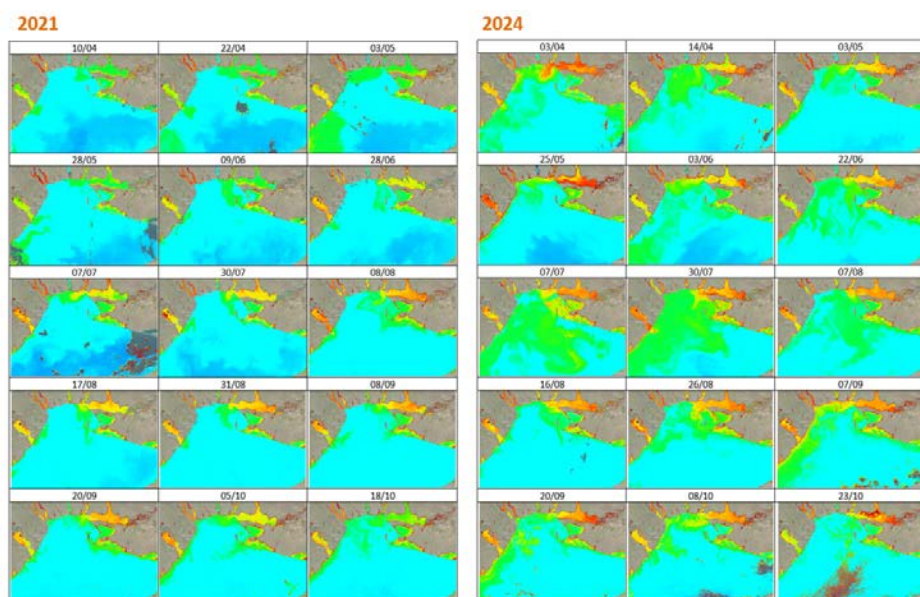


Рис. 9. Розповсюдження забруднюючих речовин у акваторії Дніпровсько-Бузького лиману і Чорного моря в результаті руйнації дамби Каховської ГЕС, червень-жовтень

Примітка: здійснено порівняння стану акваторії Дніпровсько-Бузького лиману і Чорного моря до руйнації (2021 рік) і після руйнації дамби (2024 рік). Зеленим, жовтим і червоним кольорами виділені акваторії розповсюдження різної концентрації забруднюючих речовин: «помірно забруднені» (зелений колір), «брудні» (жовтий колір), «дуже брудні» (червоний колір)

Площа фактичного зрошення в Україні становила 551,4 тис. га. Після повномасштабного воєнного вторгнення під контролем України залишилося 18 % площі зрошення. Більшість зрошувальних систем знаходиться на окупованих територіях Херсонської і Запорізької областей, Автономної

Республіки Крим. Встановлено, що осушення Каховського водосховища та відсутність зрошення зумовило порушення гідрологічних умов лівобережжя Херсонської області, що привело до зневоднення та осушення водойм на цих територіях (рисунок 10).



Рис. 10. Осушення водних об'єктів на тимчасово окупованій території лівобережжя Херсонської області станом на 2024 рік

Знищення галузі рослинництва та порушення добрих умов функціонування трав'яних степових біотопів стало причиною втрати рослинного покриву та оголення ґрунтів (рисунок 11), що призвело до підвищення нагріву поверхні ґрунту у 1,45-1,72 рази і пришвидшило випаровування ґрунтової вологи на 80 % території.

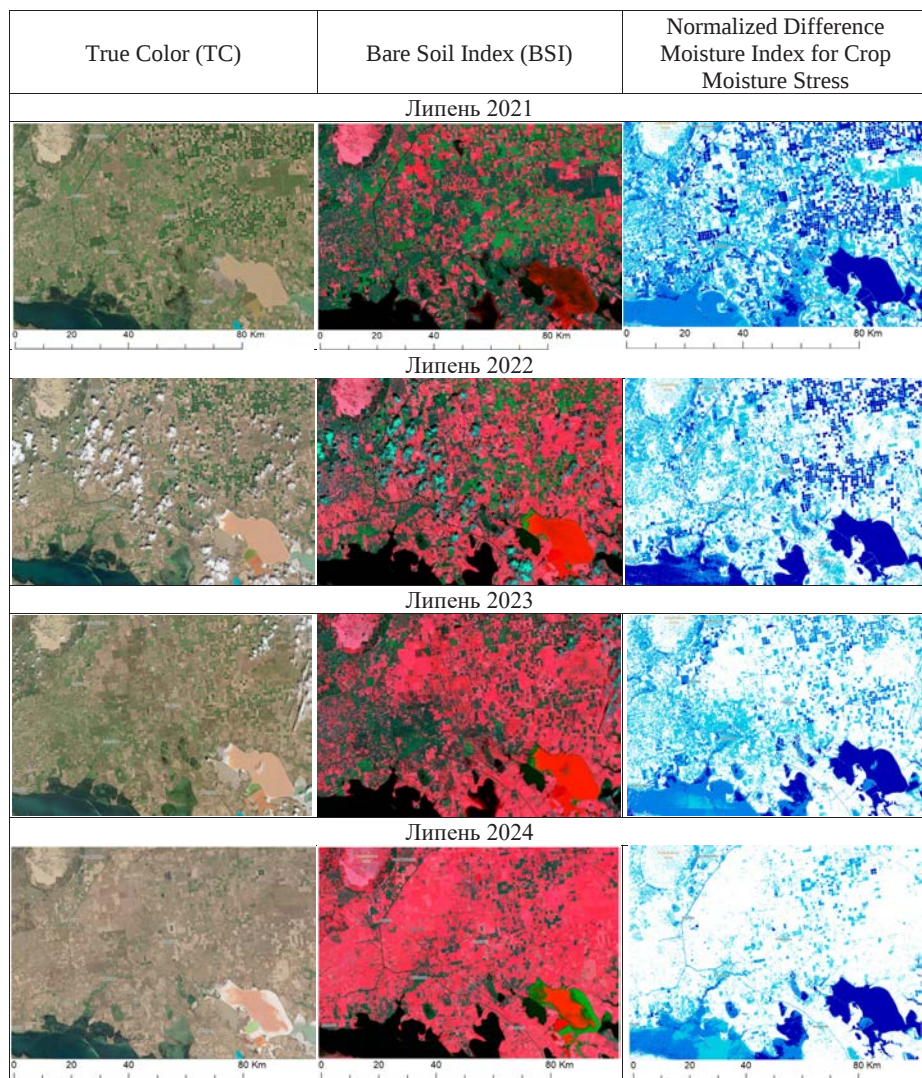


Рис. 11. Стан рослинного покриву та зволоження території у зоні зрошення на окупованому росією лівобережжі Херсонської області у липні 2021-2024 рр.

Примітка: Bare Soil Index (BSI). На знімках BSI яскраво-зелений колір вказує на добрий рівень вегетації агроценозів, що обумовлюється високим рівнем вологозабезпечення рослин, це властиво територіям зрошення. Темні відтінки зеленого кольору характеризують деревну рослинність, трав'яні степові біотопи, бур'яни, агроценози на незрошуваних землях. Червоний колір характеризує землі без рослинності.

Normalized Difference Moisture Index for Crop Moisture Stress (NDMI_{STRESS}). На знімках NDMI_{STRESS} за період 2021 до 2024 року спостерігається тенденція до зневоднення території зрошуваного землеробства Херсонської області, яка на даний момент являється окупованою. У 2024 році зволоження і вегетація агроценозів та природної рослинності фіксувалася на незначних територіях, де зволоження забезпечували ґрунтові водоносні горизонти, а також прибережні території малих річок, осушених вододім, території вздовж гідротехнічних каналів, залишки штучних лісів і садіб.

Знищення зрошення, виснаження верхніх прісноводних горизонтів і пришивидшене випаровування мінералізованих ґрунтових вод зумовили перенесення солей до верхнього шару ґрунту та підвищення їх концентрації, що привело до збільшення площ земель із вторинним засоленням та осолонцюванням. Спостерігаються осередки виходу солей на поверхню ґрунту площею від одного гектару до 400 га (рисунк 12).



Рис. 12. Засолення та осолонцювання земель на окупованому російською Лівобережжі Херсонської області станом на 23 вересня 2024 року (площа спостережень на знімку 40 тис. га)

Примітка: на знімках засолені землі визначаються нечіткими світло-сірими і білими контурами

Посуха та активні воєнні дії стали причинами пожеж у літньо-осінній період 2024 року на площі більше 200 тис га (рисунк 13). Посухи і сильні вітри швидкістю 20-30м/с призвели до втрат верхнього шару ґрунту (більше 600 т/га), епіцентри буревій охоплювали від 100 до 3000 га (рисунк 14).

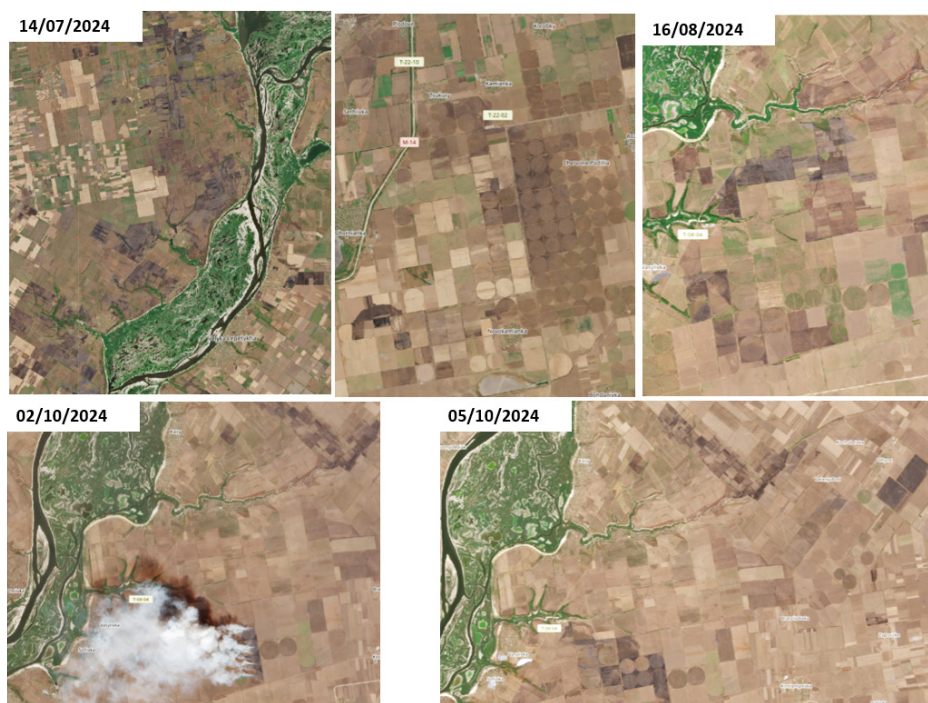


Рис. 13. Пожежі на території Херсонської області у 2024 році

Етап 4 – соціологічне дослідження «Каховське водосховище: минуле, сьогодення, майбутнє». Висновки ґрунтувалися на основі опитування респондентів місцевого населення Херсонської області за кількісними (чисельність, вікова група) та якісними (категорії населення – стаття, вид та сфера діяльності) показниками. За результатами соціального дослідження визначено, що для 79,4 % респондентів умови їх існування та господарська діяльність залежали від Каховського водосховища, 85,7 % опитуваних вважають, що процвітання Херсонської області залежало від функціонування водосховища. Встановлено, що 81,5 % респондентів вбачають за необхідне відновлення, заповнення і функціонування водосховища за новими технологіями. Зокрема, 65,8 % опитуваних вважають, що рішення повоєнного відновлення повинно ґрунтуватися на колегіальному баченні науковців, органів влади і місцевого самоврядування, міжнародних експертів та представників бізнесу. Встановлено, що 54 % респондентів віддали перевагу обізнаності наукової спільноти, достовірності і надійності інформації у наукових публікаціях. 88,0 % опитуваних дотримуються позиції, що осушення Каховського водосховища є комплексною проблемою забезпечення подальшого існування області у сфері економіки, екології, соціальної безпеки. Обговорення проблем відновлення Каховського

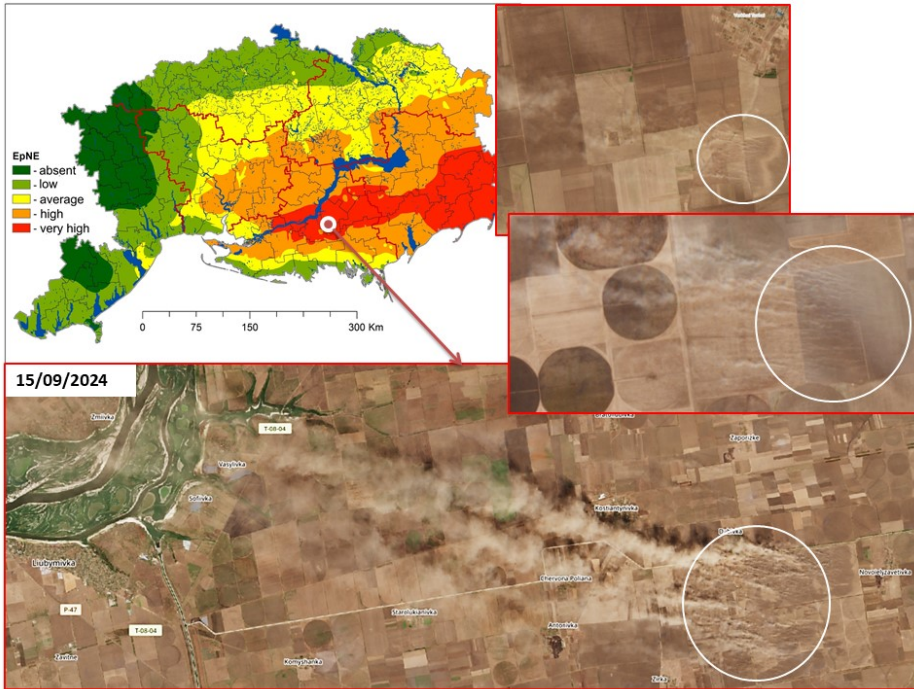


Рис. 14. Наслідки вітрової ерозії на окупованому росією лівобережжі Херсонської області у 2024 році, за даними Sentinel 2 L2A (EpNE – рівень дефляції степових ґрунтів без рослин)

водосховища є актуальним, оскільки 94,8 % респондентів на даний момент проживають на пошкоджених територіях, або планують повернення після війни. Таким чином, масштабність і шкода від знищення Каховського водосховища окупаційними військами визначається за рівнем небезпеки екологічних та соціально-економічних наслідків, а також можливості повоєнного відновлення пошкоджених територій відповідно баченню місцевого населення.

Етап 5 – обґрунтування сценаріїв функціонування території Каховського водосховища. Обґрунтовано напрями повоєнного функціонування території Каховського водосховища за трьома сценаріями (рисунок 15) [24]: сценарій 1 – відбудова дамби гідроелектростанції та заповнення водосховища відповідно умов його попереднього існування; сценарій 2 – формування природно-рослинної екосистеми; сценарій 3 – створення за сучасними технологіями природно-штучної системи водосховища з частковим наповненням водою і створенням лучно-болотного та лісового середовища у верхній частині водосховища.

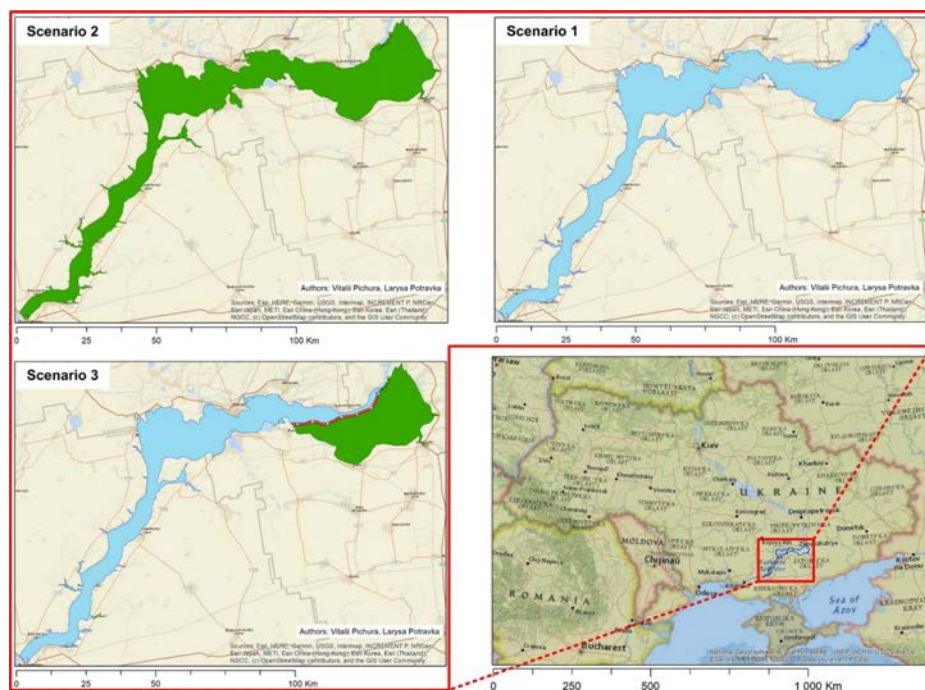


Рис. 15. Сценарії функціонування території Каховського водосховища

Для покриття питних і санітарно-гігієнічних потреб та зрошення для південних регіонах України необхідно на рік більше 500 млн м³ прісної води, зокрема для допоміжної діяльності рослинництва необхідно додатково 700 млн м³ води. Після осушення Каховського водосховища дослідниками висловлювалися різні думки щодо можливого покриття водного дефіциту Півдня України загальним об'ємом більше 1200 млн м³ прісної води на рік [24]:

– *Перше бачення* вчених ґрунтувалося на можливості покриття дефіциту води за рахунок резервів Дніпровського водосховища, яке розташоване найближче до територій водозабезпечення колишнім Каховським водосховищем. Але за нашими гідрологічними дослідженнями визначено, що резерви Дніпровського водосховища не задовільнить ці потреби повною мірою, виникнуть нові екологічні проблеми і дефіцит води для водокористувачів регіону Дніпровського водосховища. Зокрема, споживання наднормових обсягів води з Дніпровського водосховища призведе до порушення водності, погіршення гідрологічного режиму і екологічної стійкості водних екосистем в нижній течії річки Дніпро.

– *Друге бачення* вчених ґрунтувалося на можливості забору води безпосередньо з русла річки Дніпро, яке проходить через долину осушеного

Каховського водосховища. За нашими дослідженнями це забезпечити неможливо. У маловодні роки водозабір з природного русла Дніпра не забезпечить навіть мінімального необхідного рівня водоспоживання покриття дефіциту води на Півдні України у літньо-осінній період. У роки із середньою водністю водозабезпечення річки не може покрити середній і максимальний рівень потреби місцевого населення у воді. У багатоводний період за умови максимального рівня водоспоживання води населенням, рівень забезпечення водою із річки Дніпро забезпечить лише 40-50 % потреби (рисунок 16).

– *Третє бачення* ґрунтувалося на можливості створення мережі свердловин на Півдні України для водозабору підземних вод. За нашими дослідженнями понаднормове використання стратегічно важливих запасів підземних вод для покриття дефіциту водоспоживання призведе до прискореного їх виснаження, заміщення прісноводних горизонтів солоними підпірними морськими водами Чорного і Азовського морів, що спричинить нову хвилю дефіциту води, стане причиною ущільнення, деградації та засолення ґрунтів.

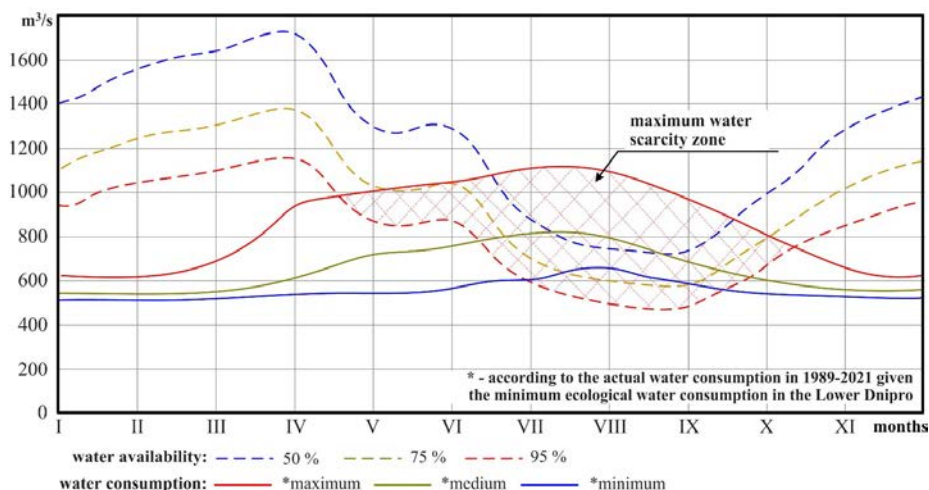


Рис. 16. Модель забезпечення південних регіонів України залежно від фактичної наявності води у руслі Дніпра за період 1981-2021 рр.

– *Четверте бачення* вчених ґрунтується на можливості опріснення та споживання солоних вод з Чорного та Азовського морів. За нашими дослідженнями застосування цієї технології є економічно не вигідною, енерговитратною і не спроможне задовольнити потреби у прісній воді. Зокрема, зменшення водоспоживання та застосування технологій

краплинного зрошення на каштанових солонцюватих та солончакуватих ґрунтах Півдня України, де рівень залягання мінералізованих ґрунтових вод має глибину 2-5 метрів, стане причиною збільшення осередків вторинного засолення ґрунтів та формування солончаків, що виключає ймовірність схвалення такого роду проєктів. Тому, відновлення зрошення та водопостачання може за умови відновлення Каховського водосховища.

В цьому контексті, на увагу заслуговує третій сценарій (рисунок 17) функціонування території Каховського водосховища. В свою чергу, це задовольнить потреби населення у воді, збереже різноманіття рослинних і донних біотопів природно-штучних екосистем, сприятиме досягненню цілей сталого розвитку та збалансованого природокористування на Півдні України.

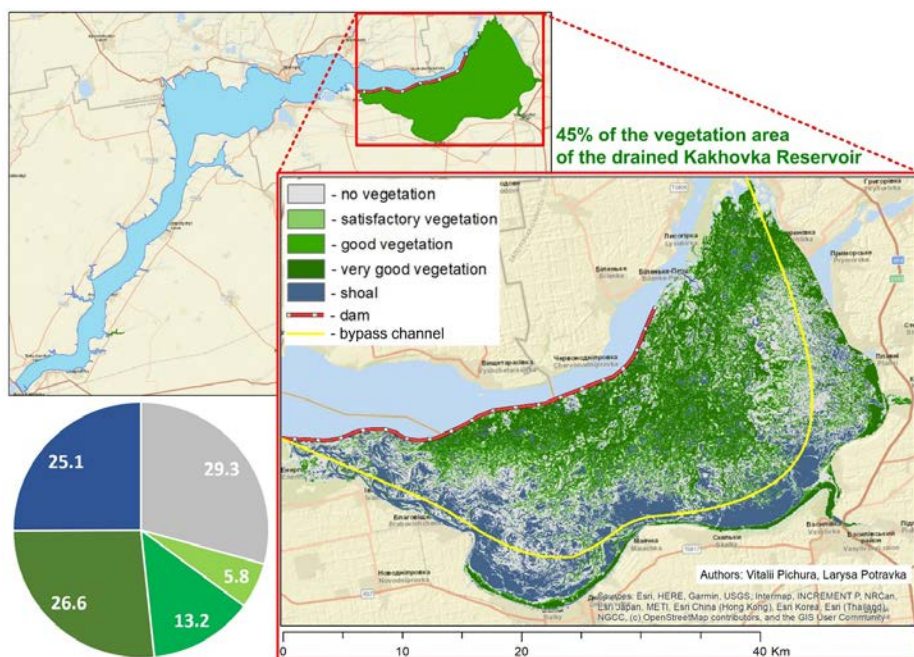


Рис. 17. Сценарій 3 – Природно-штучна система Каховського водосховища

Відновлення та раціональна експлуатація території Каховського водосховища та прилеглих територій повинні ґрунтуватися на основі адаптивно-ландшафтних протиерозійних принципів просторового планування водозбірної території річки Дніпро. Це дозволить оптимізувати структуру земельного фонду, відновити водоохоронну зону, зменшити ризики екологічної деструкції земельних і водних ресурсів, дозволить поліпшити екологічну ситуацію у зоні впливу Каховського водосховища. Тому, на сьогодні для України залишається актуальним питанням вибору оптимального сценарію повоєнного відновлення та функціону-

вання територій південного регіону з оцінюванням спроможності адаптації українців до нових умов існування.

В цьому контексті важливим є врахування громадської думки і позиції місцевого населення щодо напрямів регіональних стратегій і заходів повоєнного відновлення порушених територій, перегляд цілей та забезпечення сталого розвитку регіонів відповідно до соціально-економічних потреб та екологічного стану територіальних екосистем з урахуванням кліматичних змін [24].

Висновки. Отримані результати являються важливим інформаційним ресурсом документування війни в Україні, доказом вчинення екоциду з боку російського збройного агресора по відношенню до України та Європи, пошук шляхів відновлення пошкоджених територій та встановлення умов повернення людей, що потребує подальших наукових досліджень екологічних наслідків та актуалізує наукове обґрунтування напрямів соціально-економічного відновлення. Прогнозування та розробка сценаріїв функціонування цих територій на сьогодні можливо проводити лише шляхом оцінюванням спроможності адаптації українців до сформованих умов. У зв'язку з цим важливим є продовження досліджень, здійснення постійного моніторингу стану тимчасово-окупованих, фронтових та прифронтових територій; продовження системних досліджень щодо причин і наслідків екоциду та геноциду; розширення території дослідження, збільшення індикації показників якості і складових навколишнього середовища; інформування населення і міжнародної спільноти через розміщення результатів дослідження про наслідки війни у публічного просторі; розробка геоінформаційних проєктів із детальним обґрунтуванням сценаріїв функціонування території Каховського водосховища і наслідків для водозалежних територій на основі басейнових принципів управління на засадах сталого розвитку; розробка картографічних проєктів просторового планування для повоєнного відновлення територій пошкоджених війною.

RESEARCH INTO THE CONSEQUENCES OF THE KAKHOVKA DAM DESTRUCTION AND THE RESERVOIR'S DRAINAGE FOR UKRAINE'S POPULATION

*Pichura V. I., Potravka L. O., Biloshkurenko O. S.
Kherson State Agrarian and Economic University*

The article presents the results of a comprehensive scientific and sociological study on the consequences of the destruction of the Kakhovka dam and the draining of the reservoir for the population of the southern region of Ukraine, as well as the

justification of the directions for the post-war functioning of the Kakhovka reservoir area. The research was conducted with the support of the Canadian Institute of Ukrainian Studies (CIUS, University of Alberta) and the Documenting Ukraine, a program of the Institute for Human Sciences, IWM Vienna. The area of research in Southern Ukraine and the waters of the Black Sea amounted to approximately 11.0 million hectares. The main stages of the research included: 1 – studying the condition of the drained Kakhovka Reservoir bed; 2 – studying the condition of the Dnipro-Buh estuarine system and the Black Sea; 3 – studying the condition of the area where irrigation was carried out during the pre-war period; 4 – sociological research "Kakhovka Reservoir: past, present, future"; 5 – justification of scenarios for the functioning of the Kakhovka Reservoir area. The obtained results are an important informational resource for documenting the war in Ukraine, evidence of the ecocide committed by the Russian armed aggressor against Ukraine and Europe, the search for ways to restore damaged territories, and the establishment of conditions for the return of people, which requires further scientific research on ecological consequences and updates the scientific justification for the directions of socio-economic recovery. Forecasting and scenario development for the functioning of these territories can currently only be conducted by assessing the capacity of Ukrainians to adapt to the established conditions. In this regard, it is important to continue research, carry out constant monitoring of the situation in temporarily occupied, frontline, and near-frontline territories; and to continue systematic studies on the causes and consequences of ecocide and genocide; expansion of the research area, increase in the indication of quality indicators and components of the environment; informing the population and the international community by publishing research results on the consequences of the war in the public domain; the development of geoinformation projects with a detailed justification of the functioning scenarios of the Kakhovka Reservoir area and the consequences for water-dependent territories based on basin management principles grounded in sustainable development; the development of cartographic projects for spatial planning for the post-war recovery of areas damaged by the war.

Keywords: impact of the war, Kakhovka Reservoir, vegetation, water quality, irrigation, sociological research, functioning scenarios, sustainable development, Southern Ukraine.

Acknowledgments. The research is supported by the Canadian Institute of Ukrainian Studies (CIUS) of the University of Alberta. Grant 25OCT24.

The project was supported by Documenting Ukraine, a program of the Institute for Human Sciences, IWM Vienna.

ЛІТЕРАТУРА

1. Vyshnevskiy V., Shevchuk S., Komorin V., Oleynik Yu., Gleick P. The destruction of the Kakhovka dam and its consequences. *Water International*. 2023. Vol. 48 (5). P. 631-647. DOI: <https://doi.org/10.1080/02508060.2023.2247679>
2. Vyshnevskiy V. I., Shevchuk S. A. Natural Processes in the Area of the Former Kakhovske Reservoir After the Destruction of the Kakhovka HPP. *Journal of Landscape Ecology*. 2024. Vol. 17(2). P. 147-164. DOI: <https://doi.org/10.2478/jlecol-2024-0014>
3. Dovhanenko D. O., Yakovenko V. M., Brygadyrenko V. V., Boyko O. O. Characteristic of the dried-up zone formed as a result of the breach of the

- Kahovka dam. *Biosystems Diversity*. 2024. Vol. 32(2). P. 285-295. DOI: <https://doi.org/10.15421/012431>
4. Kuzemko A., Prylutskyi O., Kolomytsev G., Didukh Y., Moysiyenko I., Borsukevych L., Chusova O., Splodytel A., Khodosovtsev O. Reach the bottom: plant cover of the former Kakhovka Reservoir, Ukraine. *Research Square*. 2024. DOI: 10.21203/rs.3.rs-4137799/v1
 5. Росія використовує водосховища як зброю, коли під час військових дій навмисно знищує греблі та дамби (стаття за авторством співробітників Інституту гідробіології НАНУ у Science). Опубліковано: 17 березня 2025. URL: <https://hydrobio.kiev.ua/ua/novyny/236-2025/berezen/173-rosiia-vykorystovuie-vodoskhovyshcha-iak-zbroiu-koly-pid-chas-viiskovykh-dii-navmysno-znyshchuie-hrebli-ta-damby-stattia-za-avtorstvom-spivrobitnykiv-instytutu-hidrobiolohii-nanu-u-science>
 6. Novitskyi R., Hapich H., Maksymenko M., Kovalenko V. Loss of fisheries from destruction of the Kakhovka reservoir. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. Vol. 81(1). P. 315-323. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314890>
 7. Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Bahinskyi O. Natural and climatic transformation of the Kakhovka Reservoir after the destruction of the dam. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. № 25(7). P. 82-104. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/187961>
 8. Hrebin V., Khilchevskyi V., Stashuk V., Chunarov O., Yaroshevych O. Water fund of Ukraine: Artificial body of water – Reservoirs and ponds. *Interpres*. 2014. 164 p.
 9. Romashchenko M., Faybishenko, B., Onopriienko, D., Hapich H., Novitskyi R., Dent D., Saidak R., Usatyi S., Roubik H. Prospects for restoration of Ukraine's irrigation system. *Water International*. 2025. Vol. 50(2). P. 104-120. DOI: <https://doi.org/10.1080/02508060.2025.2472718>
 10. Grossi R. IAEA director general statement on situation in Ukraine. 2023. URL: <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/update-191-iaea-director-general-statement-on-situation-in-ukraine>
 11. Dikshit A., Pradhan B., Alamri A. M. Long lead time drought forecasting using lagged climate variables and a stacked long short-term memory model. *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 755(2). 142638. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142638>
 12. Felice M. D., Soares M. B., Alessandri A., Troccoli A. Scoping the potential usefulness of seasonal climate forecasts for solar power management. *Renewable Energy*. 2019. Vol. 142. P. 215-223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.134>
 13. Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y. Four Billion People Facing Severe Water Scarcity. *Science Advances*. 2016. Vol. 2. e1500323. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500323>

14. Tao Y., Tao Q., Qiu J., Pueppke S.G., Gao G., Ou W. Integrating water quantity- and quality-related ecosystem services into water scarcity assessment: A multi-scenario analysis in the Taihu Basin of China. *Applied Geography*. 2023. Vol. 160. 103101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.103101>
15. Wei J., Lei Y., Liu L., Yao H. Water scarcity risk through trade of the Yellow River Basin in China. *Ecological Indicators*. 2023. Vol. 154. 110893. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110893>
16. Li M., Yang X., Wang K., Di C., Xiang W., Zhang J. Exploring China's water scarcity incorporating surface water quality and multiple existing solutions. *Environmental Research*. 2024. Vol. 246. 118191. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118191>
17. Shumilova O. et al. Environmental effects of the Kakhovka Dam destruction by warfare in Ukraine. *Science*. 2025. Vol. 387. P. 1181-1186. DOI: 10.1126/science.adn8655
18. Пічура В.І., Потравка Л.О. Кліматично-гідрологічні умови формування рослинного покриву на території осушеного Каховського водосховища. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2024. № 2(16). С. 118-141. DOI: <https://doi.org/10.32782/wba.2024.2.10>
19. Pichura V., Potravka L., Boiko P. Climatic and hydrological conditions for the formation of vegetation cover in the drained Kakhovka Reservoir's territory. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. Vol. 26(4). P. 357-373. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/202227>
20. Pichura V., Potravka L., Dent, D. The Kakhovka Sea Before and After the Destruction of the Kakhovka Dam. *Natural Built Social Environment Health*. 2025. Vol. 1(1). P. 104-133. DOI: <https://doi.org/10.63095/NBSEH.25.290237>
21. Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Hyrlya L. The impact of the russian armed aggression on the condition of the water area of the Dnipro-Buh estuary system. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2024. Vol. 25(11). P. 58-82. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/192154>
22. Пічура В. І., Потравка Л. О., Багінський О. С. Вплив війни на стан акваторії Дніпровсько-Бузької естуарної системи та Чорного моря. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2024. № 1(15). С. 105-136. DOI: <https://doi.org/10.32782/wba.2024.1.9>
23. Pichura V., Potravka L., Kutishchev P. Consequences of Sabotage of the Kakhovka Dam on the Waters of the Dnipro-Buh Estuary and the Black Sea. *Natural Built Social Environment Health*. 2025. Vol. 1(1). P. 134-160. DOI: <https://doi.org/10.63095/NBSEH.25.877655>
24. Pichura V., Potravka L., Stoiko N., Dudych H. Scenarios for the Functioning of the Kakhovka Reservoir Territory. *Journal of Landscape Ecology*. 2025. Vol. 18(3). P. 118-154. DOI: 10.2478/jlecol-2025-0023

REFERENCES

1. Vyshnevskiy V., Shevchuk S., Komorin V., Oleynik Yu., Gleick P. (2023). The destruction of the Kakhovka dam and its consequences. *Water International*, Vol. 48(5), 631-647. DOI: <https://doi.org/10.1080/02508060.2023.2247679>
2. Vyshnevskiy V. I., Shevchuk S. A. (2024). Natural Processes in the Area of the Former Kakhovske Reservoir After the Destruction of the Kakhovka HPP. *Journal of Landscape Ecology*, Vol. 17(2), 147-164. DOI: <https://doi.org/10.2478/jlecol-2024-0014>
3. Dovhanenko D. O., Yakovenko V. M., Brygadyrenko V. V., Boyko O. O. (2024). Characteristic of the dried-up zone formed as a result of the breach of the Kahovka dam. *Biosystems Diversity*, Vol. 32(2), 285-295. DOI: <https://doi.org/10.15421/012431>
4. Kuzemko A., Prylutskyi O., Kolomytsev G., Didukh Y., Moysiienko I., Borsukevych L., Chusova O., Splodytel A., Khodosovtsev O. (2024). Reach the bottom: plant cover of the former Kakhovka Reservoir, Ukraine. *Research Square*. DOI: 10.21203/rs.3.rs-4137799/v1
5. *Rosiia vykorystovuie vodoskhovyshcha yak zbroiu, koly pid chas viiskovykh dii navmysno znyshchuie hrebli ta damby (stattia za avtorstvom spivrobitnykiv Instytutu hidrobiolohii NANU u Science)* [Russia is using reservoirs as a weapon by deliberately destroying dams and barriers during military operations (an article by employees of the Institute of Hydrobiology of the National Academy of Sciences of Ukraine in Science). Published: March 17, 2025]. URL: <https://hydrobio.kiev.ua/ua/novyny/236-2025/berezen/173-rosiia-vykorystovuie-vodoskhovyshcha-iak-zbroiu-koly-pid-chas-viiskovykh-dii-navmysno-znyshchuie-hrebli-ta-damby-stattia-za-avtorstvom-spivrobitnykiv-instytutu-hidrobiolohii-nanu-u-science> [in Ukrainian].
6. Novitskyi R., Hapich H., Maksymenko M., Kovalenko V. (2024). Loss of fisheries from destruction of the Kakhovka reservoir. *International Journal of Environmental Studies*, Vol. 81(1), 315-323. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314890>
7. Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Bahinskyi O. (2024). Natural and climatic transformation of the Kakhovka Reservoir after the destruction of the dam. *Journal of Ecological Engineering*, no. 25(7), 82-104. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/187961>
8. Hrebin V., Khilchevskiy V., Stashuk V., Chunarov O., Yaroshevych O. (2014). Water fund of Ukraine: Artificial body of water – Reservoirs and ponds. *Interpres*, 164.
9. Romashchenko M., Faybishenko, B., Onopriienko, D., Hapich H., Novitskyi R., Dent D., Saidak R., Usatyi S., Roubik H. (2025). Prospects for restoration of Ukraine's irrigation system. *Water International*, Vol. 50(2), 104-120. DOI: <https://doi.org/10.1080/02508060.2025.2472718>

10. Grossi R. (2023). IAEA director general statement on situation in Ukraine. URL: <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/update-191-iaea-director-general-statement-on-situation-in-ukraine>
11. Dikshit A., Pradhan B., Alamri A.M. (2021). Long lead time drought forecasting using lagged climate variables and a stacked long short-term memory model. *Science of the Total Environment*, Vol. 755(2), 142638. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142638>
12. Felice M. D., Soares M. B., Alessandri A., Troccoli A. (2019). Scoping the potential usefulness of seasonal climate forecasts for solar power management. *Renewable Energy*, Vol. 142, 215-223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.134>
13. Mekonnen M. M., Hoekstra A. Y. (2016). Four Billion People Facing Severe Water Scarcity. *Science Advances*, Vol. 2, e1500323. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500323>.
14. Tao Y., Tao Q., Qiu J., Pueppke S.G., Gao G., Ou W. (2023). Integrating water quantity- and quality-related ecosystem services into water scarcity assessment: A multi-scenario analysis in the Taihu Basin of China. *Applied Geography*, Vol. 160, 103101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.103101>
15. Wei J., Lei Y., Liu L., Yao H. (2023). Water scarcity risk through trade of the Yellow River Basin in China. *Ecological Indicators*, Vol. 154, 110893. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110893>
16. Li M, Yang X., Wang K., Di C., Xiang W., Zhang J. (2024). Exploring China's water scarcity incorporating surface water quality and multiple existing solutions. *Environmental Research*, Vol. 246, 118191. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118191>
17. Shumilova O. et al. (2025). Environmental effects of the Kakhovka Dam destruction by warfare in Ukraine. *Science*, Vol. 387, 1181-1186. DOI: [10.1126/science.adn8655](https://doi.org/10.1126/science.adn8655)
18. Pichura V., Potravka L., (2024). *Klimatychno-hidrolohichni umovy formuvannia roslynnoho pokryvu na terytorii osushenoho Kakhovskoho vodoskhovyshcha* [Climatic and hydrological conditions of the formation of vegetation cover on the territory of the drained Kakhovka reservoir]. *Water Bioresources and Aquaculture*, no. 2(16), 118-141. DOI: <https://doi.org/10.32782/wba.2024.2.10> [in Ukrainian].
19. Pichura V., Potravka L., Boiko P. (2025). Climatic and hydrological conditions for the formation of vegetation cover in the drained Kakhovka Reservoir's territory. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, Vol. 26(4), 357-373. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/202227>
20. Pichura V., Potravka L., Dent, D. (2025). The Kakhovka Sea Before and After the Destruction of the Kakhovka Dam. *Natural Built Social*

- Environment Health*, Vol. 1(1), 104-133. DOI: <https://doi.org/10.63095/NBSEH.25.290237>
21. Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Hyrlya L. (2024). The impact of the russian armed aggression on the condition of the water area of the Dnipro-Buh estuary system. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, Vol. 25(11), 58-82. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/192154>
22. Pichura V., Potravka L., Bahinskyi O. (2024). *Vplyv viiny na stan akvatorii Dniprovsko-Buzkoï estuarnoi systemy ta Chornoho moria* [Impact of the war on the state of the Dnipro-Buh estuary system and the Black sea]. *Water Bioresources and Aquaculture*, no. 1(15), 105-136. DOI: <https://doi.org/10.32782/wba.2024.1.9>
23. Pichura, V., Potravka, L., Kutishchev, P. (2025). Consequences of Sabotage of the Kakhovka Dam on the Waters of the Dnipro-Buh Estuary and the Black Sea. *Natural Built Social Environment Health*, Vol. 1(1), 134-160. <https://doi.org/10.63095/NBSEH.25.877655>
24. Pichura V., Potravka L., Stoiko N., Dudych H. (2025). Scenarios for the Functioning of the Kakhovka Reservoir Territory. *Journal of Landscape Ecology*, Vol. 18(3), 118-154. DOI: 10.2478/jlecol-2025-0023