

УДК 504.4:556.166:332.146.2(477.7) <https://doi.org/10.31713/vs2202631>

Пічура В. І. ^[1; ORCID ID: 0000-0002-0358-1889],

д.с.-г.н., професор,

Потравка Л. О. ^[1; ORCID ID: 0000-0002-0011-2286],

д.е.н., професор

¹Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

ВПЛИВ РУЙНУВАННЯ КАХОВСЬКОЇ ГЕС ТА ОСУШЕННЯ ВОДОСХОВИЩА НА ДОСЯГНЕННЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

У статті здійснено комплексну оцінку впливу руйнування Каховської ГЕС та осушення Каховського водосховища на досягнення Цілей сталого розвитку (SDGs) Півдня України. Встановлено, що Каховська катастрофа спричинила системну трансформацію природно-господарських систем, а її наслідки мають каскадний характер і охоплюють водну, аграрну, енергетичну, екологічну, інфраструктурну та соціально-економічну сфери розвитку регіону. Обґрунтовано, що осушення Каховського водосховища зумовило перехід агроландшафтів Півдня України від антропогенно регульованого до кліматично детермінованого режиму функціонування. Це супроводжується розвитком постіригаційної аридизації, виснаженням запасів ґрунтової вологи, перегрівом поверхні, деградацією рослинного покриву, активізацією дефляції, вторинного засолення та ризиків опустелювання. Встановлено негативний вплив деградації зрошуваного землеробства на продовольчу безпеку, економічну стійкість громад і зайнятість населення. Показано, що руйнування Каховської ГЕС спричинило загострення водного дефіциту, деградацію екосистем регіону Нижнього Дніпра, погіршення якості поверхневих вод, втрату біорізноманіття, дестабілізацію енергетичної й транспортної інфраструктури та посилення кліматичної вразливості територій. Методологічною основою дослідження є міждисциплінарний підхід, що поєднує екологічний, гідрологічний, агрокліматичний, соціально-економічний і геоінформаційний аналіз. Використано міжнародні аналітичні звіти, наукові публікації, матеріали супутникового моніторингу та дані дистанційного зондування Землі. Обґрунтовано необхідність формування нової моделі післявоєнного відновлення Півдня України, орієнтованої на кліматичну адаптацію, модернізацію систем управління водними ресурсами та екологічну реабілітацію деградованих територій.

Ключові слова: Каховське водосховище; Цілі сталого розвитку; постіригаційна аридизація; агроекосистеми; гідрологічний колапс; кліматична вразливість; післявоєнне відновлення; Південь України.

Постановка проблеми. Руйнування Каховської ГЕС 6 червня 2023 року та подальше осушення Каховського водосховища стали однією з наймасштабніших техногенно-екологічних катастроф Європи XXI століття [1; 3; 10]. Її наслідки вийшли далеко за межі локального руйнування гідротехнічної споруди та охопили водну, енергетичну, аграрну, екологічну, соціальну й гуманітарну сфери розвитку Півдня України [3; 7; 9]. Втрата Каховського водосховища означала руйнування ключового елемента водогосподарської системи Нижнього Дніпра, який упродовж десятиліть забезпечував регулювання водного режиму, функціонування зрошення, водопостачання населених пунктів і промислових об'єктів, підтримання енергетичної інфраструктури, судноплавства, рибогосподарського використання та екологічної рівноваги водозалежних екосистем [8; 13; 19].

До руйнування греблі Каховське водосховище виконувало роль стратегічного гідрологічного та кліматорегулюючого буфера степової зони України. Його водні ресурси забезпечували функціонування однієї з найбільших іригаційних систем Європи та підтримували зрошення понад 600 тис. га сільськогосподарських угідь у Херсонській, Запорізькій та Дніпропетровській областях, а до 2014 року – також значної частини зрошуваних земель Автономної Республіки Крим [13; 16; 20]. У Криму площа фактично зрошуваних земель до 2014 року становила близько 130–140 тис. га, а в період максимального розвитку Північно-Кримського каналу у другій половині XX століття перевищувала 350–400 тис. га. Після перекриття Північно-Кримського каналу у 2014 році площа зрошуваних земель у Криму скоротилася до 14–17 тис. га, які забезпечувалися за рахунок використання місцевих свердловин.

У зоні недостатнього та нестійкого природного зволоження іригація була важливим виробничим чинником та основою підтримання біокліматичної стійкості регіону. Вона компенсувала дефіцит атмосферних опадів, стабілізувала запаси продуктивної ґрунтової вологи, знижувала температурне навантаження на поверхню, підтримувала активну вегетацію рослин, забезпечувала високу продуктивність аграрного виробництва та відігравала ключову роль у водопостачанні віддалених населених пунктів, функціонуванні

промислових об'єктів і водозалежної інфраструктури Півдня України [16; 17; 20].

Осушення Каховського водосховища спричинило різкий перехід природно-господарських систем Півдня України від антропогенно регульованого гідрологічного режиму до кліматично детермінованого функціонування [16; 17; 20]. В умовах глобального потепління, зростання частоти температурних екстремумів, посилення атмосферної та ґрунтової посухи така трансформація набула ознак системного режимного зсуву [17; 20]. Втрата водорегулюючої та іригаційної функції водосховища зумовила розвиток процесів постіригаційної аридизації, що проявляються у виснаженні запасів продуктивної ґрунтової вологи, перегріві земної поверхні, деградації рослинного покриву, зниженні біопродуктивності агроландшафтів, активізації дефляційних процесів, вторинного засолення, дегуміфікації ґрунтів та посиленні ризиків опустелювання територій [16; 17; 20].

Особливість Каховської катастрофи полягає у тому, що її наслідки мають не ізольований, а каскадний характер. Руйнування гідротехнічної інфраструктури спричинило порушення систем водозабезпечення, що, у свою чергу, призвело до деградації агровиробництва, скорочення зайнятості, зниження доходів населення, погіршення умов функціонування громад, зростання ризиків для громадського здоров'я та посилення екологічної нестабільності [3; 7; 21]. Втрата водного ресурсу одночасно вплинула на продовольчу безпеку, енергетичну стабільність, стан водних і наземних екосистем, інфраструктурну стійкість територій та перспективи післявоєнного відновлення регіону [2; 7; 8; 13].

У цьому контексті аналіз наслідків руйнування Каховської ГЕС доцільно здійснювати крізь призму Цілей сталого розвитку ООН. Такий підхід дає змогу розглядати катастрофу як багатовимірний чинник порушення сталого розвитку Півдня України. Наслідки осушення Каховського водосховища безпосередньо проявляються у площині подолання бідності, продовольчої безпеки, здоров'я населення, доступу до чистої води, енергетичної безпеки, зайнятості, розвитку інфраструктури, стійкості міст і громад, кліматичної адаптації, збереження екосистем суші та міжнародного партнерства [3; 7; 8; 9].

Руйнування Каховської ГЕС та осушення Каховського водосховища стали тригером глибокої трансформації природно-господарських систем Півдня України та суттєво ускладнили

досягнення низки Цілей сталого розвитку [1; 3; 17; 20]. Наслідки катастрофи мають системний, багаторівневий і довготривалий характер, охоплюючи екологічну, кліматичну, аграрну, водогосподарську, енергетичну, інфраструктурну та соціально-економічну сфери розвитку регіону [1; 7; 9; 16]. Їх масштаб потребує комплексного міждисциплінарного аналізу, заснованого на інтеграції супутникового моніторингу, геоінформаційних технологій, кліматичного моделювання, екологічної оцінки та соціально-економічного аналізу [1; 4; 16; 18]. Саме такий підхід є необхідною основою для формування науково обґрунтованих стратегій післявоєнного відновлення Півдня України, модернізації систем управління водними ресурсами, розроблення адаптивних сценаріїв природокористування, трансформації агровиробництва до умов постіригаційної аридизації та підвищення кліматичної резильєнтності територіальних громад регіону.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика наслідків руйнування Каховської ГЕС швидко сформувалася як окремий міждисциплінарний напрям досліджень, що поєднує гідрологію, екологію, агрокліматологію, дистанційне зондування Землі, економіку природокористування, екологічну безпеку, управління екосистемними послугами та право збройних конфліктів. У сучасних наукових і аналітичних публікаціях Каховська катастрофа розглядається як руйнування гідротехнічної споруди та масштабний системний шок для водних, наземних, аграрних, кліматорегулюючих і соціально-економічних систем Півдня України [1; 3; 9; 10].

Одним із найбільш комплексних досліджень є робота Shumilova et al. [1], у якій екологічні наслідки руйнування дамби Каховської ГЕС проаналізовано на основі поєднання польових спостережень, дистанційного зондування, гідроекологічного аналізу та моделювання. Автори показали, що руйнування греблі спричинило багаторівневі екологічні ефекти: трансформацію гідрологічного режиму Нижнього Дніпра, втрату водних і прибережних біотопів, порушення функціонування екосистем, винесення забруднювачів і формування довготривалих ризиків, пов'язаних із донними відкладами та важкими металами. Це дослідження є принциповим для розуміння Каховської катастрофи як процесу з відкладеними наслідками, що можуть проявлятися протягом багатьох років.

Важливим джерелом для оцінки первинних екологічних наслідків є звіт UNEP *Rapid Environmental Assessment of the Kakhovka Dam Breach* [3], у якому руйнування дамби визначено як масштабну екологічну катастрофу з потенційно довготривалими наслідками для водних ресурсів, ґрунтів, біорізноманіття, забруднених територій і здоров'я населення. У звіті наголошено на необхідності довгострокового моніторингу води, донних відкладів, ґрунтів, біоти та територій, що зазнали затоплення або осушення. Подібний комплексний підхід представлено також у роботі Chernogor et al. [9], де катастрофу розглянуто через призму гідрологічних, екологічних, ландшафтних і природно-ресурсних наслідків.

Гідрологічний і морський вимір катастрофи детально розглянуто у праці Tuchkovenko et al. [4], присвяченій моделюванню впливу руйнування дамби на океанографічні умови північно-західної частини Чорного моря. За результатами моделювання встановлено, що катастрофа спричинила масштабний техногенний паводок, різку зміну гідрохімічних і гідрофізичних характеристик вод, винесення дніпровських вод через Дніпровсько-Бузьку естуарну систему та їх поширення в морському середовищі. Це підтверджує, що наслідки руйнування Каховської ГЕС мають регіональний та міждержавний морський вимір.

Окремий напрям досліджень пов'язаний із водними біоресурсами та рибним господарством. Novitskyi et al. [2] показали, що руйнування дамби й осушення Каховського водосховища призвели до масштабної втрати рибних ресурсів, деградації нерестових біотопів, порушення трофічних зв'язків і фактичного колапсу рибогосподарського потенціалу водосховища. Ці наслідки мають значення для оцінки екологічних втрат та розуміння впливу катастрофи на продовольчу безпеку, зайнятість населення та локальні економічні ланцюги, пов'язані з рибним господарством [2; 7].

Суттєвий блок сучасних досліджень стосується трансформації осушеного ложа Каховського водосховища. Dovhanenko et al. [12] охарактеризували новоутворену осушену зону, де після різкого зникнення водного дзеркала почали формуватися нові ґрунтово-рослинні комплекси, первинні сукцесійні угруповання та просторово неоднорідні біотопи. У роботі Tutova et al. [5] підкреслено потенціал природного самозаліснення колишнього водосховища через формування вербово-тополевих угруповань, які можуть відігравати важливу роль у відновленні екосистемних послуг, стабілізації ґрунтів і формуванні нової заплавної екосистеми.

Питання природного відновлення Великого Лугу активно розглядається і в природоохоронній аналітиці. У звіті Ukrainian Nature Conservation Group *The Great Meadow vs. the Kakhovka Reservoir: A Modern Perspective* [6] проаналізовано історико-екологічне значення території Великого Лугу та потенціал формування нових заплавних, лучно-болотних і лісових екосистем після осушення водосховища. Цей підхід є важливим для дискусії про майбутню модель післявоєнного відновлення: відбудову попередньої гідротехнічної системи або переорієнтацію території з урахуванням природоорієнтованого відновлення [6; 18; 19].

Водночас низка джерел акцентує увагу на довготривалих ризиках забруднення осушеного ложа водосховища. Petrlík et al. [14] навели результати первинного дослідження забруднення донних відкладів Каховського водосховища, зокрема вмісту важких металів та інших токсичних речовин у відкладах Дніпра і ґрунтових зразках із Запорізького регіону. У поєднанні з висновками Shumilova et al. [1] це дає підстави розглядати донні відклади як потенційне джерело вторинного забруднення під час паводків, ерозійних процесів, дефляції та пилових бур [1; 14].

Соціально-економічний, гуманітарний і правовий виміри катастрофи розкрито у звіті Truth Hounds та Project Expedite Justice *Submerged: Study of the Destruction of the Kakhovka Dam and Its Impacts on Ecosystems, Agrarians, Other Civilians and International Justice* [7]. У цьому дослідженні руйнування Каховської ГЕС розглядається як подія, що спричинила масштабні наслідки для екосистем, цивільного населення, аграрного сектору, засобів існування громад і міжнародного правосуддя. Такий підхід дозволяє інтерпретувати катастрофу як екологічний інцидент та складову ширшого контексту воєнних злочинів проти довкілля, критичної інфраструктури та цивільного населення [7; 15].

Аграрний вимір наслідків руйнування Каховської ГЕС пов'язаний передусім із втратою зрошення, порушенням водозабезпечення, зростанням кліматичної вразливості та деградацією агроекосистем степової зони. У працях Pichura et al. [16; 17; 20] показано, що руйнування дамби спричинило природно-кліматичну трансформацію території водосховища, посилення аридизаційних процесів, зміну біокліматичного потенціалу та

порушення функціонування зрошуваних агроландшафтів. Дослідження Пічури і Потравки [20] окремо актуалізує проблему воєнно зумовленої трансформації зрошуваних агроєкосистем Півдня України в умовах гідрологічного колапсу.

Значний внесок у вивчення наслідків катастрофи зроблено дослідженнями, що використовують дистанційне зондування Землі. Супутникові дані Sentinel, Landsat та інші відкриті геопросторові платформи дають змогу оцінювати динаміку осушення водосховища, зміну водного режиму, стан рослинного покриву, формування нових біотопів, прояви пожеж, дефляційних процесів і деградації агроландшафтів [1; 12; 16; 17]. Такі підходи є особливо важливими в умовах обмеженого доступу до територій через бойові дії, окупацію та мінну небезпеку.

У контексті сталого розвитку важливими є дослідження екосистемних послуг колишнього Каховського водосховища. Karanushka et al. [8] наголошують, що руйнування водосховища означає втрату водного об'єкта та комплексу екосистемних послуг, пов'язаних із водопостачанням, регулюванням природних процесів, підтриманням біорізноманіття та функціонуванням прилеглих територій. Такий підхід дає змогу розглядати наслідки катастрофи у площині SDG 6, SDG 11, SDG 13 та SDG 15.

Окрему групу становлять дослідження, присвячені сценаріям майбутнього функціонування території колишнього водосховища. Yakovlev et al. [13] проаналізували геоекологічні й економічні наслідки створення, осушення та можливих варіантів відновлення Каховського водосховища. Vyshnevskyi and Shevchuk [19] розглянули майбутнє Каховського водосховища після руйнування дамби, підкресливши складність вибору між відновленням гідротехнічної системи та новими природними процесами на осушеній території. Pichura et al. [18] запропонували сценарний підхід до оцінки подальшого функціонування території Каховського водосховища, що дозволяє поєднати екологічні, ландшафтні, кліматичні та управлінські аспекти.

Окремий блок досліджень стосується причин руйнування Каховської ГЕС. Tretyak et al. [15] на основі комплексного аналізу структурного моніторингу, сейсмічних та інфразвукових даних оцінили можливі причини колапсу дамби. Ця праця важлива для розуміння техногенно-військового характеру катастрофи, її передумов і масштабу ризиків для критичної інфраструктури.

Узагальнення останніх досліджень свідчить, що більшість наукових і аналітичних праць зосереджені на окремих вимірах катастрофи: гідрологічному, екологічному, морському, аграрному, соціально-економічному, правовому або природоохоронному [1–9; 12–19]. Водночас недостатньо розробленим залишається інтегрований підхід до оцінки наслідків руйнування Каховської ГЕС крізь призму Цілей сталого розвитку. Саме така рамка дозволяє поєднати різні напрями впливу – від водної та продовольчої безпеки до кліматичної адаптації, екосистемного відновлення, інфраструктурної стійкості, соціальної вразливості та міжнародного партнерства.

Аналіз останніх досліджень підтверджує, що руйнування Каховської ГЕС є багатовимірною кризою сталого розвитку. Наявні публікації формують важливу доказову базу щодо екологічних, гідрологічних, аграрних, кліматичних, соціально-економічних і гуманітарних наслідків катастрофи [1; 3; 7; 9; 16; 17; 20; 21]. Водночас ці результати потребують подальшого узагальнення в межах системної SDG-орієнтованої оцінки.

Мета дослідження – здійснити комплексну SDG-орієнтовану оцінку наслідків руйнування Каховської ГЕС та осушення Каховського водосховища для природно-господарських систем Півдня України, встановити їхній вплив на водну, продовольчу, енергетичну, кліматичну, екологічну, інфраструктурну та соціально-економічну безпеку регіону.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження виконано у форматі оглядово-аналітичної статті, спрямованої на узагальнення наукових, аналітичних, статистичних і супутникових даних щодо наслідків руйнування Каховської ГЕС та осушення Каховського водосховища для сталого розвитку Півдня України [1–21]. Методологічною основою роботи є міждисциплінарний підхід, що поєднує екологічний, гідрологічний, агрокліматичний, соціально-економічний, інфраструктурний та геоінформаційний аналіз [1; 9; 16; 17].

Об'єктом дослідження є природно-господарські системи Півдня України, функціонування яких до 2023 року було безпосередньо пов'язане з водорегулюючою, іригаційною, енергетичною та інфраструктурною роллю Каховського водосховища. Особливу увагу

приділено територіям Херсонської, Запорізької та Дніпропетровської областей, де наслідки втрати водосховища проявилися у порушенні водозабезпечення, деградації зрошуваного землеробства, трансформації екосистем, погіршенні умов життєзабезпечення населення та посиленні кліматичної вразливості [3; 16; 17; 20].

Інформаційну основу дослідження становили попередні наукові публікації, міжнародні аналітичні звіти, матеріали екологічного моніторингу, відкриті статистичні джерела, супутникові дані та результати досліджень, присвячених наслідкам руйнування Каховської ГЕС [1–21]. Зокрема, використано праці, в яких проаналізовано екологічні ефекти руйнування Каховської ГЕС на основі польових, дистанційних і модельних даних [1]; дослідження поширення забруднених і трансформованих вод у Дніпровсько-Бузькій естуарній системі та північно-західній частині Чорного моря [4; 21]; аналітичні звіти UNEP, Truth Hounds, Project Expedite Justice та інших організацій щодо екологічних, гуманітарних, аграрних і правових наслідків катастрофи [3; 7].

Для оцінки екологічних і гідрологічних наслідків враховано дані про масштабне осушення водосховища, трансформацію водної екосистеми у нову гідрологічно-регульовану річково-заплавну систему, порушення функціонування водозалежних біотопів, зміну якості води та винесення забруднювачів до Чорного моря [1; 4; 9]. Зокрема, дослідження Tuchkovenko et al. [4] показало, що впродовж 6–12 червня 2023 року з Каховського водосховища до Дніпровсько-Бузького лиману та Чорного моря було скинуто близько 14,4 км³ води. Для оцінки довготривалих екологічних ризиків враховано результати досліджень щодо забруднення донних відкладів важкими металами та токсичними речовинами [1; 14].

Аграрний блок дослідження базувався на узагальненні даних щодо втрати зрошувального водозабезпечення, зміни умов землеробства, зниження врожайності, втрати посівів, трансформації зайнятості та погіршення умов функціонування малих і середніх фермерських господарств [7; 16; 17; 20]. Для цього використано попередні оцінки впливу катастрофи на аграрні засоби існування у Херсонській області, а також матеріали, що розглядають припинення водопостачання для великих площ зрошуваних земель Півдня України [7; 13; 17; 20].

Для аналізу природоохоронного виміру використано наукові та аналітичні джерела щодо трансформації екосистем колишнього ложа Каховського водосховища, вторинної сукцесії, формування нових

рослинних угруповань, деградації водно-болотних і степових біотопів, а також впливу катастрофи на природно-заповідні території [5; 6; 12]. Окремо враховано нові дані про рослинне різноманіття території колишнього водосховища та формування нових заплавних екосистем через два роки після руйнування греблі [5; 6].

Для просторово-екологічного узагальнення застосовано матеріали супутникового моніторингу, зокрема дані Sentinel, Landsat, Copernicus Land Monitoring Service, NASA POWER, ERA5-Land та інших відкритих платформ дистанційного зондування Землі [1; 16–19]. У межах оглядового аналізу ці дані розглядалися як джерело інформації про зміну ґрунтової вологи, температури земної поверхні, стану рослинного покриву, інтенсивності пожеж, дефляційних процесів і просторової трансформації агроландшафтів [1; 16–18; 20].

Аналітична рамка дослідження побудована на співвіднесенні встановлених наслідків руйнування Каховської ГЕС із відповідними Цілями сталого розвитку ООН. У роботі оцінено вплив катастрофи на досягнення таких цілей: SDG 1 «Подолання бідності», SDG 2 «Подолання голоду», SDG 3 «Міцне здоров'я і благополуччя», SDG 6 «Чиста вода та належні санітарні умови», SDG 7 «Доступна та чиста енергія», SDG 8 «Гідна праця та економічне зростання», SDG 9 «Промисловість, інновації та інфраструктура», SDG 11 «Сталий розвиток міст і громад», SDG 13 «Боротьба зі зміною клімату», SDG 15 «Захист та відновлення екосистем суші» та SDG 17 «Партнерство заради сталого розвитку».

Оцінювання впливу здійснювалося за принципом причинно-наслідкового узагальнення: від руйнування водорегулюючої інфраструктури – до втрати водозабезпечення, деградації агровиробництва, погіршення стану екосистем, зниження соціально-економічної стійкості громад та посилення кліматичних ризиків [1; 3; 16; 17; 18]. Такий підхід дозволив визначити прямі наслідки руйнування Каховської ГЕС, вторинні та каскадні ефекти, що впливають на довгострокову траєкторію сталого розвитку Півдня України [1; 7; 17; 20].

Методика дослідження ґрунтується на синтезі попередніх наукових результатів, міжнародних звітів, супутникових спостережень і регіональних аналітичних матеріалів [1–21]. Це дало змогу розглядати руйнування Каховської ГЕС як техногенно-

екологічну катастрофу та системний чинник порушення досягнення Цілей сталого розвитку в умовах війни, гідрологічного колапсу та кліматичної вразливості Півдня України.

Результати дослідження. Проведений аналіз засвідчив, що руйнування Каховської ГЕС та осушення Каховського водосховища спричинили масштабну трансформацію природно-господарських систем Півдня України та суттєво ускладнили досягнення Цілей сталого розвитку ООН. Наслідки катастрофи мають системний, багаторівневий і каскадний характер, охоплюючи водогосподарську, аграрну, енергетичну, екологічну, інфраструктурну та соціально-економічну сфери розвитку регіону.

Вплив на SDG 1 «Подолання бідності». Повномасштабна війна, руйнування водорегулюючої інфраструктури та деградація агровиробництва спричинили глибоку соціально-економічну кризу Півдня України [7; 13; 17; 20]. Втрата стабільного водозабезпечення та руйнування іригаційної системи негативно вплинули на рівень доходів населення, особливо у сільських громадах, економіка яких тривалий час базувалася на функціонуванні зрошуваного землеробства. Скорочення зайнятості в аграрному секторі, припинення діяльності підприємств, втрата врожаїв, деградація виробничої інфраструктури та руйнування господарських зв'язків посилили ризики бідності й соціально-економічної нестабільності. Особливої вразливості зазнали прифронтові території Херсонської Запорізької та Дніпропетровської областей, де поєднання воєнних дій, мінування територій і втрати виробничого потенціалу суттєво обмежує можливості економічного відновлення. Додатковим дестабілізуючим чинником залишаються тривалі умови воєнної та соціально-економічної невизначеності, які ускладнюють повернення населення, відновлення господарської діяльності та формування довгострокових стратегій післявоєнного розвитку територій.

Вплив на SDG 2 «Подолання голоду». Осушення Каховського водосховища, припинення функціонування зрошення та посилення процесів аридизації спричинили деградацію агроландшафтів Півдня України й перехід від високопродуктивного зрошуваного землеробства до високоризикового богарного типу господарювання в умовах хронічного дефіциту вологи [16; 17; 20].

До руйнування Каховської ГЕС зона впливу Каховського водосховища забезпечувала функціонування понад 600 тис. га зрошуваних земель, які формували один із найпродуктивніших аграрних поясів степової України [13; 17; 20]. У 2021 році, за умов

повноцінного функціонування іригаційної системи, врожайність зернових культур становила 4,5–5,0 т/га, соняшнику – 2,2–2,6 т/га. У 2022 році через воєнні чинники та часткове порушення водопостачання врожайність знизилася відповідно до 3,0–3,5 та 1,5–1,8 т/га.

Після руйнування Каховської ГЕС у 2023 році у найбільш постраждалих районах Півдня України врожайність зернових скоротилася до 2,0–2,5 т/га. У 2024 році, першому повному сезоні без стабільного зрошення, на тлі екстремальної спеки та дефіциту опадів урожайність зернових становила 2,4–2,6 т/га, а соняшнику – 0,8–1,0 т/га.

Найбільш критична ситуація сформувалася у 2025 році, коли поєднання атмосферної та ґрунтової посухи, високих температур, весняних заморозків і повної відсутності поливу спричинило різке падіння продуктивності агросистем [17; 20]. На територіях правобережжя Херсонської області врожайність зернових знизилася до 1,2–1,4 т/га, а соняшнику – до 0,2–0,7 т/га, що на 70–90% нижче довоєнного рівня.

За експертними оцінками, у 2024 році на правобережжі Херсонської області було втрачено близько 40% посівів, а у 2025 році – понад 60%. Потенційні щорічні втрати аграрного виробництва оцінюються до 4 млн тонн зерна та понад 1,5 млрд доларів США економічних збитків [7; 17; 20].

Деградація зрошуваного землеробства Півдня України має регіональний і глобальний вимір. До повномасштабної війни Україна забезпечувала близько 10% світового експорту пшениці, понад 15% експорту кукурудзи та майже 50% світового експорту соняшникової олії. Тому скорочення площ зрошуваного землеробства, деградація агроландшафтів і зниження продуктивності агросистем Півдня України негативно впливають на продовольчу безпеку, посилюють нестабільність глобальних продовольчих ринків і підвищують вразливість країн, залежних від імпорту української аграрної продукції.

Вплив на SDG 3 «Міцне здоров'я і благополуччя». Повномасштабна військова агресія Росії та Каховська катастрофа спричинили суттєве погіршення умов життєзабезпечення населення Півдня України та формування нових ризиків для громадського здоров'я [3; 7; 9].

Порушення функціонування систем водопостачання, погіршення якості питної води, посилення процесів аридизації, пилові бурі, масштабні пожежі та воєнне забруднення територій сформували комплексну загрозу фізичному й психоемоційному здоров'ю населення [1; 3; 14; 17].

Осушення Каховського водосховища та деградація гідрологічного режиму Нижнього Дніпра супроводжуються зниженням доступності безпечної питної води, особливо у прифронтових і сільських громадах Херсонської, Запорізької та Дніпропетровської областей [3; 7; 13]. Руйнування систем централізованого водозабезпечення, погіршення якості поверхневих вод, підвищення мінералізації та ризики мікробіологічного забруднення збільшують імовірність поширення інфекційних і шлунково-кишкових захворювань.

Висихання ґрунтів, деградація рослинного покриву та активізація дефляційних процесів спричинили зростання частоти пилових бур і перенесення дрібнодисперсних часток, які можуть містити солі, важкі метали, продукти горіння та інші токсичні компоненти [1; 14; 16; 17]. Це підвищує ризики респіраторних, серцево-судинних і алергічних захворювань, особливо серед дітей, людей похилого віку та осіб із хронічними хворобами.

Упродовж 2023–2025 років на території Півдня України систематично фіксувалися масштабні пожежі аграрних і природних екосистем, які супроводжувалися значними викидами диму, продуктів горіння органічної речовини та токсичних аерозолів [1; 17]. Пожежі у заплавах, степових і лісових екосистемах погіршують санітарно-екологічний стан територій і посилюють теплове навантаження на населення.

Посилення процесів аридизації супроводжується формуванням локальних «островів тепла», підвищенням температури поверхні та збільшенням частоти екстремально спекотних періодів [16; 17; 20]. Зростання теплового стресу негативно впливає на здоров'я населення та підвищує ризики теплових ударів, серцево-судинних ускладнень і зневоднення.

Воєнні дії, втрата житла, джерел доходу та безпечного середовища проживання супроводжуються зростанням рівня хронічного стресу, тривожних розладів, депресивних станів і психологічної травматизації населення. Таким чином, наслідки Каховської катастрофи мають не лише екологічний, а й виражений

медико-соціальний характер, формуючи довготривалі ризики для здоров'я населення Півдня України.

Вплив на SDG 6 «Чиста вода та належні санітарні умови». Осушення Каховського водосховища спричинило втрату близько 40% стратегічних запасів прісної води каскаду Дніпровських водосховищ, порушення функціонування систем водопостачання та загострення водного дефіциту у степовій зоні Півдня України [3; 13; 19]. Руйнування водорегулюючої інфраструктури призвело до деградації гідрологічного режиму Нижнього Дніпра, зниження рівнів ґрунтових вод, порушення природного водообміну та різкого погіршення якості поверхневих вод [1; 3; 4; 9; 21].

За результатами супутникового та гідроекологічного моніторингу встановлено масштабне винесення забруднювачів через Дніпровсько-Бузьку естуарну систему до Чорного моря [4; 21]. Площа акваторії з ознаками погіршення якості води та підвищеного забруднення сягнула близько 6800 км². Для окремих біогенних і токсичних речовин зафіксовано перевищення гранично допустимих концентрацій у 1,1–51,8 разів, дефіцит розчиненого кисню, погіршення гідробіологічних показників та посилення евтрофікації [4; 21].

Після осушення водосховища у Нижньому Дніпрі та Дніпровсько-Бузькому лимані сформувалися застійні зони зі зниженим водообміном. Порушення сезонної динаміки гідрологічного режиму супроводжувалося накопиченням біогенних речовин, підвищенням концентрації хлорофілу та процесів «цвітіння» води [4; 21].

Весняні паводки 2024 року активізували вимивання донних осадів, органічної маси, токсикантів і важких металів із ложа осушеного Каховського водосховища з подальшим їх перенесенням до Дніпровсько-Бузької естуарної системи та північно-західної частини Чорного моря [1; 4; 14]. Дослідження [1; 14] підтверджують наявність у донних відкладах значних концентрацій токсичних речовин, накопичених упродовж десятиліть функціонування водосховища.

Втрата основного джерела водозабезпечення негативно вплинула на забезпечення питних, санітарно-гігієнічних, господарських та аграрних потреб населення і економіки регіону та сформувала довготривалі ризики для водної безпеки Півдня України

[3; 8; 13; 19; 21]. Встановлено, що руйнування Каховської ГЕС спричинило системне порушення функціонування водогосподарського комплексу Нижнього Дніпра та створило передумови для формування хронічного водного дефіциту в умовах посилення кліматичної аридизації регіону [16; 17; 20].

Вплив на SDG 7 «Доступна та чиста енергія». Руйнування Каховської ГЕС спричинило масштабну дестабілізацію енергетичної та водогосподарської систем Півдня України, порушення функціонування об'єктів критичної інфраструктури та зниження рівня енергетичної безпеки регіону [3; 13; 15]. Втрата однієї з ключових гідроелектростанцій Дніпровського каскаду призвела до скорочення потужностей відновлюваної енергетики, порушення режимів регулювання водних ресурсів та ускладнення забезпечення стабільного енергопостачання прифронтових територій [13; 19].

Каховська ГЕС мала встановлену потужність 334,8 МВт та забезпечувала середньорічний виробіток близько 1,4 млрд кВт-год електроенергії. Станція виконувала важливу функцію маневрової генерації та регулювання пікових навантажень Об'єднаної енергетичної системи України, забезпечуючи покриття дефіциту електроенергії у періоди максимального споживання та підтримуючи стабільність енергопостачання Півдня України [13; 15].

ГЕС також відігравала ключову роль у балансуванні енергосистеми, підтриманні частоти електромережі та інтеграції відновлюваних джерел енергії у регіональну енергетичну інфраструктуру [13]. Гідроенергетика є одним із базових секторів низьковуглецевої енергетики та виконує критично важливу функцію маневрової генерації. У структурі енергосистеми України Каховська ГЕС мала стратегічне значення як джерело електроенергії та важливий елемент інтегрованого управління водно-енергетичними ресурсами Півдня України [13; 18; 19].

Каховське водосховище забезпечувало комплексне регулювання гідрологічного режиму у Нижньому Дніпрі, стабільне функціонування систем водозабезпечення, іригаційної інфраструктури та охолодження Запорізька атомна електростанція – найбільшої атомної електростанції Європи. ЗАЕС складається із шести енергоблоків потужністю по 1 ГВт кожний, а Каховське водосховище виконувало критичну функцію водного охолодження енергоблоків та підтримання безпечного режиму роботи станції. Руйнування греблі спричинило втрату важливого елементу інтегрованої системи

управління водно-енергетичними ресурсами та посилило ризики дестабілізації критичної інфраструктури регіону [3; 15].

Осушення Каховського водосховища суттєво змінило умови функціонування енергетичної інфраструктури Півдня України. Порушення водного балансу та деградація систем водозабезпечення створили ризики для стабільної роботи промислових підприємств, насосних станцій, систем централізованого водопостачання та об'єктів теплової й атомної енергетики [3; 13; 18]. Особливої вразливості зазнали енергоємні галузі господарства та зрошуване землеробство, функціонування яких критично залежало від стабільного водо- та енергозабезпечення [16; 17; 20].

Додатковим наслідком стало зростання енергетичної вразливості прифронтових територій. Воєнні дії, пошкодження електромереж, підстанцій і трансформаторної інфраструктури супроводжуються перебоями електропостачання, обмеженням доступу населення до базових послуг та підвищенням навантаження на резервні системи енергозабезпечення [7]. У низці громад Півдня України спостерігається зростання залежності від локальних автономних джерел живлення та дизельної генерації, що супроводжується підвищенням вартості енергозабезпечення й додатковими екологічними ризиками [3; 7].

Водночас руйнування Каховської ГЕС актуалізувало необхідність переходу до децентралізованої та кліматично стійкої енергетичної моделі розвитку регіону. В умовах післявоєнного відновлення особливого значення набуває розвиток розподіленої генерації, сонячної та вітрової енергетики, систем накопичення енергії, локальних мікромереж та енергоефективної інфраструктури громад.

Південь України має значний потенціал для розвитку відновлюваної енергетики завдяки високому рівню сонячної радіації, сприятливим вітровим умовам і наявності значних територій, придатних для розміщення об'єктів альтернативної енергетики. Разом із тим реалізація таких проєктів потребує врахування сучасних екологічних обмежень, ризиків воєнної безпеки, змін гідрологічного режиму та необхідності адаптації енергетичної інфраструктури до кліматичних змін.

Вплив на SDG 8 «Гідна праця та економічне зростання». Руйнування Каховської ГЕС та осушення водосховища спричинили масштабну трансформацію економічної структури Півдня України, деградацію виробничого потенціалу регіону та суттєве погіршення умов функціонування ринку праці [7; 13; 20]. Втрата стабільного водозабезпечення, руйнування іригаційної інфраструктури, дестабілізація енергетичної системи, припинення судноплавства та тривалі воєнні дії призвели до скорочення економічної активності, втрати робочих місць і посилення соціально-економічної вразливості населення [3; 7; 17].

До повномасштабної війни аграрний сектор був одним із ключових роботодавців Херсонської області. У сільському господарстві та пов'язаних із ним видах діяльності було зайнято близько 30% економічно активного населення регіону. У сільських громадах частка населення, пов'язаного з аграрним сектором, часто перевищувала 50–70%, а аграрне виробництво формувало одну з ключових складових регіональної економіки, зайнятості та доходів населення [7; 17; 20].

Порівняно із середньоукраїнськими показниками (близько 17%) роль аграрного сектору в економіці Херсонської області була значно вищою, що зумовлювалося домінуванням зрошуваного землеробства, овочівництва, баштанництва, садівництва, зернового виробництва та агропереробки. Саме функціонування водогосподарської та меліоративної інфраструктури забезпечувало високий рівень аграрної спеціалізації регіону та підтримувало економічну стійкість сільських територій Півдня України [13; 17; 20].

Каховське водосховище забезпечувало функціонування однієї з найбільших зрошувальних систем Європи, яка охоплювала понад 600 тис. га зрошуваних земель у Херсонській, Запорізькій та Дніпропетровській областях. Втрата іригаційного водопостачання призвела до різкого зниження продуктивності аграрного сектору, скорочення площ інтенсивного землеробства та втрати економічної стійкості сільських територій [16; 17; 20].

Важливою складовою економіки регіону було функціонування магістральних і розподільчих зрошувальних каналів, насосних станцій та меліоративної інфраструктури, які забезпечували тисячі робочих місць у сфері водогосподарського управління, експлуатації гідротехнічних споруд, енергозабезпечення, ремонту, технічного обслуговування та аграрної логістики [13]. Робота Каховського магістрального каналу, Північнокримського каналу, каналу Дніпро –

Кривий Ріг та інших міжгосподарських систем підтримувала функціонування значної кількості фермерських господарств, агропідприємств і сервісних організацій [13; 17; 20].

Руйнування систем водоподачі та припинення роботи насосних станцій спричинили втрату значної кількості робочих місць, скорочення виробничої активності та деградацію економічної інфраструктури громад.

Посилення процесів аридизації, деградація ґрунтів, вторинне засолення та дефляція суттєво погіршили агровиробничий потенціал регіону [16; 17; 20]. У багатьох громадах спостерігається скорочення посівних площ, зниження врожайності та зростання витрат на виробництво сільськогосподарської продукції [17; 20]. Особливої вразливості зазнали малі та середні фермерські господарства, діяльність яких критично залежала від стабільного водозабезпечення та функціонування меліоративної інфраструктури [7; 17; 20].

Важливою складовою економічного функціонування Каховського водосховища було судноплавство та річкова логістика [13; 16; 19]. Водосховище забезпечувало функціонування глибоководного суднового ходу Дніпра та підтримувало транспортне сполучення між промисловими, аграрними й портовими територіями Півдня України. Через систему шлюзів і водних маршрутів здійснювалися перевезення зерна, будівельних матеріалів, металопродукції, паливно-енергетичних ресурсів та іншої продукції агропромислового комплексу.

Воєнні дії та руйнування Каховської ГЕС призвели до припинення судноплавства на цій ділянці Дніпра та втрати частини логістичного потенціалу регіону. Деградація судноплавної системи супроводжується скороченням економічної активності, втратою робочих місць у транспортному секторі та посиленням навантаження на альтернативні види транспорту, насамперед автомобільну та залізничну логістику.

Важливе значення для економіки регіону мала також Каховська ГЕС як об'єкт енергетичної та виробничої інфраструктури. Функціонування станції забезпечувало сотні висококваліфікованих робочих місць у сфері енергетики, гідротехнічного обслуговування та

експлуатації критичної інфраструктури, а також підтримувало зайнятість населення у суміжних секторах економіки.

Руйнування водогосподарської та енергетичної інфраструктури спричинило втрати у промисловому секторі, сфері транспорту, водопостачання та обслуговування критичної інфраструктури [3; 7; 13]. Порушення логістичних зв'язків, нестабільність енергозабезпечення та постійні воєнні ризики ускладнюють відновлення виробничої діяльності та знижують інвестиційну привабливість регіону.

Воєнні дії та екологічна деградація територій супроводжуються зростанням рівня безробіття, вимушеною міграцією населення, втратою джерел доходу та погіршенням умов праці [7]. Частина сільських територій опинилася у зоні активних бойових дій або безпосередньої близькості до фронту, що суттєво обмежує можливості ведення господарської діяльності та створює додаткові ризики для життя і здоров'я працівників.

Особливої трансформації зазнає аграрний сектор Півдня України, який переходить від інтенсивної зрошуваної моделі господарювання до ризикованих форм ведення землеробства в умовах дефіциту водних ресурсів та кліматичної нестабільності [16; 17; 20]. Це потребує адаптації структури виробництва, впровадження водозберігаючих технологій, розвитку посухостійких культур та модернізації систем управління природними ресурсами.

Вплив на *SDG 9 «Промисловість, інновації та інфраструктура»*. Руйнування Каховської ГЕС спричинило масштабну деградацію водогосподарської, транспортної, енергетичної та виробничої інфраструктури Півдня України й стало одним із ключових факторів дестабілізації функціонування природно-господарських систем регіону [3; 7; 13; 15; 17]. Втрата Каховського водосховища порушила багаторівневу систему взаємопов'язаних інфраструктурних елементів, які забезпечували водопостачання, зрошення, енергогенерацію, логістику, промислове виробництво та життєзабезпечення населення [8; 13; 17; 19; 20].

До руйнування греблі Каховське водосховище виконувало функцію центрального водорегулюючого вузла Нижнього Дніпра та забезпечувало функціонування однієї з найбільших меліоративних систем Європи. Через систему магістральних каналів, насосних станцій і розподільчих мереж здійснювалося водозабезпечення аграрного сектору, промисловості, енергетики та населених пунктів Херсонської, Запорізької та Дніпропетровської областей.

Руйнування Каховської ГЕС призвело до припинення функціонування значної частини міжгосподарської меліоративної інфраструктури. Було порушено роботу Каховського магістрального каналу, Північнокримського каналу, каналу Дніпро – Кривий Ріг та численних локальних систем водорозподілу [13; 17; 20]. Зупинка насосних станцій і втрата стабільного джерела водопостачання призвели до деградації інженерних систем, втрати працездатності гідротехнічних споруд і скорочення площ зрошуваних земель.

Деградація водогосподарської інфраструктури супроводжується масштабними економічними втратами та потребуватиме багаторічної реконструкції [7; 13; 19]. Руйнування систем водоподачі спричинило зниження ефективності агропромислового комплексу, ускладнило роботу підприємств харчової промисловості, переробки сільськогосподарської продукції та інших водозалежних галузей господарства [7; 17; 20].

Особливо суттєвих змін зазнала транспортна інфраструктура регіону. Каховське водосховище забезпечувало функціонування глибоководного суднового ходу Дніпра та підтримувало внутрішню річкову логістику між промисловими, аграрними та портовими центрами України [13; 19]. Через систему шлюзів і водних маршрутів здійснювалися перевезення зернових культур, металопродукції, будівельних матеріалів, паливно-енергетичних ресурсів та іншої продукції агропромислового комплексу.

Після руйнування греблі відбулося різке обміління окремих ділянок Дніпра, що для післявоєнної періоду ускладнило відновлення судноплавного режиму та фактичне припинення регулярного судноплавства на значній частині водного маршруту. Це зумовлює втрату частини логістичного потенціалу регіону, підвищення навантаження на автомобільну та залізничну інфраструктуру, а також зростання витрат на транспортування продукції.

Воєнні дії додатково посилили деградацію транспортної системи Півдня України. Руйнування мостів, автомобільних шляхів, залізничних вузлів, портової інфраструктури та енергетичних об'єктів суттєво ускладнило функціонування виробничо-логістичних систем регіону та знизило рівень інфраструктурної стійкості територій [7; 15].

Втрата Каховської ГЕС також негативно вплинула на функціонування енергетичної інфраструктури та систем

комунального забезпечення. Осушення Каховського водосховища спричинило зміну умов водозабезпечення промислових підприємств, теплових електростанцій, насосних комплексів і систем централізованого водопостачання [3; 13]. Частина об'єктів критичної інфраструктури функціонує в умовах підвищеного ризику через нестабільність водоподачі, пошкодження енергомереж і постійні воєнні загрози [3; 7; 15].

Особливої вразливості зазнали промислові підприємства, діяльність яких залежала від стабільного водозабезпечення та транспортної доступності. Скорочення виробництва, порушення логістичних ланцюгів, дефіцит енергоресурсів і зростання витрат на водозабезпечення призвели до зниження конкурентоспроможності окремих секторів економіки регіону [7; 13].

Водночас катастрофа актуалізувала необхідність модернізації інфраструктурної системи Півдня України відповідно до сучасних кліматичних, екологічних та безпекових викликів. Післявоєнне відновлення регіону потребує переходу до більш адаптивної моделі розвитку інфраструктури, орієнтованої на ресурсоефективність, децентралізацію, екологічну безпеку та кліматичну стійкість.

У контексті післявоєнної реконструкції особливого значення набуває впровадження інноваційних підходів до управління водними ресурсами, модернізація меліоративних систем, розвиток цифрового моніторингу природно-господарських процесів, використання геоінформаційних технологій та систем дистанційного зондування Землі для оцінки стану територій і прогнозування ризиків деградації [1; 16; 17; 18; 21].

В умовах постіригаційної трансформації Півдня України пріоритетного значення набуває розвиток кліматично адаптованої інфраструктури, орієнтованої на водозбереження, енергоефективність, використання відновлюваних джерел енергії, екологічно безпечне природокористування та підвищення резильєнтності громад і виробничих систем [17; 18; 20].

Вплив на SDG 11 «Сталий розвиток міст та громад». Каховська катастрофа спричинила масштабну трансформацію умов життєзабезпечення міст і територіальних громад Півдня України, суттєво знизивши рівень їх екологічної, інфраструктурної та соціально-економічної стійкості [3; 7; 9]. Наслідки катастрофи проявляються у порушенні систем водопостачання, деградації довкілля, погіршенні санітарно-гігієнічних умов проживання

населення, руйнуванні комунальної інфраструктури та посиленні кліматичної вразливості територій [3; 7; 17].

Особливої вразливості зазнали прифронтові громади Херсонської, Запорізької, Дніпропетровської та частини Миколаївської областей, де наслідки руйнування водогосподарської системи поєднуються із тривалими воєнними діями, руйнуванням житлової забудови, транспортної та енергетичної інфраструктури [7]. У багатьох населених пунктах Півдня України порушено стабільне функціонування систем централізованого водопостачання, каналізації, енергозабезпечення та санітарного обслуговування населення [3; 7].

Осушення Каховського водосховища та деградація гідрологічного режиму Нижнього Дніпра супроводжуються загостренням дефіциту водних ресурсів, зниженням рівнів ґрунтових вод і погіршенням якості поверхневих вод [1; 3; 4; 9]. Для окремих громад це призвело до обмеження доступу населення до безпечної питної води та необхідності переходу на альтернативні джерела водозабезпечення [3; 7; 8].

Деградація природних екосистем та висихання територій спричинили суттєве погіршення мікрокліматичних умов проживання населення [16; 17; 20]. Посилення процесів аридизації супроводжується перегрівом поверхні, збільшенням частоти екстремально спекотних періодів, формуванням локальних «островів тепла», пиловими бурями та активізацією пожежних процесів [16; 17].

У літній період 2024–2025 років температура поверхні ґрунту на окремих територіях Півдня України перевищувала 60° С, що негативно впливає на санітарно-гігієнічний стан населених пунктів і підвищує ризики теплового стресу для населення [17]. Водночас деградація рослинного покриву та скорочення площ зелених насаджень знижують природну здатність територій до мікрокліматичного регулювання.

Додатковим фактором екологічної нестабільності стали пилові бурі та дефляційні процеси, що активізувалися внаслідок висихання ґрунтів, втрати рослинного покриву та деградації агроландшафтів [14; 16; 17]. Атмосферне повітря забруднюється дрібнодисперсними частками, продуктами горіння, солями та токсичними компонентами,

що погіршує умови проживання населення й підвищує ризики респіраторних захворювань.

Значних втрат зазнала комунальна та житлова інфраструктура регіону. Воєнні дії, підтоплення окремих територій після руйнування греблі та подальше осушення водосховища супроводжувалися руйнуванням житлового фонду, пошкодженням систем водовідведення, транспортної інфраструктури та об'єктів соціальної сфери [3; 7]. Частина територій опинилася у зоні довготривалого екологічного та гуманітарного ризику.

Погіршення екологічних умов проживання населення супроводжується посиленням міграційних процесів і скороченням чисельності населення у частині громад Півдня України [7]. Вимушене переселення населення, втрата житла та джерел доходу формують додаткові виклики для післявоєнного відновлення територій і забезпечення соціальної стійкості громад.

У контексті післявоєнного розвитку особливого значення набуває формування нової моделі управління територіями, орієнтованої на підвищення екологічної безпеки, адаптацію до кліматичних змін, модернізацію систем водозабезпечення та розвиток кліматично стійкої інфраструктури [17; 18; 19; 20].

Вплив на SDG 13 «Боротьба зі зміною клімату». Південь України належить до регіонів із високою кліматичною вразливістю, дефіцитом природного зволоження та підвищеним ризиком розвитку посушливих процесів [16; 17; 20]. У цих умовах Каховське водосховище виконувало критично важливу гідрокліматичну функцію, забезпечуючи стабілізацію водно-теплого режиму територій, підтримання мікрокліматичної рівноваги та зменшення впливу екстремальних погодних явищ на агроландшафти та природні екосистеми Півдня України [16; 17].

До руйнування Каховської ГЕС водосховище функціонувало як потужний регіональний кліматорегулюючий буфер. Значна площа водного дзеркала забезпечувала акумуляцію тепла та вологи, впливала на локальну циркуляцію повітряних мас, пом'якшувала температурні коливання та підтримувала стабільність мікрокліматичних умов степової зони [16; 19]. Система зрошення, що функціонувала на базі Каховського водосховища, компенсувала дефіцит атмосферних опадів і підтримувала водний баланс агроландшафтів, знижуючи рівень кліматичної вразливості регіону [17; 20].

Осушення Каховського водосховища спричинило різку зміну водно-теплогового режиму Півдня України та посилення процесів аридизації. Втрата великої водної поверхні й припинення функціонування зрошення призвели до переходу агроландшафтів від антропогенно регульованого до кліматично детермінованого режиму функціонування [17; 20].

За результатами супутникового моніторингу 2023–2025 років встановлено стійке виснаження запасів продуктивної ґрунтової вологи, зростання температури поверхні та деградацію рослинного покриву на значній частині територій колишньої зони зрошення та впливу водосховища [16; 17; 20]. У межах агроландшафтів Півдня України домінують умови сильного та критичного водного стресу, що супроводжується посиленням атмосферної та ґрунтової посухи.

Деградація системи водозабезпечення супроводжується формуванням самопідсилювального механізму кліматичної трансформації територій. Висихання ґрунтів і скорочення площ активної рослинності зменшують інтенсивність евапотранспірації та природного охолодження поверхні, що, у свою чергу, посилює перегрів агроландшафтів і прискорює втрати вологи [16; 17].

У літній період 2024–2025 років температура поверхні ґрунту на окремих територіях Півдня України сягала 60–67° С, а температура повітря сягали та перевищувала +40° С [17; 20]. Такі температурні умови сприяють розвитку екстремального теплового стресу, деградації рослинного покриву та формуванню локальних «островів тепла».

Порушення водного балансу та деградація рослинності супроводжуються посиленням процесів дефляції та пилових бур [17; 20]. Унаслідок висихання верхніх горизонтів ґрунту та втрати захисного рослинного покриву активізувалися процеси вітрової ерозії. За результатами супутникового моніторингу та польових спостережень у межах Херсонської області фіксувалися просторово розподілені осередки зриву та перенесення ґрунтового шару площею від 10–150 га до масштабних епіцентрів дефляції площею 100–3000 га [17; 20].

Процеси постіригаційної аридизації мають довготривалий і самопідсилювальний характер. Деградація рослинного покриву знижує здатність екосистем до накопичення та утримання вологи,

погіршує структурний стан ґрунтів і посилює температурне навантаження на поверхню [16; 17; 20]. Це формує позитивний зворотний зв'язок між деградацією ґрунтів, перегрівом територій та виснаженням водних ресурсів.

Осушення Каховського водосховища також вплинуло на трансформацію локальних кліматичних процесів Нижнього Дніпра та суміжних територій [4; 16; 21]. Зменшення площі відкритої водної поверхні супроводжується зміною вологообміну між поверхнею та атмосферою, зниженням локальної вологості повітря та посиленням континентальності клімату.

Додатковим чинником кліматичної нестабільності стали масштабні пожежі природних екосистем, які систематично фіксувалися у 2023–2025 роках у заплавах, степових і лісових ландшафтах Півдня України [16; 17]. Пожежі супроводжуються значними викидами вуглецю, диму та продуктів горіння в атмосферу, що негативно впливає на регіональний вуглецевий баланс і посилює екологічні ризики.

Важливою особливістю трансформації Півдня України є поєднання кліматичних змін із воєнними чинниками та руйнуванням водогосподарської інфраструктури [1; 3; 17]. У таких умовах деградація природно-господарських систем набуває ознак системного режимного зсуву, за якого території поступово переходять до нового аридного режиму функціонування [17; 20].

Отримані результати свідчать, що руйнування Каховської ГЕС суттєво ускладнює досягнення SDG 13 та формує довготривалі кліматичні ризики для Півдня України. Післявоєнне відновлення регіону потребує впровадження адаптивних стратегій управління водними ресурсами, розвитку кліматично стійкого агровиробництва, відновлення природних екосистем і формування системи довгострокового моніторингу процесів аридизації та деградації земель.

Вплив на SDG 15 «Захист та відновлення екосистем суші». Осушення Каховського водосховища спричинило масштабну трансформацію екосистем, деградацію природних і аграрних ландшафтів та порушення функціонування водозалежних біотопів степової зони [1; 3; 9]. Втрата водорегулюючої функції водосховища стала одним із ключових чинників дестабілізації екологічної рівноваги Нижнього Дніпра та суміжних територій [1; 9; 19].

До руйнування греблі Каховське водосховище забезпечувало підтримання гідрологічного режиму павнівних, заплачних і

прибережних екосистем Нижнього Дніпра, відігравало важливу роль у збереженні біорізноманіття та формуванні екологічної стійкості степових ландшафтів [1; 6; 19]. Водні та прибережні екосистеми регіону були середовищем існування численних видів риб, водоплавних птахів, амфібій, безхребетних і рослинних угруповань, значна частина яких мала природоохоронне значення [1; 2; 6].

Осушення Каховського водосховища спричинило радикальну зміну структури екосистем колишньої акваторії [5; 12; 18]. На території осушеного ложа водосховища сформувалися нові посттехногенні ландшафти, де активізувалися процеси вторинної сукцесії. Упродовж 2023–2025 років на оголених алювіальних відкладах швидко поширювалися очеретяні, болотні та гідрофільні рослинні угруповання, а також молоді вербово-тополеві комплекси [5; 6; 12].

Формування нової посттехногенної екосистеми супроводжується високою динамічністю та нестабільністю екологічних процесів. У різних частинах колишнього водосховища спостерігаються суттєві відмінності у швидкості сукцесійних змін, що зумовлено нерівномірним зволоженням територій, гранулометричним складом донних відкладів, рівнем підтоплення та впливом кліматичних чинників [5; 12].

Водночас новоутворені екосистеми залишаються надзвичайно вразливими до дефіциту вологи, екстремальних температур, пожеж та воєнного впливу [1; 5; 17]. Встановлено, що деградація водного режиму та посилення процесів аридизації супроводжуються скороченням площ активної вегетації, деградацією рослинного покриву та зниженням екологічної стійкості територій [16; 17; 20].

За результатами супутникового моніторингу 2023–2025 років у межах Півдня України зафіксовано стійке виснаження запасів продуктивної ґрунтової вологи, перегрів поверхні та активізацію дефляційних процесів. Деградація агроландшафтів супроводжується вторинним засоленням, дегуміфікацією та погіршенням структурного стану ґрунтів [17; 20]. Особливої інтенсивності набули процеси вітрової ерозії [17; 20]. Це свідчить про посилення процесів деградації земель і формування ознак опустелювання територій.

Суттєвих змін зазнали природоохоронні території та об'єкти природно-заповідного фонду Півдня України. У межах Херсонської області площа природно-заповідного фонду становить близько

353,4 тис. га та охоплює 83 об'єкти, з яких 15 мають загальнодержавне, а 68 – місцеве значення [17]. Значна частина цих територій функціонально пов'язана з екосистемами Нижнього Дніпра та залежить від стабільності гідрологічного режиму.

Критичних змін зазнали екосистеми Біосферного заповідника «Асканія-Нова», де посилення посушливості, дефіцит вологи та масштабні пожежі супроводжуються деградацією степових біотопів, висиханням окремих природних комплексів і зростанням ризиків втрати біорізноманіття [17].

Значний екологічний вплив зафіксовано також у межах Національного заповідника «Хортиця», де зміна рівневого режиму Дніпра призвела до трансформації прибережних і плавневих екосистем, порушення гідрологічного режиму та деградації водозалежних біотопів.

Додатковим фактором деградації екосистем стали масштабні пожежі природних ландшафтів, які у 2023–2025 роках систематично фіксувалися у степових, заплавних та лісових екосистемах Півдня України. Вогневе ураження територій призводить до втрати рослинного покриву, порушення ґрунтової структури, зниження вмісту органічної речовини та погіршення умов природного відновлення екосистем.

Посилення аридизації та деградації рослинного покриву формує передумови для переходу окремих територій до стану екологічної нестабільності з ознаками опустелювання [16; 17; 20]. Особливої вразливості зазнають агроландшафти степової зони, де поєднання дефіциту вологи, високих температур, дефляції та воєнного впливу суттєво знижує природну резильєнтність екосистем.

У таких умовах післявоєнне відновлення територій потребує переходу до інтегрованої моделі екологічного управління, орієнтованої на відновлення природних екосистем, збереження біорізноманіття, захист ґрунтів, адаптацію до кліматичних змін та формування системи довгострокового моніторингу деградаційних процесів [16; 17; 20].

Вплив на SDG 17 «Партнерство заради сталого розвитку». Масштаб екологічних, соціально-економічних, гуманітарних та інфраструктурних наслідків руйнування Каховської ГЕС та осушення Каховського водосховища значно перевищує можливості локального реагування й потребує консолідації міжнародних, національних і регіональних зусиль. Гідрологічний колапс у регіоні Нижнього Дніпра, деградація агроекосистем, руйнування критичної інфраструктури,

посилення процесів аридизації та ризиків опустелювання мають ширший, ніж регіональний, екологічний і гуманітарний вимір.

У цьому контексті досягнення SDG 17 набуває особливого значення, оскільки саме партнерство, координація дій і спільне використання наукових, фінансових та технологічних ресурсів є передумовою ефективного післявоєнного відновлення Півдня України.

Руйнування Каховської ГЕС продемонструвало високу взаємозалежність водної, продовольчої, енергетичної, екологічної та соціальної безпеки. Наслідки катастрофи одночасно проявилися у втраті водозабезпечення, деградації зрошуваного землеробства, погіршенні стану водних і наземних екосистем, дестабілізації енергетичної системи, порушенні логістики, скороченні зайнятості та погіршенні умов життя громад.

Такий масштаб взаємопов'язаних наслідків неможливо подолати лише силами окремих територіальних громад або одного сектору управління. Це потребує скоординованої міжсекторальної політики, що поєднує державне управління, місцеве самоврядування, науку, міжнародну технічну допомогу, громадянське суспільство та приватний сектор.

Післявоєнне відновлення Півдня України має базуватися на довгострокових партнерствах у сфері відновлення водогосподарської інфраструктури, модернізації систем водопостачання, екологічної реабілітації деградованих територій, розвитку кліматично стійкого агровиробництва та впровадження ресурсоефективних технологій.

Особливого значення набуває відновлення та переосмислення системи управління водними ресурсами, оскільки повернення регіону до попередньої моделі природокористування без урахування нових кліматичних, екологічних і безпекових реалій може поглибити вразливість територій у майбутньому.

Важливою складовою партнерства є науково-технологічна кооперація. В умовах обмеженого доступу до частини територій через бойові дії, мінування та окупацію особливу роль відіграють дистанційні методи моніторингу. Використання міжнародних програм і платформ, зокрема Copernicus Programme, NASA, NOAA, а також систем Sentinel, Landsat, NASA POWER, ERA5-Land та EOSDIS дає змогу здійснювати комплексну оцінку динаміки осушеного ложа

Каховського водосховища, змін ґрунтової вологи, температури поверхні, стану рослинного покриву, поширення пожеж, дефляційних процесів, трансформації агроландшафтів і природних екосистем.

Такі дані є основою для науково обґрунтованого планування відновлення територій, визначення зон екологічного ризику та розроблення сценаріїв адаптації до нових умов.

Міжнародне наукове партнерство також необхідне для довгострокового вивчення нової посттехногенної екосистеми, що формується в межах осушеного ложа Каховського водосховища. Її розвиток має унікальний характер, оскільки відбувається на великій площі колишньої акваторії рівнинного водосховища в умовах аридної степової зони та воєнного впливу.

Подальша траєкторія розвитку цієї екосистеми залежатиме від гідрологічного режиму, частоти кліматичних екстремумів, сукцесійних процесів, антропогенного втручання та майбутніх управлінських рішень. Тому важливо забезпечити системне довгострокове спостереження, обмін даними, реалізацію спільних науково-дослідних програм та залучення міжнародного досвіду з відновлення водно-болотних угідь, заплавних екосистем і деградованих земель.

Водночас при обґрунтуванні сценаріїв післявоєнного відновлення необхідно враховувати критичну потребу у компенсації дефіциту водних ресурсів для водозалежної зони зрошення Півдня України. За експертними оцінками, для підтримання стабільного функціонування агроландшафтів, систем водопостачання та екологічної рівноваги регіону необхідне забезпечення водного ресурсу в обсязі не менше довоєнного значення 1,3 км³ води. У зв'язку з цим у межах осушеного ложа Каховського водосховища перспективним напрямом може бути формування гібридної природно-штучної системи, що поєднуватиме елементи регульованого водосховища із відновленням природних заплавних і водно-болотних екосистем. Такий підхід дозволить забезпечити баланс між потребами водозабезпечення, іригації, екологічної безпеки, кліматичної адаптації та збереження біорізноманіття в умовах нового постіригаційного режиму функціонування Півдня України.

Особливого значення набуває координація партнерств у сфері екологічної безпеки та кліматичної адаптації. Осушення Каховського водосховища та втрата регіонального водогосподарського ядра створили довготривалі виклики для управління водними ресурсами,

продовольчої безпеки, енергетичної стабільності, збереження біорізноманіття та охорони здоров'я населення.

Вирішення цих проблем потребує узгодження національних стратегій відновлення з міжнародними підходами до кліматичної резильєнтності, сталого природокористування, відновлення екосистем і зниження ризиків катастроф.

У практичному вимірі SDG 17 передбачає залучення міжнародних фінансових інституцій, донорських програм, грантових механізмів і технічної допомоги для відновлення критичної інфраструктури, підтримки громад, модернізації систем водопостачання, розвитку альтернативних джерел енергії, впровадження водозберігаючих технологій та підтримки малого і середнього бізнесу.

Така допомога має бути спрямована на фізичне відновлення зруйнованих об'єктів та формування нової моделі регіонального розвитку, здатної функціонувати в умовах кліматичної нестабільності та безпекових ризиків.

Важливим напрямом партнерства є підтримка територіальних громад, які опинилися в умовах одночасного впливу війни, водного дефіциту, економічної деградації та екологічної нестабільності. Для таких громад необхідні програми відновлення базових послуг, забезпечення доступу до безпечної питної води, модернізації комунальної інфраструктури, розвитку місцевої економіки, створення робочих місць і підвищення спроможності органів місцевого самоврядування до управління ризиками.

Важливою є роль університетів і наукових установ, які забезпечать експертний супровід процесів відновлення. Наукові дослідження мають бути інтегровані в ухвалення управлінських рішень щодо водної політики, аграрної адаптації, екологічної реабілітації територій, просторового планування та оцінки ризиків.

Партнерство між українськими й міжнародними науковими центрами сприятиме формуванню сучасної системи екологічного моніторингу, розвитку цифрових платформ управління даними та підготовці науково обґрунтованих сценаріїв післявоєнного відновлення Півдня України.

Каховська катастрофа також актуалізувала потребу у партнерстві для документування екологічних злочинів, оцінки збитків

довкілля та формування доказової бази для міжнародно-правових механізмів відповідальності. Системне фіксування наслідків катастрофи, включаючи втрати водних ресурсів, деградацію ґрунтів, забруднення водойм, знищення біорізноманіття та руйнування інфраструктури, має важливе значення для відновлення справедливості, компенсаційних механізмів і планування реконструкції.

Досягнення цілей сталого розвитку в регіоні неможливе без довгострокової координації між державою, громадами, науковими установами, міжнародними організаціями, донорами та приватним сектором. Партнерство має стати базовим механізмом післявоєнного відновлення, екологічної реабілітації, кліматичної адаптації та формування нової моделі сталого розвитку Півдня України.

Обговорення. Отримані результати підтверджують, що руйнування Каховської ГЕС та осушення Каховського водосховища техногенно-екологічною катастрофою та системним чинником порушення траєкторії сталого розвитку Півдня України. Наслідки катастрофи охоплюють водну, аграрну, енергетичну, інфраструктурну, екологічну, кліматичну та соціально-економічну сфери, що узгоджується з аналітичною рамкою дослідження, побудованою на співвіднесенні встановлених наслідків із Цілями сталого розвитку ООН. Такий підхід дозволяє розглядати Каховську катастрофу як багатовимірну кризу сталого розвитку, у якій екологічні порушення безпосередньо трансформуються у ризики для продовольчої, водної, енергетичної, соціальної та інфраструктурної безпеки регіону [1; 3; 7; 9].

Результати дослідження узгоджуються з висновками [1], які визначають руйнування Каховської дамби як подію з масштабними та довготривалими екологічними наслідками для водних і наземних екосистем, донних відкладів, біорізноманіття та якості води. Подібну оцінку наведено у звіті UNEP, де наголошено на необхідності тривалого моніторингу води, ґрунтів, донних відкладів, біоти та забруднених територій [3]. Отримані у цій роботі результати доповнюють висновки, оскільки демонструють, що екологічні наслідки руйнування ГЕС не можуть бути відокремлені від соціально-економічних, аграрних і кліматичних процесів.

Ключовим результатом дослідження є встановлення каскадного характеру наслідків катастрофи. Руйнування водорегулюючої інфраструктури спричинило втрату стабільного водозабезпечення, що призвело до деградації зрошуваного землеробства, зниження

продуктивності агроландшафтів, погіршення стану екосистем, скорочення зайнятості та посилення соціально-економічної вразливості громад. Така логіка причинно-наслідкового узагальнення відповідає методичній основі дослідження, у якій прямі, вторинні та каскадні ефекти розглядаються як чинники довгострокової трансформації регіону.

Особливо важливим є те, що втрата Каховського водосховища означала перехід природно-господарських систем Півдня України від антропогенно регульованого гідрологічного режиму до кліматично детермінованого функціонування. У працях [16; 17] показано, що після руйнування дамби відбувається природно-кліматична трансформація території водосховища та зони зрошення, яка проявляється через посилення аридизації, дефіцит ґрунтової вологи, перегрів поверхні та деградацію рослинного покриву. Це підтверджує, що наслідки катастрофи мають не короточасний, а режимний характер і можуть визначати розвиток агроекосистем Півдня України у середньо- та довгостроковій перспективі [20].

У площині SDG 2 «Подолання голоду» результати дослідження свідчать про втрату однієї з найпродуктивніших зон зрошуваного землеробства України. Руйнування Каховської ГЕС спричинило деградацію аграрного потенціалу територій, які тривалий час функціонували завдяки стабільному водозабезпеченню з Каховського водосховища. Це узгоджується з дослідженнями [17; 20], у яких обґрунтовано воєнно зумовлену трансформацію зрошуваних агроекосистем Півдня України в умовах гідрологічного колапсу. Водночас втрати аграрного виробництва мають вагоме продовольче значення, оскільки Південь України до катастрофи був важливим елементом національної агропродовольчої системи.

Вплив на SDG 6 «Чиста вода та належні санітарні умови» є одним із найбільш очевидних і критичних. Осушення Каховського водосховища призвело до втрати стратегічного водного ресурсу, порушення водопостачання, деградації гідрологічного режиму Нижнього Дніпра та погіршення якості води. Моделювання [4] підтверджує значний вплив руйнування греблі на Дніпровсько-Бузьку естуарну систему та північно-західну частину Чорного моря. Дослідження [21] також засвідчує суттєве погіршення стану акваторії Дніпровсько-Бузької естуарної системи під впливом воєнної агресії та

пов'язаних із нею екологічних порушень. Це дає підстави розглядати Каховську катастрофу як подію з регіональним водним і морським виміром.

Важливим компонентом екологічного ризику є проблема донних відкладів. За даними [14], у відкладах Каховського водосховища виявлено забруднення важкими металами та іншими токсичними речовинами. Після осушення водосховища ці відклади можуть стати джерелом вторинного забруднення внаслідок дефляції, паводкового змиву, пилових бур і пожеж. Таким чином, екологічна небезпека не завершилася після спаду води, а трансформувалася у довготривалий ризик для ґрунтів, водних об'єктів, атмосферного повітря та здоров'я населення [1; 3; 14].

Результати дослідження також підтверджують суттєвий вплив катастрофи на SDG 7, SDG 8 і SDG 9. Каховська ГЕС була важливим енергетичним об'єктом та частиною складної водно-енергетичної та інфраструктурної системи регіону Нижнього Дніпра. Її руйнування порушило функціонування гідроенергетики, зрошення, насосних станцій, промислового водопостачання, судноплавства та логістичних зв'язків [13; 15; 19]. Це підтверджує висновок [13] про те, що створення, осушення та можливі варіанти відновлення Каховського водосховища мають геоекологічне та економічне значення.

Соціально-економічні наслідки катастрофи особливо виразно проявляються у площині SDG 1, SDG 8 та SDG 11. Руйнування водогосподарської інфраструктури, деградація агровиробництва, втрата робочих місць, погіршення умов проживання та вимушене переміщення населення формують довготривалі ризики для стійкості громад. Звіт Truth Hounds і Project Expedite Justice [7] підтверджує, що наслідки руйнування Каховської ГЕС охоплюють екосистеми, аграріїв, цивільне населення та питання міжнародного правосуддя, тому катастрофа має виражений гуманітарний і правовий вимір.

У контексті SDG 13 «Боротьба зі зміною клімату» встановлено, що втрата Каховського водосховища посилила кліматичну вразливість Півдня України. Водосховище виконувало функцію гідрокліматичного буфера, який пом'якшував прояви дефіциту вологи, підтримував мікрокліматичну рівновагу та забезпечував функціонування зрошуваного землеробства. Його осушення посилює процеси аридизації, перегріву поверхні, деградації рослинного покриву та дефляції [17; 20]. Це узгоджується з висновками про те, що посилення аридизації та деградації рослинного покриву формує

передумови для переходу окремих територій до стану екологічної нестабільності з ознаками опустелювання.

Водночас результати дослідження демонструють неоднозначність екологічної трансформації території колишнього водосховища. З одного боку, відбувається погіршення стану водної екосистеми, втрата рибних ресурсів у зв'язку із деградацією нерестових біотопів і фактичного колапсу рибогосподарського потенціалу водосховища, порушення біокліматичних екосистемних послуг, що підтверджено [2; 11; 17; 21]. З іншого боку, у межах осушеного ложа водосховища формується нова сукцесійна динаміка, зокрема розвиток вербово-тополевих угруповань, які можуть сприяти відновленню окремих екосистемних послуг [5]. Ukrainian Nature Conservation Group також розглядає територію Великого Лугу як потенційний простір природоорієнтованого відновлення [6]. Тому майбутня стратегія управління цією територією має враховувати як ризики деградації, так і потенціал природної ренатуралізації.

У площині SDG 15 «Захист та відновлення екосистем суші» Каховська катастрофа проявляється через деградацію агроландшафтів, активізацію дефляційних процесів, втрату водозалежних біотопів, трансформацію заплавних екосистем і ризики забруднення осушених територій. Дослідження [12] підтверджує формування специфічної осушеної зони після руйнування дамби, яка характеризується просторовою неоднорідністю, новими ґрунтово-рослинними процесами та екологічною нестабільністю. Це свідчить про необхідність довгострокового моніторингу екосистемних змін та обґрунтованого вибору сценаріїв відновлення.

Окремої уваги потребує питання майбутнього Каховського водосховища. У працях [13; 18; 19] підкреслено складність вибору між відновленням попередньої гідротехнічної системи, частковою реконструкцією водогосподарської інфраструктури або природоорієнтованим сценарієм розвитку території. Отримані результати свідчать, що будь-який сценарій має оцінюватися не лише з позицій інженерної доцільності, а й з урахуванням кліматичних ризиків, екосистемних послуг, продовольчої безпеки, соціальної стійкості громад і довгострокових цілей сталого розвитку.

Значення SDG 17 «Партнерство заради сталого розвитку» у контексті Каховської катастрофи є визначальним. Масштаб

екологічних, соціально-економічних, гуманітарних та інфраструктурних наслідків перевищує можливості локального реагування й потребує консолідації міжнародних, національних і регіональних зусиль. Ефективне післявоєнне відновлення Півдня України має базуватися на поєднанні наукових досліджень, міжнародної фінансової підтримки, екологічного моніторингу, цифрових технологій, участі громад та міждержавної співпраці.

Проведене дослідження підтверджує, що руйнування Каховської ГЕС стало тригером глибокої системної трансформації Півдня України. Його наслідки не обмежуються безпосередньою втратою водосховища або гідротехнічної споруди, а формують довготривалий комплекс взаємопов'язаних екологічних, кліматичних, аграрних, інфраструктурних і соціально-економічних ризиків. Подолання цих наслідків потребує не обов'язкове повернення до попередньої моделі природокористування, а формування нової адаптивної стратегії розвитку регіону, орієнтованої на водну безпеку, кліматичну резильєнтність, екосистемне відновлення, модернізацію інфраструктури та досягнення Цілей сталого розвитку.

Висновки. Проведене дослідження засвідчило, що руйнування Каховської ГЕС та осушення Каховського водосховища стали однією з найбільших техногенно-екологічних катастроф сучасної Європи та спричинили масштабну трансформацію природно-господарських систем Півдня України. Встановлено, що наслідки катастрофи мають системний, багаторівневий і довготривалий характер та охоплюють водогосподарську, аграрну, енергетичну, інфраструктурну, екологічну, кліматичну й соціально-економічну сфери розвитку регіону.

Доведено, що осушення Каховського водосховища спричинило перехід агроєкосистем Півдня України від антропогенно регульованого гідрологічного режиму до кліматично детермінованого функціонування в умовах дефіциту водних ресурсів та посилення аридизаційних процесів. Втрата стабільного іригаційного водозабезпечення призвела до виснаження запасів продуктивної ґрунтової вологи, перегріву поверхні, деградації рослинного покриву, активізації дефляції, вторинного засолення ґрунтів і зниження біопродуктивності агроландшафтів. Встановлено, що ці процеси мають каскадний характер та формують самопідсилювальні механізми деградації природно-господарських систем.

Визначено, що руйнування Каховської ГЕС суттєво ускладнило досягнення Цілей сталого розвитку у Південному регіоні України. Найбільш виражений негативний вплив проявився у сфері продовольчої безпеки, водозабезпечення, енергетичної стабільності, зайнятості населення, функціонування інфраструктури, екологічної безпеки та кліматичної адаптації територій. Руйнування водогосподарської інфраструктури спричинило деградацію агровиробництва, втрату економічної стійкості громад, погіршення умов життєзабезпечення населення та посилення соціально-економічної вразливості регіону.

Встановлено, що деградація водної екосистеми Нижнього Дніпра супроводжується масштабними екологічними наслідками, зокрема порушенням гідрологічного режиму, погіршенням якості поверхневих вод, винесенням забруднювачів до Дніпровсько-Бузької естуарної системи та Чорного моря, активізацією евтрофікаційних процесів і формуванням довготривалих ризиків вторинного забруднення. Додаткову небезпеку становлять донні відклади осушеного водосховища, які можуть бути джерелом поширення токсичних речовин під час пилових бур, ерозійних процесів і паводків.

Підтверджено, що наслідки катастрофи мають виражений кліматичний вимір. Втрата Каховського водосховища як регіонального гідрокліматичного буфера посилила процеси аридизації, перегріву поверхні, дефіциту вологи, розвитку пилових бур та ризиків опустелювання. Водночас встановлено, що на території колишнього ложа водосховища відбуваються процеси природної сукцесії та формування нових заплавлених, лучних і деревно-чагарникових екосистем, що свідчить про складний і неоднозначний характер трансформації природного середовища.

Обґрунтовано, що післявоєнне відновлення Півдня України не може обмежуватися відбудовою зруйнованої інфраструктури, а потребує формування нової адаптивної моделі природокористування та управління водними ресурсами. Пріоритетного значення набувають модернізація меліоративних систем, розвиток водозберігаючих технологій, впровадження кліматично адаптованого землеробства, розвиток децентралізованої енергетики, цифрового екологічного моніторингу та інтегрованих систем управління природними ресурсами.

Руйнування Каховської ГЕС стало тригером глибокої системної трансформації Півдня України та суттєво змінило умови досягнення сталого розвитку регіону. Подолання наслідків катастрофи потребує комплексного міждисциплінарного підходу, поєднання екологічної, водогосподарської, кліматичної, соціально-економічної та інфраструктурної політики, а також формування довгострокової стратегії екологічно безпечного і кліматично стійкого післявоєнного відновлення України.

Acknowledgments

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

The research is supported by the Canadian Institute of Ukrainian Studies (CIUS) of the University of Alberta from the Ihor Roman Bukowsky Sustainable Development Endowment Fund.

1. Shumilova O., Sukhodolov A., Osadcha N., et al. Environmental effects of the Kakhovka dam destruction by warfare in Ukraine. *Science*. 2025. Vol. 387(6739). P. 1181–1186. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.adn8655>.
 2. 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(2). P. 315–323. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314890>.
 3. United Nations Environment Programme (UNEP). Rapid Environmental Assessment of the Kakhovka Dam Breach. Nairobi: UNEP, 2023. 76 p. DOI: <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/43696>.
 4. Tuchkovenko Yu. S., Kushnir D. V., Torgonskyi A. V., Komorin V. M. The impact of the destruction of the Kakhovka reservoir dam on the oceanographic conditions in the north-western part of the Black Sea according to the results of modeling. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*. 2024. Vol. 33. P. 54–68. DOI: <https://doi.org/10.31481/uhmj.33.2024.05>.
 5. Tutova H., Lisovets O., Kunakh O., Zhukov O. The future of the Kakhovka Reservoir after ecocide: afforestation and ecosystem service recovery through emergent willow and poplar communities. *Studia Biologica*. 2024. Vol. 18(3). P. 83–98. DOI: <https://doi.org/10.30970/sbi.1903.838>.
 6. Ukrainian Nature Conservation Group. The Great Meadow vs. the Kakhovka Reservoir: A Modern Perspective. Kyiv: UNCG, 2024. 92 p. URL: UNCG report. (дата звернення: 15.03.2026).
 7. Truth Hounds, Project Expedite Justice. Submerged: Study of the Destruction of the Kakhovka Dam and Its Impacts on Ecosystems, Agrarians, Other Civilians and International Justice. Kyiv, 2024. URL: Truth Hounds report. (дата звернення: 15.03.2026).
 8. Karamushka V., Khoriev M., Huliaieva O., Kuns B. Water supply ecosystem services of the former Kakhovka Reservoir. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2025. Vol. 1474. P. 012014. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1474/1/012014>.
 9. Chernogor L., Nekos A., Titenko H., Chornohor L. Ecological consequences of the catastrophic destruction of the Kakhovka reservoir dam. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Ser. Geology Geography Ecology*. 2024. Vol. 61. P. 387–408. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-61-32>.
 10. Naddaf M. Ukraine dam collapse: what scientists are watching. *Nature*. 2023. Vol. 618. P. 442–443. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-023-01928-8>.
 11. Novitskyi R., Sharamok T.,
- 252

Ananieva T., et al. Loss of fisheries from destruction of the Kakhovka reservoir. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314890>. **12.** 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 Kakhovka dam. *Biosystems Diversity*. 2024. Vol. 32(2). P. 246–255. DOI: <https://doi.org/10.15421/012431>. **13.** Yakovlev Y. O., Rogozhin O. H., Stefanyshyn D. V., Kreta D. L. Geoecological and economic consequences of creation, drainage and possible variants of restoration the Kakhovsky reservoir. *Environmental Safety and Natural Resources*. 2023. Vol. 48(4). P. 91–116. DOI: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.4.91-116>. **14.** Petrlík J., Jelínek N., Černochová M., et al. First research of the contamination of the sediments from Kakhovka reservoir: Brief evaluation of chemical analyses of sediments from Dnipro River and soil samples from Zaporizhzhia region, Ukraine. Prague: Arnika – *Toxics and Waste Programme*; IPEN, 2023. 36 p. ISBN 978-80-88508-36-6. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29767.27042/1>. **15.** Tretyak K., Zayats O., Kuplovskiy B., et al. Assessment of the causes of the Kakhovka HPP dam collapse based on a comprehensive analysis of structural monitoring, seismic, and infrasound studies. *Progress in Disaster Science*. 2026. Vol. 30. P. 100549. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2026.100549>. **16.** 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. Vol. 25(7). P. 82–104. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/18796>. **17.** Pichura V., Potravka L. Impact of war on natural and climatic transformation of territories in the irrigation zone of Ukraine. *Discover Applied Sciences*. 2025. Vol. 7. P. 783. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07404-4>. **18.** 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: <https://doi.org/10.2478/jlecol-2025-0023>. **19.** Vyshnevskiy V., Shevchuk S. A. The destruction of the Kakhovka dam and the future of the Kakhovske reservoir. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. Vol. 81(1). P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2320033>. **20.** Пічура В. І., Потравка Л. О. Воєнно зумовлена трансформація зрошуваних агроєкосистем півдня України: актуалізація проблеми та перспективи досліджень в умовах гідрологічного колапсу. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2026. Вип. 1(113). С. 242–260. DOI: <https://doi.org/10.31713/vs1202619>. **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>.

REFERENCES:

1. Shumilova O., Sukhodolov A., Osadcha N., et al. Environmental effects of the Kakhovka dam destruction by warfare in Ukraine. *Science*. 2025. Vol. 387(6739). P. 1181–1186. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.adn8655>. **2.** 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(2). P. 315–323. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314890>. **3.** United Nations Environment Programme (UNEP). Rapid Environmental Assessment of the Kakhovka Dam Breach. Nairobi: UNEP, 2023. 76 p. DOI: <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/43696>. **4.** Tuchkovenko Yu. S., Kushnir D. V., Torgonskyi A. V., Komorin V. M. The impact of the destruction of the Kakhovka reservoir dam on the oceanographic conditions in the north-western part of the Black Sea according to the results of modeling. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*. 2024. Vol. 33. P. 54–68. DOI: <https://doi.org/10.31481/uhmj.33.2024.05>. **5.** Tutova H., Lisovets O., Kunakh O., Zhukov O. The future of the Kakhovka Reservoir after ecocide: afforestation and ecosystem service recovery through emergent willow and poplar communities. *Studia Biologica*. 2024. Vol. 18(3). P. 83–98. DOI: <https://doi.org/10.30970/sbi.1903.838>. **6.** Ukrainian Nature Conservation Group. The Great Meadow vs. the Kakhovka Reservoir: A Modern Perspective. Kyiv : UNCG, 2024. 92 p. URL: UNCG report. (data zvernennia: 15.03.2026). **7.** Truth Hounds, Project Expedite Justice. Submerged: Study of the Destruction of the Kakhovka Dam and Its Impacts on Ecosystems, Agrarians, Other Civilians and International Justice. Kyiv, 2024. URL: Truth Hounds report. (data zvernennia: 15.03.2026). **8.** Karamushka V., Khoriev M., Hulciaieva O., Kuns B. Water supply ecosystem services of the former Kakhovka Reservoir. *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science*. 2025. Vol. 1474. P. 012014. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1474/1/012014>. **9.** Chernogor L., Nekos A., Titenko H., Chornohor L. Ecological consequences of the catastrophic destruction of the Kakhovka reservoir dam. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Ser. Geology Geography Ecology*. 2024. Vol. 61. P. 387–408. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-61-32>. **10.** Naddaf M. Ukraine dam collapse: what scientists are watching. *Nature*. 2023. Vol. 618. P. 442–443. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-023-01928-8>. **11.** Novitskyi R., Sharamok T., Ananieva T., et al. Loss of fisheries from destruction of the Kakhovka reservoir. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314890>. **12.** 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. 246–255. DOI: <https://doi.org/10.15421/012431>. **13.** Yakovlev Y. O., Rogozhin O. H., Stefanyshyn D. V., Kreta D. L. Geoecological and economic consequences of creation, drainage and possible variants of restoration the Kakhovsky reservoir. *Environmental Safety and Natural Resources*. 2023. Vol. 48(4). P. 91–116. DOI: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.4.91-116>. **14.** Petrlík J., Jelínek N., Černochová M., et al. First research of the contamination of the sediments from Kakhovka reservoir: Brief evaluation of chemical analyses of sediments from Dnipro River and soil samples from Zaporizhzhia region, Ukraine. Prague: Arnika – *Toxics and Waste Programme*; IPEN, 2023. 36 p. ISBN 978-80-88508-36-6. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29767.27042/1>. **15.** Tretyak K., Zayats O., Kuplovskyi B., et al. Assessment of the causes of the Kakhovka HPP dam collapse based on a comprehensive analysis of structural monitoring, seismic, and infrasound studies. *Progress in Disaster Science*. 2026. Vol. 30. P. 100549. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2026.100549>. **16.** 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. Vol. 25(7). P. 82–104. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/18796>. **17.** Pichura V., Potravka L. Impact of

war on natural and climatic transformation of territories in the irrigation zone of Ukraine. *Discover Applied Sciences*. 2025. Vol. 7. P. 783. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07404-4>. **18.** 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: <https://doi.org/10.2478/jlecol-2025-0023>. **19.** Vyshnevskiy V., Shevchuk S. A. The destruction of the Kakhovka dam and the future of the Kakhovske reservoir. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. Vol. 81(1). P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2320033>. **20.** Pichura V. I., Potravka L. O. Voienno zumovlena transformatsiia zroshuvanykh ahroekosystem pivdnia Ukrainy: aktualizatsiia problemy ta perspektyvy doslidzhen v umovakh hidrolohichnoho kolapsu. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Ser. Silskohospodarski nauky*. 2026. Vyp. 1(113). S. 242–260. DOI: <https://doi.org/10.31713/vs1202619>. **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>.

Pichura V. I. [1; ORCID ID: 0000-0002-0358-1889],

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,

Potravka L. O. [1; ORCID ID: 0000-0002-0011-2286],

Doctor of Economics, Professor

¹*Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson*

IMPACT OF THE KAKHOVKA HPP DESTRUCTION AND RESERVOIR DRAINAGE ON THE ACHIEVEMENT OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS IN SOUTHERN UKRAINE

The article provides a comprehensive assessment of the impact of the destruction of the Kakhovka Hydroelectric Power Plant (HPP) and the drainage of the Kakhovka Reservoir on the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs) in Southern Ukraine. It was established that the Kakhovka disaster triggered a systemic transformation of natural-economic systems, while its consequences have a cascading character and affect the water, agricultural, energy, environmental, infrastructural, and socio-economic sectors of regional development. It is substantiated that the drainage of the Kakhovka Reservoir caused the transition of agro-landscapes in Southern Ukraine from an anthropogenically regulated to a climatically determined mode of functioning. This process is accompanied by post-irrigation aridization, depletion of soil moisture reserves, surface

overheating, degradation of vegetation cover, intensification of deflation processes, secondary salinization, and increased desertification risks. The negative impact of irrigated agriculture degradation on food security, economic resilience of communities, and employment was identified. The study demonstrates that the destruction of the Kakhovka HPP intensified water scarcity, caused degradation of ecosystems in the Lower Dnipro region, deterioration of surface water quality, biodiversity loss, destabilization of energy and transport infrastructure, and increased climate vulnerability of territories. The methodological framework of the study is based on an interdisciplinary approach combining ecological, hydrological, agroclimatic, socio-economic, and geoinformation analysis. International analytical reports, scientific publications, satellite monitoring materials, and Earth remote sensing data were used. The necessity of developing a new model of post-war recovery for Southern Ukraine is substantiated, focusing on climate adaptation, modernization of water resource management systems, and ecological rehabilitation of degraded territories.

Keywords: Kakhovka Reservoir; Sustainable Development Goals; post-irrigation aridization; agroecosystems; hydrological collapse; climate vulnerability; post-war recovery; Southern Ukraine.

Отримано / Received: 26.03.2026

Прийнято до друку / Accepted: 30.04.2026

Опубліковано / Published: 29.05.2026



© 2026 [Pichura V. I., Potravka L. O.]. Licensee {NUWEE}. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC) license (creativecommons.org)