

До питання вибору способу відновлення використання водних ресурсів та втраченого гідроенергетичного потенціалу в межах колишнього Каховського водосховища

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2024.008>

Дмитро Стефанишин
Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України
Київ, Україна
d.v.stefanyshyn@gmail.com

Данило Бенатов
Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського
Київ, Україна
daniel@benatov.kiev.ua

Анотація – На основі аналізу уроків створення і експлуатації Каховського водосховища в довоєнний період та наслідків катастрофи на Каховському гідровузлі в 2023 році в результаті підриву його гідроспоруд російськими військами, запропоновано альтернативний підхід до відновлення використання в межах колишнього водосховища водних ресурсів та втраченого гідроенергетичного потенціалу нижнього Дніпра. Запропонований підхід ґрунтується на ідеї напрацювання компромісів при впровадженні принципів інтегрованого управління водними ресурсами, диверсифікації ризиків та використання природоорієнтованих рішень. В якості альтернативи відновленню Каховського водосховища і Каховської гідроелектростанції пропонується схема з декількох невеликих водосховищ та гідроелектростанцій в межах колишнього водосховища і певна кількість (за потребою) водосховищ наливного типу на берегах Дніпра, а в межах Конських і Базавлуцьких плавнів – створення штучних русел з суміщенням в них функцій водопропускних споруд і рибохідних каналів.

Ключові слова – відбудова; диверсифікація ризиків; Каховське водосховище; компроміси; природоорієнтовані рішення.

I. ВСТУП

Дискусії, на національному і міжнародному рівнях, щодо того в який спосіб має відбуватися повоєнна відбудова України, на яких ідеях, принципах і підходах мають ґрунтуватися прийняті рішення, які пріоритети в ці рішення мають закладатися, які практики використовуватися при їх впровадженні та які проблеми і в якому порядку вирішуватися, розпочалися практично відразу після повномасштабного вторгнення російських військ в країну, незважаючи на активізацію бойових дій та

невизначеність всіх політичних, соціальних, економічних та екологічних наслідків війни [1, 2].

Серед першочергових, стратегічних пріоритетів в ході численних дискусій виділялися: ревіталізація життєвого простору в межах країни і окремих міст та громад, відновлення критичної інфраструктури, відбудова енергетичного сектору, сільського і водного господарства, транспорту, реформування національної правової системи і освіти, розширення і стимулювання децентралізації, впровадження технологічних інновацій, підтримка наукових досліджень, екологізація природокористування тощо [1-3]. Практично в усіх сферах суспільного життя країни війна виявила як нові, так і загострила вже існуючі проблеми, ігнорувати які в повоєнний час буде вже неможливо.

Одним з викликів повоєнної відбудови України може стати ревіталізація життєвого простору на півдні країни, соціально-економічний розвиток якого в довоєнний період в значній мірі відбувався завдяки водним ресурсам Каховського водосховища. Підрив у червні 2023 р. російськими окупаційними військами гідроспоруд Каховського гідровузла призвів до катастрофи, наслідки якої проявилися в різних вимірах: локальному і глобальному, соціально-політичному, соціально-економічному, екологічному, геологічному, географічному [4-7]. В довгостроковій перспективі ці наслідки можуть посилитися, якщо буде обрано невдалий спосіб відбудови інфраструктури, відновлення територій і сфер народного господарства, місцевих громад, що залежали від Каховського водосховища, не буде належним чином проаналізовано і враховано уроки, винесені з досвіду його створення і експлуатації, та власне катастрофи, що сталася [7-10].

II. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КАХОВСЬКОГО ГІДРОВУЗЛА, ЙОГО РОЛІ І ВТРАЧЕНИХ ПЕРСПЕКТИВ В СИСТЕМІ НАРОДНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

Каховський гідровузол на р. Дніпро у складі гідроелектростанції (ГЕС) потужністю 334,8 МВт, будівля якої входила до напірного фронту і була суміщена з донними водоскидами, бетонної водозливної греблі, однокамерного судноплавного шлюзу, земляних гребель (руслової греблі, греблі між будівлею ГЕС та судноплавним шлюзом, лівобережними заплавною і надзаплавною греблями) було побудовано у 1952-1959 роках. Основною метою його будівництва було створення великого водосховища для забезпечення водою індустріалізації і розвитку аграрного сектору на півдні України, включно і Криму. Каховський гідровузол став другим на Дніпрі після гідровузла Дніпровської ГЕС (Дніпрогесу), а після розбудови в 1960-1970 роках Дніпровського каскаду гідровузлів – його останньою шостою сходинкою вниз за течією. Каховське водосховище було найбільшим в країні за об'ємом і другим за площею водної поверхні після Кременчуцького. Його повний об'єм при нормальному підпірному рівні сягав 18,2 км³ (це майже третина повної ємності всіх вітчизняних водосховищ), корисний – 6,8 км³ (до 25% загальної їх корисної ємності); площа водної поверхні – 2155 км². Максимальна висота греблі становила 30 м.

Каховський гідровузол забезпечував комплексне використання водних ресурсів Дніпра – в цілях енергетики і гідроенергетики зокрема, іригації, комунального і технічного водопостачання, водного транспорту, рибного господарства і рекреації [11]. В цілому, соціально-економічний розвиток півдня України в значній мірі залежав від Каховського водосховища. Сумарна встановлена потужність електрогенерації розміщеної на базі його водних ресурсів на 2020 р. (Каховська ГЕС, Запорізькі АЕС і ГЕС, Зеленодольська ГЕС) становила майже 17% від всієї встановленої потужності електростанцій країни [7]. Водосховище забезпечувало надійне функціонування 31 системи зрошення: до 30% полів Дніпропетровської, 94% – Херсонської, 74% – Запорізької областей [9]. Хоча власне Каховська ГЕС і мала найменшу встановлену потужність серед великих ГЕС Дніпровського каскаду, її частка складала до 8,5% його встановленої потужності і 7,1% всіх вітчизняних ГЕС, включно з малими. У Об'єднаній енергосистемі країни Каховська ГЕС слугувала надійним виробником електроенергії (середньорічне виробництво електроенергії на ГЕС сягало майже 15% від всіх ГЕС Дніпровського каскаду), а також в якості високоманеврового регулятора і аварійного резерву потужності [9].

В планах компанії-оператора Каховської ГЕС (ПрАТ «Укргідроенерго») було її розширення за рахунок побудови Каховської ГЕС-2 у складі напірних гідроспоруд та водосховища Каховського гідровузла (за прикладом Дніпровської ГЕС-2) зі збільшенням встановленої потужності на 200-250 МВт. Для успішної реалізації такого рішення існували всі належні умови [12, 13]. Так, результати прогнозу можливої аварії на гідровузлі з проривом напірного фронту [12] показували, що всі сім напірних гідроспоруд, які формували його напірний

фронт, і Каховський гідровузол в цілому, були достатньо надійними об'єктами – як в умовах розрахункових навантажень і впливів, так і з врахуванням перевантажень внаслідок можливого переповнення водосховища, а також сейсмічних впливів. В свою чергу, за оцінками [13], з усіх можливих варіантів введення нових потужностей гідрогенерації на ГЕС в Україні будівництво Каховської ГЕС-2 в межах реалізації другого етапу реконструкції ГЕС Дніпровського і Дністровського каскадів виглядало найбільш доцільною (найменш ризикованою) альтернативою, зокрема в порівнянні з будівництвом каскаду Верхньодністровських ГЕС на Дністрі та розвитком малої гідроенергетики. Існували також перспективні плани використання ресурсів Каховського водосховища для виробництва «зеленого» водню з будівництвом сонячних і вітрових електростанцій на його берегах та в межах акваторії [7], що теж можна розглядати в контексті втрачених можливостей внаслідок аварії.

III. ПРО ДЕЯКІ УРОКИ КАХОВСЬКОЇ КАТАСТРОФИ

Більшість експертів, а також водокористувачів, серед яких і гідроенергетики, котрі відстоюють ідею відновлення Каховського водосховища, в першу чергу апелюють до проблеми забезпечення водою в повоєнний період населення і економіки півдня України. До війни в цьому регіоні проживала велика кількість населення, як міського, так і сільського, і це населення, безперечно, потребуватиме доступу до води. В кращому випадку, відсутність Каховського водосховища може спонукати водокористувачів до самостійних рішень щодо забезпечення водою, і ці рішення не завжди будуть доцільними і екологічно безпечними [7]. В гіршому випадку Україну може чекати масова зворотна міграція населення з півдня країни в її центральні, північні та західні регіони. В умовах змін клімату та виснаження водних ресурсів, особливо поверхневих, практично в усіх регіонах країни це створить нові проблеми, пов'язані з забезпеченням населення і економіки водою.

Будь-яка господарча чи інша діяльність при природокористуванні завжди виправдовувалася, виправдовується і буде виправдовуватися «благими намірами»: поліпшенням соціально-економічних умов життя людей, наданням їм кращих послуг тощо. Нерідко це закінчувалося прорахунками і прийняттям помилкових рішень, і не завжди лише через недостатні знання про можливі їх наслідки. При розробці нових рішень важливо враховувати уроки минулого й зважати на всі можливі наслідки. Серед різних уроків, пов'язаних з катастрофою на Каховському водосховищі, при розробці й аналізі альтернатив та прийнятті остаточних рішень на нашу думку слід виділити наступні.

A. Урок 1

Проект, в якому не враховувалися національні інтереси, інтереси автохтонного населення, може так і не стати такою цінністю для вільного суспільства, щоб його втрата однозначно сприймалася як національна трагедія. Чи розглядають українці Каховське водосховище, власне як і весь каскад водосховищ на Дніпрі і Дністрі, справжніми національними проектами? При їх реалізації в країні

було затоплено території загальною площею майже в Чернівецьку область. Чи могло з'явитися Каховське водосховище у вигляді, яким воно було до катастрофи, в інших історичних умовах? Слід визнати, що частина інтелектуалів країни, і не лише ті, котрі активно ратують проти відновлення водосховища, сприймає цю катастрофу з позиції «не було б щастя, то нещастя допомогло».

В. Урок 2

Прості рішення зазвичай виправдовуються швидким вирішенням складних проблем. У випадку з Каховським гідровузлом воно досягалося за рахунок зосередження у водосховищі великого об'єму води, що забезпечувало достатньо простий доступ до водних ресурсів для багатьох споживачів на значній території півдня країни. Прості підходи до проблем приваблюють носіїв рішень, котрі не схильні шукати компроміси, оскільки компроміси можуть ускладнювати прийняття рішення по суті, потребують врахування різних, в тому числі і взаємовиключних факторів та критеріїв. Однак прості рішення здатні не лише концентрувати, але і знецінювати ресурс, створювати ілюзію доступу до дешевого і практично необмеженого ресурсу, можливості одночасної реалізації на його базі взаємовиключних цілей. В результаті наступає критична залежність від ресурсу.

С. Урок 3

Будь-який ресурс завжди обмежений і право на користування ним мають всі зацікавлені особи в різних сферах життєдіяльності людини. Це має прийматися носіями рішення як аксіома. В умовах обмеженості ресурсу, для того щоб підвищити ефективність його використання, в тому числі і за рахунок зменшення потенційної шкоди довкіллю тощо, слід забезпечити диверсифікацію ризиків. Це потребує застосування принципу заміщення цілей, коли без компромісів, іноді жорстких, неможливо обійтися. При цьому приріст вигоди в межах окремої діяльності може вести до суттєвого збільшення витрат на неї, включно до збільшення ризику потенційних комерційних збитків. Власне такий стан зазвичай і є ознакою того, що прийняття рішення ґрунтується на компромісі.

IV. ЯКИМИ МОЖУТЬ БУТИ РІШЕННЯ

Обговорення різних варіантів дій в повоєнний час щодо майбутнього Каховського водосховища розпочалося відразу після катастрофи 2023 року. Здебільшого мова йде про три альтернативні підходи [4, 8-10, 14]: 1) відбудова Каховської ГЕС, в тому числі зі збільшенням її потужності, з відновленням Каховського водосховища в його попередньому статусі (розрахункових рівнів води, об'єму водосховища, які були до катастрофи); 2) відмова від відновлення ГЕС та водосховища, в тому числі з можливим використанням території бувшого водосховища задля інших цілей; 3) подолання неминучих, досить складних соціально-економічних і екологічних викликів, пов'язаних з втратою Каховського водосховища і ГЕС, на основі певних компромісних рішень в межах відбудови Каховської

ГЕС або каскаду ГЕС з невеликими водосховищами з вирішенням супутніх екологічних проблем.

Більшість з пропонованих рішень, окрім відмови від відновлення ГЕС і водосховища, наразі можуть розглядатися лише як наміри [9], що пояснюється зрозумілою причиною – окупацією зруйнованих споруд Каховського гідровузла та більшої частини території, яка була затоплена водосховищем, ворогом та неможливістю відновлення нормального господарювання на вільних від ворога територіях, які все ще перебувають під постійною загрозою обстрілів з боку російських військ. В принципі, якщо враховувати минулі прорахунки [7, 8-10, 14], допущені при будівництві Каховського гідровузла, і при цьому притримуватися стратегії досягнення цілей сталого розвитку півдня країни та зважати на інтереси місцевих громад, то в першу чергу мають розглядатися саме варіанти компромісних рішень.

А. Реалізація принципів інтегрованого управління водними ресурсами та диверсифікація ризиків

Основні принципи інтегрованого управління водними ресурсами (ІУВР) було закладено на Дублінській конференції щодо водних ресурсів та сталого розвитку в 1992 р. [15]. Згідно з ними вода розглядається як обмежений і вичерпний ресурс, який має економічну, екологічну і соціальну цінність, право на доступ до якого повинні мати різні водокористувачі. Рішення в межах ІУВР мають прийматися на басейновому рівні за максимального сприяння ефективному використанню водних та інших природних ресурсів на користь сталого забезпечення стійкості природних екосистем та вимог суспільства у воді. Наявність каскаду розташованих вище за течією водосховищ на Дніпрі дозволяє спростити завдання ІУВР Дніпра в його нижній течії. Окрім того, в межах колишнього водосховища може бути побудовано декілька менших водосховищ руслового типу, а також певна кількість (за потребою) водосховищ наливного типу на берегах Дніпра. Ці водосховища урізноманітнять джерела водопостачання, збалансують інтереси незалежних водокористувачів, спростять завдання раціонального використання водних ресурсів, в тому числі і завдання регулювання стоку, і, відповідно, сприятимуть диверсифікації ризиків [9]. Водночас, замість однієї великої ГЕС може бути побудовано кілька менших; одну з них, дериваційного типу, – в межах острова Хортиця (див. нижче рис. 1). Це дозволить більш повно і ефективно використати гідроенергетичний потенціал за рахунок зменшення ділянок поширення підпору у верхів'ях водосховищ.

В. Застосування природоорієнтованих рішень

Будівництво в межах Хортиці дериваційної ГЕС (рис. 1) також може розглядатися як одне з природоорієнтованих рішень, де в якості деривації слугуватиме природний рукав, що відділяє острів від правого берега Дніпра.



Рис. 1. Ілюстративний приклад розміщення дериваційної ГЕС в межах острова Хортиця в м. Запоріжжя (модель SAVI на основі Landsat 8 від 14.07.2024)

Інший ілюстративний приклад застосування природоорієнтованого рішення наведено на рис. 2, де показано варіант розміщення руслової ГЕС на Дніпрі та обхідного рибохідного каналу у вигляді штучного русла-рукава в межах Конських плавнів Великого Лугу. Цей канал може також виконувати функції водопропускної споруди, зокрема з метою підводу води до водоспоживачів на лівобережжі колишнього водосховища. По трасі каналу можуть облаштовуватися озера, затоки і протоки, а також насосні станції для заповнення берегових наливних водосховищ тощо.

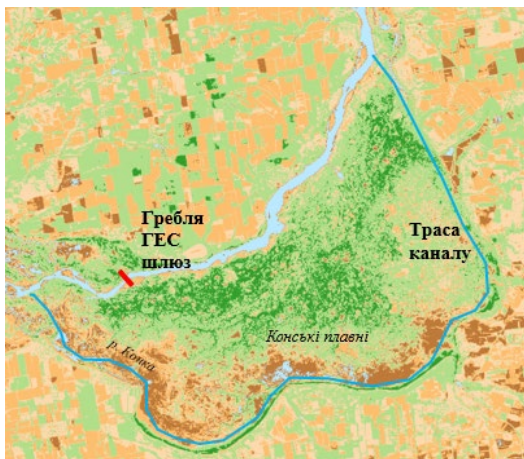


Рис. 2. Ілюстративний приклад облаштування обхідного водопропускного і рибохідного каналу (модель SAVI на основі Landsat 8 від 14.07.2024)

Подібний канал, максимально наближений за гідроморфометрією до природного русла, було побудовано в 2015-2016 роках на ГЕС Оттенсхайм-Вільгерінг на річці Дунай в Австрії. Потужність ГЕС – 179 МВт, напір – 10,5 м. Протяжність каналу – 14,2 км. Середня витрата води в місці впадіння каналу в Дунай – 17 м³/с. Канал було побудовано за 14 місяців приблизно за 8 млн. євро [16].

ВИСНОВОК

При розробці планів повоєнного відновлення втрачених ресурсів Каховського водосховища мають розглядатися різні альтернативи, і в першу чергу ті, які ґрунтуються на компромісах.

REFERENCES

- [1] “Відбудова України: принципи та політика,” за ред. Ю. Городніченка, І. Сологуб, Б. Ведер ді Мауро. Парижський звіт 1, Centre for Economic Policy Research, 2022.
- [2] “Відбудова для розвитку: зарубіжний досвід та українські перспективи,” редколегія, голова - В. В. Небрат. НАН України, ДУ “Ін-т екон. та прогноз. НАНУ”, Київ, 2023.
- [3] “Інноваційні основи відновлення та розвитку країн після збройних конфліктів,” за ред. В. А. Омеляненка. Ін-т стратегій інн. розвитку і трансферу знань, Суми, 2022.
- [4] S. O. Afanasyev, “About the ecological consequences of the destruction of the Kakhovska HPP dam,” *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.*, 11, 2023, pp. 71-80.
- [5] V. Vyshnevskiy, S. Shevchuk, V. Komorin, Yu. Oleynik, and P. Gleick, P., “The destruction of the Kakhovka dam and its consequences,” *Water International*, 2023.
- [6] H. Napich, and D. Onoprienko, “Ecology and economics of irrigation in the south of Ukraine following destruction of the Kakhov reservoir,” *International Journal of Environmental Studies*, 81 (1), 2024, pp. 301–314.
- [7] Д. В. Стефанишин, Д. Е. Бенатов, “Катастрофа на Каховському водосховищі: причини і наслідки, які не обговорюють,” *Мат. XXIII Міжн. наук.-практ. конф. “Екологія. Людина. Суспільство”*, Київ, 7 грудня 2023 р., КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023, С. 244–247.
- [8] С. О. Яковлев, О. Г. Рогожин, Д. В. Стефанишин, Д. Л. Крета, “Еколого-геологічні і економічні наслідки створення, осушення та можливих варіантів відновлення Каховського водосховища,” *Екологічна безпека та природокористування*, Вип. 4 (48), С. 91-115.
- [9] Д. Стефанишин, В. Корбутяк, Д. Бенатов, Д. Крета, О. Рогожин, Є. Яковлев, “До питання повоєнної відбудови Каховського гідровузла,” *Мат. XXIV Міжн. наук.-практ. конф. “Екологія. Людина. Суспільство”*, Київ, 5 червня 2024 р., КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024, С. 273-279.
- [10] Ye. Yakovliev, O. Rogozhin, D. Stefanyshyn, D. Kreta, Ye. Anpilova, and M. Myrontsov, “Environmental and Geological Hazards After the Explosion of the Kakhovka Hydroelectric Power Plant and Rehabilitation Options,” in “Systems, Decision and Control in Energy VI,” Vol. II: Power Engng and Env. Safety, Eds V. Babak, A. Zaporozhets, Springer, 2024.
- [11] В. В. Путренко, Д. Е. Бенатов, Д. В. Стефанишин, “Геоінформаційна система “Гідровузли України” – важливий елемент підтримки управлінських процедур,” *Східно-Європейський журнал передових технологій*, 1 (3 (79)), 2016, С. 46-53.
- [12] D. Stefanyshyn, and D. Benatov, “Application of a logical-probabilistic method of failure and fault trees for predicting emergency situations at pressure hydraulic facilities (The case of Kakhovka hydroelectric complex),” *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4/2 (106), 2020, pp. 55–69.
- [13] D. V. Stefanyshyn, “Feasibility analysis of construction of new hydropower plants in Ukraine taking into account the risk of unused possibilities,” *Env. Safety and Nat. Resources*, 31 (3), 2019, pp. 33–45.
- [14] “Сталий розвиток – XXI століття. Дискусії 2023,” *Мат. VIII Міжн. наук.-практ. конф.*, НАУКМА, Київ.
- [15] The Dublin Statement on Water and Sustainable Development. URL: <https://www.gdrc.org/uem/water/dublin-statement.html>.
- [16] G. Zauner, M. Jung, W. Lauber, M. Mühlbauer, and C. Ratschan, “Dynamischer Umgebungsarm Donaukraftwerk Ottensheim-Wilhering – Durchgängigkeit und Lebensraum,” *Wasserwirtschaft* 107(12), 2017, ss. 51-57.