



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304156>

ВПЛИВ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ЕКОСИСТЕМИ У КОНТЕКСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГЕС

Софія КОЧІШ, Олена НОВИК

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056, Україна

e-mail: sofia.kochish@gmail.com

Анотація

У роботі розглянуті гідродинамічні процеси, що відбуваються під час роботи гідроелектростанції та їхні наслідки. Проаналізовано та оцінено вплив функціонування та конструкції ГЕС на екосистему навколишнього середовища. Зроблено висновок, що, хоча гідроелектростанції є комерційно привабливими відновлюваними джерелами електроенергії та мають низькі викиди забруднень, гідродинамічні процеси в них сприяють евтрофікації водойми, ерозії ґрунту та знижують якість води.

Ключові слова: *гідроелектростанція, екосистеми річкових басейнів, гідродинамічні процеси, відновлювальна енергія, ерозія ґрунту, забруднення води.*

Використовуючи природний потенціал водних ресурсів у поєднанні з антропогенним впливом, нині людство має невіддільну частину системи енергопостачання - гідроелектростанції (ГЕС). Порівнюючи гідроенергетику з іншими найрозповсюдженішими видами електроенергії, вона має ряд переваг, починаючи від комерційних: низька собівартість електроенергії та будівництва станцій, закінчуючи сприятливими екологічними факторами: відновлюваність джерела енергії та відсутність шкідливих викидів в атмосферу. Однак, попри переваги екологічної чистоти функціонування ГЕС, дана енергетика також має значний негативний вплив на навколишнє середовище та екосистеми річкових басейнів.

Ця робота розглядає гідродинамічні процеси, що відбуваються під час функціонування гідроелектростанції, та аналізує їхні екологічні наслідки. Оцінка таких впливів є важливою для розробки збалансованих рішень, що поєднують енергетичні потреби з необхідністю збереження природних екосистем.

Гідроелектростанції можна класифікувати за різними критеріями, але їхній принцип роботи суттєво не відрізняється. Початок всього процесу зводиться до джерела води - природний потік або штучно створена конструкція для нього. Вода є робочим тілом для всього процесу, в котрому гідравлічний тиск запускає роботу гідротурбін, обертальний рух котрих, своєю чергою, активує генератори, які виробляють електроенергію. Таким чином, першочерговою умовою для роботи гідроелектростанції є наявність гідростатичного тиску води. У найпоширенішому типі гідроелектростанцій, гребельних, напір на ГЕС створюється шляхом підпору рівня ріки греблею з утворенням водойми, котра також додатково дає змогу працювати гідроелектростанції у будь-який час. Гребля створює необхідну висоту, котра крім напору води, ще забезпечує потенціальну енергію, складовою якої є також є маса тіла. Збільшення висоти греблі призводить до збільшення потенціальної енергії води. Знаючи, що

потенціальна енергія є частиною механічної енергії, котра за допомогою генератору перетворюється в електричну, впливає метод примноження виробленої електроенергії ГЕС - збільшення висоти греблі. Після підвищення рівня водостоку, відповідно збільшується глибина.

Згідно з класифікацією В. Нікори та ін., за достатньої глибини водойми, потік можна розділити на декілька шарів, котрі змінюються, залежно від заглиблення: (i) поверхневий шар, на котрий впливають сторонні чинники; (ii) середній шар, котрий найменш піддається впливу поверхні чи дна; (iii) логарифмічний шар, котрий відрізняється від попереднього шару характерною швидкістю; (iv) шорсткий шар, котрий поділяється на: (a) піддонний підшар, котрий контактує з верхнім рівнем частинок, що вистилають дно, та за рахунок сили опору має нижчу швидкість, та (b) міжфазний підшар, котрий проходить між частинками дна, та має ще вищу силу опору, відповідно, нижчу швидкість; найглибше проходить (v) підповерхневий шар (схема 1) [1].

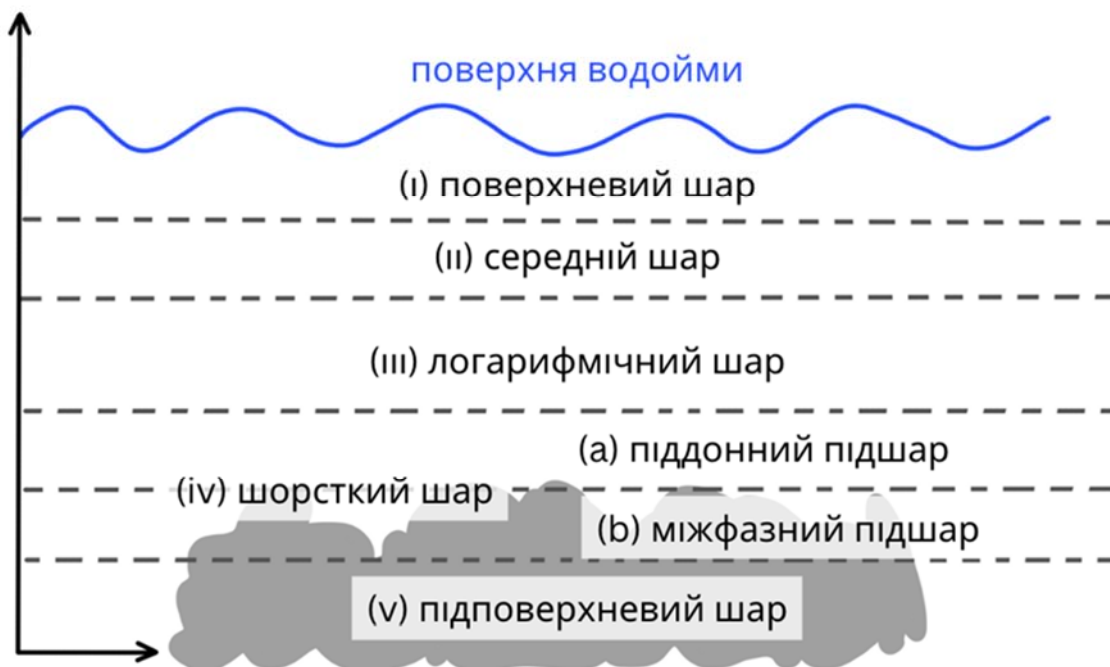


Схема 1. Шари потоку за класифікацією В. Нікори та ін. [1]

Швидкість потоку має велике значення у водних екосистемах. За швидкої течії інтенсифікується перемішування води, що сприяє транспорту поживних речовин та кисню, маючи позитивний ефект на види, та сила опору, котра розбиває скупчення організмів та перешкоджає їх поселенню. З іншого боку, за низької швидкості течії вода повільно перемішується, що сприяє зниженню рівня кисню, накопиченню опадів та сповільненому транспорту нутрієнтів. Проте в такому випадку сила опору теж знижується, не створюючи перешкод для руху чи розселення організмів. Таким чином, існує певна оптимальна швидкість, за котрої перемішування та сила опору збалансовані (схема 1) [2].

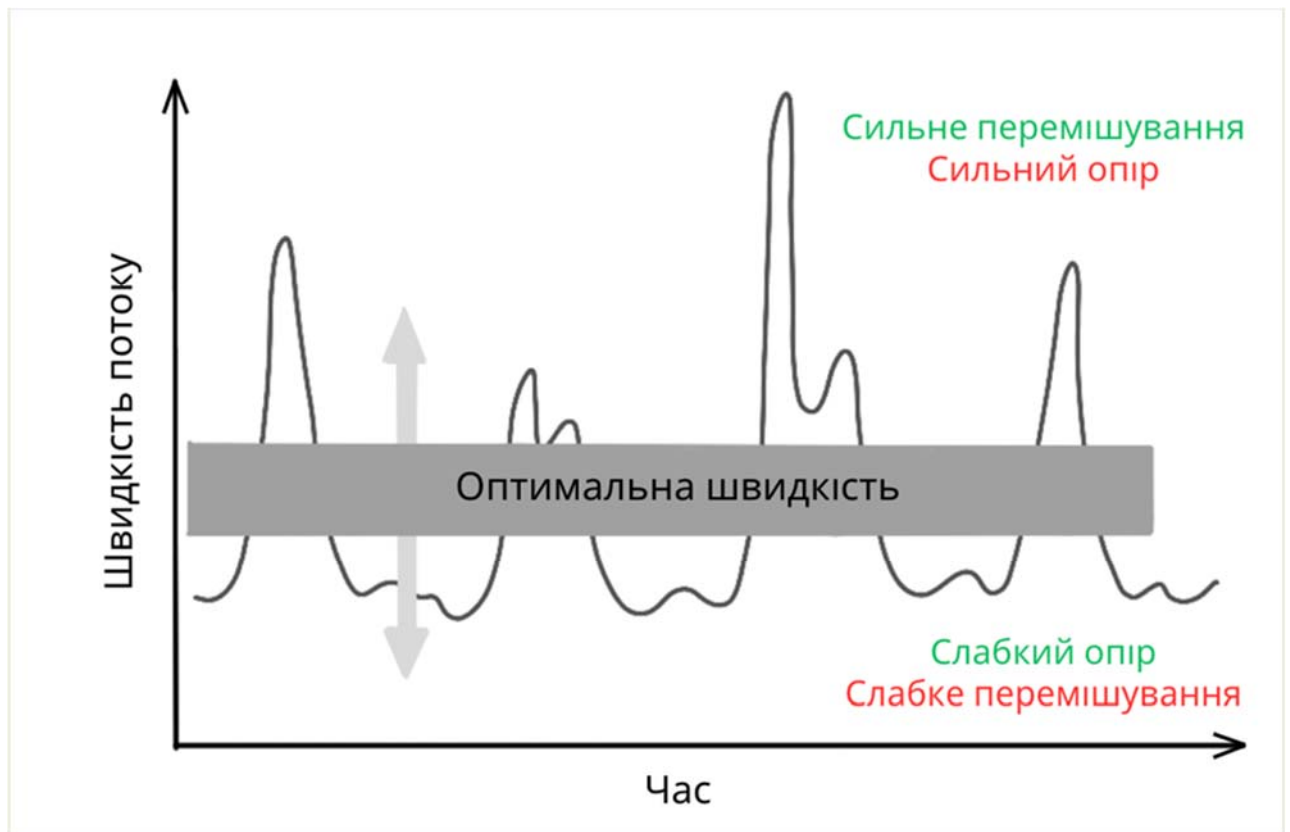


Схема 2. Зв'язок між швидкістю течії, перемішуванням, силою опору та оптимальною швидкістю [2].

Так як у верхньому басейні швидкість потоку води майже нульова, течія здатна переносити лише дрібні частинки по дну водосховища, тому воно стає мулистим та мінливим, що втручається в розвиток бентосу [3, 4]. Мул містить як шкідливі хімічні речовини, так і нутрієнти, за надлишку котрих виникає евтрифікація [5]. Перемішування води незначне, а отже транспорт кисню нерівномірний [6]. За рахунок збільшення глибини у водосховищі, порівняно з нормальним рівнем води в річці бентос не отримує потрібних кількостей сонячної енергії. У верхніх шарах води також присутня проблема перемішування води: за нерівномірного розподілу кисню та надлишку нутрієнтів ціанобактерії, зелені водорості та діатомові водорості, що розташовуються у верхніх шарах води, швидко збільшують свою біомасу, викликаючи цвітіння води, виділяючи токсини та поглиблюючи проблему проникнення сонячного світла та кисню в глибші шари води [5]. Таким чином, відбувається розшарування басейну за густиною, стратифікація, де гіполімніон є найглибшим та, відповідно, найменш насиченим киснем шаром (схема 3). За окиснення забруднювачів, присутніх у мулі, концентрація кисню падає ще більше [6, 7]. Вода з гіполімніону майже не скидається греблею. Серед іншого, конструкція гребель втручається в міграційні шляхи риби, кардинально зменшуючи ряд популяцій, котрі також би мали регулювати надмірне розмноження декотрих видів [8].

Нижче греблі, навпаки, швидкість води зависока, що спричиняє розмивання дна та ерозію ґрунту, адже утворення воронки компенсується сходженням ґрунту з берегів. Таким чином, забруднювачі з ґрунтів потрапляють у воду [3]. Ціанобактерії, зелені та діатомові водорості та їх токсини скидаються з басейну далі за течією річки. А отже, незважаючи на те, що швидкість

течії після скиду з греблі є значно вищою, а тому й з адекватним перемішуванням та силою опору, її якість значно знижена за рахунок забруднювачів з водосховища та ґрунтів.

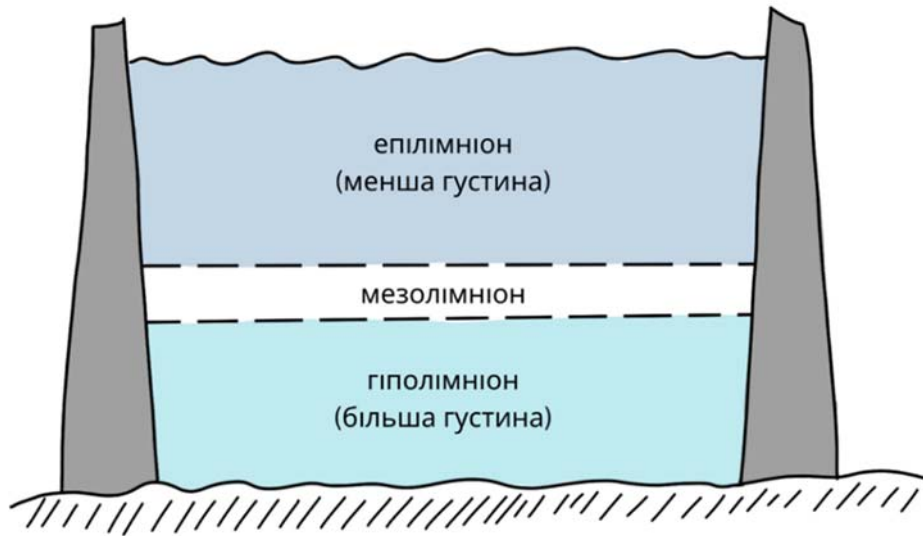


Схема 3. Стратифікація з утворенням трьох шарів: епілімніона, що розташовується найближче до поверхні, отримує найбільше сонячного світла та кисню, має меншу густину; мезолімніона, що виступає своєрідним буфером; та гіполімніона, що має більшу густину, отримує менше енергії від сонячного світла та кисню.

Отже, ГЕС порушують функціонування екосистем за рахунок затримки води у водосховищі, що піддають її процесам евтрифікації та сприяють зниженню якості води. У місці скиду води з греблі часто виникають ерозії та, як наслідок, надходження забруднювачів у течію. Майбутні дослідження мають фокусуватися на детальнішому дослідженні індивідуальних екосистем, на котрі впливає гребля для кращого розуміння зв'язків між видами, вплив гідродинамічних процесів на них. А далі – їх моделювання, аби знайти системне розв'язання проблеми. Водночас для ремедиації можна використовувати хімічні та біологічні методи, мікробіомну та екосистемну інженерію.

Література

1. Marion, Andrea & Nikora, Vladimir & Puijalon, Sara & Bouma, Tjeerd & Koll, Katinka & Ballio, Francesco & Tait, Simon & Zaramella, Mattia & Sukhodolov, Alexander & O'Hare, Matthew & Wharton, Geraldene & Aberle, Jochen & Tregnaghi, Matteo & Davies, Peter & Nepf, Heidi & Parker, Gary & Statzner, Bernhard. (2014). Aquatic interfaces: A hydrodynamic and ecological perspective. *Journal of Hydraulic Research*. 52. 10.1080/00221686.2014.968887.
2. Nikora, V. I. (2010). Hydrodynamics of aquatic ecosystems: An interface between ecology, biomechanics and environmental fluid mechanics. *River Research and Applications*, 26(4), 367-384. <https://doi.org/10.1002/rra.1291>.
3. Kiraga, M. J. (2021). Hydroelectric Power Plants and River Morphodynamic Processes. *Journal of Ecological Engineering*, 22(7), pp.163-178. <https://doi.org/10.12911/22998993/139068>.
4. Bredenhand, Emile & Samways, Michael. (2009). Impact of a dam on benthic macroinvertebrates in a small river in a biodiversity hotspot: Cape Floristic Region, South Africa. *Journal of Insect Conservation*. 13. 297-307. 10.1007/s10841-008-9173-2.

5. Buta, B., Wiatkowski, M., Gruss, Ł. *et al.* Spatio-temporal evolution of eutrophication and water quality in the Turawa dam reservoir, Poland. *Sci Rep* 13, 9880 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-36936-1>.

6. French, J. A. (2022). Managing the Quality of the Impounded Water. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1000168>.

7. Shi, J., Wang, L., Yang, Y., & Huang, T. (2022). A case study of thermal and chemical stratification in a drinking water reservoir. *Science of the Total Environment*, 850, 157787. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157787>.

8. Yi, Y., Yang, Z., & Zhang, S. (2010). Ecological influence of dam construction and river-lake connectivity on migration fish habitat in the Yangtze River basin, China. *Procedia Environmental Sciences*, 2(1), 1892-1897. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.207>.

THE IMPACT OF HYDRODYNAMIC PROCESSES ON ECOSYSTEMS IN THE CONTEXT OF HYDROPOWER PLANT OPERATION

Sofia KOCHISH

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0000-7259-5953>

Olena NOVYK

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0009-2338-9403>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304156>

Keywords: *hydropower plant, river basin ecosystems, hydrodynamic processes, renewable energy, soil erosion, water pollution.*

Abstract

This work examines the hydrodynamic processes that occur during the operation of a hydropower plant and their consequences. The impact of hydropower plant performance and design on the surrounding ecosystem were analyzed and evaluated. It was found that, although hydropower plants are commercially attractive renewable sources of electricity and have low emissions, hydrodynamic processes in them contribute to eutrophication of the reservoir, soil erosion, and reduced water quality.