

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Кірейцева Г.В.

Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир
gef_kgv@ztu.edu.ua

У статті проведено комплексне дослідження теоретичних основ управління екологічною безпекою поверхневих водних об'єктів в умовах зростаючого антропогенного навантаження. Актуальність дослідження обумовлена критичним станом водних ресурсів України, де понад 70% малих річок перебувають у незадовільному екологічному стані, що вимагає розробки та впровадження ефективних механізмів управління їх екологічною безпекою. Дослідження базується на ґрунтовному бібліометричному аналізі 2835 наукових публікацій з бази даних Scopus, що дозволило виявити ключові тенденції розвитку наукової думки в галузі управління водними ресурсами та екологічної безпеки водних об'єктів. Проведений аналіз динаміки публікаційної активності за період 1982-2024 років демонструє експоненційне зростання наукового інтересу до проблематики управління водними ресурсами, особливо з початку 2000-х років. Дослідження виявило чітку міждисциплінарну структуру наукової галузі, де домінують екологічні науки (39,6%), соціальні науки (14,7%), науки про Землю (11,3%) та інженерні науки (9,4%). Така різноманітність наукових напрямків підтверджує необхідність комплексного підходу до управління екологічною безпекою водних об'єктів. Кластерний аналіз публікацій дозволив виділити три основні напрямки досліджень: технічні аспекти управління водними ресурсами, управлінські та політичні аспекти, екологічні аспекти та питання якості води. У роботі встановлено, що основними джерелами антропогенного впливу на малі річки є промислові підприємства (35% загального забруднення), комунальні стоки (30%), сільськогосподарська діяльність (25%) та інші джерела (10%). Дослідження підкреслює важливість впровадження басейнового принципу управління водними ресурсами, який передбачає інтегрований підхід до використання, охорони та відновлення водних ресурсів у межах річкових басейнів.

Таким чином, проведене дослідження демонструє комплексний характер проблеми управління екологічною безпекою поверхневих водних об'єктів та необхідність застосування інтегрованого підходу, що враховує екологічні, економічні та соціальні аспекти водокористування. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення існуючих механізмів управління водними ресурсами та розробки нових підходів до забезпечення екологічної безпеки поверхневих водних об'єктів в умовах зростаючого антропогенного навантаження. *Ключові слова:* стійкий розвиток, екологічна безпека, водні об'єкти, антропогенне навантаження, інтегроване управління водними ресурсами, моніторинг якості води.

Theoretical foundations of managing the environmental safety of surface water bodies under anthropogenic pressure. Kireitseva H.

The article presents a comprehensive study of the theoretical foundations for managing the environmental safety of surface water bodies under increasing anthropogenic pressure. The relevance of the research is driven by the critical state of Ukraine's water resources, where over 70% of small rivers are in unsatisfactory ecological condition, requiring the development and implementation of effective mechanisms for managing their environmental safety. The study is based on an in-depth bibliometric analysis of 2,835 scientific publications from the Scopus database, which allowed identifying key trends in the development of scientific thought in the field of water resource management and environmental safety of water bodies. The analysis of publication activity dynamics over the period 1982–2024 demonstrates exponential growth in scientific interest in water resource management issues, particularly since the early 2000s. The study revealed a clear interdisciplinary structure of the scientific field, where environmental sciences dominate (39.6%), followed by social sciences (14.7%), earth sciences (11.3%), and engineering sciences (9.4%). This diversity of scientific directions confirms the necessity of an integrated approach to managing the environmental safety of water bodies. Cluster analysis of publications identified three main research directions: technical aspects of water resource management, managerial and policy aspects, and ecological aspects and water quality issues. The study established that the primary sources of anthropogenic impact on small rivers include industrial enterprises (35% of total pollution), municipal wastewater (30%), agricultural activities (25%), and other sources (10%). The research emphasizes the importance of implementing a basin management principle, which involves an integrated approach to the utilization, protection, and restoration of water resources within river basins.

Thus, the study demonstrates the complex nature of the problem of managing the environmental safety of surface water bodies and highlights the necessity of applying an integrated approach that considers ecological, economic, and social aspects of water use. The research results can be used to improve existing water resource management mechanisms and develop new approaches to ensure the environmental safety of surface water bodies under increasing anthropogenic pressure. *Key words:* sustainable development, environmental safety, water bodies, anthropogenic pressure, integrated water resource management, water quality monitoring.

Постановка проблеми. Екологічна безпека розвитку промисловості, сільського господарства поверхневих водних об'єктів, зокрема малих річок, та урбанізації водні ресурси зазнають безпрецедентного антропогенного навантаження. За даними є одним із ключових питань сучасної екологічної політики України та світу. В умовах інтенсивного Національної доповіді про стан навколишнього при-

родного середовища в Україні, близько 60% малих річок країни перебувають у незадовільному екологічному стані, що вимагає негайного впровадження ефективних механізмів управління їх екологічною безпекою [1].

Антропогенний вплив на річкові екосистеми проявляється через комплекс факторів, серед яких: надходження токсичних та шкідливих речовин від промислових підприємств, забруднення від сільськогосподарської діяльності, комунальні стоки та рекреаційне навантаження. Особливо гостро ця проблема постає в урбанізованих територіях, де концентрація антропогенного впливу досягає критичних значень. Забруднюючі речовини, що надходять до водних об'єктів, призводять до евтрофікації водойм, порушення природних процесів самоочищення та деградації водних екосистем [2].

Додатковим фактором погіршення екологічного стану водних об'єктів є масштабна трансформація прибережних територій. Вирубка лісів, знищення прибережної рослинності та розорювання земель призвели до збільшення надходження біогенних елементів у річкові екосистеми, що спричинило порушення природного гідрологічного режиму, зменшення водності річок та деградацію їх екосистем [3].

Отже, ця ситуація вимагає розробки та впровадження комплексного підходу до управління екологічною безпекою поверхневих водних об'єктів, який би враховував усі аспекти антропогенного впливу та забезпечував збалансоване водокористування.

Актуальність дослідження. Актуальність дослідження теоретичних основ управління екологічною безпекою поверхневих водних об'єктів обумовлена критичним станом водних ресурсів України. Особливого значення набуває той факт, що поверхневі води є основним джерелом питного водопостачання для 80% населення країни, при цьому їх якість характеризується незадовільним станом через підвищений вміст органічних та біогенних речовин [4]. Така ситуація створює суттєві ризики для здоров'я населення та функціонування водних екосистем, що вимагає розробки ефективних механізмів управління їх екологічною безпекою.

В умовах європейської інтеграції України особливої актуальності набуває впровадження вимог Водної Рамкової Директиви ЄС щодо моніторингу та управління водними ресурсами [5]. Відповідно до Статті 8 ВРД, необхідно забезпечити створення комплексної системи моніторингу стану поверхневих вод, яка дозволить здійснювати всебічну оцінку їх екологічного та хімічного стану в межах кожного річкового басейну [5]. Це завдання вимагає не лише технічного переоснащення систем моніторингу, але й розробки теоретико-методологічних засад управління екологічною безпекою водних об'єктів відповідно до європейських стандартів.

Актуальність дослідження також підсилюється необхідністю досягнення «доброго» екологічного та

хімічного стану для всіх масивів поверхневих вод, що відповідає вимогам Додатку V до ВРД. Це потребує розробки науково обґрунтованих підходів до оцінки стану водних об'єктів, ідентифікації джерел забруднення та впровадження ефективних управлінських рішень в умовах зростаючого антропогенного навантаження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні основи управління екологічною безпекою поверхневих водних об'єктів стали предметом активних наукових досліджень, що обумовлено їх вирішальним значенням для забезпечення сталої якості води та здоров'я екосистем. Сучасні дослідження охоплюють широкий спектр аспектів, від методологічних засад до практичних механізмів управління екологічною безпекою поверхневих вод.

Фундаментальні аспекти екологічної безпеки водних ресурсів досліджували провідні українські вчені: Архипова Л.М., Бедункова О.О., Трофіменко А.Г., Білявський Г.О., Бондар О.І., Гандзюра В.П., Гриб Й.В., Гребінь В.В., Ісаєнко В.М., Осадчий В.І., Павличенко А.В., Петрук В.Г., Удод В.М., Шмандій В.М. [6, 7, 8, 9]. Їхні роботи заклали теоретичну основу для розуміння механізмів забезпечення екологічної безпеки водних об'єктів. Особливу увагу вивченню екологічного стану водних екосистем під впливом техногенних факторів приділили Міхєєв О.М., Пічура В.І., Протасов О.О., Маджд С.М., Коцюба І.Г. [7, 9], а комплексний аналіз стану поверхневих водних ресурсів представлений у дослідженнях Циганенко-Дзюбенка І.Ю., Пономаренка Є.Г., Дмитренка Т.В., Немцової А.А. [2, 10, 11].

У міжнародному науковому просторі значний внесок у розробку концептуальних основ управління забрудненням водних ресурсів зробили Мунте Дж., Постума Л., Альтенбургер Р., Брак В. [12], які запропонували комплексний підхід до управління хімічними забруднювачами. Важливі дослідження взаємодії підземних і поверхневих вод проведені Конантом Б., Робінсоном К., Хінтоном М. [13], що дозволило створити надійні концептуальні моделі гідрологічних та біогеохімічних процесів.

Виклад основного матеріалу. На основі проведеного аналізу наукових публікацій можна констатувати необхідність комплексного підходу до вивчення управління екологічною безпекою поверхневих водних об'єктів в умовах антропогенного навантаження. Для глибшого розуміння сучасного стану досліджень у цій галузі було проведено детальний бібліометричний аналіз публікацій у базі даних Scopus щодо інтегрованого управління водними ресурсами (2835 документів).

Для розуміння загального розвитку досліджень проаналізуємо динаміку публікаційної активності за період 1982-2024 років, яка демонструє складну еволюцію наукових досліджень у цій галузі. Аналіз динаміки публікаційної активності з питань інте-

грованого управління водними ресурсами за період 1982-2024 років демонструє складну еволюцію розвитку наукових досліджень у цій галузі (рис. 1). Загальні тенденції публікаційної активності характеризуються експоненційним зростанням інтересу до тематики з початку 2000-х років, стабілізацією кількості публікацій в останнє десятиліття та наявністю циклічних коливань публікаційної активності з періодичністю 2-3 роки. Спостерігається загальний тренд на збільшення не лише кількості, але й якості досліджень у сфері управління водними ресурсами.

На початковому етапі (1982-1994 роки) спостерігалася низька публікаційна активність з кількістю публікацій до 5 на рік, що характеризувалося стабільним, але повільним розвитком досліджень та формуванням базових концепцій управління водними ресурсами. Наступний період (1994-2002 роки) відзначився поступовим зростанням наукового інтересу до проблематики, що відобразилося у збільшенні кількості публікацій до 5-25 щорічно. Цей етап характеризувався початком формування міждисциплінарних підходів та суттєвим розширенням географії досліджень. Період 2002-2010 років став етапом активного розвитку досліджень з управління водними ресурсами, що супроводжувалося стрімким зростанням кількості публікацій від 25 до 150 щорічно. У цей час відбувалося формування комплексних підходів до управління водними ресурсами та активна інтеграція екологічних і соціальних аспектів у дослідження. У період 2010-2022 років спостерігалася стабільно висока публікаційна активність з кількістю публікацій на рівні 125-175 щорічно, з піковими значеннями у 2018-2019 роках (близько 170 публікацій). Цей період характеризувався розвитком інноваційних підходів та методів у дослідженнях водних ресурсів. Сучасний період (2022-2024 роки) відзначається помітним зниженням кількості публікацій, що може бути пов'язано з неповнотою даних

за останній період, проте демонструє значний потенціал для розвитку нових напрямків досліджень.

Враховуючи виявлену динаміку росту публікацій, важливо проаналізувати географічний розподіл досліджень для розуміння основних наукових центрів та їх внеску у розвиток галузі (рис. 2).

Аналіз географічного розподілу публікацій показує, що лідером досліджень є США (450 публікацій), за якими слідує європейські країни – Німеччина (350) та Велика Британія (300), а також Китай (250), Нідерланди та Південна Африка (по 200), Канада, Австралія, Індія та Іспанія (150-100 публікацій), що свідчить про глобальний характер досліджень з управління водними ресурсами.

Поряд з географічним розподілом, для розуміння комплексності досліджень важливо проаналізувати їх міждисциплінарний характер (рис. 3).

Аналіз розподілу публікацій за галузями науки виявив переважання екологічних наук (39,6%), значний внесок соціальних наук (14,7%), наук про Землю (11,3%), інженерних (9,4%) та сільськогосподарських наук (7,9%), що підтверджує міждисциплінарний характер досліджень у сфері управління водними ресурсами та необхідність комплексного підходу до вирішення водних проблем. Бібліометричний аналіз публікацій у базі даних Scopus (2835 документів) демонструє зростаючий науковий інтерес до проблематики управління екологічною безпекою водних об'єктів. Виявлено експоненційне зростання кількості публікацій з початку 2000-х років, а також розширення географії досліджень, де лідерами є США та європейські країни. Аналіз показав міждисциплінарний характер досліджень з домінуванням екологічного напрямку (39,6%) та значним внеском соціальних, інженерних наук та наук про Землю, що підтверджує необхідність комплексного підходу до вирішення проблем екологічної безпеки водних об'єктів.

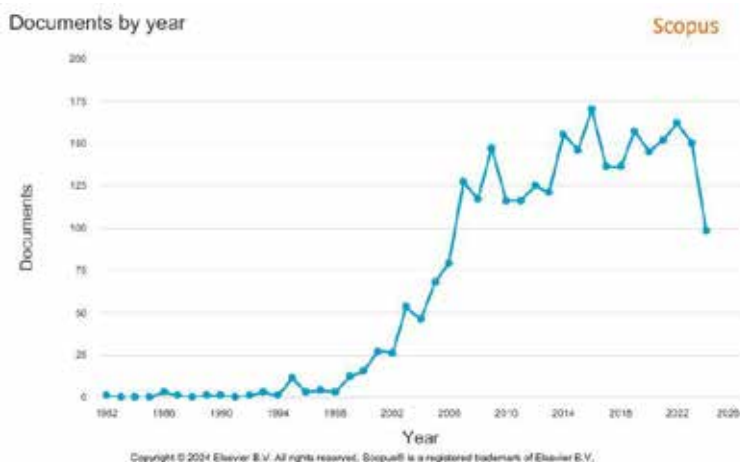


Рис. 1. Динаміка публікаційної активності з питань інтегрованого управління водними ресурсами за період 1982-2024 років за даними бази Scopus (2835 документів): тренди розвитку наукових досліджень

Documents by country or territory

Scopus

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.

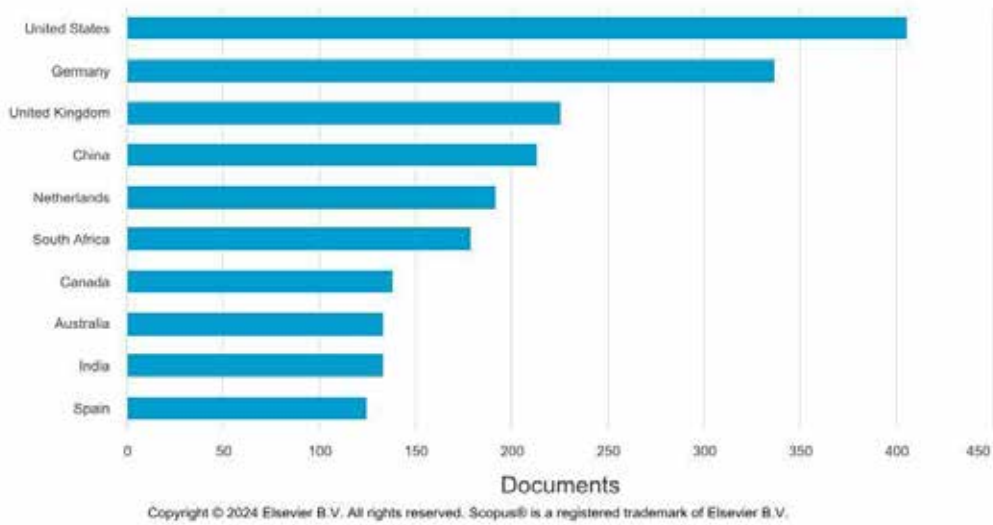


Рис. 2. Розподіл публікацій з інтегрованого управління водними ресурсами за країнами у базі даних Scopus (2835 документів) як складова бібліометричного аналізу дослідницьких трендів

Documents by subject area

Scopus

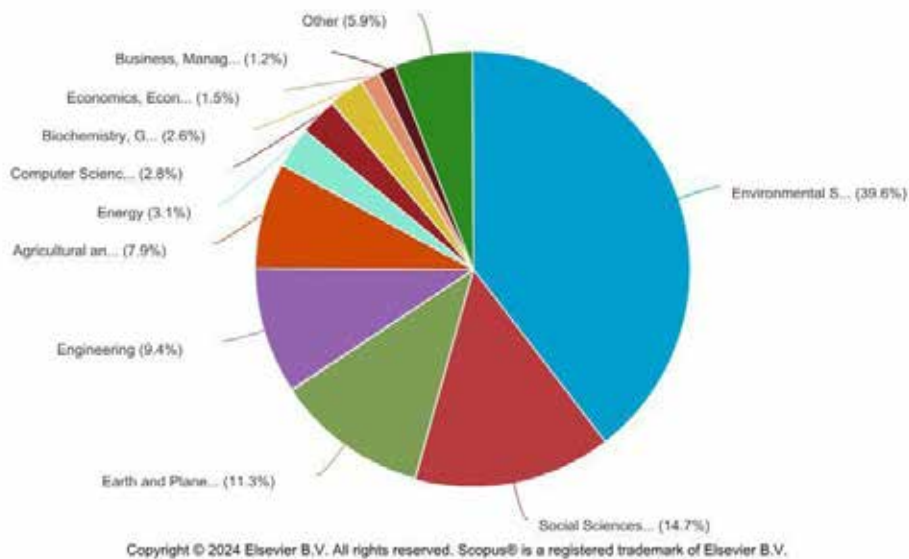


Рис. 3. Розподіл публікацій з інтегрованого управління водними ресурсами за галузями науки у базі даних Scopus (2835 документів): аналіз міждисциплінарності досліджень

Висновки. На основі проведеного дослідження встановлено, що управління екологічною безпекою поверхневих водних об'єктів вимагає комплексного, міждисциплінарного підходу, що підтверджується результатами бібліометричного аналізу публікацій у базі даних Scopus. Виявлено експоненційне зростання наукового інтересу до даної проблематики

з початку 2000-х років, що свідчить про її актуальність та важливість для світової наукової спільноти. При цьому домінування екологічних наук (39,6%) у структурі досліджень поряд зі значним внеском соціальних, інженерних наук та наук про Землю демонструє багатогранність підходів до вирішення проблем екологічної безпеки водних об'єктів.

Дослідження показало, що основними джерелами антропогенного впливу на водні об'єкти є промислові підприємства, комунальні стоки та сільськогосподарська діяльність, сумарний вплив яких призводить до критичного погіршення екологічного стану водойм. Впровадження басейнового принципу управління, закріпленого у Водній Рамковій Директиві ЄС, разом із розвитком систем моніторингу та економічних механізмів регулювання, створює основу для ефективного управління екологічною безпекою водних об'єктів. Особливу роль відіграють інноваційні природоорієнтовані рішення та автоматизовані системи моніторингу, які дозволяють опе-

ративно виявляти зміни стану водних об'єктів та впроваджувати відповідні управлінські рішення.

Ефективне управління екологічною безпекою поверхневих водних об'єктів потребує координації зусиль усіх зацікавлених сторін, розвитку міжнародного співробітництва та впровадження сучасних технологічних рішень. При цьому особливого значення набуває гармонізація національного законодавства з європейськими стандартами та розвиток транскордонного співробітництва у сфері охорони водних ресурсів, що створює передумови для досягнення «доброго» екологічного стану водних об'єктів та забезпечення їх сталого використання.

Література

1. Національна доповідь про стан водних ресурсів України, 2021 / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. – Київ, 2021. – URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf> (дата звернення: 10.12.2024).
2. Kireitseva N., Šerevičienė V., Khrutba V., Zamula I. Internal and external factors of use and conservation of water resources in Zhytomyr region. *Environmental Problems*. 2024. Т. 9, № 1. С. 43–50. URL: <https://doi.org/10.23939/ep2024.01.043>.
3. Кірейцева Г. В., Циганенко-Дзюбенко І. Ю., Герасимчук О. Л., Скиба Г. В., Хоменко С. В. GAP-аналіз водокористування у контексті запобігання евтрофікації річки Тетерів в межах урбоекосистеми м. Житомира. *Екологічні науки*. 2024. Вип. 4(55). С. 53–58.
4. Бондар О. І., Загороднюк К. Ю., Третьяков С. В., Загороднюк Ю. В. Основи водозабезпечення територій з дефіцитом водних ресурсів з урахуванням принципів раціонального природокористування (на прикладі Коблівської ОТГ). *Екологічні науки*. 2023. Вип. 5(50). С. 7–13.
5. Директива Європейського Парламенту і Ради 2000/60/ЄС від 23 жовтня 2000 року про встановлення рамок заходів Співтовариства в галузі водної політики. – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text (дата звернення: 10.12.2024).
6. Klymenko M., Gandziura V., Biedunkova O., Statnyk I. Influence of hydrochemical factors on morphometric variability of Scardinius erythrophthalmus in a freshwater river system. *Biosystems Diversity*. 2022. Vol. 30(3). P. 244–254. DOI: <https://doi.org/10.15421/012226>.
7. Kotsiuba I., Skyba G., Skuratovskaya I., Lyko S. Ecological Monitoring of Small Water Systems: Algorithm, Software Package, the Results of Application to the Uzh River Basin (Ukraine). *Methods and Objects of Chemical Analysis*. 2019. Vol. 14(4). P. 200–207. URL: [http://moca.net.ua/print/moca_2019_14\(4\)_200-207p.pdf](http://moca.net.ua/print/moca_2019_14(4)_200-207p.pdf).
8. Udod V. M., Madzhd S. M., Kulynych Y. I. Regional features of the structural-functional organization of the development of technogenically altered aquatic ecosystems. *Bulletin of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*. 2017. № 3(104). С. 93–99.
9. Madzhd S. M. General ecological characteristics of structural-functional regularities of the development of technonatural systems of the Irpin River estuary area. *Bulletin of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*. 2018. № 5(112). С. 110–114. DOI: <https://doi.org/10.30929/1995-0519.2018.5.110-114>.
10. Циганенко-Дзюбенко І., Кірейцева Г., Герасимчук О., Скиба Г., Хоменко С. Антропогенний вплив війни на водні ресурси: аналіз та потенційні шляхи відновлення. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2024. № 3. С. 51–59. DOI: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2024-3-7>.
11. Ponomarenko Y. G., Dmytrenko T. V., Nemtsova A. A. Assessment of the ecological state of surface water bodies by different criteria. *Bulletin of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*. 2022. № 4(135). С. 30–38. DOI: <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2022.4.4>.
12. Munthe J., Brorström-Lundén E., Rahmberg M., Posthuma L., Altenburger R., Brack W., Bunke D., Engelen G., Gawlik B., Gils J., Herráez D., Rydberg T., Slobodnik J., Wezel A. An expanded conceptual framework for solution-focused management of chemical pollution in European waters. *Environmental Sciences Europe*. 2017. Vol. 29. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12302-017-0112-2>.
13. Conant B., Robinson C., Hinton M., Russell H. A framework for conceptualizing groundwater-surface water interactions and identifying potential impacts on water quality, water quantity, and ecosystems. *Journal of Hydrology*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2019.04.050>.