

РЕЦЕНЗІЯ

професора кафедри системного проектування об'єктів транспортної інфраструктури та геодезії
Національного транспортного університету,
кандидата технічних наук, доцента Рутковської Інесси Анатоліївни
на дисертаційну роботу Покшевницької Тетяни Василівни
на тему: «Багатокритеріальна оцінка технічних альтернатив у забезпеченні екологічної безпеки
водних ресурсів», подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 183
«Технології захисту навколишнього середовища»

Актуальність теми дослідження та її зв'язок із науковими програмами, планами, темами

Питання антропогенного впливу на водні об'єкти та управління якістю водних ресурсів набувають особливого значення в умовах інтенсивного господарського освоєння водних систем України та прогресуючої деградації їх екологічного стану. Попри широке коло наукових досліджень у цій сфері, проблема формалізованого обґрунтування вибору технічних рішень при проектуванні гідротехнічних споруд у процедурі оцінки впливу на довкілля залишається недостатньо вирішеною — чинна практика підготовки звітів з ОВД характеризується описовим підходом до аналізу альтернатив та відсутністю уніфікованої методології їх порівняння.

Додатковою гостротою теми надає воєнний стан в Україні, який суттєво трансформує умови функціонування водогосподарської інфраструктури та висуває нові вимоги до проектних рішень з точки зору стійкості та надійності об'єктів критичної інфраструктури. Врахування цих чинників у процедурі оцінки впливу на довкілля є нагальною практичною потребою, науково-методологічне забезпечення якої до цього часу було відсутнє.

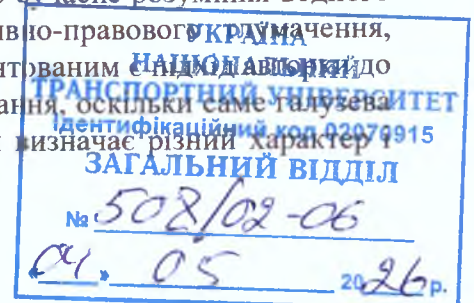
Окремі положення дисертаційних досліджень викладені у звітах науково-дослідних робіт кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища Національного транспортного університету:

1. «Розробка та удосконалення методик, процесів та процедур розв'язання складних комплексних задач у сфері охорони довкілля та збалансованого природокористування – 0121 U107570 (2021-2023);
2. «Розробка методів, моделей, методик та інструментів розв'язання складних проблем та завдань у сфері захисту довкілля та збалансованого природокористування в умовах післявоєнної відбудови України» – 0124U001012 (2024-2026);
3. «Комплексний підхід до відновлення України на засадах сталого розвитку» – 0125U001993 (2025-2027).

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій

За структурою дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Вступ містить обґрунтування актуальності теми, визначення мети, завдань, об'єкта і предмета дослідження, характеристику наукової новизни та практичного значення роботи.

Розділ 1 охоплює теоретико-методологічні засади дослідження і свідчить про підготовку авторки до вирішення поставлених завдань. Покшевницька Т.В. послідовно розгортає понятійний апарат дослідження, починаючи з аналізу підходів до визначення водного об'єкта у вітчизняному законодавстві та міжнародній практиці, і показує, що сучасне розуміння водного об'єкта суттєво відрізняється від його первісного адміністративно-правового визначення, набувши рис комплексної екосистемної одиниці управління. Обґрунтованим є розгляд водних ресурсів крізь призму їх господарського використання, оскільки саме таку специфіку споживання від питного водопостачання до енергетики визначає різний характер



рівні антропогенного впливу на водні об'єкти та їх ресурси, що створює необхідний контекст для подальшого дослідження.

Заслугове на увагу запропоноване авторкою визначення екологічної мілітаризації водних ресурсів, яке формалізує воєнний вплив як особливу форму антропогенного тиску. Запропоноване визначення охоплює системний, кумулятивний і пролонгований процес трансформації гідрологічного, гідрохімічного та екологічного стану водних об'єктів, який охоплює передконфліктну, активну та постконфліктну фази та реалізується через сукупність прямих і опосередкованих механізмів впливу, формуючи довготривалі екологічні, гідрологічні та соціально-економічні наслідки, зумовлені воєнною діяльністю. Введення цього поняття є науково обґрунтованим і актуальним в умовах воєнного стану, а його ілюстрація на прикладі руйнування Каховської ГЕС надає запропонованому визначенню переконливого емпіричного підґрунтя.

У розділі також здійснено порівняльний аналіз підходів до розгляду технічних альтернатив у процедурі оцінки впливу на довкілля в країнах ЄС, США та Канаді, що виявило як спільну рису превентивний характер процедури ОВД так і певні відмінності:

- ЄС – акцент на ранньому включенні аналізу альтернатив у концепцію проєкту та прозорості обґрунтування вибору;

- США – техніко-раціональний підхід з обов'язковим розглядом альтернативи «відмови від дії» як базового сценарію;

- Канада – найширший підхід, що охоплює як альтернативи самого проєкту, так і альтернативні способи його реалізації, з інтеграцією концепції сталого розвитку

Для виявлення сучасного стану розгляду технічних альтернатив в Україні авторка провела контент-аналіз 20 звітів з ОВД гідротехнічних проєктів за 2019-2025 роки, охопивши п'ять типів споруд та дев'ять областей у довоєнний і воєнний періоди. Результати аналізу засвідчили системні недоліки чинної практики: у більшості звітів розглядалося лише дві альтернативи, обсяг їх опису в половині випадків не перевищував однієї сторінки, порівняння здебільшого мало описовий характер, а формалізовані методи багатокритеріального аналізу застосовувались лише в одному звіті з двадцяти. Показово, що порівняльний аналіз довоєнного та воєнного періодів не виявив суттєвого покращення якості розгляду альтернатив, а критерії воєнної стійкості у звітах воєнного часу здебільшого або не враховувались, або розглядались фрагментарно. Отримані результати переконливо обґрунтовують необхідність розроблення формалізованого методу багатокритеріальної оцінки технічних альтернатив.

Розділ 2 має методологічний характер і присвячений побудові системної моделі антропогенного забруднення водних об'єктів, систематизації технічних альтернатив гідротехнічних споруд та формуванню ієрархічної системи критеріїв для їх подальшої порівняльної оцінки у процедурі ОВД.

Побудована системна модель антропогенного забруднення водних об'єктів охоплює три взаємопов'язані складові: параметри антропогенного втручання та умов функціонування водного об'єкта; просторові закономірності прояву антропогенного втручання; результуючий рівень забруднення водного об'єкта та його ресурсів.

Важливо, що гідротехнічні споруди розглядаються не просто як джерело забруднення, а як чинник довготривалої трансформації гідрологічного режиму та ресурсного потенціалу водних об'єктів, що є принципово відмінним від традиційного підходу до аналізу антропогенного впливу.

Заслугове на позитивну оцінку систематизація просторових закономірностей розподілу антропогенного забруднення залежно від типу гідротехнічних споруд та узгодження визначених рівнів впливу з класами наслідків споруд і екологічним станом водних об'єктів за Водною рамковою директивою ЄС.

Окремої уваги заслугове проведений системний аналіз структури процедури ОВД, представленої у вигляді параметричної моделі, що охоплює п'ять блоків від визначення контексту та ідентифікації екологічних аспектів до оцінки впливу на здоров'я населення і заходів зменшення негативного впливу. Такий підхід дозволив чітко окреслити місце аналізу технічних

альтернатив у структурі процедури та виявити методологічну прогалину – відсутність формалізованого механізму їх порівняння.

Запропонована двоетапна системна модель обґрунтування технічних альтернатив, яка передбачає їх формування та попередній відбір на першому етапі і порівняльну оцінку в межах процедури ОВД на другому, є логічно вибудованою і забезпечує структурований підхід до вирішення задачі вибору технічних рішень у процедурі ОВД.

Для порівняльної оцінки технічних альтернатив сформовано ієрархічну дворівневу систему критеріїв, що охоплює п'ять груп верхнього рівня – екологічні, технічні, економічні, соціальні та критерії воєнної стійкості – і 15 критеріїв нижнього рівня, які деталізують окремі аспекти впливу і можуть бути оцінені безпосередньо на основі проєктної документації. Шкалу оцінювання та вагові коефіцієнти груп критеріїв визначено на основі опитування 25 фахівців галузі, що представляли різні професійні групи – розробників звітів з ОВД, проєктувальників гідротехнічних споруд, представників уповноважених органів та науковців. За результатами опитування обґрунтовано вибір п'ятибальної шкали як оптимальної з точки зору зручності застосування та достатності деталізації для виявлення відмінностей між технічними альтернативами. Вагові коефіцієнти визначено методом аналізу ієрархій Т. Сааті, і найвищий пріоритет отримали екологічні критерії, що відповідає превентивній природі процедури ОВД.

Розділ 3 присвячено безпосередньому розробленню методу багатокритеріальної оцінки технічних альтернатив гідротехнічних споруд у процедурі оцінки впливу на довкілля. Авторка обґрунтовано підходить до вибору методологічного інструментарію, здійснивши порівняльний аналіз сучасних методів багатокритеріального прийняття рішень – методу аналітичної ієрархії (АНР), методу упорядкування за подібністю до ідеального рішення (TOPSIS), методу виключення та вибору (ELECTRE) та методу ранжування на основі переваг (PROMETHEE). За результатами порівняльного аналізу встановлено, що TOPSIS, попри ефективність для швидкого ранжування альтернатив, є менш придатним у випадках, коли взаємодія між критеріями відіграє вирішальну роль, оскільки не враховує міжкритеріальні залежності. Методи ELECTRE та PROMETHEE, хоча і відзначаються гнучкістю у моделюванні функцій переваг, вимагають вищої методологічної підготовки експертів і є складнішими для інтерпретації результатів у практиці ОВД. Метод АНР обрано як оптимальний, оскільки він найповніше відповідає специфіці задачі вибору технічних альтернатив гідротехнічних споруд — забезпечує структурування складної ієрархічної системи критеріїв, поєднує кількісні показники та суб'єктивні судження експертів, а перевірка узгодженості експертних суджень через розрахунок відношення узгодженості підвищує прозорість і відтворюваність результатів оцінювання.

Розроблений метод МСА призначений для формалізованого порівняння та ранжування технічних альтернатив гідротехнічних споруд у процедурі ОВД і може застосовуватись як на етапі підготовки проєктних рішень, так і при безпосередньому розробленні звітів з ОВД. Метод побудований за двоблоковим алгоритмом з 14 кроків. Перший блок охоплює формування початкової множини технологічно можливих альтернатив та їх послідовний відбір через шість груп обмежень – природних, нормативних, екологічних, економічних, соціальних та безпекових. Результатом є звужена множина альтернатив, що є технічно реалізованими, нормативно допустимими та безпечними в експлуатації. Другий блок передбачає оцінку відібраних альтернатив за 15 критеріями, згрупованими у п'ять груп, застосування вагових коефіцієнтів, розрахунок інтегрального показника зваженої суми та ранжування альтернатив. Додатково для кожної альтернативи виявляються групи критеріїв з найвищими та найнижчими оцінками, що дозволяє не лише обрати оптимальний варіант, а й сформулювати рекомендації щодо його вдосконалення. Слід відзначити, що вагові коефіцієнти у разі специфічних вимог конкретного проєкту можуть бути скориговані, що забезпечує гнучкість методу без втрати методологічної коректності.

Програмну реалізацію методу виконано у вигляді модуля на базі Microsoft Excel, що охоплює введення вагових коефіцієнтів та оцінок альтернатив за критеріями, автоматичний розрахунок інтегральних показників і рангів, графічну візуалізацію результатів та формування матеріалів для включення у звіт з ОВД. Модуль містить детальну інструкцію з прикладами

заповнення для типових гідротехнічних об'єктів, що робить його доступним для фахівців без спеціальної підготовки у сфері багатокритеріального аналізу.

Розділ 4 забезпечує практичне підтвердження розробленого методу і є логічним завершенням дослідження. Апробацію здійснено на прикладі вибору технологічної схеми промивки швидких фільтрів станції водопідготовки в рамках реконструкції системи централізованого водопостачання, що є типовим і добре документованим об'єктом для задач такого роду. Три сформовані технічні альтернативи – з використанням вихідної води зі свердловин, підготовленої води з резервуарів чистої води та комбінована схема – суттєво відрізняються за технологічними, екологічними та безпековими характеристиками, що забезпечує методологічно коректну основу для апробації.

Результати багатокритеріальної оцінки переконливо демонструють перевагу комбінованої схеми промивки з інтегральним показником 4,07, тоді як традиційний підхід, орієнтований на мінімізацію витрат, рекомендував би економічно вигіднішу, але значно менш надійну альтернативу. Проведений аналіз чутливості результатів до варіації вагових коефіцієнтів у шести сценаріях підтвердив стійкість отриманого ранжування, що свідчить про робастність методу. Кількісна оцінка прогнозованих ефектів – скорочення річних скидів заліза на 88,6%, зменшення тривалості простою системи у 3-7 разів залежно від сценарію та скорочення потенційних економічних втрат на 5,6 млн грн – надає висновкам переконливого доказового характеру і підтверджує практичну цінність запропонованого методу.

Ступінь новизни результатів дисертаційного дослідження

До нових наукових результатів дисертаційної роботи належить введене авторкою поняття екологічної мілітаризації водних об'єктів, яке вперше формалізує воєнний вплив як самостійну форму антропогенного тиску з власними механізмами, фазністю та просторовими закономірностями прояву. Це дозволяє розмежовувати техногенні та мілітарні чинники деградації водних систем при екологічному аналізі.

Вперше розроблено системну модель обґрунтування вибору технічних альтернатив у процедурі ОВД, яка інтегрує закономірності просторового розподілу антропогенного впливу як основу для формалізованого порівняння альтернатив, що принципово відрізняє її від існуючих підходів.

Удосконалено метод багатокритеріальної оцінки технічних альтернатив шляхом доповнення системи критеріїв групою критеріїв воєнної стійкості та врахування просторових закономірностей антропогенного впливу, що підвищує обґрунтованість і прозорість вибору проєктних рішень у процедурі ОВД.

Подальшого розвитку набули наукові уявлення про просторові закономірності розподілу антропогенного впливу залежно від типу гідротехнічних споруд та підходи до інтерпретації рівнів цього впливу з урахуванням класів наслідків споруд і вимог Водної рамкової директиви ЄС.

Наукове та практичне значення отриманих результатів

Результати дисертаційного дослідження мають безпосереднє прикладне значення для сфери водогосподарського проєктування та екологічного регулювання. Удосконалений метод багатокритеріальної оцінки технічних альтернатив відповідає реальній потребі практики підготовки звітів з ОВД у формалізованому інструменті порівняння проєктних рішень, що підтверджено результатами контент-аналізу 20 звітів. Застосування методу дозволить перейти від описового до системного підходу при обґрунтуванні вибору технічних рішень, підвищити прозорість цього процесу та забезпечити належне врахування екологічних пріоритетів.

Практичне значення отриманих результатів підтверджується їх впровадженням у діяльність ТОВ «Науково-дослідний центр Екологія довкілля» (довідка про впровадження, вих. № 2/06 від 02.06.2025 р.), ТОВ «ЄВРОГАЗБУДСЕРВІС» (довідка про впровадження, вих. № 06062025 від

06.06.2025 р.) та ТОВ «Науково-дослідний центр екологічної безпеки та природокористування» (довідка про впровадження, вих. № 11/11-01 від 11.11.2025 р.), а також в освітній процес в Національному транспортному університеті при підготовці здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти за спеціальністю 101/E2 – Екологія (ОПП «Екологія») та 183/G2 «Технології захисту навколишнього середовища» (ОПП «Екологічна інженерія автотранспортної діяльності», ОПП «Технології захисту навколишнього середовища»).

Ступінь обґрунтованості та достовірності результатів

Наукові положення та висновки дисертаційної роботи є достовірними і належно обґрунтованими. Авторка послідовно застосовує системний підхід, параметричний та морфологічний аналіз, методи багатокритеріального оцінювання та контент-аналіз, що забезпечує методологічну коректність отриманих результатів. Достовірність висновків підтверджується апробацією методу на реальному проєкті та аналізом чутливості результатів до варіації вагових коефіцієнтів, який засвідчив стійкість отриманого ранжування у всіх розглянутих сценаріях.

Повнота викладення результатів у публікаціях

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 35 наукових працях (24 із яких у співавторстві) загальним обсягом 6,66 ум. авт. арк., із них: 10 статей у наукових фахових виданнях України, 2 статті у виданні, індексованому у наукометричній базі Scopus, 21 публікація апробаційного характеру, 2 розділи у колективних монографіях, а також 6 свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір. Обсяг і структура публікацій достатньо повно відображають основні положення та результати дисертаційного дослідження.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. У роботі апробацію методу МСА здійснено на одному прикладі – виборі технологічної схеми промивки швидких фільтрів станції водопідготовки. Розширення апробації на інші типи гідротехнічних споруд, наприклад берегоукріплювальні споруди або меліоративні системи, дозволило б повніше продемонструвати універсальність розробленого методу.
2. У розділі 2 доцільно було б детальніше обґрунтувати підхід до формування переліку критеріїв нижнього рівня, зокрема, чому для кожної групи обрано саме три критерії, а не більше чи менше.
3. Результати дослідження, зокрема виявлені системні недоліки чинної практики розгляду технічних альтернатив у звітах з ОВД, могли б бути використані як основа для конкретних пропозицій щодо вдосконалення нормативно-методичної бази у сфері оцінки впливу на довкілля, що розширило б практичне значення роботи.

Висловлені зауваження мають рекомендаційний характер і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновки

Дисертаційна робота Покшевницької Тетяни Василівни за актуальністю обраної теми, науковою новизною отриманих результатів, практичною цінністю розробленого методу та програмного модуля багатокритеріальної оцінки, а також глибиною теоретичних досліджень і повнотою апробації повністю задовольняє вимогам чинного законодавства стосовно підготовки докторів філософії за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

Дисертаційна робота виконана на належному науково-методичному рівні і містить значущі для науки та практики результати щодо формалізації процедури вибору технічних альтернатив

гідротехнічних споруд у процедурі оцінки впливу на довкілля з урахуванням антропогенного навантаження та безпекових чинників в умовах воєнного стану. Отримані результати можуть бути ефективно використані проєктними організаціями, розробниками звітів з ОВД та уповноваженими органами у сфері екологічного регулювання.

Підсумовуючи, дисертація Покшевніцької Тетяни Василівни на тему «Закономірності розподілу і рівні впливу антропогенного забруднення на водні об'єкти та їх ресурси» є самостійним дослідженням, яке вирішує актуальне науково-прикладне завдання. Робота відповідає всім критеріям, що висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії (PhD), зокрема вимогам п. 6-9 Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії», а її авторка Покшевніцька Тетяна Василівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища» галузі знань 18 «Виробництво та технології».

Рецензент,

професор кафедри системного
проектування об'єктів транспортної
інфраструктури та геодезії
Національного транспортного університету
канд. техн. наук, доцент

Інеса РУТКОВСЬКА

