

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну наукову працю Сахновської Вікторії Миколаївни
«Теоретичне обґрунтування планування заходів забезпечення екологічної
безпеки муніципальних систем водовідведення»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за
спеціальністю 101 – Екологія, галузі знань 10 – Природничі науки

Дисертаційне дослідження присвячено вирішенню проблеми теоретичного обґрунтування планування заходів забезпечення екологічної безпеки муніципальних систем водовідведення.

Метою проведеного дослідження є розроблення методичних та прикладних положень комплексного оцінювання та моніторингу впливу на довкілля муніципальних систем водовідведення для забезпечення їхньої екологічної безпеки.

Об'єкт дослідження – комплексний процес забезпечення екологічної безпеки роботи муніципальних систем водовідведення. *Предмет дослідження* – методологічні та системні принципи планування заходів з забезпечення екологічної безпеки роботи муніципальних систем водовідведення.

Для розв'язання поставлених у дисертаційному дослідженні наукових завдань застосовано сукупність методів емпіричного, теоретичного та експериментального пізнання. Зокрема, використано:

- абстрактно-логічний метод – для обґрунтування необхідності оптимізації систем водопостачання та водовідведення;
- статистичний аналіз – для обробки та інтерпретації вихідних даних щодо технічного стану систем водовідведення та обсягів водокористування;
- прийоми порівняльного аналізу – з метою співставлення змін гідравлічного режиму роботи систем із показниками їх надійності та кліматичними умовами;
- теорію графів – для побудови графів зв'язності та визначення вагомості факторів впливу індикаторів, показників і критеріїв;
- логіко-математичне моделювання – для створення балансово-аналітичної моделі інфільтрації та ексфільтрації, розрахунку обсягів водокористування та комплексної оцінки стану систем водопостачання і водовідведення;
- теорію надійності – для визначення ключових показників надійності функціонування мереж;
- методи багатокритеріальної оцінки (MCDM), зокрема TOPSIS, а також методи фінансового аналізу – для реалізації експрес-моніторингу та еколого-економічного обґрунтування оптимізації роботи систем водовідведення в умовах експлуатації.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що: *вперше* розроблено системну модель оцінки екологічної безпеки муніципальних систем водовідведення України; *вдосконалено* методи проведення моніторингу екологічної безпеки роботи муніципальних систем

водовідведення; математичні моделі, які забезпечують науково обґрунтоване прогнозування загального обсягу водовідведення з урахуванням поточного стану мереж водопостачання та водовідведення. *Набули подальшого розвитку методи визначення ексфільтрації і інфільтрації систем водопостачання та водовідведення України; методи еколого-економічного обґрунтування оптимізації роботи систем водовідведення в умовах експлуатації.*

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що вони є внеском у розвиток муніципальних підприємств водовідведення України та галузі в цілому. Основні положення та результати дисертації було відображено у роботі «Новітні технології водопостачання та водовідведення: наукове технічне обґрунтування», за яку здобувачці було присуджено Премію Президента України для молодих вчених. Запропоновані підходи надають органам місцевого самоврядування, проєктувальникам та будівельникам інструменти для прийняття обґрунтованих рішень щодо управління системами, планування інвестицій та реагування на надзвичайні ситуації. Експрес-моніторинг дозволяє оперативно оцінювати стан інфраструктури, запобігаючи аваріям та забрудненню довкілля, тоді як метод техніко-економічного обґрунтування варіантів забезпечення екологічної безпеки мереж муніципальних дозволяє оптимізувати роботу систем, зменшуючи навантаження на екосистеми. Крім того, розробки можуть бути використані для подальших досліджень, впроваджені в цифрові системи управління містами, а також слугувати основою для нових нормативних документів та стандартів. Важливим є можливість застосування методики *ТЕО* для обґрунтування інвестиційних проєктів для надання допомоги Україні у відновленні екологічної інфраструктури та адаптація для використання в інших країнах, що стикаються з подібними проблемами.

Особистий внесок здобувачки полягає у комплексному дослідженні, що включає аналіз проблеми, розробку концепції оцінки забезпечення екологічної безпеки муніципальних систем водовідведення, формулювання мети, розробці методик та алгоритмів розрахунку, статистичній обробці та аналізі результатів, формулюванні наукової новизни та основних положень дисертації.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів та висновків до них, загальних висновків, списку використаних джерел з 310 найменувань, 5 додатків; містить 66 формул, 40 зображень і 36 таблиць.

У *вступі* розглянуто стан наукової проблеми, обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету й завдання дослідження, визначено наукову новизну та практичну значущість роботи, окреслено особистий внесок здобувача та подано відомості про апробацію отриманих результатів.

У *першому розділі* висвітлено сучасний стан, теоретико-методологічні засади та практичні підходи до забезпечення екологічної безпеки муніципальних систем водовідведення в Україні.

Авторкою проаналізовано критичну нестабільність екологічної безпеки водовідведення, спричинену поєднанням глобальних екологічних викликів,

внутрішніх системних проблем і наслідків воєнної агресії. Показано суперечливий вплив зниження водокористування, недосконалість законодавчої бази, а також техногенні чинники, що посилюють ризики. Обґрунтовано необхідність експрес-моніторингу стану систем. Здобувачкою охарактеризовано інтегрований підхід до оцінки екологічної безпеки з урахуванням технічних, екологічних, соціальних та економічних аспектів. Наведено сучасні наукові методи оцінки ризиків – логіко-ймовірнісний аналіз, моделювання, експертні оцінки. Крім того, систематизовано методи виявлення інфільтрації та ексфільтрації стічних вод: балансові, вимірювально-аналітичні та математично-аналітичні та показано їхні переваги, недоліки і обмеження, особливо в умовах воєнного та постконфліктного періоду. Розділ закладає науково-практичну основу для подальших досліджень і розробки дієвих рішень щодо підвищення екологічної безпеки систем водовідведення в Україні.

У *другому розділі* розроблено концепцію оцінювання забезпечення екологічної безпеки муніципальних систем водовідведення, що ґрунтується на холістичному підході до аналізу функціонування системи. Такий підхід забезпечує виявлення критичних станів і потенційних загроз для прийняття превентивних заходів. Запропоновано ієрархічну логіко-математичну модель, яка охоплює три взаємопов'язані підсистеми та дозволяє здійснювати кількісну оцінку стану водовідведення на всіх етапах його функціонування. Модель є універсальною, адаптивною до змін законодавства та нових досліджень, і орієнтована на виявлення критичних станів та пріоритетних напрямів удосконалення. У межах дослідження обґрунтовано взаємозв'язок екологічної безпеки з надійністю мереж, а також визначено ключові чинники впливу – термін експлуатації, матеріали та гідравлічний режим.

У *третьому розділі* дисертаційного дослідження сформовано та реалізовано методологічні принципи планування заходів із забезпечення екологічної безпеки муніципальних систем водовідведення. Описано метод експрес-моніторингу екологічної безпеки муніципальних систем водовідведення України, що базується на категоризації територій за рівнем впливу воєнних дій. Розглянуто систему індикаторів, що дозволяє швидко і надійно оцінити рівень екологічної безпеки на основі доступних статистичних даних. Метод забезпечує виявлення вразливих ділянок та пріоритетизацію заходів у кризових ситуаціях. Здобувачкою запропоновано метод балансово-аналітичного аналізу процесів інфільтрації та ексфільтрації, що відбуваються в системах водовідведення. Проведено побудову математичної моделі з визначенням обсягів неврахованих втрат, що дозволяє оцінити потенційні ризики забруднення довкілля та виявити пріоритетні напрями для підвищення надійності систем. Обґрунтовано методологію еколого-економічного обґрунтування оптимізації роботи систем водовідведення в умовах експлуатації. Методологія поєднує інженерно-екологічні та економічні підходи, використовуючи метод багатокритеріального оцінювання *TOPSIS* для обрання оптимальних рішень з урахуванням технічних, екологічних, соціальних та економічних критеріїв. Запропонований підхід дозволяє

ефективно приймати рішення в умовах невизначеності та інформаційної асиметрії, що характерні для воєнного та поствоєнного періодів.

У *четвертому розділі* дисертаційного дослідження сформовано організаційні засади забезпечення екологічної безпеки систем водовідведення в умовах триваючих військових дій. Здійснено експрес-моніторинг стану муніципальних систем водовідведення України, результати якого засвідчили значне погіршення їх функціонування унаслідок багаторічного збройного конфлікту. Проведений аналіз дозволив виявити регіональні відмінності рівня екологічної небезпеки та окреслити пріоритетні напрями реагування, зокрема у регіонах із найвищим ступенем інфраструктурних пошкоджень. Обґрунтовано доцільність використання балансово-аналітичного методу для кількісної оцінки додаткового припливу та ексфільтрації у системах водовідведення. Отримані результати дали змогу сформувану низку організаційно-технічних заходів, спрямованих на інтенсифікацію роботи систем та підвищення їхньої екологічної надійності, що, у свою чергу, сприяє ефективнішому управлінню водними ресурсами й зменшенню екологічного навантаження на довкілля. Окрема увага у розділі приділена аналізу стану систем водовідведення в малих населених пунктах. Здійснено еколого-економічне оцінювання двох альтернативних варіантів реконструкції, за результатами якого рекомендовано будівництво нового напірного колектору як оптимального рішення з точки зору економічної ефективності та екологічної доцільності. Такий підхід доводить можливість ефективного впровадження інвестиційних проєктів навіть в умовах обмежених ресурсів і високих екологічних ризиків.

Попри зазначені позитивні аспекти дисертаційного дослідження, до її змісту та структури висловлюються такі зауваження:

1. На рисунку 1.1 представлено дані щодо смертності, спричиненої небезпечними системами водовідведення у світі за 2021 рік. Водночас, доцільним було б проаналізувати відповідні показники окремо для України за останнє десятиліття з метою встановлення локальних тенденцій та рівня ризиків.

2. На рисунку 1.8 наведено статистику надзвичайних ситуацій в Україні за період 1991–2023 рр. на основі відкритих джерел. Рекомендується окремо виокремити надзвичайні ситуації, пов'язані безпосередньо з порушенням функціонування систем водовідведення, для уточнення їх впливу на екологічну безпеку.

3. У межах розробленої загальної моделі «Муніципальні системи водопостачання та водовідведення» доцільно було б запропонувати інтегральний показник екологічної безпеки, який би дозволив комплексно оцінити поточний стан обох систем.

4. У таблиці 2.2 «Нормативи блока «Експлуатація приймачів» відсутнє обґрунтування критерію гідравлічного тиску та режиму надходження стічних вод для класів «умовно-екологічно безпечно» та «екологічно небезпечно». Це обмежує репрезентативність запропонованої класифікації.

5. На сторінці 83 вказано, що для мереж діаметром до 300 мм спостерігається стабільне зростання кількості відмов, тоді як для мереж інших діаметрів така залежність не є сталою. Однак рисунок 2.5 не дає достатнього візуального підтвердження зазначеної динаміки. Доцільно було б проаналізувати зміну цього показника у міжрічному розрізі для підтвердження загальної тенденції.

6. В роботі відсутня апробація запропонованого алгоритму визначення пріоритетності заходів з відновлення елементів систем водовідведення для територій третьої категорії, тобто таких, що перебувають у зоні активних воєнних дій. Доцільно було б провести дослідження, спрямовані на перевірку ефективності алгоритму в умовах реального функціонування систем у зазначених регіонах.

Зроблені зауваження не є принциповими та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи. Дисертація написана державною мовою, структура, зміст і обсяг роботи відповідають встановленим вимогам і являють собою завершену, структуровану науково-дослідну роботу, що поєднує прикладні теоретичні та експериментальні дослідження. У тексті дисертації надано посилання на всі літературні джерела, а сам текст є зрозумілим і легким для сприйняття.

Дисертаційне дослідження повністю відповідає вимогам, що висуваються до здобуття наукового ступеня доктора філософії, і авторка Сахновська Вікторія Миколаївна заслуговує присвоєння їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 – Екологія.

Рецензентка,
доцентка кафедри технологій
захисту навколишнього середовища
та охорони праці Київського
національного університету
будівництва і архітектури,
д.т.н., доцентка



Марина КРАВЧЕНКО

Підпис д.т.н., доцентки
Марини Кравченко

ЗАСВІДЧУЮ

Вчений секретар
Київського національного
університету будівництва
і архітектури



Микола КЛИМЕНКО