МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології

Кафедра екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ЯКІМЧУК АННА ІВАНІВНА

УДК 504.064:628.1(477.42)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНОГО ГОСПОДАРСТВА В УМОВАХ ЖИТОМИРЩИНИ

101 «Екологія»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Анна ЯКІМЧУК

Керівник роботи:
Дмитро ВИСКУШЕНКО,
кандидат біол. наук, доцент

Житомир – 2026

Висновок кафедри екології

за результатами попереднього захисту:
_____

Протокол засідання кафедри екології
№ __ від «___» _____ 2026 р.

Завідувач кафедри

екології Юрій НИКИТЮК

«___» _____ 2026 р.

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувач вищої освіти **Анна Якімчук** захистила кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК _____ _____
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Якімчук А.І. Оцінка екологічних ризиків експлуатації об'єктів водопровідно-каналізаційного господарства в умовах Житомирщини. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 101 «Екологія». – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

У роботі розглянуто теоретичні та прикладні аспекти оцінки екологічних ризиків, пов’язаних з експлуатацією об'єктів водопровідно-каналізаційного господарства. Проаналізовано основні джерела екологічної небезпеки у системах водопостачання та водовідведення, зокрема витоки, аварійні ситуації, зношеність інженерних мереж та недосконаліть очисних споруд. Оцінено вплив зазначених факторів на стан водних ресурсів і довкілля в умовах Житомирської області. Проведено аналіз сучасних підходів до екологічного моніторингу та управління ризиками у сфері водного господарства. Обґрунтовано заходи щодо зниження екологічних ризиків, підвищення надійності функціонування систем водопостачання і водовідведення та мінімізації негативного впливу на навколишнє природне середовище.

Ключові слова: екологічні ризики, водопостачання, водовідведення, водні ресурси, екологічний моніторинг, очисні споруди, техногенний вплив.

ANNOTATION

Yakimchuk A. Assessment of Environmental Risks of the Operation of Water Supply and Sewerage Facilities in the Conditions of Zhytomyr Region. – Qualification paper manuscript copyrights.

Qualification work for obtaining a Bachelor’s degree in the specialty 101 «Ecology». – Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

The paper examines theoretical and applied aspects of environmental risk assessment associated with the operation of water supply and sewerage facilities. The main sources of environmental hazards in water supply and wastewater

systems are analyzed, including leakages, аварійні situations, deterioration of infrastructure, and insufficient efficiency of treatment facilities. The impact of these factors on water resources and the environment in the Zhytomyr region is assessed. Modern approaches to environmental monitoring and risk management in the water sector are considered. Measures aimed at reducing environmental risks, improving the reliability of water supply and sewerage systems, and minimizing negative environmental impacts are substantiated.

Key words: environmental risks, water supply, wastewater, water resources, environmental monitoring, treatment facilities, technogenic impact.

ЗМІСТ

		Стор.
	ВСТУП	**6**
1.	**ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ У СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ**	**9**
1.1.	Поняття екологічного ризику та підходи до його оцінки у водному господарстві	9
1.2.	Джерела та фактори екологічної небезпеки об'єктів водопостачання і водовідведення	13
1.3.	Нормативно-правове забезпечення та методичні підходи до оцінки екологічних ризиків	16
2.	**АНАЛІЗ СТАНУ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ У ЖИТОМИРСЬКІЙ ОБЛАСТІ**	**20**
2.1.	Загальна характеристика систем водопостачання та водовідведення Житомирської області	20
2.2.	Ідентифікація та оцінка основних екологічних ризиків експлуатації об'єктів	22
2.3.	Вплив функціонування систем водопостачання та водовідведення на стан водних ресурсів і довкілля	26
3.	**НАПРЯМИ ЗНИЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ**	**30**
3.1.	Удосконалення систем екологічного моніторингу та контролю	30
3.2.	Технічні та організаційні заходи мінімізації екологічних ризиків	33
	ВИСНОВКИ	**38**
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	**40**

ВСТУП

Сучасний розвиток інженерної інфраструктури населених пунктів нерозривно пов’язаний із функціонуванням систем водопостачання та водовідведення, які забезпечують базові санітарно-гігієнічні потреби населення і є критично важливими для сталого розвитку територій [22]. Водночас експлуатація таких систем супроводжується низкою екологічних ризиків, що можуть проявлятися у вигляді забруднення водних ресурсів, деградації природних екосистем, а також погіршення якості питної води [2]. Особливої актуальності ці питання набувають у регіонах із зношеною інфраструктурою та обмеженими ресурсами для її модернізації.

Житомирська область характеризується наявністю розгалуженої мережі об'єктів водопровідно-каналізаційного господарства, значна частина яких експлуатується тривалий час і потребує оновлення. У таких умовах підвищується ймовірність виникнення аварійних ситуацій, втрат води, неефективної роботи очисних споруд та, як наслідок, негативного впливу на довкілля. Це обумовлює необхідність комплексного дослідження екологічних ризиків, пов’язаних із функціонуванням відповідних систем, а також розроблення обґрунтованих заходів щодо їх зниження.

Додаткової практичної значущості дослідженню надає проходження виробничої практики на комунальному підприємстві «Конкурент» (селище Довбиш), діяльність якого безпосередньо пов’язана з експлуатацією систем водопостачання та водовідведення. Це дозволило використати фактичні дані та спостереження для більш глибокого аналізу стану об'єктів і специфіки екологічних ризиків на локальному рівні.

Метою роботи є оцінка екологічних ризиків, що виникають у процесі експлуатації об'єктів водопостачання та водовідведення в умовах Житомирської області, а також обґрунтування заходів щодо їх мінімізації.

Для досягнення поставленої мети в роботі визначено такі **завдання:**

- розкрити сутність екологічного ризику та узагальнити підходи до його оцінки у сфері водного господарства;

- визначити основні джерела та чинники екологічної небезпеки, пов’язані з функціонуванням систем водопостачання і водовідведення;
- проаналізувати сучасний стан об'єктів водопостачання та водовідведення Житомирської області;
- здійснити ідентифікацію та оцінку екологічних ризиків їх експлуатації (з урахуванням матеріалів КП «Конкурент»);
- оцінити вплив зазначених ризиків на водні ресурси та стан довкілля;
- розробити пропозиції щодо зниження екологічних ризиків і підвищення екологічної безпеки відповідних систем.

Об'єктом дослідження є процеси функціонування систем водопостачання та водовідведення як джерела потенційного впливу на довкілля.

Предметом дослідження виступають екологічні ризики, що виникають у процесі експлуатації об'єктів водопостачання та водовідведення, а також підходи до їх оцінки та мінімізації.

У процесі виконання роботи застосовано комплекс **методів дослідження**, зокрема: аналіз і узагальнення наукових джерел для формування теоретичної бази; системний підхід – для розгляду об'єктів водного господарства як складних техно-екологічних систем; порівняльний аналіз: для оцінки стану інфраструктури; елементи експертної оцінки та ідентифікації ризиків; статистичні методи обробки даних; графічні методи візуалізації результатів. Також використано матеріали виробничої практики, що дозволило конкретизувати результати дослідження.

Перелік публікацій автора за темою дослідження.

Якімчук А.І. Екологічні ризики експлуатації систем водопостачання та водовідведення в регіональному вимірі. Екологія. Наука. Практика-2026 : матеріали XXII Всеукр. наук.-практ. конф. Житомир : Поліський національний університет, 2026. С. 78-80 [25].

Яремчук С.М., **Якімчук А.І.,** Грицанюк О.А., Козюк О.О. Екологічні ризики та енергетична ефективність водоочисних технологій у контексті

стратегічного розвитку міських громад. 3rd International Scientific and Practical Conference: Science, Technology and Industry in the Digital Age. Hamburg: International Scientific Unity, 2026. p. 137-140 [26].

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання органами місцевого самоврядування, комунальними підприємствами та іншими суб'єктами господарювання для підвищення екологічної безпеки експлуатації систем водопостачання та водовідведення. Запропоновані заходи можуть бути застосовані для зменшення техногенного навантаження на водні ресурси, підвищення ефективності функціонування очисних споруд і запобігання виникненню аварійних ситуацій. Окремі результати можуть бути використані у діяльності КП «Конкурент» (селище Довбиш) для удосконалення практик управління екологічними ризиками.

Структура та обсяг роботи. Робота викладена на 44 сторінках комп’ютерного тексту, кількість таблиць – 7, кількість рисунків – 8. Список використаної літератури – 42 джерела.

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ У СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

1.1. Поняття екологічного ризику та підходи до його оцінки у водному господарстві

У сучасних умовах інтенсифікації господарської діяльності поняття ризику поступово трансформується з абстрактної категорії у прикладний інструмент управління природокористуванням. Особливого значення це набуває у сфері водного господарства, де технічні системи безпосередньо взаємодіють із природними компонентами, формуючи складні техно-природні комплекси. У такому контексті екологічний ризик доцільно розглядати як імовірність виникнення небажаних змін у стані довкілля [18], що супроводжуються негативними наслідками для природних систем і людини внаслідок функціонування інженерної інфраструктури.

На відміну від суто технічного трактування, де ризик обмежується оцінкою аварійності чи відмов обладнання, екологічний аспект передбачає врахування ширшого спектра факторів. Йдеться не лише про події з різким проявом (наприклад, прориви мереж або несанкціоновані скиди), але й про поступові процеси, що накопичуються у часі, зокрема дифузне забруднення, зміни гідрохімічного складу води або деградацію водних екосистем. Таким чином, екологічний ризик у водному господарстві має багатовимірний характер і поєднує технічну, природну та соціальну складові. Для наочного відображення взаємозв’язку між основними елементами екологічного ризику доцільно подати його структурну схему (рис. 1.1.1).

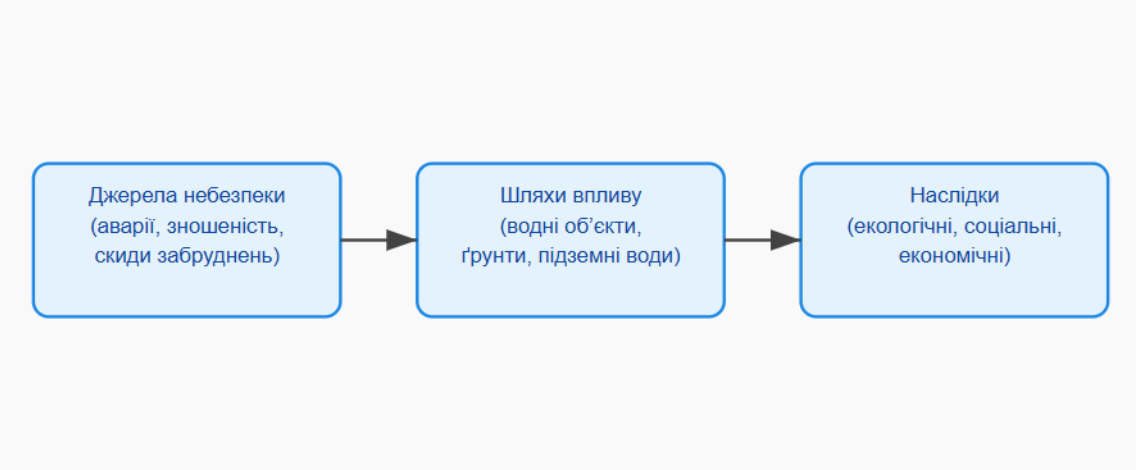


Рис. 1.1.1. Структура екологічного ризику у водному господарстві.

Як показано на рисунку 1.1.1, екологічний ризик формується як результат взаємодії джерел небезпеки, шляхів поширення впливу та можливих наслідків, що дозволяє розглядати його як комплексний процес, а не окрему подію.

Сутність ризику традиційно розкривається через поєднання двох ключових параметрів: імовірності настання події та тяжкості її наслідків. Проте у водогосподарській практиці до цієї базової моделі додаються характеристики просторового поширення впливу, тривалості дії та здатності природних систем до самовідновлення. Наприклад, навіть незначні за інтенсивністю забруднення можуть мати суттєві наслідки у випадку їх довготривалого накопичення або потрапляння у водні об'єкти з обмеженим водообміном.

Для систематизації основних чинників, що формують екологічні ризики у сфері водопостачання та водовідведення, доцільно виділити їх за походженням та характером впливу (табл. 1.1.1). Як видно з зазначеної таблиці екологічні ризики формуються під впливом різнорідних факторів, серед яких ключову роль відіграють технічний стан інфраструктури та ефективність організаційного управління. Водночас природні чинники можуть виступати каталізаторами негативних процесів, посилюючи вплив техногенних навантажень на водні екосистеми [23].

Таблиця 1.1.1

Основні фактори формування екологічних ризиків у системах водопостачання та водовідведення

Група факторів	Прояви у системах водного господарства	Потенційні екологічні наслідки
Технічні	Зношеність трубопроводів, аварії	Витоки, забруднення ґрунтів і вод
Технологічні	Недостатня ефективність очищення	Погіршення якості води
Природні	Повені, підтоплення	Перевантаження систем
Організаційні	Недостатній контроль і обслуговування	Зростання аварійності

Важливою особливістю екологічних ризиків у сфері водопостачання та водовідведення є їхня латентність. Часто негативні ефекти не проявляються одразу, а стають очевидними лише через певний час, що ускладнює їх своєчасну ідентифікацію. Це обумовлює необхідність використання не лише реактивних, але й превентивних підходів до оцінки ризиків.

Сучасні підходи до оцінки екологічних ризиків у водному господарстві базуються на поєднанні кількісних та якісних методів. Кількісні методи передбачають використання математичних моделей, статистичних даних та індикаторів, що дозволяють чисельно оцінити рівень ризику [5]. Зокрема, застосовуються розрахунки ймовірності аварій, аналіз концентрацій забруднювальних речовин, оцінка навантаження на водні об’єкти. Водночас такі підходи потребують наявності достовірних вихідних даних, що не завжди можливо в умовах обмеженого моніторингу.

Якісні методи орієнтовані на експертну оцінку та систематизацію ризиків за певними критеріями. Вони дозволяють враховувати фактори, які складно формалізувати, наприклад, організаційні недоліки в управлінні або рівень технічного обслуговування мереж. Одним із поширених інструментів є матричний підхід, за якого ризики класифікуються залежно від їх ймовірності та потенційних наслідків, що дає змогу визначити пріоритети

для управлінських рішень.

Окрему групу становлять інтегровані підходи, які поєднують аналіз джерел небезпеки, шляхів поширення впливу та чутливості об’єктів довкілля [1]. Такий підхід узгоджується із сучасними європейськими вимогами до забезпечення якості питної води, що базуються на оцінці ризиків на всіх етапах водопостачання [30]. У межах таких підходів розглядається не лише факт наявності забруднення, але й здатність екосистем реагувати на нього [6]. Це особливо актуально для водних об’єктів, де екологічний стан визначається складною взаємодією гідрологічних, хімічних і біологічних процесів.

У практиці водного господарства дедалі більшого поширення набуває ризик-орієнтований підхід до управління, який передбачає перехід від ліквідації наслідків до запобігання їх виникненню. Такий підхід передбачає систематичну ідентифікацію небезпечних факторів, оцінку їх значущості та розроблення заходів, спрямованих на зниження ймовірності їх реалізації або мінімізацію наслідків [7]. Важливою складовою цього процесу є екологічний моніторинг, який забезпечує інформаційну основу для прийняття рішень.

Слід також враховувати, що оцінка екологічних ризиків у водному господарстві має бути адаптованою до конкретних регіональних умов. Природно-кліматичні особливості, рівень антропогенного навантаження, стан інфраструктури та організаційні аспекти управління формують унікальний набір факторів ризику для кожної території. Тому універсальні методики потребують коригування з урахуванням локальної специфіки.

Таким чином, екологічний ризик у сфері водного господарства як складової природокористування [8] є складною категорією, що відображає взаємодію технічних систем і природного середовища. Його оцінка потребує комплексного підходу, який поєднує різні методи аналізу та враховує як кількісні показники, так і якісні характеристики. Саме такий підхід дозволяє сформувати обґрунтовану основу для прийняття ефективних управлінських рішень, спрямованих на зменшення негативного впливу на довкілля та

забезпечення сталого функціонування систем водопостачання і водовідведення.

1.2. Джерела та фактори екологічної небезпеки об'єктів водопостачання і водовідведення

Функціонування систем водопостачання та водовідведення супроводжується виникненням різнотипних екологічних загроз, природа яких визначається як технічними характеристиками інфраструктури, так і умовами її експлуатації, а також наявністю різних джерел антропогенного навантаження на водне середовище [39, 40]. На відміну від локалізованих джерел впливу, такі системи мають розгалужену просторову структуру, що обумовлює множинність потенційних точок виникнення небезпеки та ускладнює їх своєчасне виявлення. З урахуванням просторового характеру функціонування систем водопостачання та водовідведення джерела екологічної небезпеки доцільно класифікувати за типом їх прояву (рис. 1.2.1).

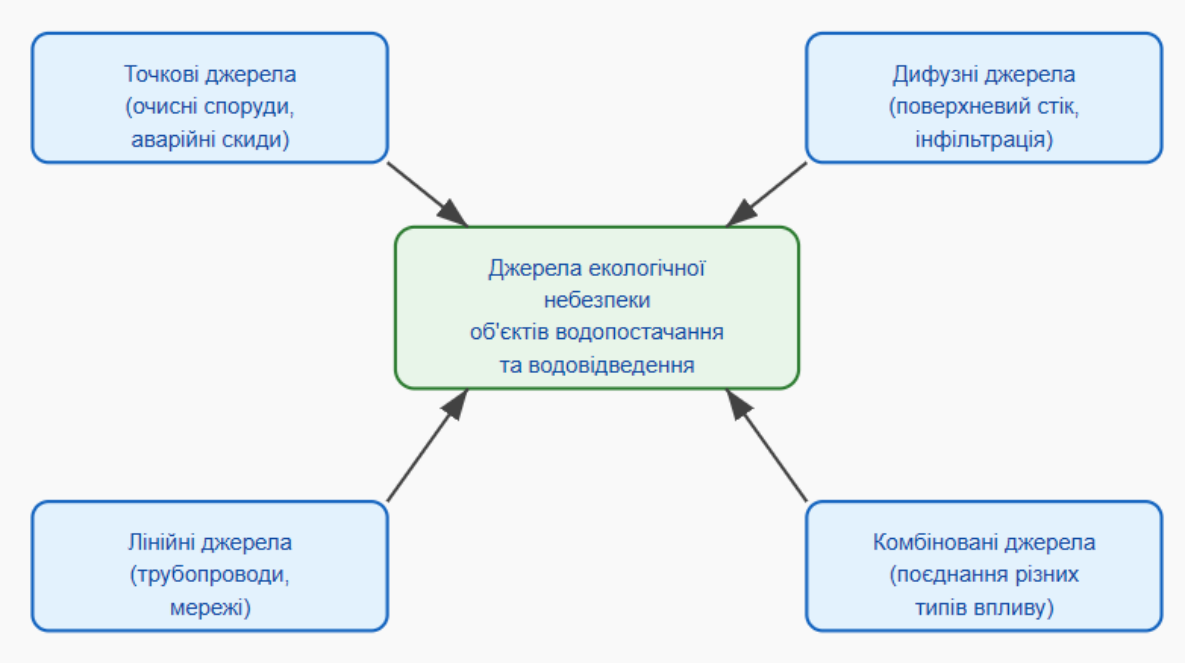


Рис. 1.2.1. Структуризація джерел екологічної небезпеки за типом впливу на довкілля.

Як показано на рисунку 1.2.1, джерела екологічної небезпеки мають різну просторову організацію, що визначає особливості їх впливу на довкілля та ускладнює процеси контролю і управління.

Одним із ключових джерел екологічної небезпеки є технічний стан інженерних мереж. Значна частина трубопроводів у системах водопостачання і водовідведення експлуатується понад нормативні строки, що призводить до втрати їх герметичності. У результаті цього можливі як витоки питної води, так і інфільтрація забруднених стоків у ґрунтове середовище. Останнє є особливо небезпечним у випадках, коли відбувається взаємодія із підземними водоносними горизонтами, які використовуються як джерело водозабору.

Окрему групу ризиків формують об'єкти очищення стічних вод. Недостатня ефективність технологічних процесів, перевантаження споруд або порушення режимів їх експлуатації можуть призводити до скидання недостатньо очищених вод у поверхневі водні об’єкти, що є одним із ключових чинників погіршення якості водних ресурсів [41], а також супроводжується надходженням у водне середовище мікрозабруднювачів, які не повністю видаляються традиційними технологіями очищення [27]. Це, у свою чергу, спричиняє зміну фізико-хімічних та біологічних характеристик водного середовища, зокрема зростання концентрацій біогенних елементів, органічних речовин і мікробіологічного забруднення.

Формування екологічної небезпеки у системах водовідведення має послідовний характер і включає низку взаємопов’язаних етапів (рис. 1.2.2). Отже, виникнення екологічної небезпеки є результатом ланцюгової реакції, що починається з дії факторів впливу і завершується формуванням негативних наслідків для довкілля.

Суттєвим джерелом небезпеки є аварійні ситуації, які можуть виникати як у мережах, так і на технологічних об'єктах. Причинами таких подій виступають корозійні процеси, гідравлічні перевантаження, помилки в експлуатації або зовнішні впливи. Характерною особливістю аварій є їх

раптовість і здатність спричиняти значні обсяги забруднення протягом короткого проміжку часу. У таких випадках негативний вплив може поширюватися на значні території, включаючи водні об’єкти, прилеглі ґрунти та урбанізовані ландшафти.

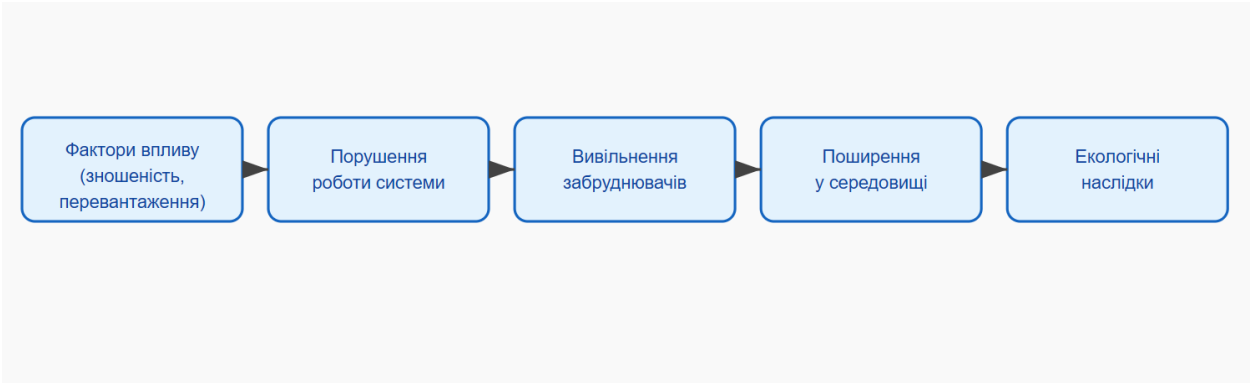


Рис. 1.2.2. Послідовність формування екологічної небезпеки у системах водовідведення.

Важливу роль відіграють технологічні фактори, пов’язані з особливостями функціонування систем. До них належать невідповідність проєктних параметрів сучасним умовам, нерівномірність навантаження на мережі, а також недостатній рівень автоматизації процесів. Наприклад, у системах водовідведення спостерігається проблема надходження дощових і дренажних вод, що призводить до перевантаження очисних споруд і зниження якості очищення.

Не менш значущими є організаційно-управлінські чинники. Недостатній рівень технічного обслуговування, обмежене фінансування, відсутність системного моніторингу та несвоєчасне реагування на відхилення у роботі об'єктів можуть істотно підвищувати ймовірність реалізації екологічно небезпечних ситуацій. У таких умовах навіть незначні порушення технологічних процесів здатні трансформуватися у більш масштабні проблеми.

Природні фактори також можуть виступати каталізаторами екологічних загроз. Гідрометеорологічні явища, зокрема інтенсивні опади або паводки, впливають на режим функціонування систем водовідведення,

спричиняючи їх перевантаження. Крім того, зміни температурного режиму можуть впливати на ефективність біологічних процесів очищення стічних вод. У регіонах із складними гідрогеологічними умовами додатковим фактором є взаємодія інженерних мереж із підземними водами.

Окрему увагу слід приділити дифузним джерелам забруднення, які не мають чітко визначеного місця локалізації. До них належать, зокрема, проникнення забруднюючих речовин через нещільності мереж або поверхневий стік із урбанізованих територій. Такі процеси часто залишаються поза межами оперативного контролю, що ускладнює їх оцінку та управління.

Аналіз джерел і факторів екологічної небезпеки дозволяє виділити їх комплексний характер. У більшості випадків негативні наслідки є результатом поєднання кількох чинників, а не дії одного ізольованого фактору. Наприклад, зношеність мереж у поєднанні з інтенсивними опадами може призводити до значно більших обсягів забруднення, ніж кожен із цих факторів окремо.

Таким чином, екологічна небезпека об'єктів водопостачання і водовідведення формується під впливом широкого спектра взаємопов’язаних чинників, які охоплюють технічні, технологічні, природні та організаційні аспекти. Усвідомлення цієї багатокомпонентності є необхідною передумовою для подальшої оцінки екологічних ризиків і розроблення ефективних заходів їх мінімізації.

1.3. Нормативно-правове забезпечення та методичні підходи до оцінки екологічних ризиків

Сфера водопостачання та водовідведення належить до тих видів господарської діяльності, які безпосередньо регламентуються державою через систему правових норм, стандартів і процедур контролю [8]. Це зумовлено тим, що функціонування відповідних об’єктів пов’язане з

використанням водних ресурсів, які мають стратегічне значення, а також із потенційним впливом на стан довкілля та здоров’я населення. У таких умовах оцінка екологічних ризиків виступає не лише науковим інструментом, а й складовою нормативно закріплених механізмів управління.

В Україні правове регулювання у цій сфері формується на основі базових законодавчих актів, які визначають принципи використання та охорони водних ресурсів, а також вимоги до запобігання негативному впливу господарської діяльності [11]. Ключову роль відіграє водне законодавство, яке встановлює загальні правила водокористування, включаючи питання скидання зворотних вод, контролю за їх якістю та відповідальності за порушення встановлених норм. Важливим елементом є також екологічне законодавство, яке регламентує процедури оцінки впливу на довкілля, що передбачає аналіз потенційних ризиків ще на етапі планування діяльності [19].

Особливе місце займають нормативні документи, що встановлюють гранично допустимі концентрації забруднювальних речовин у воді, а також вимоги до якості питної води. Саме ці показники фактично визначають критерії оцінки екологічної безпеки функціонування систем водопостачання і водовідведення. Їх застосування дозволяє перейти від загального опису ризиків до кількісної оцінки можливих відхилень від нормативних значень [17].

Останніми роками нормативна база України зазнає поступової трансформації у напрямі гармонізації з європейським правом [29]. Це проявляється у впровадженні підходів, заснованих на інтегрованому управлінні водними ресурсами, а також у переході від фрагментарного контролю до системного аналізу ризиків [9]. У цьому контексті важливого значення набуває імплементація положень європейських директив, які орієнтовані на забезпечення високого рівня захисту водного середовища. Серед них варто відзначити підхід, закладений у європейському водному законодавстві, відповідно до якого оцінка стану водних об’єктів

здійснюється з урахуванням екологічних характеристик, а не лише хімічних показників. Це дозволяє більш повно враховувати вплив господарської діяльності, у тому числі функціонування систем водовідведення. Крім того, сучасні європейські нормативи у сфері питної води передбачають обов'язкове застосування ризик-орієнтованого підходу, що охоплює всі етапи: від джерела водозабору до споживача, відповідно до сучасних вимог європейського законодавства [30]. Порівняння підходів до регулювання якості води в Україні та ЄС свідчить про відмінності у методології оцінки ризиків (табл. 1.3.1).

Таблиця 1.3.1

Порівняння підходів до регулювання якості води в Україні та ЄС

Критерій	**Україна**	**ЄС**
Підхід	Нормативний (ГДК)	Ризик-орієнтований
Основний документ	Водний кодекс	Water Framework Directive
Оцінка	За показниками	Комплексна
Контроль	Переважно постфактум	Превентивний
Управління	Галузеве	Інтегроване

Методичні підходи до оцінки екологічних ризиків у водному господарстві базуються на поєднанні нормативних вимог і наукових методів аналізу. Вони передбачають послідовне виконання кількох етапів, зокрема ідентифікацію потенційно небезпечних факторів, оцінку ймовірності їх реалізації та визначення можливих наслідків [14]. Узагальнену послідовність оцінки екологічних ризиків представлено у вигляді схеми (рис. 1.3.1). При цьому важливим є врахування специфіки об'єктів водопостачання та водовідведення, які характеризуються складною структурою та різноманітністю джерел впливу. У практиці все більшого поширення набувають підходи, що орієнтовані на запобігання ризикам, а не лише на реагування на їх наслідки. Це передбачає використання систем моніторингу, аналізу тенденцій та прогнозування можливих відхилень у роботі систем.

Такі підходи дозволяють виявляти потенційні загрози на ранніх стадіях і зменшувати ймовірність їх реалізації.



Рис. 1.3.1. Основні етапи оцінки екологічних ризиків.

Важливим напрямом є також інтеграція екологічних та технічних аспектів оцінки ризиків. Це означає, що поряд із показниками якості води враховуються параметри надійності інфраструктури, режими її експлуатації та організаційні умови управління. Такий комплексний підхід дозволяє отримати більш об’єктивну картину рівня екологічної безпеки.

Отже, узагальнюючи, нормативно-правове забезпечення та методичні підходи до оцінки екологічних ризиків у системах водопостачання і водовідведення формують основу для прийняття управлінських рішень. Поєднання національних вимог із європейськими підходами сприяє підвищенню ефективності управління водними ресурсами та зменшенню негативного впливу на довкілля.

РОЗДІЛ 2
АНАЛІЗ СТАНУ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ У ЖИТОМИРСЬКІЙ ОБЛАСТІ

2.1. Загальна характеристика систем водопостачання та водовідведення Житомирської області

Житомирська область належить до регіонів України з відносно обмеженими запасами водних ресурсів, що значною мірою визначає специфіку функціонування систем водопостачання та водовідведення. Територіально область розташована в межах Полісся та частково Лісостепу, що обумовлює нерівномірність розподілу водних ресурсів і залежність від поверхневих водних об'єктів. Основними джерелами водопостачання виступають річки басейну Прип'яті, зокрема Тетерів, Случ, Уж та Гнилоп'ять, які забезпечують потреби як населення, так і господарського комплексу регіону [15].

За рівнем водозабезпеченості Житомирська область характеризується як така, що має обмежений потенціал водних ресурсів, що підвищує вимоги до ефективності їх використання та контролю за якістю . В умовах зростання антропогенного навантаження це створює додаткові виклики для систем водопостачання, зокрема щодо забезпечення стабільності подачі води та підтримання її належних показників якості.

Системи централізованого водопостачання області представлені переважно комунальними підприємствами, найбільшим з яких є КП «Житомирводоканал» [12]. Це підприємство забезпечує водопостачання значної частини населення обласного центру та прилеглих територій, здійснюючи водозабір, очищення та транспортування води до споживачів. Важливою особливістю є використання поверхневих джерел водопостачання, що потребує складної системи підготовки води та постійного контролю її якості.

Комунальне підприємство «Конкурент» Довбиської селищної ради, на якому я проходила переддипломну практику, забезпечує централізоване водопостачання на території громади [13]. КП «Конкурент» функціонує як суб’єкт господарювання у сфері водопостачання, основним видом діяльності якого є забір, очищення та постачання води споживачам. Функціонування підприємства здійснюється у межах локальної централізованої системи, що охоплює обмежену кількість споживачів і характеризується меншою масштабністю порівняно з великими міськими системами

Контроль якості води в системах централізованого водопостачання здійснюється у безперервному режимі, зокрема шляхом лабораторного аналізу на всіх етапах водопідготовки: від забору до подачі у розподільчу мережу [24]. Такий підхід дозволяє оперативно реагувати на зміни гідрохімічних показників та коригувати технологічні процеси очищення.

Системи водовідведення в області функціонують переважно за централізованим принципом у містах та частково в селищах міського типу. Водночас у сільській місцевості поширені індивідуальні або локальні системи, що ускладнює контроль за відведенням і очищенням стічних вод. Основними елементами систем водовідведення є каналізаційні мережі та очисні споруди, ефективність роботи яких безпосередньо впливає на стан водних об’єктів.

Аналіз функціонування водопровідно-каналізаційного господарства свідчить про наявність системних проблем, пов’язаних передусім із фізичним зносом інфраструктури. У процесі експлуатації регулярно виникають аварійні ситуації, що проявляється у значній кількості пошкоджень водопровідних мереж. Зокрема, за підсумками діяльності комунального підприємства «Житомирводоканал» у 2024 році було ліквідовано близько 640 аварій на мережах водопостачання [10]. Така ситуація свідчить про високий рівень техногенного навантаження на інженерну інфраструктуру та актуальність її оновлення і модернізації.

Важливим аспектом є структура водокористування в області, де значну

частку займає житлово-комунальний сектор. За наявними даними, саме цей сектор формує суттєву частину водоспоживання, що підкреслює важливість ефективного управління системами водопостачання і водовідведення [15]. Водночас значний вплив на стан водних ресурсів мають промислові та сільськогосподарські підприємства, які виступають додатковими джерелами навантаження.

Окрему увагу слід приділити якості водних ресурсів, яка формується під впливом природних і антропогенних чинників. Для Житомирської області характерна наявність таких забруднювачів, як залізо, нітрати, фосфати та інші сполуки, що можуть перевищувати нормативні значення у певні періоди [15]. Це зумовлює необхідність застосування ефективних технологій очищення води та постійного моніторингу.

Суттєвим фактором, що впливає на функціонування систем водопостачання і водовідведення, є демографічна структура регіону. Населення області перевищує 1,1 млн осіб, причому значна його частина проживає у міських населених пунктах . Це визначає високу концентрацію навантаження на централізовані системи водопостачання, особливо у великих містах, таких як Житомир, Бердичів, Коростень та Звягель.

Таким чином, системи водопостачання та водовідведення Житомирської області функціонують в умовах обмежених водних ресурсів, значного антропогенного навантаження та зношеної інфраструктури. Їх сучасний стан характеризується поєднанням технічних, екологічних та організаційних викликів, що обумовлює необхідність подальшого аналізу екологічних ризиків і розроблення заходів щодо підвищення ефективності їх функціонування.

2.2. Ідентифікація та оцінка основних екологічних ризиків експлуатації об'єктів

Функціонування систем водопостачання та водовідведення у

Житомирській області супроводжується формуванням різнотипних екологічних ризиків, що відрізняються за механізмами виникнення, інтенсивністю прояву та просторовими характеристиками. Їх ідентифікація передбачає визначення ключових джерел небезпеки та умов, за яких можливе виникнення негативного впливу на довкілля. З урахуванням специфіки регіону доцільно розглядати ризики як результат взаємодії технічних, природних і організаційних чинників.

Однією з найбільш значущих груп є ризики, пов’язані зі станом інженерної інфраструктури. Тривала експлуатація водопровідних і каналізаційних мереж зумовлює підвищення ймовірності їх пошкодження, що може призводити до втрат води, локального підтоплення територій та проникнення забруднювачів у ґрунтове середовище. У межах області такі процеси мають переважно локальний характер, однак у разі їх повторюваності можуть набувати системного значення.

Іншу важливу групу становлять ризики, пов’язані з функціонуванням систем очищення стічних вод. У разі нестабільної роботи очисних споруд або перевищення їх проєктного навантаження можливе надходження до водних об’єктів недостатньо очищених стоків. Це призводить до зміни гідрохімічних показників води та може викликати порушення екологічної рівноваги у водних екосистемах. Суттєвим є також вплив аварійних ситуацій, які характеризуються раптовістю виникнення та обмеженим часом реагування. Такі події можуть супроводжуватися значними викидами забруднюючих речовин і поширенням їх у межах населених пунктів або прилеглих територій. Особливістю цих ризиків є їх дискретний характер та висока інтенсивність прояву.

З метою систематизації виявлених ризиків доцільно використати матричний підхід (табл. 2.2.1), що дозволяє оцінити їх за двома ключовими параметрами: імовірністю виникнення та масштабом можливих наслідків та відповідає сучасним підходам до оцінки ризиків у системах водопостачання [28].

Таблиця 2.2.1

Матриця екологічних ризиків систем водопостачання та водовідведення Житомирської області

Вид ризику	Імовірність	Наслідки	Рівень ризику
Зношеність водопровідних мереж	Висока	Середні	Високий
Витоки та інфільтрація	Висока	Середні	Високий
Недостатнє очищення стічних вод	Середня	Високі	Високий
Аварійні скиди	Низька	Високі	Середній–високий
Дифузне забруднення	Середня	Середні	Середній
Погіршення якості питної води	Середня	Високі	Високий

Як видно з таблиці 2.2.1, найбільш критичними є ризики, що поєднують високу імовірність виникнення з потенційно значними наслідками. До таких належать, зокрема, процеси, пов’язані зі зношеністю мереж та недостатньою ефективністю очищення стічних вод. Водночас аварійні ситуації, хоча і виникають рідше, можуть призводити до суттєвих екологічних порушень.

Окрему увагу слід приділити особливостям формування ризиків у межах малих територіальних громад. Як приклад можна розглянути діяльність КП «Конкурент» Довбишської селищної ради, яке забезпечує водопостачання на локальному рівні. Функціонування підприємства відбувається в умовах обмеженої інфраструктури та ресурсів, що впливає на характер ризиків, що додатково підвищує їх рівень і є типовим для малих систем водопостачання [34]. Для таких систем характерним є підвищений вплив технічних факторів, зокрема зношеності мереж і обмежених можливостей їх модернізації. Це зумовлює відносно високу імовірність виникнення локальних аварій, які, хоча й мають обмежений просторовий масштаб, можуть суттєво впливати на стан довкілля у межах громади. Водночас специфіка локальних систем полягає у швидшому прояві наслідків

порушень, оскільки відсутні альтернативні джерела водопостачання або резервні потужності.

Крім того, для підприємств такого типу характерною є тісна залежність між технічним станом систем і організаційними умовами їх експлуатації. Недостатній рівень фінансування або обмежені кадрові ресурси можуть впливати на ефективність обслуговування мереж, що додатково підвищує рівень екологічних ризиків. Узагальнення зазначених особливостей дозволяє систематизувати ключові ризики для даного підприємства (табл. 2.2.2).

Таблиця 2.2.2

Оцінка екологічних ризиків експлуатації систем водопостачання КП «Конкурент»

Джерело ризику	**Характер прояву**	**Імовірність**	**Потенційні наслідки**	**Рівень ризику**
Зношеність водопровідних мереж	Пориви, витоки	Висока	Забруднення ґрунтів, втрати води	Високий
Відсутність резервних потужностей	Перебої водопостачання	Середня	Порушення стабільності системи	Середній
Локальний характер мереж	Обмежена зона покриття	Висока	Швидке поширення наслідків аварій	Високий
Недостатній рівень очищення води (за потреби)	Погіршення якості	Низька–середня	Вплив на здоров’я населення	Середній
Організаційні обмеження (ресурси, персонал)	Несвоєчасне обслуговування	Середня	Підвищення аварійності	Середній
Зовнішні фактори (погодні умови, підтоплення)	Порушення роботи мереж	Низька	Локальні екологічні порушення	Низький–середній

Важливим аспектом оцінки є врахування просторової локалізації

ризиків. У межах Житомирської області вони здебільшого концентруються у зонах проходження мереж, розміщення очисних споруд та водозабірних ділянок. Це дозволяє визначити найбільш уразливі території та сформувати пріоритети для подальших заходів управління.

Таким чином, проведена ідентифікація та оцінка екологічних ризиків свідчить про їх комплексний характер і значну залежність від технічного стану інфраструктури та умов експлуатації. Використання матричного підходу дозволяє систематизувати ризики та визначити їх відносну значущість, що створює основу для розроблення ефективних заходів щодо зменшення негативного впливу на довкілля.

2.3. Вплив функціонування систем водопостачання та водовідведення на стан водних ресурсів і довкілля

Функціонування систем водопостачання та водовідведення є одним із ключових факторів антропогенного впливу на водні ресурси та довкілля в цілому. Як показано на рисунку 2.3.1, вплив систем водопостачання та водовідведення поширюється на основні компоненти довкілля, формуючи комплексний характер екологічних змін У межах Житомирської області цей вплив формується внаслідок поєднання технічних, природних і соціально-економічних чинників, що визначають інтенсивність використання водних ресурсів і характер їх трансформації. Особливістю регіону є значна залежність від поверхневих вод, що зумовлює підвищену чутливість водних екосистем до змін якості води.

Одним із основних напрямів впливу є трансформація гідрохімічного складу водних об’єктів унаслідок скидання стічних вод. Навіть за умови функціонування очисних споруд у водні об’єкти можуть надходити залишкові концентрації органічних речовин, біогенних елементів та мікрозабруднювачів. Це сприяє розвитку процесів евтрофікації, змінам кисневого режиму та порушенню екологічної рівноваги водних екосистем.

Особливої актуальності набуває проблема так званих «нових забруднювачів», включаючи фармацевтичні сполуки та інші стійкі речовини, які не повністю видаляються традиційними методами очищення [37].

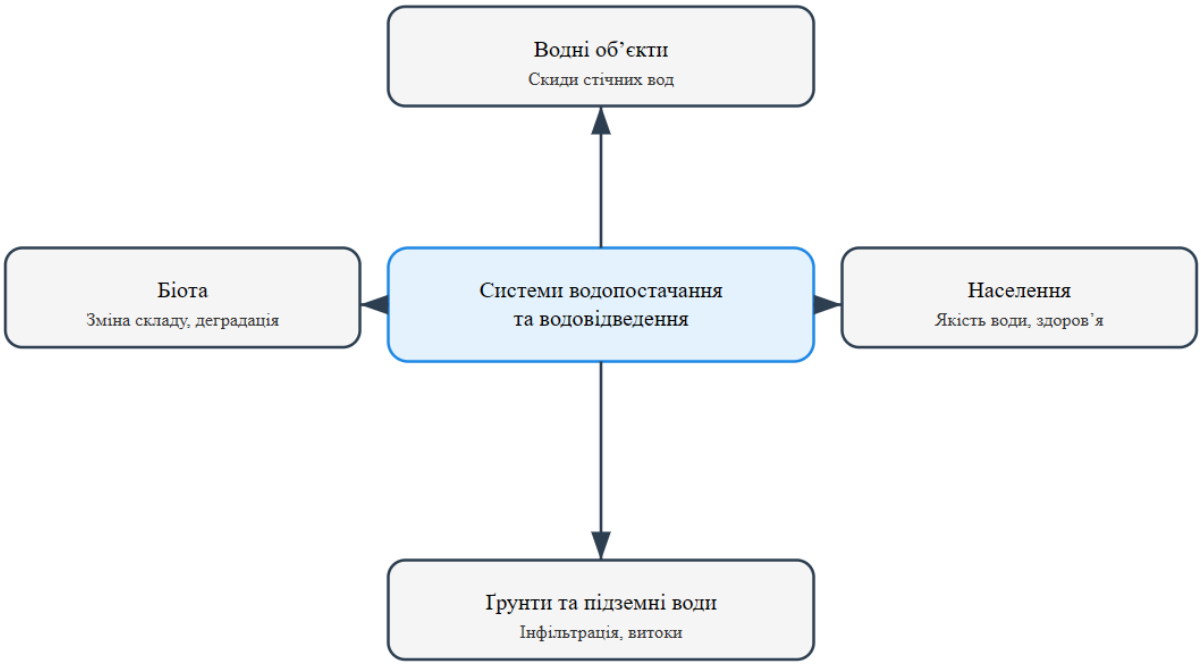


Рис. 2.3.1. Шляхи впливу систем водопостачання та водовідведення на довкілля.

Другим важливим аспектом є вплив систем водопостачання на якість питної води. У процесі транспортування води можливе її вторинне забруднення, пов'язане з проникненням домішок через нещільності у мережах або зміною фізико-хімічних властивостей води. Такі процеси можуть призводити до погіршення санітарно-гігієнічних показників води та створювати ризики для здоров'я населення. Зокрема, сучасні дослідження підтверджують, що проникнення стічних вод у системи водопостачання може бути джерелом мікробіологічного та хімічного забруднення [36].

Важливим є також вплив на ґрунтове середовище. У випадках витоків із водопровідних або каналізаційних мереж відбувається інфільтрація води та забруднювачів у ґрунти, що може спричиняти їх деградацію та зміну фізико-

хімічних властивостей. У подальшому це створює передумови для вторинного забруднення підземних вод, які часто використовуються як джерело водопостачання у сільських населених пунктах.

Окрему увагу слід приділити впливу на біоту водних екосистем. Надходження органічних і неорганічних забруднювачів змінює видовий склад гідробіонтів, сприяє розвитку синьо-зелених водоростей та знижує біорізноманіття. У довгостроковій перспективі це може призводити до деградації водних екосистем і втрати їх екосистемних функцій. Відомо, що забруднення води має комплексний екологічний ефект, впливаючи одночасно на біологічні, хімічні та фізичні характеристики середовища [38].

Суттєвий вплив систем водовідведення проявляється також у контексті формування навантаження на водні ресурси внаслідок повторного використання води. У сучасних умовах зростає роль очищених стічних вод як альтернативного джерела, однак їх використання потребує суворого контролю, оскільки навіть низькі концентрації забруднювачів можуть мати кумулятивний ефект у природних системах.

Для Житомирської області характерною є локалізованість більшості впливів, що зумовлено структурою водогосподарських систем. У межах малих громад вплив часто має обмежений просторовий масштаб, але може бути інтенсивним у конкретних точках: зокрема в місцях скидання стічних вод або пошкодження мереж. Це створює осередковий характер забруднення, що ускладнює його виявлення та контроль.

Важливою складовою є також соціально-екологічний аспект. Погіршення якості води безпосередньо впливає на умови життя населення, а також може спричиняти економічні втрати, пов’язані з необхідністю додаткового очищення води або відновлення екосистем. У цьому контексті системи водопостачання та водовідведення виступають не лише інженерною, але й екологічною інфраструктурою, від ефективності функціонування якої залежить рівень екологічної безпеки території.

Таблиця 2.3.1

Основні види впливу систем водопостачання та водовідведення та їх екологічні наслідки

Джерело впливу	**Характер впливу**	**Компонент довкілля**	**Наслідки**
Скиди стічних вод	Хімічне забруднення	Водні об’єкти	Евтрофікація, зміна складу
Витоки з мереж	Інфільтрація	Ґрунти, підземні води	Забруднення, деградація
Вторинне забруднення	Біологічне/хімічне	Питна вода	Погіршення якості
Накопичення речовин	Кумулятивний ефект	Біота	Зниження біорізноманіття

Таким чином, вплив функціонування систем водопостачання та водовідведення на довкілля має комплексний і багаторівневий характер (табл. 2.3.1). Він проявляється через зміну якості водних ресурсів, деградацію ґрунтів, трансформацію екосистем та потенційний вплив на здоров’я населення. Урахування цих аспектів є необхідною умовою для формування ефективної системи управління водними ресурсами та мінімізації негативного впливу господарської діяльності.

РОЗДІЛ 3
НАПРЯМИ ЗНИЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ

3.1. Удосконалення систем екологічного моніторингу та контролю

Ефективне зниження екологічних ризиків у системах водопостачання та водовідведення значною мірою залежить від рівня розвитку систем екологічного моніторингу та контролю. У сучасних умовах традиційні підходи, що базуються на періодичному відборі проб та лабораторному аналізі, не забезпечують достатньої оперативності виявлення змін у стані водного середовища [3]. Це зумовлює необхідність переходу до більш інтегрованих і технологічно оснащених систем спостереження. Основні відмінності між традиційними та сучасними підходами до моніторингу наведено у таблиці 3.1.1.

Таблиця 3.1.1

Порівняння традиційного та сучасного підходів до екологічного моніторингу

Критерій	**Традиційний моніторинг**	**Сучасний моніторинг**
Частота	Періодична	Безперервна
Метод	Лабораторний	Сенсори + лабораторії
Дані	Обмежені	Великі масиви
Реакція	Запізніла	Оперативна
Аналіз	Ручний	Автоматизований
Управління	Реактивне	Превентивне

Одним із ключових напрямів удосконалення є впровадження автоматизованих систем моніторингу якості води, що підвищує оперативність реагування на відхилення та дозволяє здійснювати безперервний контроль стану водного середовища [31]. Використання

сучасних вимірювальних засобів дозволяє здійснювати безперервний контроль основних фізико-хімічних показників, що підвищує достовірність оцінки якості води та забезпечує її відповідність вимогам водопостачання [20, 32]. Такі системи створюють можливість раннього виявлення негативних змін та своєчасного прийняття управлінських рішень. Важливим напрямом розвитку є цифровізація процесів контролю та обробки інформації, що дозволяє здійснювати просторовий аналіз, визначати зони підвищеного ризику та прогнозувати можливі зміни стану водних ресурсів [35, 42]. Використання геоінформаційних систем, баз даних та аналітичних платформ забезпечує накопичення, обробку і візуалізацію значних обсягів екологічної інформації. Це дозволяє здійснювати просторовий аналіз, визначати зони підвищеного ризику та прогнозувати можливі зміни стану водних ресурсів. Загальну структуру сучасної системи екологічного моніторингу можна представити у вигляді схеми (рис. 3.1.1).

Окрему увагу слід приділити вдосконаленню організаційних механізмів моніторингу. Ефективність контролю значною мірою залежить від узгодженості дій між органами влади, комунальними підприємствами та іншими зацікавленими сторонами. Формування єдиної системи збору та обміну інформацією сприяє підвищенню якості управлінських рішень і забезпечує більш ефективний контроль за станом довкілля.

У межах малих територіальних громад, зокрема на прикладі КП «Конкурент» Довбишської селищної ради, удосконалення систем моніторингу має свою специфіку. Обмежені фінансові та технічні ресурси обумовлюють необхідність впровадження рішень, що поєднують ефективність і доступність. Доцільним є використання локальних систем контролю основних показників якості води, а також застосування мобільних засобів аналізу. Це дозволяє забезпечити базовий рівень екологічного контролю навіть за умов обмеженого фінансування.



Рис. 3.1.1. Структура сучасної системи екологічного моніторингу водних ресурсів

Суттєвим напрямом є впровадження ризик-орієнтованого підходу до моніторингу. Такий підхід передбачає зосередження уваги на найбільш уразливих елементах системи та ключових показниках, що мають найбільший вплив на стан довкілля. Це дозволяє підвищити ефективність використання ресурсів і забезпечити більш цільове управління екологічними ризиками.

Не менш важливим є вдосконалення контролю за скидами стічних вод. Організація систематичного спостереження за якістю стоків у місцях їх скидання дозволяє своєчасно виявляти відхилення від нормативних вимог і запобігати негативному впливу на водні об’єкти. Підвищення ефективності такого контролю сприяє зменшенню антропогенного навантаження на водні ресурси.

Таким чином, удосконалення систем екологічного моніторингу та контролю повинно здійснюватися на основі комплексного підходу, що

поєднує технічні, інформаційні та організаційні заходи. Впровадження сучасних інструментів спостереження, розвиток цифрових технологій і застосування ризик-орієнтованих підходів створюють передумови для підвищення ефективності управління водними ресурсами та забезпечення екологічної безпеки територій.

3.2. Технічні та організаційні заходи мінімізації екологічних ризиків

Зниження екологічних ризиків у системах водопостачання та водовідведення потребує комплексного підходу, який поєднує технічні рішення з ефективними організаційними механізмами управління. Такий підхід дозволяє не лише усунути або зменшити негативний вплив на довкілля, але й підвищити надійність функціонування інженерної інфраструктури в цілому. Комплекс заходів, спрямованих на зниження екологічних ризиків, може бути представлений у вигляді інтегрованої системи (рис. 3.2.1).



Рис. 3.2.1. Комплекс технічних та організаційних заходів зниження екологічних ризиків

Одним із ключових напрямів є технічна модернізація мереж і споруд. Заміна зношених трубопроводів, впровадження сучасних матеріалів із підвищеною стійкістю до корозії та механічних пошкоджень, а також оптимізація гідравлічних режимів роботи дозволяють суттєво знизити втрати води та ризики аварійних ситуацій. Використання полімерних труб, внутрішнього антикорозійного покриття та безтраншейних технологій ремонту сприяє підвищенню довговічності мереж і зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище під час проведення ремонтних робіт.

Важливим технічним заходом є підвищення ефективності очищення стічних вод. Модернізація очисних споруд із впровадженням сучасних біологічних, фізико-хімічних та мембранних технологій дозволяє досягти більш глибокого видалення забруднювачів, у тому числі складних органічних сполук і мікрозабруднювачів [16]. Особливу роль відіграє оптимізація режимів роботи існуючих споруд, що дозволяє підвищити їх ефективність без значних капіталовкладень. До технічних заходів також належить впровадження систем автоматизованого контролю та управління [33]. Використання датчиків тиску, витрати та якості води дозволяє оперативно виявляти відхилення у роботі системи та запобігати розвитку аварійних ситуацій. Інтеграція таких систем із диспетчерськими пунктами створює можливість централізованого управління та швидкого реагування на зміни в роботі мереж. Ефективність запропонованих заходів може бути узагальнена у вигляді порівняльної таблиці (табл. 3.2.1).

Окрему увагу слід приділити мінімізації ризиків, пов’язаних із витоками та несанкціонованими скидами [21]. Впровадження зонування водопровідних мереж, регулярне проведення обстежень із використанням сучасних діагностичних методів, а також встановлення контрольних пунктів дозволяють своєчасно виявляти проблемні ділянки та локалізувати їх. У системах водовідведення ефективним є встановлення автоматизованих вузлів контролю якості стічних вод у місцях їх скидання.

Таблиця 3.2.1

Оцінка ефективності заходів мінімізації екологічних ризиків

Захід	Очікуваний ефект	Рівень впливу	Складність впровадження	Пріоритет
Заміна зношених мереж	Зменшення витоків	Високий	Висока	Високий
Автоматизація контролю	Оперативне реагування	Високий	Середня	Високий
Локальний моніторинг	Виявлення проблем	Середній	Низька	Високий
Навчання персоналу	Зниження аварійності	Середній	Низька	Середній

З урахуванням специфіки функціонування КП «Конкурент» Довбишської селищної ради доцільно деталізувати перелік практичних заходів, спрямованих на зниження екологічних ризиків у межах локальної системи водопостачання. Насамперед, пріоритетним є проведення поетапної модернізації найбільш проблемних ділянок мереж, визначених за результатами експлуатаційних спостережень. Такий підхід дозволяє концентрувати обмежені ресурси на критичних вузлах системи та досягати максимального ефекту від вкладень. Важливим технічним рішенням є впровадження локального контролю тиску та витрат води на окремих ділянках мережі. Це дає можливість своєчасно виявляти приховані витоки та запобігати розвитку аварійних ситуацій. Додатково доцільним є використання енергоефективного насосного обладнання з автоматичним регулюванням режимів роботи, що дозволяє знизити навантаження на систему та підвищити її стабільність. У сфері водовідведення доцільним є впровадження періодичного контролю якості стічних вод із використанням мобільних засобів аналізу. Це забезпечує можливість оперативної оцінки стану стоків та виявлення відхилень від нормативних показників. Особливу увагу слід приділяти місцям можливих несанкціонованих скидів, що можуть становити локальні джерела забруднення. Реалізація заходів мінімізації

екологічних ризиків на рівні окремого підприємства може бути представлена у вигляді послідовної схеми (рис. 3.2.2).

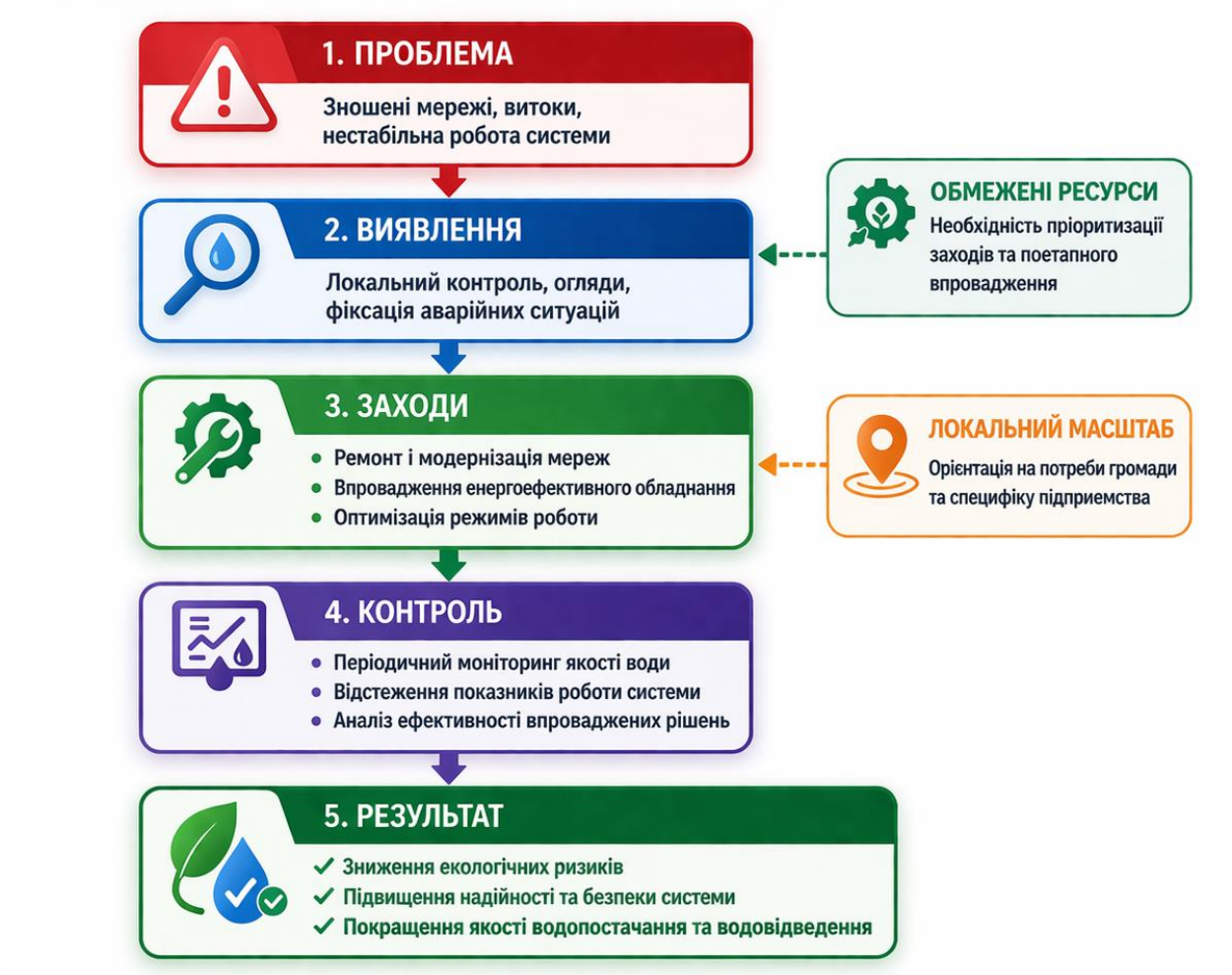


Рис. 3.2.2. Система мінімізації екологічних ризиків на рівні локального підприємства

Поряд із технічними рішеннями важливе значення мають організаційні заходи. Одним із них є вдосконалення системи планування та управління експлуатацією. Розроблення графіків профілактичного обслуговування, проведення регулярних оглядів і своєчасне виконання ремонтних робіт дозволяють знизити ймовірність виникнення аварійних ситуацій. Перехід від реактивного до превентивного підходу в управлінні є важливою умовою підвищення екологічної безпеки. Важливим елементом є підвищення кваліфікації персоналу [4]. Належний рівень підготовки працівників забезпечує правильну експлуатацію обладнання, своєчасне виявлення

відхилень та ефективне реагування на нештатні ситуації. Організація навчання та підвищення кваліфікації сприяє формуванню відповідального ставлення до питань екологічної безпеки.

Не менш важливою є взаємодія з органами місцевого самоврядування та громадськістю. Інформування населення про стан водних ресурсів, впровадження програм раціонального використання води та залучення громадськості до контролю за діяльністю підприємств сприяють підвищенню прозорості та довіри до систем водопостачання і водовідведення.

Суттєвим організаційним заходом є впровадження систем екологічного менеджменту. Використання стандартів управління дозволяє систематизувати діяльність підприємства, визначити пріоритетні напрями розвитку та забезпечити постійне вдосконалення процесів. Це сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля та підвищенню ефективності використання ресурсів.

Таким чином, мінімізація екологічних ризиків у системах водопостачання та водовідведення можлива лише за умови поєднання технічних і організаційних заходів. Їх комплексне впровадження дозволяє підвищити надійність функціонування систем, зменшити негативний вплив на довкілля та забезпечити сталий розвиток водогосподарського комплексу.

ВИСНОВКИ

- У ході виконання кваліфікаційної роботи узагальнено теоретико-методичні підходи до оцінки екологічних ризиків у системах водопостачання та водовідведення. Встановлено, що екологічний ризик формується як результат взаємодії технічних, природних і організаційних чинників та потребує комплексного підходу до його ідентифікації та оцінки.
- Проаналізовано джерела та фактори екологічної небезпеки функціонування об’єктів водопровідно-каналізаційного господарства. Визначено, що найбільш значущими є зношеність інфраструктури, порушення технологічних режимів роботи та недостатній рівень контролю за якістю води і стічних вод.
- Досліджено сучасний стан систем водопостачання та водовідведення Житомирської області. Встановлено, що функціонування цих систем супроводжується низкою проблем, пов’язаних із фізичним зносом мереж, аварійністю та обмеженими можливостями їх модернізації, що зумовлює підвищений рівень екологічних ризиків.
- Виконано ідентифікацію та оцінку основних екологічних ризиків, характерних для досліджуваних систем. Обґрунтовано доцільність використання матричного підходу, який дозволяє ранжувати ризики за імовірністю їх виникнення та масштабом можливих наслідків, що забезпечує більш ефективне управління ними.
- Встановлено, що функціонування систем водопостачання та водовідведення має комплексний вплив на довкілля, який проявляється у зміні якості водних ресурсів, деградації ґрунтів та порушенні екологічного стану водних екосистем. Це обумовлює необхідність впровадження ефективних механізмів контролю та мінімізації негативного впливу.
- Обґрунтовано напрями зниження екологічних ризиків, що передбачають поєднання технічних і організаційних заходів. До ключових із них віднесено модернізацію інфраструктури, впровадження автоматизованих

систем моніторингу, використання енергоефективного обладнання, а також удосконалення системи управління та підвищення кваліфікації персоналу.

- На прикладі КП «Конкурент» Довбишської селищної ради показано можливості практичної реалізації запропонованих заходів у межах локальної системи водопостачання. Встановлено, що навіть за умов обмежених ресурсів впровадження поетапних технічних рішень та організаційних змін дозволяє суттєво знизити рівень екологічних ризиків і підвищити ефективність функціонування системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алєксєєв О. О., Мущинська В. І. Міжнародна екологічна політика. Методичні вказівки до виконання практичних робіт за напрямом підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» Вінниця : ВНАУ, 2017. 52 с.

2. Васюкова Г.Т., Ярошева О.Г. Екологія. К.: Кондор, 2013. 524 с.

3. Вискушенко Д. А.,. Бенедик С. В., Поповичук О. І. Вплив азотнокислого свинцю на водний баланс ставковика озерного (Mollusca: Pulmonata: Lymnaeidae). Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка , 1999. 4. С. 87-88.

4. Вискушенко, Д. А., Вискушенко, С. А., Никитюк, Ю. А., Дунаєвська, О. Ф. Змішане навчання: баланс між дистанційним та традиційним підходами у закладах вищої освіти України. Суспільство та національні інтереси, 2025. 5(13). С. 55-66 DOI:10.52058/3041-1572-2025-5(13)-55-66

5. Вискушенко Д. А., Никитюк Ю. А., Піціль А. О., Мельник Н. В. Теоретичні та методичні основи наукового дослідження в екологічній освіті. Екологічні науки, 2025. Вип. 63. С. 9-14. DOI: 10.32846/2306-9716/2025.eco.6-63.1

6. Вискушенко Д. А., Примаченко Р. О., Федірко Г. А., Яроцький Б. А., Федірко М. П. Європейський досвід екологізації виробництва. The 9th International scientific and practical conference: Development of modern scientific technologies in the era of globalization. Paris: International Science Group, 2025. pp. 116-119.

7. Вискушенко Д. А., Яроцький Б. А., Федірко Г. А., Федірко М. П., Примаченко Р. О. Механізми інтеграції міжнародних принципів сталого розвитку у вітчизняне природокористування. The 8th International scientific and practical conference: Academic research by scientists in the field of modern technologies. Milan: International Science Group, 2025. pp. 69-72.

8. Водний кодекс України: Закон України від 06.06.1995 № 215/95-ВР. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/en/213/95-%D0%B2%D1%80/ed20150101?lang=uk#Text (дата звернення: 30.03.2026)

9. Екологічна політика і право ЄС та їх імплементація у правову систему України: збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2019. 386 с.

10. Житомирводоканал підбив підсумки за 2024 рік: ліквідували 640 аварій, встановили сонячні панелі та реконструювали машинний зал. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://vodokanal.zt.ua/news/zitomirvodokanal-pidbiv-pidsumki-za-2024-rik-likviduvali-640-avarij-vstanovili-sonacni-paneli-ta-rekonstruuvali-masinnij-zal (дата звернення 28.02.2026)

11. Заверуха Н.М., Серебряков А.В., Скиба Ю.А. Основи екології: Навч. посібник. К.: Каравела, 2006. 368 с.

12. Комунальне підприємство «Житомирводоканал». [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://vodokanal.zt.ua/ (дата звернення 28.02.2026)

13. Комунальне підприємство «Конкурент» Довбишської селищної ради: інформація про суб'єкт господарювання. Опендатабот [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://opendatabot.ua/c/41342757 (дата звернення 28.02.2026)

14. Кузьменко О. Б. Андрєєв В. І. Основи екологічного менеджменту. навчальний посібник. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. 160 с.

15. Луньова О.В., Герасимчук О.Л., Кагукіна А.М. Аналіз стану водних ресурсів Житомирської області та їх вплив на організм людини. Екологічні науки, 2022. №6(45). С. 31–34. DOI: 10.32846/2306-9716/2022.eco.6-45.5

16. Максименко Ю.В., Вискушенко Д.А. Біоетика та біобезпека: навчальний посібник. Житомир : Вид-во ЖДУ імені Івана Франка, 2022. 126 с.

17. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10): Наказ міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2010 р.

№ 400 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text (дата звернення: 18.01.2026)

18. Про затвердження Методичних рекомендацій для здійснення оцінки ризиків та вразливості соціально-економічних секторів та природних складових до зміни клімат: Постанова Кабінету Міністрів України від 06 червня 2023 р. № 386 URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0386926-23 (дата звернення: 30.03.2026)

19. Про оцінку впливу на довкілля: : Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text (дата звернення: 15.03.2026)

20. Романчук М.Є., Веслогузова З.Г. Оцінка придатності вод річки Дністер для питного водопостачання. Український гідрометеорологічний журнал, 2024. №33. С. 108-114. DOI: 10.31481/uhmj.33.2024.09

21. Сохацька О.М. Екологічна політика в системі публічного управління: виклики сталого розвитку. Філософія та управління. 2024. №2. с. 31-41

22. Степаненко С.М., Владимирова О.Г. Стратегія сталого розвитку: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 175 с.

23. Філик Н.В., Грабовська Г.М. Екологічні виклики в контексті кліматичних змін та участь України в їх подоланні. Юридичний вісник, 2021. т. 4(61). с. 30-39

24. Якість води для споживачів. КП «Житомирводоканал». [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://vodokanal.zt.ua/spozivacam/akist-vodi (дата звернення 28.02.2026)

25. Якімчук А.І. Екологічні ризики експлуатації систем водопостачання та водовідведення в регіональному вимірі. Екологія. Наука. Практика-2026 : матеріали XXII Всеукр. наук.-практ. конф. Житомир : Поліський національний університет, 2026. С. 78-80.

26. Яремчук С.М., Якімчук А.І., Грицанюк О.А., Козюк О.О. Екологічні ризики та енергетична ефективність водоочисних технологій у контексті

стратегічного розвитку міських громад. 3rd International Scientific and Practical Conference: Science, Technology and Industry in the Digital Age. Hamburg: International Scientific Unity, 2026. p. 137-140.

27. Chen H., Gao X., Yuan R. Advances in Remote Sensing and Sensor Technologies for Water-Quality Monitoring: A Review. *Water*, 2025. 17(20). 3000. DOI: doi.org/10.3390/w17203000

28. Drabinová S.; Kyncl M.; Minář M. Assessment of the Risks to the Drinking Water Supply System of the Nový Malín Communal Waterworks. Engineering Proceedings, 2023. 57: 27. DOI: 10.3390/engproc2023057027

29. Eggen R.I.L., Hollender J., Joss A., Schärer M., Stamm C. Reducing the discharge of micropollutants in the aquatic environment: the benefits of upgrading wastewater treatment plants. Environmental Science & Technology, 2014. 48(14). pp. 7683–7689. DOI: 10.1021/es500907n

30. Essamlali I., Nhaila H., Khaili M. El. Advances in machine learning and IoT for water quality monitoring: A comprehensive review. Heliyon, 2024. 10. 6. e27920. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e27920

31. European Union. Document 32000L0060. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj/eng (дата звернення 26.02.2026)

32. European Union. Document 32020L2184. Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj/eng (дата звернення 28.02.2026)

33. Farouk M. I. H. Z., Jamil. Z., Latip M. F. A. Towards online surface water quality monitoring technology: A review. Environmental Research, 2023. 238: Part 1. 117147. DOI: doi.org/10.1016/j.envres.2023.117147

34. Gunnarsdottir M.J., Gardarsson S.M., Eriksson M., Albrechtsen H.J., Bergkvist K.S.G., Rossi P.M., Matilainen R., Hansen L.T., Jensen P.E., Maréchal

J..YA., Myrmel M., Kalheim F.C., Persson K.M., Bjerkén A., Bartram J. Implementing risk-based approaches to improve drinking water quality in small water supplies in the Nordic region - barriers and solutions. J Water Health, 2023 21(12) pp. 1747-1760. DOI: 10.2166/wh.2023.088

35. Kwon S., Kang Y., Nam S. H., Kim Y. D. Water quality monitoring using hybrid physical-soft sensors for river digital twins: a comprehensive review. *Water* Science and Technology, 2025. 92(9). P. 1286–1307. DOI: 10.2166/wst.2025.145

36. Mohammed J.N., Swalaha F.M. Sewage intrusion into drinking water distribution systems: implications for water resource management. Environ Monit Assess, 2025197. 1150. DOI: 10.1007/s10661-025-14607-0

37. Nishmitha P.S., Akhilghosh K.A., Aiswriya V.P. et all. Understanding emerging contaminants in water and wastewater: A comprehensive review on detection, impacts, and solutions Journal of Hazardous Materials Advances, 2025. V. 18. 100755 DOI: 10.1016/j.hazadv.2025.100755

38. Rose J.B., Jiménez-Cisneros B., Slobodan P., Thompson S. Water Quality and Health: An Ecological Perspective. Water & Ecology, 2025. 1(2). 100007. DOI: 10.1016/j.wroa.2025.100007

39. Schwarzenbach R.P., Egli T., Hofstetter T.B., von Gunten U., Wehrli B. Global water pollution and human health. Annual Review of Environment and Resources, 2010. 35. pp. 109–136. DOI: 10.1146/annurev-environ-100809-125342

40. Shannon M.A., Bohn P.W., Elimelech M., Georgiadis J.G., Marinas B.J., Mayes A.M. Science and technology for water purification in the coming decades. Nature, 2008. 452. pp. 301–310. DOI: 10.1038/nature06599

41. Zhou Q., Zhang J., Niu Y., Wang J. Environmental risk assessment and regulatory rating of water sources based on a new risk index method. Sustainability, 2021. 13(3). 1484. DOI: 10.3390/su13031484

42. Zulkifli C.Z., Garfan S., Talal M., Alamoodi A.H., Alamleh A., Ahmaro I.Y.Y., Sulaiman S., Ibrahim A.B., Zaidan, B.B., Ismail, A.R. et al. IoT-based water monitoring systems: a systematic review. Water, 2022. 14. 3621. DOI: 10.3390/w14223621