



Економіка воєнного часу

УДК 628.1:004.8(477)

DOI [https://doi.org/ 10.5281/zenodo.16522216](https://doi.org/10.5281/zenodo.16522216)

Інтелектуальні та цифрові технології управління водними ресурсами в Україні в контексті повоєнного відновлення

Мельниченко Софія Геннадіївна,

доктор філософії, асистент кафедри водних біоресурсів та аквакультури

Херсонський державний аграрно-економічний університет

м. Херсон, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-5940-7943>

Прийнято: 12.06.2024 | Опубліковано: 30.06.2024

***Анотація:** Повоєнне відновлення України відкриває можливості для модернізації та оптимізації системи управління водними ресурсами шляхом впровадження інтелектуальних і цифрових технологій. Така необхідність обумовлена значними пошкодженнями водної інфраструктури, спричиненими військовими діями, а також вже існуючими проблемами, такими як неефективний розподіл ресурсів, забруднення води та вплив зміни клімату. У процесі відбудови України інтеграція сучасних технологій може не лише відновити системи водопостачання, але й зробити їх стійкішими, адаптивними та сталими.*

***Метою** цього дослідження є вивчення ролі інтелектуальних та цифрових технологій в управлінні водними ресурсами під час післявоєнної відбудови України.*

***Методи:** аналізу наукової літератури, порівняння, узагальнення, систематизації.*



***Результати** дослідження показують трансформуючий потенціал цих технологій. ГІС-платформи забезпечують точний просторовий аналіз для планування та моніторингу проєктів відновлення, а технології Інтернету речей дають змогу відстежувати якість води та роботу інфраструктури в режимі реального часу. Моделі машинного навчання сприяють прогностичній аналітиці, дозволяючи на ранньому етапі виявляти потенційні проблеми, такі як забруднення або перебої в постачанні. Технологія блокчейн підвищує ефективність управління, забезпечуючи безпечне та прозоре ведення обліку використання води, фінансування та контролю за дотриманням законодавства. Кейси з досвіду таких країн, як Нідерланди та Сінгапур, демонструють успішне впровадження цих рішень і слугують прикладом для стратегії відновлення в Україні.*

***Висновок** цього дослідження полягає в тому, що інтелектуальні та цифрові технології є невід'ємними інструментами для управління водними ресурсами в Україні в післявоєнному контексті. Їх інтеграція вимагає вирішення таких проблем, як розрізненість даних, обмеженість технічних ресурсів та фінансові обмеження. Проте завдяки стратегічним інвестиціям, міжнародній співпраці та заходам з розбудови потенціалу Україна може подолати ці бар'єри і встановити новий стандарт сталого управління водними ресурсами.*

***Ключові слова:** цифровізація водного господарства, повоєнне відновлення, водні біоресурси, геоінформаційні системи, інтернет речей, моніторинг якості води.*



Intelligent and Digital Technologies for Water Resources Management in Ukraine in the Context of Post-War Recovery

Sofiia Melnychenko,

Ph.D., Assistant Professor department of aquatic bioresources and aquaculture,
Kherson State Agrarian and Economic University
Kherson, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-5940-7943>

Abstract: *The post-war recovery of Ukraine opens opportunities for the modernization and optimization of water resource management systems through the implementation of intelligent and digital technologies. This necessity arises from significant damage to water infrastructure caused by military operations, as well as pre-existing issues such as inefficient resource allocation, water pollution, and the impacts of climate change. Integrating modern technologies during Ukraine's reconstruction can not only restore water supply systems but also make them more resilient, adaptive, and sustainable.*

The aim of this study is to examine the role of intelligent and digital technologies in water resource management during Ukraine's post-war recovery.

Methods: *analysis of scientific literature, comparison, generalization, and systematization.*

The results of the study reveal the transformative potential of these technologies. GIS platforms provide precise spatial analysis for planning and monitoring restoration projects, while IoT technologies enable real-time tracking of water quality and infrastructure performance. Machine learning models support predictive analytics, allowing early detection of potential issues such as contamination or supply disruptions. Blockchain technology enhances governance by ensuring secure and transparent record-keeping of water use, funding, and compliance monitoring. Case studies from countries like the Netherlands and



Singapore demonstrate the successful implementation of these solutions, offering a benchmark for Ukraine's recovery strategy.

***The conclusion** of this research is that intelligent and digital technologies are indispensable tools for managing water resources in post-war Ukraine. Their integration requires addressing challenges such as fragmented data, limited technical resources, and financial constraints. However, with strategic investments, international collaboration, and capacity-building measures, Ukraine can overcome these barriers and set a new standard for sustainable water resource management.*

***Keywords:** water sector digitalization, post-war recovery, water bioresources, geoinformation systems, Internet of Things, water quality monitoring.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з актуальними науковими чи практичними завданнями. Ефективне використання водних ресурсів стало важливою світовою проблемою, яка ускладнюється наслідками зміни клімату, зростаючими потребами населення та погіршенням стану водної інфраструктури. В Україні актуальність вирішення цього питання ускладнюється значною шкодою, завданою водним системам під час військового конфлікту, що триває. Ключові компоненти водної інфраструктури, зокрема мережі водопостачання, водосховища та очисні споруди, зазнали значних руйнувань, що ускладнює постачання якісної води населенню та промисловим об'єктам. Тривала неефективність, така як застарілі системи моніторингу, недостатня інтеграція даних і недостатнє дотримання екологічних норм, ще більше перешкоджає сталому управлінню водними ресурсами. Ці проблеми наголошують на необхідності інноваційних рішень, зокрема шляхом впровадження інтелектуальних і цифрових технологій, для забезпечення ефективного управління ресурсами та їхнього стійкого відновлення [1].



Актуальність цифрової трансформації у водному секторі України зростає у зв'язку з цілями післявоєнної відбудови країни, які спрямовані на модернізацію інфраструктури з одночасним забезпеченням екологічної стійкості. Інтелектуальні системи, такі як геоінформаційні технології, моделі машинного навчання, блокчейн для управління та контроль в режимі реального часу на основі Інтернету речей, відкривають нові можливості для відновлення водної інфраструктури з підвищеною ефективністю, прозорістю та адаптивністю. Ці технології вже показали успіх у вирішенні проблеми дефіциту води, оптимізації ланцюгів постачання та зменшенні впливу на навколишнє середовище, про що свідчать приклади впровадження таких систем у Сінгапурі та Нідерландах. Інтеграція таких рішень у стратегію відновлення України є не лише необхідністю, а й стратегічним шляхом до досягнення довгострокової водної безпеки та узгодження з міжнародними цілями сталого розвитку [2 - 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні наукові дослідження інтелектуальних та цифрових технологій в управлінні водними ресурсами свідчать про те, що дедалі більше уваги приділяється використанню новітніх інструментів для вирішення таких проблем, як зміна клімату, зростання чисельності населення та інфраструктурні обмеження. Фокус зміщується в бік інтеграції штучного інтелекту (ШІ), Інтернету речей (IoT), блокчейну та геопросторових технологій для підвищення ефективності, сталості та стійкості систем управління водними ресурсами [4 – 5].

Дослідження Лебідь О., Кіпоренко С., Вовк В. [6] та Левщанов С. [7] показують трансформаційну роль систем на основі штучного інтелекту в управлінні водними ресурсами, які оптимізують розподіл ресурсів, покращують моніторинг інфраструктури та забезпечують прогнозне управління. Такі системи використовують аналіз даних у режимі реального часу для прогнозування попиту на воду, виявлення витоків і управління якістю води, значно зменшуючи втрати і вплив на навколишнє середовище.



Геопросторові технології та технології Інтернету речей відіграють важливу роль у сучасному управлінні водними ресурсами, як зазначають Гаврилюк П. [8] та Беспалько Р., Гуцул Т. [9]. Їхні дослідження вказують на те, що датчики Інтернету речей та ГІС-платформи підтримують моніторинг водних ресурсів у реальному часі, відстеження забруднення та розподіл ресурсів у міських та сільських умовах. Такі технології забезпечують розумне реагування на водні кризи, інтегруючи дані з різних джерел для отримання практичних результатів.

Водночас залишаються проблеми, зокрема, висока вартість впровадження цих технологій, проблеми з безпекою даних і потреба у кваліфікованих фахівцях для управління цими системами. Попри ці бар'єри, успішні впровадження у всьому світі показують потенціал для адаптації до особливих потреб України у повоєнному відновленні [10 – 11].

Інтеграція таких цифрових технологій відповідає світовим цілям сталого розвитку і може значно покращити водну безпеку, охорону довкілля та економічну ефективність управління водними ресурсами в Україні.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри значний розвиток технологій управління водними ресурсами у світі, їхнє застосування у сценаріях постконфліктного відновлення, таких як в Україні, залишається недостатньо вивченим, особливо щодо поєднання цифрових рішень з пошкодженими об'єктами інфраструктури. У попередніх дослідженнях основна увага приділялася окремим технологіям, таким як Інтернет речей або блокчейн, але не розглядалася їхня синергія та адаптивність до специфічних викликів післявоєнної ситуації, таких як зруйновані системи даних та недоліки в управлінні. У цьому дослідженні узагальнено світові практики, оцінено їхню доцільність для України та запропоновано рамки для стратегічного впровадження інтелектуальних і цифрових інструментів у відновленні водних ресурсів та розбудові стійкості до стихійних лих.



Формулювання цілей статті. Мета дослідження - вивчення ролі інтелектуальних та цифрових технологій в управлінні водними ресурсами під час післявоєнної відбудови України.

Відповідно до мети були поставлені та вирішені наступні завдання: провести аналіз поточного стану управління водними ресурсами в Україні, оцінити потенціал інтелектуальних та цифрових технологій для післявоєнної відбудови, виділити кращі практики з міжнародних реалізацій, оцінити їх адаптивність до українських умов та запропонувати стратегічні рекомендації щодо інтеграції цих технологій у процес відбудови.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням здобутих наукових результатів. Водні ресурси в Україні є важливою складовою екологічної та фінансової стабільності держави. Попри значні запаси водних ресурсів, ефективному управлінню ними заважають багато проблем, зокрема, в контексті військових дій та зміни клімату.

Україна має низку проблем у сфері управління водними ресурсами, зумовлених як природними, так і антропогенними факторами. Основні з них полягають у дефіциті води в окремих регіонах, забрудненні від промислових і сільськогосподарських джерел, застарілій водній інфраструктурі та неефективному розподілі водних ресурсів. Згідно з даними Державного агентства водних ресурсів (ДАВР), структура водоспоживання є нераціональною, що призводить до надмірної експлуатації водних ресурсів в одних регіонах і недостатнього використання в інших. До того ж, у поверхневих і підземних водах спостерігається високий рівень забруднення нітратами та важкими металами через недостатнє очищення стічних вод. Ці проблеми посилюються кліматичними змінами, які призводять до зміни режиму опадів і збільшення випаровування, що ще більше збільшує навантаження на водні ресурси.

Воєнний конфлікт, що триває на території України суттєво вплинув на управління водними ресурсами у регіональних аспектах. Було зруйновано або



пошкоджено критично важливу водну інфраструктуру, зокрема трубопроводи, водосховища та очисні споруди, що призвело до перебоїв у водопостачанні та водовідведенні для багатьох мільйонів людей. Так, наприклад, пошкодження Північно-Кримського каналу призвело до значної нестачі води в Криму і на півдні України. Замінування водойм створює ризики для якості води та обмежує доступ до них для проведення технічного обслуговування. Руїнування інфраструктури збільшує ймовірність потрапляння неочищених стічних вод у річки, що посилює деградацію довкілля та ризики для здоров'я населення.

Управління водними ресурсами в Україні регулюється низкою важливих законодавчих актів, зокрема Водним кодексом України, Законом "Про охорону навколишнього природного середовища", а також міжнародними зобов'язаннями, такими як Водна рамкова директива ЄС. Нормативно-правова база акцентує увагу на інтегрованому управлінні водними ресурсами (ІУВР), контролі за забрудненням та сталому використанні водних ресурсів. Водночас, забезпечення дотримання законодавства залишається незгодженим, існують недоліки у моніторингу та координації між місцевими та національними органами влади. Останні реформи спрямовані на приведення українського водного законодавства у відповідність до стандартів ЄС, зокрема щодо басейнового підходу до управління та участі суспільства у процесах прийняття рішень [12].

Для вирішення проблеми неефективності моніторингу в Україні впроваджуються автоматизовані системи моніторингу якості та кількості води. Ці системи дозволяють в режимі реального часу отримувати дані про такі параметри, як рН, розчинений кисень, прозорість та концентрацію забруднюючих речовин. Дистанційні датчики, встановлені вздовж основних річок, таких як Дніпро та Південний Буг, дають змогу на ранніх стадіях виявляти випадки забруднення та збільшують швидкість відповідного реагування. Водночас, охоплення таких систем лишається обмеженим,



особливо на територіях, що постраждали від конфлікту, де їх встановленню перешкоджає пошкодження інфраструктури та триваючі військові дії.

Геоінформаційні технології (ГІС) в Україні стали невід'ємною частиною сучасного управління водними ресурсами. ГІС дозволяє здійснювати просторовий аналіз доступності води, місць забруднення та розташування об'єктів інфраструктури. Зокрема, супутникові знімки використовуються для моніторингу змін у річкових басейнах та впливу землекористування на якість води. Інструменти картографування допомагають в оцінці ризиків повеней і прогнозуванні посух, що сприяє кращій підготовці до них. Інтеграція ГІС з іншими технологіями, такими як безпілотні літальні апарати, підвищує точність і деталізацію збору даних, забезпечуючи отримання корисної інформації для політиків і водогосподарників.

Машинне навчання має трансформаційний потенціал у водному секторі, забезпечуючи прогностичну аналітику та допомогу в прийнятті рішень. Алгоритми машинного навчання використовують історичні дані та дані в реальному часі для прогнозування попиту на воду, виявлення відхилень та оптимізації розподілу ресурсів. Так, нейронні мережі вже успішно застосовуються для прогнозування швидкості течії річок та виявлення тенденцій у забрудненні водних ресурсів. В Україні застосування машинного навчання поступово впроваджується для прогнозування паводків та оптимізації іригаційних практик. Втім, їх використання все ще перебуває на початковій стадії, що зумовлено обмеженими технічними можливостями та проблемами інтеграції даних (табл. 1).

Таблиця 1

Головні проблеми та технологічні рішення в управлінні водними ресурсами

Проблема	Технологічне рішення	Результат
Дефіцит та неефективне використання води	Машинне навчання для прогнозування	Оптимізація розподілу ресурсів
Забруднення від промислових джерел	Автоматизовані системи моніторингу	Оперативне попередження та реагування на надзвичайні ситуації



Зміна клімату та екстремальні явища	ГІС та машинне навчання для прогнозування негативних природних явищ	Покращення готовності та планування пом'якшення наслідків
Пошкодження інфраструктури внаслідок війни	Геоінформаційні технології (ГІС)	Швидка оцінка та відновлення інфраструктури
Недостатнє виконання нормативно-правових актів	Цифрові платформи для прозорості	Підвищення рівня дотримання законодавства та взаємодії з громадськістю

Джерело: власна розробка автора на основі [13 - 14]

Впровадження цифрових технологій і платформ у відновлення водної інфраструктури є трансформаційним явищем у вирішенні як поточних потреб у відновленні, так і в забезпеченні довготривалої сталості. З розвитком технологій обчислювальних моделей, блокчейну та Інтернету речей (IoT) заходи з відновлення можуть стати ефективнішими, прозорішими та стійкішими. Цей підхід набуває дедалі більшої актуальності для України, де водні системи зазнали значного впливу внаслідок військового конфлікту та застарілої інфраструктури [15].

Цифрове планування стає основою планування та проєктування відновлення водної інфраструктури. Сучасні комп'ютерні моделі моделюють поведінку водних систем за різних умов, що дозволяє інженерам і планувальникам прогнозувати результати та оптимізувати рішення. Так, гідродинамічні моделі дають змогу оцінити річкові потоки і переміщення наносів, які мають важливе значення для відновлення пошкоджених дамб і гребель. Системи інформаційного моделювання будівель (BIM) інтегрують просторові, структурні та екологічні дані для візуалізації процесу відновлення та виявлення можливих проєктних конфліктів ще до початку будівництва. В Україні, де значна частина інфраструктури застаріла і погано зафіксована, цифрові моделі можуть забезпечити детальний план відновлення та модернізації.

Технологія блокчейн знаходить дедалі більше поширення як інструмент підвищення прозорості та підзвітності в управлінні водними ресурсами.



Децентралізована система реєстрів блокчейну забезпечує надійне та незмінне ведення обліку, що дуже зручно для відстеження використання води, контролю за дотриманням нормативних вимог та управління фінансуванням відновлювальних проєктів. У конфліктних та постконфліктних ситуаціях, подібних до української, де структури державного управління можуть бути перевантажені, блокчейн може допомогти знизити рівень корупції та забезпечити, щоб ресурси, які виділяються, досягали цільового призначення. Так, наприклад, смарт-контракти можуть автоматизувати платежі на етапах відновлення, прив'язуючи виплати безпосередньо до перевірених звітів про виконану роботу (табл. 2).

Таблиця 2

Використання цифрових технологій у відновленні водної інфраструктури

Технологія	Застосування	Переваги	Виклики
Цифрові моделі	Проектування та моделювання реставраційних робіт	Оптимізація проєктів, скорочення терміну реалізації проєктів	Брак достовірних даних для моделювання
Блокчейн	Відстеження стану водних ресурсів та проєктних коштів	Підвищення прозорості та зменшення корупції	Високі початкові витрати на налаштування
Інтернет речей	Моніторинг та управління в режимі реального часу	Завчасне виявлення проблем, підвищення ефективності	Підтримка роботи датчиків у зонах конфлікту
Міжнародні практики	Адаптація перевірених рішень	Доступ до інноваційних інструментів та експертизи	Врахування регіональних особливостей та потреб у ресурсах

Джерело: власна розробка автора на основі [16 - 18]

Інтернет речей (IoT) виконує важливу роль у моніторингу та управлінні водною інфраструктурою в режимі реального часу. Сенсори з підтримкою Інтернету речей можуть вимірювати такі важливі параметри, як витрата, тиск і якість води, і передавати дані на централізовані платформи для аналізу. Така можливість у режимі реального часу є дуже важливою для виявлення витоків, запобігання переливам та забезпечення ефективності відновлених систем. Технології Інтернету речей були успішно впроваджені в таких країнах, як



Нідерланди, де розумні датчики контролюють ефективність захисту від повеней, та Індія, де іригаційні системи на основі Інтернету речей оптимізують використання води в сільському господарстві. Адаптація таких практик в Україні може значно покращити управління водною інфраструктурою, зокрема в районах, що зазнали шкоди внаслідок конфлікту.

Про потенціал цифрових технологій у відновленні водної інфраструктури свідчать кілька успішних міжнародних кейсів. Так, наприклад, Національне агентство водного господарства Сінгапуру використовує повністю оцифровану систему управління водними ресурсами, яка інтегрує Інтернет речей, прогнозу аналітику та штучний інтелект для ефективного управління обмеженими водними ресурсами. У США ініціатива «Розумна каналізація» в Канзас-Сіті застосовує датчики Інтернету речей і хмарні технології для оптимізації управління стічними водами та зменшення впливу на довкілля. Такі приклади показують доцільність поєднання різних цифрових інструментів для створення стійких та адаптивних систем водопостачання.

Адаптація світового досвіду в Україні має як можливості, так і виклики. Цифрові інструменти можуть забезпечити значне підвищення ефективності, але їхнє впровадження вимагає врахування низки специфічних факторів, зокрема пошкодженої інфраструктури, доступності даних та інституційної спроможності. Зокрема, дані про стан водних ресурсів в Україні є досить фрагментованими або просто застарілими, що ускладнює ефективне впровадження моделей, які базуються на даних. Інтеграція таких технологій, як блокчейн та Інтернет речей, вимагає інвестицій у підвищення цифрової грамотності та заходи з кібербезпеки, зокрема в регіонах, що постраждали від військових дій [18].

Проблеми впровадження цифрових технологій для відновлення водної інфраструктури охоплюють технічні, фінансові та операційні ризики. Технічні проблеми пов'язані з сумісністю різних систем і підтримкою цифрової



інфраструктури в зонах конфлікту. Фінансові обмеження можуть перешкоджати впровадженню новітніх технологій, тоді як операційні ризики передбачають потенційні загрози кібербезпеці та витік даних. Надмірне використання цифрових інструментів без відповідного людського контролю може призвести до помилок або кібервразливостей у системі.

Водночас, потенційна перевага перевищує ризики за умови стратегічного підходу до їхнього впровадження. Налагодження партнерства з міжнародними організаціями та постачальниками технологій може допомогти Україні отримати доступ до експертизи та фінансування, необхідних для ефективної інтеграції цих інструментів. Створивши комплексну цифрову "основу", Україна може визначити пріоритети інвестицій у технології, які відповідають її конкретним потребам і можливостям.

Висновки. Управління водними ресурсами в Україні зараз перебуває на дуже важливому етапі, адже перед ним стоять комплексні проблеми, пов'язані з екологічним, технологічним та геополітичним тиском. Незважаючи на те, що нормативно-правова база забезпечує міцну базу, недоліки у впровадженні та наслідки триваючих військових дій вказують на необхідність нагальних дій. Сучасні технології, такі як автоматизований моніторинг, ГІС і машинне навчання, відкривають значні можливості для покращення управління водними ресурсами. Розширення використання цих технологій, а також посилення державного управління та міжнародного співробітництва стане важливим для забезпечення водних ресурсів України в довгостроковій перспективі.

Подяки – немає.

Список використаних джерел

1. Melnychenko S., Bohadorova L., Okhremenko I., Kozychar M., Reznikova V. The dynamics of catching aquatic bioresources in the south of Ukraine: Analysis, challenges and prospects for their solution in the context of



sustainable development. *Scientific Horizons*. 2024. № 27 (8). Pp. 158-167. Doi: <https://doi.org/10.48077/scihor8.2024.158>

2. Шеховцов В. В., Єрмолаєва Т. В. Теоретико-практичні проблеми раціонального використання водних біоресурсів як об'єкта тваринного світу в умовах забезпечення сталого розвитку України. *Правова держава*. 2021. № 44. С. 110-118. Doi: <https://doi.org/10.18524/2411-2054.2021.44.245091>

3. Гончарова О. В., Мельниченко С. Г. Екологічний стан водних об'єктів півдня України за впливу російської агресії. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2024. № 1 (15). С. 95 – 104. Doi: <https://doi.org/10.32782/wba.2024.1.8>

4. Гнедіна К. В. Сучасні підходи до управління водними ресурсами та механізми їх екологічного моніторингу: досвід країн ЄС та України. *Екологічні науки*. 2021. № 4 (37). С. 33 – 39. Doi: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.4>

5. Сербов М. Г., Іртищева І. О., Павленко О. П. Інноваційні засади управління прісноводними ресурсами в контексті сталого розвитку. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Економічні науки*. 2022. № 2 (2). С. 87-92. Doi: [https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-304-2\(2\)-15](https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-304-2(2)-15)

6. Лебідь О. В., Кіпоренко С. С., Вовк В. Ю. Використання технологій штучного інтелекту в сільському господарстві: європейський досвід та застосування в Україні. *Електронне моделювання*. 2023. № 45 (3). С. 57-71. DOI: <https://doi.org/10.15407/emodel.45.03.057>

7. Левщанов С. В. Методи і практики впровадження та застосування різних типів штучного інтелекту і науки про дані для вирішення проблем у водній інфраструктурі. *Modern construction and architecture*. 2024. № 9. С. 97 – 104. Doi: [10.31650/2786-6696-2024-9-97-104](https://doi.org/10.31650/2786-6696-2024-9-97-104)

8. Гаврилюк П. Б. Оцінка параметрів річкового басейну в управлінні територіями на прикладі р. Луква з використанням ГІС. *Airport Planning*,



Construction and Maintenance Journal. 2024. № 3. С. 12-20. Doi: <https://doi.org/10.32782/apcmj.2024.3.2>

9. Беспалько Р., Гуцул Т. В. Технологічні особливості виділення меж водозбірних басейнів засобами ГІС-технологій (на прикладі р. Брусниця). *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: Геологія, Географія, Екологія*. 2021. № 55. С. 117 – 127. Doi: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-09>

10. Зубко А. Роль формування інтегрованих систем управління водними ресурсами у післявоєнній відбудові України. *Економіка та суспільство*. 2023. № 49. Doi: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-49-64>

11. Мельниченко С. Г., Богадьорова Л. М., Охременко І. В. Дослідження зарубіжних практик запобігання евтрофікації водойм: досвід для України. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2023. № 123. С. 372 – 377. Doi: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.47>

12. Мельниченко С. Г. Рибництво на малих водосховищах півдня України: аналіз динаміки вилову, проблем та перспектив розвитку. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2023. № 2 (14). С. 19 – 26. Doi: <https://doi.org/10.32782/wba.2023.2.2>

13. Корніюк А. В., Пацева І. Г. Цифровий моніторинг якості води, виклики та рішення. *Екологічні науки*. 2023. № 4 (49). С. Doi: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.4>

14. Защепкіна Н., Пирогов А. Розробка прототипа системи автоматизованого екологічного моніторингу стану стічних вод. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2023. № 4. С. 121 – 126. Doi: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-76-15>

15. Гнедіна К., Нагорний П. Загрози екологічній безпеці: реалії воєнного часу та економічне стимулювання повоєного екологічного відновлення України. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2022. № 4 (32). С. 39-52. Doi: [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2022-4\(32\)-39-52](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2022-4(32)-39-52)



16. Pesantez J. E., Alghamdi F., Sabu S., Mahinthakumar G., Berglund E. Z. Using a digital twin to explore water infrastructure impacts during the COVID-19 pandemic. *Sustainable Cities and Society*. 2022. № 77. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103520>
17. Liu Q., Yang L., Yang M. Digitalisation for water sustainability: Barriers to implementing circular economy in smart water management. *Sustainability*. 2021. № 13 (21). Doi: <https://doi.org/10.3390/su132111868>
18. Adedeji K. B., Ponnle A. A., Abu-Mahfouz A. M., Kurien A. M. Towards digitalization of water supply systems for sustainable smart city development—Water 4.0. *Applied Sciences*. 2022. № 12 (18). Doi: <https://doi.org/10.3390/app12189174>