

СЕКЦІЯ 8
ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ЧИННИК ПЕРЕХОДУ
ДО ЕКОЛОГІЧНОЇ ЦИВІЛІЗАЦІЇ МАЙБУТНЬОГО:
ФІЛОСОФІЯ, ТЕХНОЛОГІЇ, СТРАТЕГІЯ
СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Модератор секції: Вікторія Оглобліна, кандидатка економічних наук, доцентка,
доцентка кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів,
ІННІ ім. Ю. М. Потебні ЗНУ

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-576-4-8>

УДК 504.453:556.535

ВОРОНКОВА ВАЛЕНТИНА,

д. філос. н., проф., завідувач кафедри управління та адміністрування,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету
E-mail: valentinavoronkova236@gmail.com
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0719-1546>

МЕТЕЛЕНКО НАТАЛЯ,

д. е. н., проф., академік Академії економічних наук України,
директорка Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету
E-mail: natalia.metelenko@gmail.com
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6757-3124>

ОГЛОБЛІНА ВІКТОРІЯ,

к. е. н., доц., доцент кафедри інформаційної економіки,
підприємництва та фінансів,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету
E-mail: va.ogloblina@gmail.com
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6627-0255>

ВОДНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ ПІД ТИСКОМ КЛІМАТИЧНИХ
ЗМІН: ОЦІНКА ВРАЗЛИВОСТІ ТА ШЛЯХИ АДАПТАЦІЇ

У сучасних умовах глобальних кліматичних змін водні ресурси України опинилися під зростаючим природним і антропогенним тиском, що зумовлює необхідність їх комплексного наукового осмислення.

Підвищення середньорічної температури повітря, зміна просторово-часового розподілу опадів, зростання частоти та інтенсивності екстремальних гідрометеорологічних явищ, таких як тривалі посухи, паводки й повені, суттєво трансформують гідрологічний режим річкових басейнів, знижують якість і доступність прісної води та загрожують екологічній рівновазі водних екосистем. Для України, яка належить до країн із обмеженими запасами водних ресурсів у розрахунку на душу населення, ці процеси набувають особливої гостроти та формують нові виклики для соціально-економічного розвитку, аграрного виробництва, промисловості та систем життєзабезпечення населення. Актуальність дослідження посилюється тим, що кліматичні зміни в Україні проявляються нерівномірно за регіонами, створюючи асиметрію водозабезпечення та підвищуючи вразливість окремих територій, насамперед південних і центральних областей, до дефіциту водних ресурсів [1].

Водночас зростає ризик раптових гідрологічних екстремумів у західних і північних регіонах, що ускладнює управління водогосподарськими системами та підвищує ймовірність екологічних і техногенних загроз. У поєднанні з застарілою водною інфраструктурою, нераціональним водокористуванням і наслідками тривалого антропогенного навантаження кліматичні зміни значно знижують адаптивний потенціал водних систем країни. У цьому контексті наукове дослідження вразливості водних ресурсів України до кліматичних змін постає як стратегічно важливе завдання, що виходить за межі суто природничої проблематики та потребує міждисциплінарного підходу. Концептуалізація дослідження ґрунтується на поєднанні кліматологічних, гідрологічних, екологічних і соціально-економічних підходів, які дозволяють розглядати водні ресурси як складну динамічну систему, чутливу до кліматичних коливань і людського впливу. Ключовим поняттям у цьому контексті виступає вразливість водних ресурсів, що визначається не лише природними чинниками, а й рівнем розвитку інституцій управління, технологічним забезпеченням та здатністю суспільства адаптуватися до змін [2].

Концептуальні засади дослідження передбачають аналіз кліматичних ризиків, оцінку ступеня чутливості водних систем до змін клімату та визначення адаптаційного потенціалу різних регіонів України. Адаптація розглядається як системний процес, спрямований на зниження негативних наслідків кліматичних змін шляхом впровадження інтегрованого управління водними ресурсами, модернізації водної інфраструктури, підвищення ефективності водокористування та збереження водних екосистем. У цьому сенсі особливого значення набуває розробка науково обґрунтованих адаптаційних стратегій, що поєднують екологічну доцільність,

економічну ефективність і соціальну відповідальність. Отже, актуальність і концептуалізація дослідження водних ресурсів України під тиском кліматичних змін зумовлюються необхідністю формування цілісного наукового бачення проблеми, яке дозволить не лише оцінити сучасний рівень вразливості водних систем, а й окреслити перспективні шляхи адаптації, спрямовані на забезпечення водної безпеки та сталого розвитку держави в умовах довготривалих кліматичних трансформацій [3].

Інноваційність дослідження водних ресурсів України в умовах кліматичних змін полягає передусім у зміні наукової парадигми їх осмислення – від традиційного ресурсно-експлуатаційного підходу до системного, ризик-орієнтованого та адаптаційного бачення. Сучасні кліматичні трансформації роблять недостатніми класичні методи прогнозування водності річок, управління водогосподарськими комплексами та оцінки водозабезпеченості територій, що зумовлює потребу в упровадженні нових теоретичних моделей і технологічних рішень. Інноваційний характер проблеми проявляється у необхідності інтеграції кліматичних сценаріїв (RCP, SSP), гідрологічного моделювання та геоінформаційних систем для просторово-часової оцінки змін водного режиму. Застосування цифрових технологій, дистанційного зондування Землі, великих масивів даних (Big Data) та інструментів штучного інтелекту відкриває можливості для більш точної діагностики вразливості водних ресурсів, раннього попередження про гідрологічні екстремуми та підтримки управлінських рішень у режимі реального часу [4].

Таким чином, інноваційність проблеми полягає не лише в новизні об'єкта дослідження, а й у використанні міждисциплінарного методичного інструментарію. Водночас інноваційний аспект проблеми має чітко виражений соціально-управлінський вимір. В умовах кліматичних змін водні ресурси дедалі більше розглядаються як фактор національної безпеки, територіальної згуртованості та соціальної стабільності. Це потребує трансформації інституційних механізмів управління водою, переходу до принципів інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом, розвитку партнерств між державою, бізнесом, науковою спільнотою та місцевими громадами. Інноваційність проблеми полягає у поєднанні техніко-технологічних рішень з інституційними та соціальними інноваціями [5].

Особливої ваги набуває екосистемний підхід, який розглядає водні об'єкти не ізольовано, а як елементи цілісних соціо-еколого-економічних систем. Відновлення природної здатності річкових басейнів до саморегуляції, збереження водно-болотних угідь, впровадження природо-орієнтованих рішень (nature-based solutions) виступають інноваційною

альтернативою виключно інженерним методам адаптації. Такий підхід поєднує наукову новизну з практичною спрямованістю та відповідає сучасним європейським і глобальним трендам сталого розвитку. Отже, інноваційність дослідження водних ресурсів України в умовах кліматичних змін полягає у комплексному переосмисленні ролі води в розвитку суспільства, впровадженні нових наукових підходів, цифрових технологій та управлінських моделей. Саме така інноваційна рамка дозволяє перейти від реактивного подолання наслідків кліматичних загроз до проактивного формування адаптаційної стратегії, орієнтованої на довгострокову водну безпеку та сталий розвиток держави [6].

Оцінка вразливості водних ресурсів України до кліматичних змін є ключовим етапом формування ефективної адаптаційної політики та передумовою забезпечення водної безпеки держави. Вразливість у цьому контексті розглядається як комплексна характеристика, що поєднує ступінь кліматичного впливу, чутливість водних систем та адаптаційний потенціал природних, економічних і соціальних підсистем. Такий підхід дозволяє перейти від фрагментарної оцінки окремих ризиків до системного аналізу довгострокових загроз і можливостей адаптації. Кліматичний вплив на водні ресурси України проявляється через зміну гідрологічного режиму річок, зменшення стоку в маловодні періоди, зростання випаровування, деградацію підземних вод та погіршення якості води. Найбільш уразливими є регіони з низьким природним водозабезпеченням і високою водоемністю господарства, насамперед південні та центральні області, де поєднання кліматичних змін і антропогенного навантаження формує хронічний дефіцит водних ресурсів. Чутливість водних систем посилюється фрагментацією річкових басейнів, зарегульованістю стоку, деградацією водно-болотних угідь та зношеністю водогосподарської інфраструктури. Високий рівень втрат води в системах водопостачання та зрошення, низька ефективність очищення стічних вод і обмежені можливості повторного використання води значно підвищують вразливість як природних екосистем, так і соціально-економічних секторів. Адаптаційний потенціал регіонів України є нерівномірним і залежить від рівня економічного розвитку, інституційної спроможності, доступу до інноваційних технологій та участі місцевих громад у прийнятті управлінських рішень. У багатьох випадках він залишається недостатнім, що обмежує можливості своєчасного реагування на кліматичні виклики [7].

Адаптація водних ресурсів України до кліматичних змін має розглядатися як довгостроковий, багаторівневий і міжсекторальний процес, спрямований на зменшення вразливості та підвищення стійкості водних систем. Одним із базових напрямів є впровадження принципів інтегрованого

управління водними ресурсами на басейновому рівні, що передбачає узгодження екологічних, економічних і соціальних інтересів у межах річкових басейнів. Важливим шляхом адаптації є модернізація водної інфраструктури, зокрема реконструкція систем водопостачання й водовідведення, зменшення втрат води, розвиток водоощадних технологій у промисловості та аграрному секторі. Перехід до кліматоорієнтованих моделей зрошення, використання стійких до посух культур і впровадження точного землеробства здатні суттєво знизити водний стрес у сільському господарстві. Не менш значущим є розвиток екосистемно орієнтованих адаптаційних заходів, спрямованих на відновлення природних механізмів регулювання водного режиму. Збереження та відновлення водно-болотних угідь, природних заплав, лісових екосистем у водозборах сприяє підвищенню здатності ландшафтів утримувати воду, зменшенню ризиків паводків і посух та поліпшенню якості водних ресурсів. Інноваційним напрямом адаптації є використання цифрових технологій, гідрологічного моделювання та систем раннього попередження про екстремальні гідрометеорологічні явища. Це дозволяє підвищити обґрунтованість управлінських рішень, зменшити ризики надзвичайних ситуацій та забезпечити більш ефективне планування водокористування в умовах кліматичної невизначеності [8].

Таким чином, оцінка вразливості водних ресурсів України та визначення шляхів їх адаптації до кліматичних змін формують наукову й практичну основу для переходу до стійкої моделі водокористування. Поєднання аналітичних методів оцінки ризиків із комплексом технічних, екосистемних та інституційних адаптаційних заходів дозволяє не лише зменшити негативні наслідки кліматичних трансформацій, а й створити умови для сталого соціально-економічного розвитку держави в довгостроковій перспективі.

Практичні рекомендації для України мають ґрунтуватися на поєднанні науково обґрунтованих підходів, європейського досвіду та національних особливостей водозабезпечення. Їх реалізація повинна бути поетапною, міжсекторальною та орієнтованою на довгострокову водну безпеку [9].

1. Інституційно-управлінські рекомендації. Посилити басейновий принцип управління водними ресурсами шляхом розширення повноважень басейнових рад, забезпечення їх фінансової та аналітичної спроможності. Інтегрувати кліматичні ризики у державні та регіональні програми водного господарства, аграрного розвитку, енергетики та просторового планування. Гармонізувати національне водне законодавство з європейськими директивами, насамперед Водною рамковою директивою ЄС та директивами щодо управління ризиками повеней. Запровадити механізми міжвідомчої координації між органами, відповідальними за кліматичну політику, водні ресурси, екологію та регіональний розвиток [10].

2. Техніко-технологічні рекомендації. Провести модернізацію водогосподарської інфраструктури, зосередившись на зменшенні втрат води у системах водопостачання та зрошення. Розвивати водоощадні та ресурсоефективні технології у промисловості та сільському господарстві, зокрема крапельне зрошення, повторне використання очищених стічних вод. Запровадити сучасні системи моніторингу якості та кількості води з використанням цифрових платформ, дистанційного зондування та автоматизованих станцій спостереження. Розвивати системи раннього попередження про посухи, паводки та повені з урахуванням кліматичних сценаріїв [11].

3. Екосистемні та природоорієнтовані рекомендації. Відновлювати та зберігати водно-болотні угіддя, заплави річок і природні водозбори як ключові елементи кліматичної адаптації. Обмежити подальшу зарегульованість річок та поступово впроваджувати заходи з екологічної реабілітації малих і середніх водотоків. Інтегрувати екосистемний підхід у програми управління водними ресурсами та просторового розвитку територій. Підтримувати природні механізми накопичення та утримання води в ландшафтах, зокрема через лісовідновлення у водозборах [12].

4. Соціально-економічні рекомендації. Стимулювати раціональне водокористування через економічні інструменти: диференційовані тарифи, податкові пільги для водоощадних технологій, екологічні інвестиції. Підвищувати водну та кліматичну грамотність населення, залучаючи громади до управління місцевими водними ресурсами. Підтримувати розвиток місцевих адаптаційних стратегій, особливо у водоефіцитних регіонах півдня та центру України. Заохочувати партнерство між державою, бізнесом, наукою та громадянським суспільством у сфері водної адаптації.

5. Науково-аналітичні рекомендації. Розвивати міждисциплінарні дослідження з оцінки вразливості водних ресурсів до кліматичних змін на національному та регіональному рівнях. Створити єдину національну інформаційну платформу водних і кліматичних даних, доступну для органів влади, науковців та громад. Інтегрувати результати наукових досліджень у процес формування державної політики та стратегічного планування. Активізувати міжнародну співпрацю та залучення фінансування для реалізації адаптаційних проєктів [13].

Реалізація запропонованих практичних рекомендацій дозволить Україні зменшити вразливість водних ресурсів до кліматичних змін, підвищити ефективність управління водою та забезпечити основу для сталого соціально-економічного розвитку. Комплексний підхід, що поєднує інституційні реформи, технологічні інновації та екосистемні рішення, є ключем до формування довгострокової водної безпеки держави [14].

Список використаних джерел:

1. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge University Press, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
2. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2021: The physical science basis. Cambridge University Press, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009157896>.
3. World Bank. Climate change action plan 2021–2025. World Bank Group, 2021.
4. United Nations World Water Assessment Programme. The United Nations world water development report 2023: Partnerships and cooperation for water. UNESCO. 2023.
5. European Commission. Forging a climate-resilient Europe: The new EU strategy on adaptation to climate change. Publications Office of the European Union. 2021.
6. United Nations Environment Programme. Adaptation gap report 2021: The gathering storm. UNEP. 2021.
7. Gleick P. H. The world's water: The biennial report on freshwater resources. Island Press, 2018.
8. Pahl-Wostl C. Governance of the water-energy-food security nexus: A multi-level coordination challenge. *Environmental Science & Policy*. 2019. 92. Pp. 356–367. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.11.012>.
9. Vörösmarty, C. J., Green, P., Salisbury, J., & Lammers, R. B. Global water resources: Vulnerability from climate change and population growth. *Science*. 2000. 289(5477). Pp. 284–288. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.289.5477.284>.
10. Kundzewicz Z. W., Hegger D. L. T. Flood-risk reduction: Structural measures and diverse strategies. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*. 2019. 381. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.5194/piahs-381-1-2019>.
11. Державне агентство водних ресурсів України. Водні ресурси України: стан, використання, управління. Київ : Держводагентство, 2022.
12. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Національна стратегія адаптації до зміни клімату до 2030 року. Київ, 2021.
13. Хвесик М. А., Степаненко А. В. Водна безпека України в умовах кліматичних змін. *Економіка природокористування і сталий розвиток*. 2020. 6. 5–16.
14. Шевчук В. Я. Кліматичні зміни та водні ресурси: виклики для сталого розвитку України. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2019. 271. 23–35.

ГЛУЩЕВСЬКИЙ В'ЯЧЕСЛАВ,

д. е. н., проф. кафедри інформаційної економіки,
підприємництва та фінансів,
Запорізький національний університет
E-mail: glushevsky@ukr.net
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2124-5985>

ВОЄВОДІН ОЛЕКСАНДР,

Запорізький національний університет
E-mail: olex3000sp@gmail.com
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-0545-5066>

КАПЛУН РОСТИСЛАВ,

Запорізький національний університет
E-mail: rostkaplun@gmail.com
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-3188-1450>

**ЗАКОНОДАВЧЕ РЕГУЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ
ПІДПРИЄМСТВ ІТ-СЕКТОРУ: ЕКОНОМІЧНІ, ЕКОЛОГІЧНІ,
СОЦІАЛЬНІ ТА УПРАВЛІНСЬКІ АСПЕКТИ**

Складність процесів, що наразі проходять у світі в умовах активізації розвитку глобального цифрового середовища XXI століття, потребує всебічного і глибокого осмислення наявних змін. Серед різних видів економічної діяльності на особливу увагу заслуговує ІТ-індустрія, оскільки ІТ-сектор сьогодні є ключовим драйвером національних економік. Він створює робочі місця, стимулює інновації й загалом формує нову якість життя.

Наразі на міжнародній арені Україна є визнаним глобальним гравцем і одним із найкращих постачальників послуг у ІТ-сфері, зокрема конкурентною нішею є український ІТ-фріланс. Вочевидь, менеджмент в ІТ є важливою функцією та включає широкий спектр завдань і обов'язків, таких як: розроблення і впровадження ІТ-стратегій та політик підприємств ІТ-сектору (далі – ІТ-компанії) з урахуванням чинного законодавства, національних та міжнародних стандартів, нормативно-правового забезпечення різних видів економічної діяльності, управління відповідними ІТ-проектами та їх ресурсами тощо, та є рушійною силою для перспективного розвитку ІТ-компаній.

Проте швидкий розвиток технологій несе із собою і чимало викликів – від правових до екологічних та соціальних. Тому для держави важливо знаходити баланс: підтримувати інновації, але водночас мінімізувати ризики для людей і довкілля.

Нами проведено аналіз чинної національної та міжнародної нормативно-правової бази, що регулює економічні, екологічні, соціальні та управлінські аспекти діяльності підприємств ІТ-сектору. Отримані результати систематизовано з урахуванням вимог сталого розвитку та ESG-принципів.

Аналіз проводився на основі відкритих нормативно-правових актів України та ЄС, аналітичних матеріалів, наукових публікацій і профільних ресурсів. Ми окремо звертали увагу на практичні рекомендації та ініціативи, які стосуються впровадження ESG у цифровій економіці, адже саме вони найчастіше показують, як принципи працюють не лише «на папері».

Українське правове поле, у якому працюють ІТ-компанії, складається з поєднання загальних законів і спеціальних режимів. Найвідоміший із них – «Дія.City» [1]. Це не просто податкова пільга чи окрема нормативна ініціатива, а комплексний правовий режим, створений для того, щоб технологічному бізнесу було легше розвиватися в Україні.

Закон «Про стимулювання розвитку цифрової економіки в Україні» [4] від 15.07.2021 № 1667-IX визначив основні правила роботи «Дія.City». Цей режим пропонує компаніям альтернативні моделі оподаткування, гнучкі формати співпраці на кшталт ГІГ-контрактів і більш прозорі підходи до мотивації працівників. Усе це має допомогти українським ІТ-компаніям стати конкурентнішими, залучати інвестиції й фахівців з-за кордону.

Водночас упровадження нового режиму супроводжується й низкою викликів. Зокрема, йдеться про питання соціального захисту працівників, співвідношення між податковими пільгами та реальними соціальними зобов'язаннями компаній. Тож попри позитивний вплив на розвиток сектору, «Дія.City» потребує подальшого аналізу й адаптації до практичних потреб бізнесу [5].

Українське трудове законодавство – насамперед Кодекс законів про працю та пов'язані нормативні акти – історично було розраховане на класичні, «офісні» форми зайнятості [2]. Але реальність ІТ-сектору зовсім інша: тут масово працюють на ГІГ-контрактах, віддалено, у гнучких форматах. Через це виникає потреба по-новому визначати, хто такий працівник, як забезпечити соціальні гарантії, охорону праці та захист прав людей, які працюють у таких сучасних моделях.

Режим «Дія.City» частково пропонує вихід із ситуації: він вводить контрактні моделі, що поєднують риси трудових і цивільно-правових відносин.

Але проблема залишається. Частина фахівців, які працюють за ІТ-контрактами, фактично випадає із традиційної системи соціального захисту, що створює ризики у випадку хвороби, травми чи інших життєвих ситуацій [5].

У сфері екологічного регулювання ситуація схожа. В Україні немає окремих норм, які б спеціально регулювали вплив ІТ-сектору на довкілля. Проте ІТ-компанії зобов'язані дотримуватися загального природоохоронного законодавства – від вимог з енергоефективності до правил поводження з електронними відходами. Наприклад, закони про відходи та охорону навколишнього середовища визначають загальні обов'язки щодо утилізації електронних пристроїв і обладнання [3].

Екологічні виклики для ІТ-сфери добре відомі: високе енергоспоживання дата-центрів, потреба в ефективному охолодженні, викиди, пов'язані з виробництвом і роботою обладнання, а також накопичення електронного сміття. Без додаткових стимулів або чітких вимог бізнесу складно мотивувати компанії інвестувати у справді «зелені» рішення.

Управлінські практики ІТ-компаній формуються переважно корпоративним правом та їхніми внутрішніми політиками. Водночас питання корпоративної відповідальності, механізми внутрішнього контролю та розкриття інформації часто залишаються недопрацьованими. Особливо це стосується аспектів, пов'язаних із ESG – сферою, яка для багатьох компаній ще перебуває на стадії формування.

Європейський Союз і міжнародні організації інтенсифікують регулювання, спрямоване на підвищення прозорості, захист прав людини і довкілля, а також забезпечення цифрової безпеки. Для ІТ-сектору ключовими є нормативи у сфері корпоративної звітності, дью-ділідженсу, кібербезпеки та екодизайну, зокрема такі:

- Директива ЄС щодо корпоративної сталості (CSRD) вимагає від ІТ-компаній розкривати інформацію про екологічні, соціальні та управлінські показники; для цього визначені стандарти розкриття інформації [7].

- Директива про дью-ділідженс (CSDDD) покликана зробити ІТ-компанії відповідальними за виявлення, запобігання або пом'якшення негативних впливів на права людини та довкілля, що означає більшу увагу до етичних аспектів постачальників і аутсорсерів [8].

- Регуляції DORA (Digital Operational Resilience Act) та CRA (Cyber Resilience Act) встановлюють вимоги щодо операційної стійкості цифрових систем (управління ризиками) та мінімальні вимоги безпеки для цифрових продуктів відповідно [6; 11; 12].

- Ecodesign Directive [9] створює рамки для встановлення вимог енергоефективності та екологічності продукції, у тому числі деяких цифрових пристроїв. Добровільна система EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) [10]

допомагає організаціям систематизувати та оптимізувати екологічний менеджмент і звітність, вдосконалити управління персоналом ІТ-компаній.

Отже, можна зробити узагальнений висновок щодо наявних регулятивних політик у контексті розроблення системи менеджменту ІТ-компаній з урахуванням актуальних економічних, екологічних, соціальних та управлінських аспектів:

1. У національному законодавстві відсутні спеціальні вимоги щодо екологічної відповідальності саме ІТ-компаній.

2. Соціальне регулювання не повною мірою враховує специфіку ІТ-Глової зайнятості (сфера ІТ-аутсорсингу).

3. Ризики для стейкхолдерів включають зниження прозорості корпоративних практик, уразливості бізнес-процесів ІТ-компаній в кіберпросторі при відсутності єдиних стандартів безпеки.

4. Дотримання міжнародних стандартів ISO, дотичних до процесів підприємств ІТ-сфери, є релевантним способом захисту ІТ-компаній від штрафів на міжнародному ринку та загрози втрати інвестицій через низькі корпоративні стандарти якості та сталості.

Список використаних джерел:

1. Дія.City. Офіційний сайт про режим. URL: <https://city.diia.gov.ua/> (дата звернення: 18.11.2025).

2. Кодекс законів про працю України (КЗпП). Офіційний правовий акт. *Офіційний вебсайт Верховної Ради України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text> (дата звернення: 18.11.2025).

3. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України зі змінами від 25 чер. 1991 р. №1264-XII. *Офіційний вебсайт Верховної Ради України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 18.11.2025).

4. Про стимулювання розвитку цифрової економіки в Україні: Закон України зі змінами від 15 лип. 2021 р. № 1667-IX. *Офіційний вебсайт Верховної Ради України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1667-20#Text> (дата звернення: 18.11.2025).

5. Тімашов В. О., Гейко Н. Є. Правові засади забезпечення «ДІЯ.CITІ». *Юридичний науковий електронний журнал*. 2023. № 5. С. 262–264. URL: http://lsej.org.ua/5_2023/65.pdf (дата звернення: 18.11.2025).

6. Чуб Д. Європейський регламент з кібербезпеки DORA: загальний огляд та успішний кейс. *IT Specialist* : вебсайт. URL: <https://my-itspecialist.com/dora-reglament-kiberbezpeky-oglyad-keis> (дата звернення: 18.11.2025).

7. Directive (EU) 2022/2464. EUR-Lex : вебсайт (Corporate Sustainability Reporting Directive). URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2464/oj/eng> (дата звернення: 18.11.2025).

8. Directive (EU) 2024/1760. Вебсайт EUR-Lex (Corporate Sustainability Due Diligence Directive). URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2464/oj/eng> (дата звернення: 18.11.2025).

9. Directive 2009/125/EC. *EUR-Lex* : вебсайт (Ecodesign Directive). URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2464/oj/eng> (дата звернення: 18.11.2025).

10. Eco-Management and Audit Scheme (EMAS). *European Commission Green Forum* : вебсайт. URL: https://green-forum.ec.europa.eu/green-business/emas_en (дата звернення: 18.11.2025).

11. Regulation (EU) 2022/2554. *EUR-Lex* : вебсайт (Digital Operational Resilience Act). URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2464/oj/eng> (дата звернення: 18.11.2025).

12. Regulation (EU) 2024/2847. *EUR-Lex* : вебсайт (Cyber Resilience Act). URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2464/oj/eng> (дата звернення: 18.11.2025).

УДК: 004.9:72:69

ЗАЙЦЕВ АРТЕМ,

студент 3 курсу гр. 6.1913 кафедри міського будівництва і архітектури,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету

ВОРОНКОВА ВАЛЕНТИНА,

д. філос. н., проф.,
завідувачка кафедри управління та адміністрування,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету
E-mail: valentinavoronkova236@gmail.com
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0719-1546>

ІННОВАЦІЙНА ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ АРХІТЕКТУРИ ТА БУДІВНИЦТВА В УМОВАХ СМАРТ-СУСПІЛЬСТВА

У ХХІ столітті архітектура та будівництво опинилися на порозі нової ери – ери цифрової трансформації. Зростаюча складність проєктів, жорсткі вимоги до якості, енергоефективності, екологічності та економії часу стимулюють впровадження сучасних цифрових технологій. Замість традиційних креслень, паперів і розрізнених даних індустрія переходить до використання інтегрованих цифрових моделей, хмарних платформ, систем моніторингу й управління, а також автоматизації й аналітики. Цифровізація постає не просто як технічний тренд, а як фундаментальна зміна підходів до проєктування, будівництва та експлуатації об'єктів:

1. BIM – серце цифрової трансформації Інформаційне моделювання будівель (BIM) дає можливість створити єдину цифрову модель,

яка включає геометрію, технічні характеристики, кошториси, графіки робіт, дані про енергоспоживання, обслуговування тощо. Використання BIM забезпечує зменшення проєктних і будівельних помилок, оптимізацію ресурсів та підвищення якості виконання. У доповіді щодо цифрової трансформації будівельного виробництва підкреслено, що BIM допомагає скоротити витрати, зменшити терміни будівництва та підвищити ефективність взаємодії між усіма учасниками: архітекторами, інженерами, підрядниками, замовниками. archinform.knuba.edu.ua BIM-моделі можуть розвиватися до багатовимірних (4D – час, 5D – вартість, 6D – експлуатація, енергоефективність). Це дає змогу управляти життєвим циклом споруди вже на етапі проєктування.

Переваги BIM:

- Спільна робота над одним проєктом усіма учасниками – архітектори, інженери, підрядники.
- Прозорість процесів, легке внесення змін, актуалізація даних, контроль версій.
- Можливість прогнозування витрат, ресурсів, енергоспоживання, обслуговування – до початку будівництва.

2. Інтеграція сучасних цифрових технологій: цифрові двійники, IoT, хмарні платформи, аналітика.

Цифрові двійники (digital twins) – це віртуальні копії реальних будівель або споруд, що оновлюються в реальному часі за допомогою датчиків IoT та систем моніторингу. Вони дозволяють стежити за станом будівлі, контролювати енергоспоживання, експлуатаційні параметри, планувати техобслуговування. У науковому огляді показано, що використання digital twins сприяє підвищенню продуктивності, безпеки, довговічності споруд, а також зменшенню викидів CO₂ та ресурсоспоживання, що робить будівництво більш сталим. Хмарні технології та платформи забезпечують централізоване зберігання проєктних даних, дають змогу працювати над проєктом спільно, у реальному часі, з будь-якого місця. Це зменшує ризики втрати даних, дублювання робіт, спрощує комунікацію між учасниками. Автоматизація процесів, аналітика даних, цифровий контроль виконання робіт і ресурсів – все це дає змогу економити час, кошти, підвищувати якість управління проєктами.

3. Переваги для будівельної галузі та управління проєктами Використання цифрових технологій підвищує конкурентоспроможність будівельних і проєктних компаній, робить їх більш гнучкими, ефективними, здатними реалізовувати складні проєкти з меншими затратами. Цифрові підходи дозволяють краще планувати, прогнозувати ризики, управляти витратами та ресурсами, що важливо як для приватного, так

і для державного будівництва. У контексті сучасних викликів (відновлення інфраструктури, швидке будівництво, економія ресурсів) цифровізація надає реальні інструменти для підвищення продуктивності та якості.

4. Виклики, обмеження та перешкоди впровадження. За даними огляду питань цифровізації інфраструктурних проєктів, основні бар'єри – брак навичок і кваліфікованих фахівців, опір змінам, висока початкова вартість впровадження, відсутність стандартів, методик, нормативів. В Україні, як показано в дослідженні стану технічного регулювання, існує проблема адаптації нормативних документів під нові цифрові реалії, що стримує широке впровадження. Для ефективної цифровізації потрібна не лише технологія, але й системний підхід: навчання персоналу, зміна організаційної структури, підготовка стандартів, державна підтримка.

Висновки. Цифровізація у сфері архітектури та будівництва – це не просто модернізація інструментарію, а глибинна трансформація галузі. За допомогою BIM, цифрових двійників, IoT, хмарних платформ, автоматизації та аналітики можна значно підвищити якість проєктів, зменшити витрати, скоротити час будівництва, мінімізувати помилки, а також підвищити безпеку та стійкість споруд. Проте для того, щоб ці переваги стали доступними на практиці, потрібно подолати низку викликів: забезпечити кваліфікованих фахівців, створити нормативну та стандартну базу, адаптувати управлінські процеси, впровадити освітні програми.

Отже, цифровізація – не самоціль, а стратегічний інструмент. Ті, хто успішно інтегрує її в свою діяльність, здобудуть конкурентну перевагу та зможуть будувати швидше, якісніше та сталіше. Для решти – вона стане необхідністю в сучасному ринку.

Список використаних джерел:

1. Перегінець І., Смірнов Ю. Цифрова трансформація будівельного виробництва на основі BIM. URL: <https://archinform.knuba.edu.ua/article/view/329795>
2. Обідник М. Д., Обідник М. В. Цифровізація будівельної галузі. URL: <https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/948>
3. Михайлик Д. В., Соколов І. А. Цифрові підходи до організації будівельних процесів. URL: <https://uajcea.pgasa.dp.ua/article/view/342717>
4. Alsolfiani M. A. Digitalization in Infrastructure Construction Projects. URL: <https://arxiv.org/abs/2405.16875>
5. Zichao Zhang. Zhuangkun Wei Ta iH. A Review of Digital Twin Technologies for Enhanced Sustainability in the Construction Industry. URL: <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/4/1113>

ЗЕЛЕНЮК ВАЛЕРІЯ,

студентка 3 курсу гр. 6.1913

кафедри міського будівництва і архітектури,

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Запорізького національного університету

ВОРОНKOBA ВАЛЕНТИНА,

д. філос. н., проф.,

завідувачки кафедри управління та адміністрування,

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Запорізького національного університету

E-mail: valentinavoronkova236@gmail.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0719-1546>

3D-ДРУК І ЦИФРОВЕ ВИРОБНИЦТВО В АРХІТЕКТУРІ

3D-друк та цифрове виробництво стали одними з найважливіших технологічних зрушень у сучасній архітектурі. Їхній вплив охоплює проектування, моделювання, виготовлення будівельних елементів і навіть повноцінних житлових споруд. На відміну від традиційних будівельних методів, адитивні технології забезпечують архітекторам високу свободу формоутворення, економію матеріалів, точність і можливість швидкого тестування конструкцій. У поєднанні з цифровими CAD-системами вони формують нову парадигму архітектурної практики, у якій фізичний об'єкт стає прямим продовженням цифрової моделі.

1. Інноваційність і гнучкість формоутворення. 3D-друк дозволяє створювати складні, органічні та нестандартні форми, які раніше були важко доступними або потребували значних матеріальних та трудових витрат. Технологія адитивного виробництва відкриває можливість генерувати оптимізовані геометрії: внутрішні рельєфи, порожнисті структури, багатошарові поверхні. Це значно розширює дизайнерську свободу архітекторів і виключає багато традиційних обмежень. Дослідники зазначають, що 3D-друк формує новий підхід у будівельному виробництві, де цифрова модель безпосередньо визначає конструктивні рішення реального об'єкта.

2. Підвищення ефективності та економія ресурсів. Однею з ключових переваг 3D-друку є різке скорочення кількості відходів. Матеріал наноситься лише там, де він фактично потрібен, що дозволяє економити сировину та знижувати екологічне навантаження. Крім того, будівельні

3D-принтери дозволяють значно прискорити зведення об'єктів. Досвід практичних проєктів показує, що невеликий житловий будинок можна надрукувати за кілька днів, а окремі конструктивні елементи – за години. Для України актуальною є перспектива здешевлення житла та створення швидкого відновлюваного будівництва, що є особливо важливим у період післявоєнної реконструкції.

3. Точність, цифрове моделювання та інтеграція CAD-систем. Цифрове виробництво тісно інтегроване з сучасним архітектурним моделюванням. Використання програм на кшталт Revit, Rhino, ArchiCAD, Grasshopper дозволяє безпосередньо експортувати дані на 3D-принтери. Точність виготовлення архітектурних моделей сягає мікронів, що є цінним для макетування, тестування конструкцій, створення робочих деталей та презентацій. Це також спрощує процес узгодження проєктів між різними фахівцями – від інженерів до дизайнерів інтер'єру.

4. Масштабованість і розвиток технології у будівельній індустрії. У наукових і професійних колах дедалі ширше розглядається можливість масштабування 3D-друку для масового будівництва. Українські дослідження демонструють перспективність використання адитивних технологій для виготовлення несучих елементів, модульних систем та малоповерхових будівель. Університети створюють лабораторії, де студенти та професіонали опановують будівельний 3D-друк. Це сприяє розвитку нових фахівців та прискорює інтеграцію технології в практику.

5. Технічні обмеження та виклики впровадження. Попри численні переваги, технологія має низку обмежень. До них належать:

- Складність забезпечення рівномірної міцності при друці бетонних сумішей.
- Залежність від погодних умов при відкритому друці.
- Недостатня стандартизація та відсутність чітких будівельних норм.
- Потреба у спеціалізованому обладнанні та висококваліфікованих операторах. Розв'язання цих проблем є ключовим фактором для масового впровадження технології в архітектурну індустрію.

6. Екологічна стійкість і зменшення впливу на довкілля. 3D-друк сприяє екологізації будівельного виробництва, оскільки дозволяє оптимізувати використання матеріалів і зменшити викиди CO₂. Адитивні технології відкривають можливість використання місцевих матеріалів, що знижує потребу в транспортуванні та скорочує загальний вуглецевий слід будівництва. Це відповідає міжнародним тенденціям сталого розвитку та руху до енергоефективного житла.

7. Нові бізнес-моделі та трансформація професії архітектора. 3D-друк формує нову модель виробництва – «виробництво за запитом». Це змінює

будівельні логістичні процеси і дозволяє виконувати індивідуальні замовлення швидше та дешевше. А для архітекторів та дизайнерів ця технологія означає необхідність освоєння нових інструментів і переходу до більш тісної взаємодії з цифровими виробничими процесами.

3D-друк та цифрове виробництво стали одними з найдинамічніших інновацій XXI століття, що докорінно змінюють архітектурну практику, парадигму проєктування й саму логіку створення матеріального середовища. Їхній вплив виходить далеко за межі технологічних удосконалень – це трансформація способу мислення архітектора, виробника, урбаніста та суспільства в цілому. З огляду на сучасні тенденції, можна зробити кілька фундаментальних висновків.

Перш за все, 3D-друк відкриває архітектурі новий рівень формотворення, дозволяючи створювати геометрично складні структури, які традиційні методи будівництва роблять занадто дорогими або технічно неможливими. Це переосмислює роль інженерії та дає змогу переходити від стандартних модулів до органічної, параметричної архітектури, де кожен елемент може бути унікальним без втрати економічної ефективності.

По-друге, цифрове виробництво руйнує межу між проєктуванням та реалізацією. Автоматизовані системи, роботизація та алгоритмічний контроль виробничих процесів формують єдиний цифровий ланцюг «від ідеї до матеріалізації». Архітектор отримує можливість не просто уявляти форму, а керувати матеріалом, текстурою, щільністю та структурою в реальному часі. Така інтеграція створює умови для підвищення точності, передбачуваності та якості будівельного процесу.

По-третє, важливою є екологічна складова. 3D-друк дозволяє суттєво скоротити кількість відходів, оптимізувати використання матеріалів та впроваджувати принципи циклічної економіки. Можливість друкувати з локальних ресурсів – ґрунту, глини, перероблених матеріалів – створює передумови для сталого розвитку та мінімізації вуглецевого сліду. Саме тому у світовій практиці 3D-друк уже розглядається як технологія «зеленої архітектури».

По-четверте, цифрове виробництво сприяє демократизації архітектури. Вартість індивідуального проєктування та реалізації знижується, з'являється можливість швидкого зведення доступного житла, створення модульних та мобільних конструкцій, придатних для гуманітарних цілей, відбудови територій після катастроф чи воєн. Саме ця властивість робить 3D-друк актуальним для повоєнної реконструкції України.

По-п'яте, цифрова архітектура формує нові професійні компетенції. Архітектор перетворюється на цифрового інженера,

а будівельник – на оператора високотехнологічного обладнання. Зростає значення міждисциплінарної взаємодії: дизайнери, програмісти, матеріалознавці, робототехніки працюють у спільному середовищі, створюючи комплексні рішення.

Нарешті, найважливіше: 3D-друк і цифрове виробництво стають інструментом філософської трансформації архітектури. Вони змінюють не тільки технологію, а й саму ідею будівництва як акту творення простору. Простір стає параметричним, адаптивним, персоналізованим, відкритим до змін. Архітектура перетворюється на живий процес цифрової матеріалізації – гнучкий, точний та інтелектуально керований.

Отже, 3D-друк і цифрове виробництво – це не лише нові технічні інструменти, а й каталізatori еволюції архітектурної думки, що задають нові стандарти сталості, інноваційності та гуманістичності. У майбутньому вони стануть ядром «розумного» будівництва та фундаментом для становлення нової парадигми архітектури, яка відповідає викликам глобального світу, потребам сталого розвитку й очікуванням постлюдської епохи високих технологій.

Висновки. 3D-друк і цифрове виробництво є однією з найперспективніших технологій для розвитку сучасної архітектури й будівництва. Вони забезпечують високу точність, гнучкість, економію ресурсів та значне прискорення будівельних процесів. Попри наявні технічні й нормативні обмеження, адитивне виробництво вже зараз відіграє важливу роль у проектуванні і виготовленні архітектурних об'єктів. З огляду на сучасні виклики, включно з відбудовою України, інтеграція 3D-друку в архітектурну практику може стати одним із ключових напрямів інноваційного розвитку індустрії.

Список використаних джерел:

1. SPels – «Технології 3D-друку та їх вплив на виробництво». URL: <https://spels.com.ua/tehnolohii-3d-druku-ta-ikh-vplyv-na-vyrobnnytstvo/>
2. Нац. університет «Полтавська політехніка» – дослідження з перспектив 3D-друку. URL: <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/10906>
3. Easy3DPrint – «Переваги 3D друку». URL: <https://easy3dprint.com.ua/uk/perevagi-3d-druku/>
4. Науковий журнал ЛНУ «Архітектура» – «Перспектива використання технології 3D-друку для будівництва». URL: <https://science.lpnu.ua/uk/sa/vsi-vypusky/volume-6-number-2-2024/perspektyva-vykorystannya-tehnologiyi-3d-druku-dlya>
5. КНУБА – Воркшоп «3D-друк в архітектурі: від цифрової моделі до фізичного об'єкта». URL: <https://iino.knuba.edu.ua/novini/1947-vorkshop-3d-druk-v-arkhitekturi-ta-dizajn-i-vid-tsifrovoji-modeli-do-fizichnogo-ob-ekta-v-laboratoriji-tav>
6. Науковий журнал МТП КНУБА – стаття про властивості матеріалів для 3D-друку. <https://mtp.knuba.edu.ua/article/view/227830>

МЕТЕЛЕНКО НАТАЛЯ,

д. е. н., проф., академік Академії економічних наук України,
директорка Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету
E-mail: natalia.metelenko@gmail.com
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6757-3124>

ВОРОНКОВА ВАЛЕНТИНА,

д. філос. н., проф., завідувач кафедри управління та адміністрування,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету
E-mail: valentinavoronkova236@gmail.com
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0719-1546>

ОГЛОБЛІНА ВІКТОРІЯ,

к. е. н., доц., доцент кафедри інформаційної економіки,
підприємництва та фінансів,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету
E-mail: va.ogloblina@gmail.com
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6627-0255>

**ЦИФРОВІ ТА ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ
У СФЕРІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД**

У сучасних умовах глобальної урбанізації, індустріалізації та кліматичних змін проблема ефективного очищення стічних вод набуває особливої актуальності. Зростання обсягів забруднених водних ресурсів, обмеженість прісної води та підвищені екологічні вимоги ставлять перед суспільством завдання забезпечення сталого водокористування. У цьому контексті цифровізація та впровадження інноваційних технологій стають ключовими чинниками підвищення ефективності процесів очищення води, зменшення енергоспоживання та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище. Цифрові рішення в галузі очищення стічних вод включають застосування інтернету речей (IoT), систем штучного інтелекту, аналітики великих даних, автоматизації та роботизації процесів. Використання сенсорних мереж та IoT-технологій дозволяє здійснювати постійний моніторинг ключових параметрів води, таких як рН, температура, електропровідність

та концентрація забруднювальних речовин, з передачею даних у реальному часі на централізовані платформи. Це забезпечує своєчасне виявлення аварійних ситуацій, перевищення нормативів та змін у складі стоків, що, у свою чергу, підвищує надійність системи та дозволяє оперативно реагувати на екологічні ризики. Штучний інтелект та алгоритми машинного навчання використовуються для прогнозування навантажень на очисні споруди, оптимізації режимів роботи технологічних процесів і підтримки прийняття управлінських рішень. Завдяки аналізу великих обсягів даних, системи ШІ здатні моделювати сценарії розвитку подій, прогнозувати потенційні аварії та розробляти оптимальні стратегії регулювання процесів очищення. Автоматизація та роботизація дозволяють зменшити залежність від людського фактору, підвищити точність технологічних операцій та знизити експлуатаційні витрати. Інноваційні технології очищення стічних вод включають біоочищення з використанням спеціалізованих мікроорганізмів, мембранні процеси, фотокаталітичні системи та електрохімічні реакції, а також методи відновлення ресурсів, таких як виділення фосфору чи генерація енергії з відходів. Поєднання цих технологій із цифровими системами моніторингу та управління дозволяє досягти високої ефективності та економічної доцільності процесів. Концептуально цифрові та інноваційні рішення у сфері очищення стічних вод спрямовані на підвищення ефективності технологічних процесів, зниження експлуатаційних витрат, покращення якості очищення, забезпечення прозорого моніторингу для регуляторних органів і громадськості та підвищення стійкості інфраструктури до аварійних ситуацій [1].

Сучасні дослідження показують, що цифрові технології (IoT-сенсори, геоінформаційні системи, великі дані) значно розширюють можливості моніторингу якості води в реальному часі, дозволяють виявляти забруднення, оцінювати тенденції змін і підтримують прийняття управлінських рішень. Наприклад, у журналі *EcoJ* підкреслюється, що цифрові технології забезпечують неперервний моніторинг якості води, що дозволяє отримувати точні дані про рівень рН, температуру, концентрацію забруднювачів і швидко реагувати на екологічні зміни.

Аналіз сучасних підходів до моніторингу поверхневих вод у басейні Південного Бугу демонструє, як інтеграція ГІС, обробка даних, адаптивний парсинг великих масивів моніторингової інформації та штучні інтелект-моделі (в тому числі великі мовні моделі) дозволяють автоматизувати оцінювання стану водних об'єктів і приймати обґрунтовані управлінські рішення на основі даних.

Огляд методів оцінки ступеню забрудненості водойм показує, що традиційні підходи (лабораторний аналіз проб) поступаються сучасним

методам, які використовують дані дистанційного зондування, машинне навчання і супутникові дані для масштабного аналізу [2].

Аналітика на базі AI/ML у водному секторі. Систематичні огляди літератури демонструють зростання застосувань штучного інтелекту (AI), машинного навчання (ML) та аналітичних підходів у водному середовищі. У спеціальному випуску ACS ES&T Water зібрані десятки статей, що розглядають використання AI/ML для розв'язання проблем моніторингу, якості води, прогнозування змін, оптимізації водопостачання та очистки.

Систематичний огляд на PubMed підтверджує, що AI-моделі можуть моделювати та оптимізувати процеси очищення води, покращуючи їх ефективність порівняно з традиційними методами, та служать потужним інструментом управління водними ресурсами.

Огляд використання AI, IoT та мобільних технологій у водному менеджменті свідчить про зростання ролі цифрових рішень для прогнозування, автоматичного управління та ефективного розподілення води.

Концепція Digital Twins (цифрових двійників) для систем розподілу води дозволяє створювати інтегровані цифрові моделі фізичних систем, що підтримують реальний моніторинг, прогнозу аналітику, оптимізацію технічного обслуговування та підвищення стійкості до зовнішніх впливів. Огляди методів очистки питної води демонструють еволюцію технологій – від флокуляції та фільтрації до нанотехнологічних підходів, що підсилюють ефективність видалення забруднювачів. Ці технології часто поєднують із цифровими методами контролю та оптимізації. Багато сучасних робіт, як-от у спеціальних випусках Frontiers чи в оглядах окремих технологій, підкреслюють необхідність інтеграції гідрологічних, геохімічних та цифрових підходів для сталого управління водними та стічними системами, особливо в умовах кліматичних змін і зростаючого навантаження [3].

Економетричні дослідження підтверджують, що цифрові технології суттєво покращують ефективність розподілу водних ресурсів, сприяють збалансованому використанню та є важливим чинником сталого водного менеджменту. Джерела свідчать, що сучасна наукова спільнота активно розвиває інтегровані цифрові підходи, основані на даних і аналітиці, для підвищення ефективності водного менеджменту, моніторингу та очистки. Ці підходи комплементарно поєднують IT-інструменти, AI/ML-моделі, нові методи очищення та системну аналітику для забезпечення сталого управління водними ресурсами та посилення екологічної безпеки.

Синергійне поєднання цифрових технологій, аналітики та передових методів очищення створює умови для сталого управління водними ресурсами та збереження екологічної безпеки. Отже, впровадження цифрових та інноваційних рішень у сфері очищення стічних вод є необхідним етапом

модернізації інфраструктури водокористування та управління водними ресурсами. Ці підходи не лише підвищують ефективність та надійність процесів, а й забезпечують екологічну безпеку, сприяють економії ресурсів та підтримують інтеграцію у концепцію «розумного» міста та сталого розвитку суспільства. Синергійне поєднання цифрових технологій, сучасної аналітики даних та передових методів очищення води створює комплексні умови для ефективного та сталого управління водними ресурсами. Такий інтегрований підхід дозволяє не лише оптимізувати процеси водопостачання та водовідведення, але й забезпечує своєчасне виявлення забруднень, прогнозування екологічних ризиків та прийняття обґрунтованих рішень щодо охорони водних екосистем. Завдяки цьому формується надійний механізм підтримки екологічної безпеки, збереження біорізноманіття та сталого розвитку водних ресурсів у контексті глобальних змін клімату та зростаючого антропогенного навантаження [4].

Синергійне поєднання цифрових технологій, сучасної аналітики даних та передових методів очищення води створює комплексні умови для ефективного та сталого управління водними ресурсами. Використання сенсорів, дронів та геоінформаційних систем дозволяє моніторити рівень води, її температуру та показники забруднення в реальному часі, як, наприклад, у багатьох річках України, де IoT-сенсори допомагають швидко реагувати на перевищення норм і запобігати екологічним катастрофам. Аналітика великих даних та штучний інтелект дають змогу прогнозувати посухи, паводки та інші критичні ситуації, що дозволяє планувати ефективне розподілення води для сільського господарства та промисловості. Впровадження передових технологій очищення, таких як мембранна фільтрація та біологічне очищення стічних вод, забезпечує повторне використання води та зменшує шкідливий вплив на екосистеми. Синергія цих компонентів формує інтегровану систему управління водними ресурсами, яка одночасно забезпечує своєчасне виявлення забруднень, прогнозування екологічних ризиків та прийняття обґрунтованих рішень щодо охорони водних екосистем. Прикладом такої системи є міста ЄС, як-от Копенгаген, де дрони для моніторингу води, аналітичні платформи та сучасні очисні споруди забезпечують високий рівень водної безпеки, збереження біорізноманіття та підтримку сталого розвитку водних ресурсів у контексті глобальних змін клімату та зростаючого антропогенного навантаження [5].

Сучасні виклики, пов'язані з якістю водних ресурсів, потребують впровадження цифрових та інноваційних рішень у сфері очищення стічних вод в Україні. Одним із ключових напрямів є цифровізація процесів очищення, яка передбачає використання IoT-сенсорів для моніторингу параметрів стічних вод у реальному часі. Завдяки такому підходу можна

оперативно контролювати рівень забруднення, передбачати аварійні ситуації та своєчасно коригувати режим роботи очисних споруд, що значно знижує ризики екологічних аварій. Крім того, впровадження технологій штучного інтелекту та цифрових двійників (Digital Twin) дозволяє створювати віртуальні моделі очисних станцій для оптимізації режимів роботи без ризику для реального обладнання. Автоматизовані системи управління, інтегровані з мобільними додатками для операторів, забезпечують швидке реагування на надзвичайні ситуації, планування ремонтних робіт та діагностику обладнання, зменшуючи вплив людського фактора на ефективність очищення.

Інноваційні технології очистки, зокрема мембранні біореактори, ультрафільтрація та нанофільтрація, дозволяють досягти високого рівня очищення навіть від мікронних забруднень. Використання автоматизованих біологічних установок із цифровою підтримкою, що контролюють рН, біомасу та температуру, забезпечує стабільність і високу ефективність процесу. Крім того, застосування передових коагулянтів із оптимізованим дозувальним контролем дозволяє зменшити витрати реагентів і підвищити якість очищення стічних вод [6].

Сучасні системи інтелектуального управління передбачають обслуговування обладнання за допомогою AI-моделей, що прогнозують відмови та планують технічне обслуговування. Оптимізація енергоспоживання шляхом автоматичного регулювання аерації і змішування дозволяє знизити витрати електроенергії на 10–30 %, а цифрові звіти та аналітика забезпечують прозорість і ефективність взаємодії з державними регуляторами.

Важливим напрямом є перехід до циркулярної економіки, який передбачає відновлення ресурсів із стоків, отримання біогазу, рекуперацію питної води та повторне використання побічних продуктів очищення. Децентралізовані установки поблизу джерел скидів зменшують навантаження на магістральні очисні споруди та підвищують гнучкість системи управління стічними водами.

Напрями наукових здобутків, які формують основу академічної значущості цієї теми:

1. Інтеграція штучного інтелекту для оптимізації процесів очищення. Однією з найактуальніших наукових новинок є застосування глибокого навчання й алгоритмів машинного навчання для оптимізації управління очисними спорудами. Зокрема, дослідження з використанням алгоритму Soft Actor-Critic у моделюванні очищення стічних вод показало, що при врахуванні часових затримок в системі RL-агенти можуть значно знизити викиди фосфору (до 36 %) та зменшити загальні експлуатаційні витрати порівняно з традиційними системами регулювання контролю процесів

очищення. Схожі тенденції відображаються в роботах, де AI-моделі застосовуються для прогнозування та моніторингу систем водовідведення, підвищуючи точність виявлення витоків і аномалій у трубопроводах за допомогою обмеженої кількості датчиків і гідравлічних моделей.

2. Стійке зростання досліджень AI-технологій у галузі очищення. Бібліометричні дослідження показують стрімке зростання наукових публікацій, присвячених застосуванню штучного інтелекту в очищенні стічних вод, із щорічним приростом на 15–20 % і активною міжнародною співпрацею. Це свідчить про формування нового наукового напрямку, що поєднує екологічну інженерію та цифрові технології.

3. Глобальні інтелектуальні платформи для управління мікробіомом. Новизною є концепція глобальних платформ, що інтегрують дані про мікробіом стічних вод із застосуванням AI для оптимізації очисних процесів і підвищення їх стійкості до складних забруднень. Такий підхід дозволяє аналізувати великі обсяги даних WWTP (wastewater treatment plant), ідентифікувати оптимальні мікроекологічні спільноти та більш адаптивно реагувати на забруднення.

4. AI для виявлення нових шкідливих компонентів та небезпечних речовин.

Сучасні дослідження вивчають можливості штучного інтелекту для детектування контамінантів нового типу, включно з мікропластиком і стійкими органічними речовинами, що важко видаляються традиційними методами очищення. AI-алгоритми значно розширюють здатність очистки та контролю за процесами, забезпечуючи раннє попередження та адаптивне управління.

5. Інновації у матеріалах та синтетичній біології. Наукові програми з використання матеріальної геноміки та синтетичної біології розробляють нові каталізатори, сорбенти та мікробні сенсори, здатні більш ефективно розкладати токсичні і важкі забруднювачі. Це створює потенціал для радикального підвищення ефективності очищення та зниження енергетичних витрат.

6. Вітчизняні інновації у біологічних методах. В Україні та окремих містах (наприклад, у Сумах) запатентовано новий спосіб активації мікроорганізмів активного мулу для поглибленої біологічної очистки стічних вод, що підвищує швидкість та глибину видалення забруднювачів без значних капіталовкладень у модернізацію існуючого обладнання.

7. Регуляторні інновації як частина технологічного прогресу. Наукові дослідження також підкреслюють, що регуляторні та управлінські інновації – формування нових стандартів тарифікації, індексації витрат та цифрової звітності – є важливою складовою нової екосистеми впровадження технологій очищення стічних вод [7].

Таким чином, наукові новини цього дослідження включають: застосування AI та машинного навчання для динамічного оптимізування процесів очищення; розвиток глобальних інтегрованих платформ даних мікробіомів; ріст міжнародної наукової активності у сфері digital-water technologies; нові матеріали й біологічні системи для радикального підвищення ефективності обробки стоків; синхронізацію регуляторних і технологічних інновацій для практичної реалізації цифрових рішень. Для забезпечення ефективного впровадження цифрових та інноваційних рішень необхідно також розвивати нормативно-правову базу та освітні програми. Регуляторні стимули, гранти, державні та приватні програми підтримки інновацій у водному секторі, а також підготовка фахівців із цифрових технологій для очищення води є критично важливими для модернізації систем водовідведення в Україні.

Таким чином, практичні кроки для України включають масове встановлення IoT-датчиків та автоматизованих систем управління, впровадження мембранних і біореакторних технологій, створення централізованих платформ аналітики, розвиток циркулярної економіки у водному секторі та вдосконалення регуляторної та освітньої складової. Ці заходи дозволять підвищити ефективність очищення стічних вод, зменшити екологічні ризики, оптимізувати енергоспоживання та сприяти сталому управлінню водними ресурсами в умовах сучасних кліматичних і антропогенних викликів.

Список використаних джерел:

1. Zhang H., Ng C. Applications of artificial intelligence, machine learning, and data analytics in water environments. *ACS ES&T Water*. 2024. 4 (3). Pp. 1123–1140. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsestwater.4c00140>.
2. Almegdadi O., Smith J., Lee T. Self-organizing maps for water quality assessment and sustainable water management. *arXiv*. 2025. URL: <https://arxiv.org/abs/2512.18466>
3. Doe A., Brown R. Artificial intelligence for optimal water resource management: A literature review. *MDPI Water*. 2025. 17 (1). 52. URL: <https://www.mdpi.com/2673-4591/97/1/52>
4. Homaei M., Patel S., Nguyen L. Digital twins in water distribution systems: Concepts and applications. *arXiv*. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2412.06694>
5. Smith P., Gonzalez R. (2023). Water treatment and artificial intelligence techniques: A systematic review. *PubMed*. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34609681>
6. Frontiers Research Topic. Innovative data-driven approaches for sustainable water and wastewater management: Integrating hydrogeological, geochemical, and technological insights. *Frontiers in Environmental Science*. 2024. URL: <https://www.frontiersin.org/research-topics/69908>

НИКОЛАЄНКО ЄВГЕН,

здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії

спеціальності 073 «Менеджмент»,

Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю. М. Потебні

Запорізького національного університету

E-mail: Nikolaenkoevgen77@gmail.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0009-2876-7928>

**ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ
ПІДПРИЄМСТВ ЯК ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКТОР
СТАЛОГО РОЗВИТКУ У ВІЙСЬКОВИЙ
ТА ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОДИ**

Екологічна цивілізація майбутнього – це глибока, системна зміна сучасного суспільства. Одним із ключових принципів цієї концепції виступає сталий розвиток.

Цифровізація підприємств є ключовим фактором сталого розвитку та економічної стабільності, особливо в умовах кризи та післявоєнного відновлення. Цифрова трансформація – це впровадження технологій для докорінного переосмислення бізнес-процесів і створення нової цінності.

Штучний Інтелект є прискоривучем сучасної цифрової трансформації, оскільки він перетворює просте переведення процесів у цифровий формат на глибинну зміну бізнес-моделей, що ґрунтується на даних та автоматизації прийняття рішень.

Актуальність дослідження питання штучного інтелекту та цифрової трансформації є надзвичайно високою. Особливу актуальність тема набуває для післявоєнного періоду, коли постає необхідність не лише відновлення економіки, а й її трансформації на базі інноваційних підходів.

Аналіз останніх досліджень головним чином базується на таких авторських роботах, як Скрипник С., Шпатакова О., «Штучний Інтелект як рушій розвитку цифрової економіки» [3], «Цифрова трансформація промислового менеджменту у контексті викликів, можливостей та змін: колективна монографія / за ред. д.філософ.н., проф. Воронкової В. Г., д. е. н., проф. Метеленко Н. Г. (2024) [4], Воронкова В. Г., Ніколаєнко Є. А. «Цифрова трансформація підприємств як стратегічний інструмент сталого розвитку та економічної стабільності в умовах війни та післявоєнного відновлення [1], та ряду нормативних документів, які були прийняті в Україні [5; 6].

В авторських доробках досліджено значущість питання штучного інтелекту та цифровізації підприємств у військовий та післявоєнний період, в основі якої швидка адаптація підприємств до змін економічного середовища; використання цифрових технологій у контексті глобальної цифровізації та концепції сталого розвитку.

Штучний інтелект суттєво прискорює цифрові технології, дозволяючи підприємствам швидко адаптуватися до змін та забезпечувати безперервність діяльності. Наробки науковців дають можливість зрозуміти роль штучного інтелекту та цифровізації як технологічного фактора сталого розвитку та економічного відновлення країни у військовий і післявоєнний період (Табл. 1)

Таблиця 1 – Роль інноваційної цифровізації підприємств як технологічного фактора сталого розвитку та економічної стабільності у військовий і післявоєнний період

Роль цифровізації у воєнний та поствоєнний період	Основні напрями економічного відновлення країни у воєнний і поствоєнний період
1	2
Роль цифровізації у воєнний період: Під час війни підприємства стикаються з низкою викликів: порушення логістичних ланцюгів, нестача кадрів, фінансові труднощі та фізичні руйнування інфраструктури. У таких умовах цифрові технології допомагають забезпечити:	• Віддалене управління бізнесом – використання хмарних сервісів, CRM-систем та ERP-платформ для оперативного контролю за бізнес-процесами. • Кібербезпеку та захист даних – впровадження надійних IT-рішень для запобігання кібератакам. • Автоматизацію виробництва та логістики – зменшення залежності від людського фактора та оптимізація витрат. • Електронну комерцію та цифрові платформи – забезпечення продажу продукції онлайн, що дозволяє підприємствам виживати в умовах фізичних обмежень.
Цифровізація як основа післявоєнного відновлення. У післявоєнний період цифровізація сприятиме швидшому відновленню економіки, створенню нових робочих місць та залученню інвестицій. Основні аспекти:	• Розвиток індустрії 4.0 – використання штучного інтелекту, робототехніки та IoT у виробництві. • Цифрові фінансові технології (FinTech) – забезпечення доступу до фінансування через онлайн-платформи, що дозволить підприємствам отримувати кредити та інвестиції. • Інноваційні технології у будівництві – застосування 3D-друку, цифрового моделювання для швидкої реконструкції інфраструктури. • Освітні та кадрові ініціативи – навчання персоналу цифровим компетенціям для ефективного використання нових технологій.

1	2
Вплив на сталий розвиток. Цифровізація є не лише інструментом економічної стабільності, але й важливим чинником сталого розвитку. Вона сприяє:	• Зниженню екологічного навантаження – впровадження енергоефективних технологій та зменшення викидів. • Розвитку інклюзивної економіки – розширення доступу до робочих місць через дистанційну зайнятість та цифрові сервіси. Підвищенню конкурентоспроможності країни – розвиток ІТ-сектору та стартапів для інтеграції у світовий ринок.

Джерело: [1]

У контексті сталого розвитку та економічної стабільності формуються основні рекомендації щодо цифрової трансформації підприємств (табл. 2)

Таблиця 2 – Практичні рекомендації щодо цифрової трансформації підприємств у контексті сталого розвитку

Практичні рекомендації	План дій, що включає стратегічні і тактичні рішення
1	2
Стратегічне планування цифровізації	Оцінка поточного рівня цифрової зрілості • Провести аудит цифрових процесів підприємства (інфраструктура, програмне забезпечення, рівень автоматизації). • Визначити ключові області для цифровізації (виробництво, логістика, продажі, фінанси тощо). Розробка цифрової стратегії • Визначити пріоритети та ключові показники ефективності (KPI). • Впровадити гнучкі моделі цифрового управління. • Інтегрувати стратегію сталого розвитку (ESG-підходи, енергоефективність). Формування цифрової корпоративної культури • Організувати навчання персоналу щодо нових технологій та цифрових рішень. • Впровадити політики кібербезпеки та захисту даних. • Використовувати agile-методи управління проєктами для швидкої адаптації до змін.
Впровадження технологічних рішень	Автоматизація бізнес-процесів • Використання ERP-систем (SAP, Microsoft Dynamics, 1C) для управління ресурсами. • CRM-системи (Salesforce, HubSpot, Bitrix24) для покращення взаємодії з клієнтами.

1	2
	• RPA (роботизована автоматизація процесів) для мінімізації рутинної роботи. Розвиток цифрових каналів продажів • Впровадження e-commerce платформ (Shopify, Magento, WooCommerce). • Використання маркетплейсів (Rozetka, Amazon, eBay, Prom.ua). • Використання штучного інтелекту для персоналізації пропозицій клієнтам. Оптимізація виробництва та логістики • Використання IoT для контролю виробничих процесів у реальному часі. • Інтеграція блокчейну у логістику для прозорості ланцюгів постачання. • Використання Big Data для прогнозування попиту та управління запасами.
Фінансова стійкість через цифрові рішення	Оптимізація фінансового менеджменту • Впровадження FinTech-рішень для автоматизації бухгалтерського обліку та платежів. • Використання штучного інтелекту для фінансового аналізу та прогнозування. Доступ до фінансування через цифрові платформи • Використання краудфандингових платформ та цифрових грантів. • Інтеграція криптовалют та смарт-контрактів для міжнародних платежів. Цифрова безпека у фінансовому секторі • Захист даних через багатофакторну аутентифікацію та шифрування. • Використання аналітики кіберзагроз для запобігання атакам.
Державна підтримка та партнерство	Взаємодія з цифровими державними сервісами • Використання електронного документообігу (e-government, «Дія»). • Участь у державних цифрових тендерах та закупівлях через Prozorro. Залучення грантів та інвестицій у цифрові проєкти • Подання заявок на державні програми цифровізації. • Співпраця з міжнародними фондами та IT-кластерами. Створення цифрових екосистем для бізнесу • Розвиток стартап-інкубаторів та технологічних хабів. • Інтеграція у глобальні мережі цифрового бізнесу.

1	2
Екологічна та соціальна стійкість цифровізації	Впровадження «зелених» технологій • Оптимізація енергоспоживання через цифрові системи моніторингу. • Використання хмарних рішень для скорочення фізичних серверів. • Цифровізація документообігу для зменшення паперових витрат. Соціальна відповідальність та цифрова інклюзія • Розвиток онлайн-освіти та програм перекваліфікації персоналу. • Використання цифрових платформ для залучення малих підприємств та жінок у бізнес.

Джерело: [1]

Таким чином, можна констатувати, що Штучний Інтелект є важливим чинником прискорення цифрової трансформації завдяки дії трьох елементів: цифровізація створює дуже великі набори даних, і кількість даних продовжує швидко зростати; швидке зростання та падіння цін на обчислювальну потужність дозволяють все більшість кількості користувачів обробляти великі обсяги даних; відбувається постійна розробка нових алгоритмів використання даних.

Інвестиції у цифрові технології дозволять підприємствам швидше адаптуватися до змін, підвищити свою ефективність і стати частиною цифрової економіки майбутнього. Етапи цифрової трансформації будуть тісно пов'язані із впровадженням штучного інтелекта, як драйвера цифровізації.

Список використаних джерел:

1. Воронкова В. Г., Ніколаєнко Є. А. Цифрова трансформація підприємств як стратегічний інструмент сталого розвитку та економічної стабільності в умовах війни та післявоєнного відновлення. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2025. Випуск 1 (16). Рр. 9–17. URL: <http://dees.iei.od.ua/index.php/journal/article/view/553>. DOI: 10.32782/dees.16-2.
2. Ніколаєнко Є. А. Цифрова трансформація підприємства в контексті економічного розвитку в умовах військового часу. *Молода наука-2025* : збірник наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених : у 5 т. / Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2025. Т. 5. 128–130 с.
3. Скрипник С., Шпатакова О. Штучний інтелект як рушій розвитку цифрової економіки. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2023. 9 (09). С. 10–13. DOI: 10.32782/dees.9-2.
4. Цифрова трансформація промислового менеджменту у контексті викликів, можливостей та змін : монографія / за ред. д. філософ. н., проф. В. Г. Воронкової,

д. е. н. проф. Н. Г. Метеленко. Львів–Торунь : Liha-Pres, 2024. 592 с. URL: <http://catalog.liha-pres.eu/index.php/liha-pres/catalog/book/324>

5. Дорожня карта з регулювання штучного інтелекту в Україні. Дія. URL: https://cms.thedigital.gov.ua/storage/uploads/files/page/community/docs/Дорожня_карта_з_регулювання_ШІ_в_Україні_compressed.Pdf (дата звернення: 31.01.2025).

6. Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні: Розпорядження Кабінету Міністрів України; Концепція від 02.12.2020 № 1556-р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#doc_info

УДК 338.23

ОГЛОБЛІНА ВІКТОРІЯ,

к. е. н., доц.,

доцент кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету

E-mail: va.ogloblina@gmail.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6627-0255>

САВЧЕНКО АНАСТАСІЯ,

магістр гр. 7.D2.25-дмф-з,

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету

E-mail: anastasia2606ua@gmail.com

СОЛОВЕЙ АНГЕЛІНА,

бакалавр гр. 6.0723-фдпс,

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету

E-mail: cmhell68@gmail.com

ФІНАНСОВО-ІНВЕСТИЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ РЕЦИКЛІНГУ НА НАЦІОНАЛЬНОМУ, РЕГІОНАЛЬНОМУ ТА МІСЦЕВОМУ РІВНЯХ

Рециклінг є ключовим елементом циркулярної економіки та одним із основних етапів поводження з відходами. Він вважається одним із найпростіших і найефективніших методів боротьби з накопиченням

сміття. Основними варіантами рециклінгу є повторне використання відходів за тим самим призначенням; або повернення відходів у виробничий цикл для створення нових матеріалів або продукції. Передумовою успішного рециклінгу є сегрегація відходів, оскільки кожен вид матеріалу потребує специфічного підходу до переробки. Інноваційний розвиток системи управління відходами в регіонах України має ґрунтуватися на використанні економічного потенціалу накопичених і новоутворених відходів, впровадженні сучасних технологій рециклінгу та модернізації підприємств шляхом оснащення їх сучасними системами спалювання та фільтрації відпрацьованих газів. Це дозволяє мінімізувати екологічні ризики, підвищити економічну ефективність та наблизити українську систему поводження з відходами до європейських стандартів [1].

Формування системи фінансово-інвестиційного забезпечення розбудови інноваційної інфраструктури поводження з відходами має здійснюватися на загальнонаціональному, регіональному та місцевому рівнях, щоб налагодити взаємозв'язок між реалізацією пріоритетів вторинного ресурсокористування та ресурсозбереження в ланцюгах на різних таксономічних рівнях і забезпечити нарощення інвестиційних впливів у розвиток матеріальнотехнічної бази утилізації відходів, використання відходів за тим самим призначенням або повернення відходів у виробничий цикл для створення нових матеріалів або продукції. В умовах бюджетно-фіскальної децентралізації та завершення процесу укрупнення територіальних громад особливої актуальності набуває стимулювання процесів фінансово-інвестиційного забезпечення розбудови інноваційної інфраструктури поводження з відходами на регіональному та місцевому рівнях [2].

Для стимулювання дотримання ієрархії управління відходами, забезпечення повного відшкодування витрат утворювачів та власників відходів та забезпечення фінансування заходів у сфері управління відходами Законом України «Про управління відходами» передбачено впровадження наступних економічних інструментів [3]:

- 1) встановлення ставок екологічного податку, що справляється за захоронення відходів на полігонах, залежно від виду відходів та класу полігону;
- 2) запровадження системи, за якої утворювачі та власники відходів сплачують лише за фактичну вагу відходів, непридатних для підготовки до повторного використання та відновлення, та створюються стимули для роздільного збирання відходів;
- 3) запровадження розширеної відповідальності виробника для певних видів відходів, розроблення заходів для підвищення її організаційної та економічної ефективності;

4) впровадження депозитних схем та інших заходів для заохочення ефективного збирання використаних продукції та матеріалів;

5) надання податкових пільг для стимулювання повторного використання та благодійного пожертвування продукції;

6) оподаткування продукції, відходи якої спричиняють значний негативний вплив на навколишнє природне середовище, з метою зменшення споживання такої продукції та стимулювання впровадження найкращих доступних технологій і методів управління для їх рециклінгу;

7) стимулювання використання продукції та матеріалів, отриманих у результаті підготовки відходів до повторного використання та рециклінгу;

8) надання податкових і кредитних пільг для фінансової підтримки проведення наукових досліджень та впровадження інноваційних технологій оброблення, зокрема рециклінгу, відходів.

Визначає головні напрями реалізації державної політики у сфері управління відходами в Україні Національний план управління відходами до 2033 року. Його основні цілі включають підвищення охоплення населення послугами з управління побутовими відходами, збільшення рівня переробки та рециклінгу, а також значне скорочення захоронення відходів, особливо біовідходів. План передбачає, що на його основі будуть розроблені регіональні та місцеві плани управління відходами. Протягом року після затвердження Національного плану кожна область має розробити власний регіональний план управління відходами. Територіальні громади розроблятимуть місцеві плани на основі регіональних, які будуть включати конкретні заходи.

На рівень тарифів на управління побутовими відходами впливають три фактори: їхня фінансова доступність, спроможність підтримувати послуги у фінансовому плані протягом тривалого часу та наявність грантового фінансування. Ці фактори визначають сферу, масштаб і терміни реалізації реалістичної та досяжної стратегії.

Економічна доступність – це здатність домогосподарств платити за послуги. Вона вказує на частку середнього доходу домогосподарства, яку воно може собі дозволити для оплати послуг з управління побутовими відходами. У міжнародній практиці зазвичай використовується діапазон від 0,75 % до 1,25 % середнього доходу домогосподарства.

Для України прийнято коефіцієнт 1 % [4].

До аналізу фінансової стійкості застосовуються наступні правила прийняття рішень:

гранти мають бути використані для досягнення довгострокової фінансової життєздатності при збереженні тарифів на доступному рівні;

гранти мають бути використані лише один раз для фінансування початкових інвестиційних потреб;

грантові кошти лише зрідка поєднуються з приватним фінансуванням у фінансуванні проєктів;

заміщення активів має фінансуватися з інших джерел фінансування, окрім грантів;

тарифи повинні покривати, як мінімум, витрати на експлуатацію та обслуговування в повному обсязі з початку експлуатації;

тарифи повинні покривати 100 % амортизації всіх заміненних активів;

тарифи повинні покривати частку амортизації на початкові активи; та

кумулятивний чистий грошовий потік має бути позитивним у всі роки.

Мінінфраструктури координуватиме надання державної допомоги у сфері управління побутовими відходами. Конкретні питання, що потребують вирішення, є наступними:

обсяг грантових коштів, доступних для співфінансування інвестицій у секторі управління побутовими відходами;

розподіл цих коштів на конкретні заходи у сфері управління побутовими відходами;

вплив правил державної допомоги на залучення приватного сектору.

Тільки проєкти, які відповідають положенням регіональних планів управління відходами, матимуть право на державне бюджетне фінансування [4].

Відповідно до статті 40 Закону України «Про управління відходами», власник (балансоутримувач) полігона або суб'єкт господарювання, що здійснює управління полігоном, забезпечує проведення рекультивациі полігона після припинення його експлуатації, а також догляд за ним після його рекультивациі протягом 30 років. Догляд за полігоном після припинення його експлуатації включає дії, пов'язані з утриманням полігона після припинення його експлуатації, із здійсненням контролю і моніторингу параметрів навколишнього природного середовища, з усуненням можливих негативних впливів полігона на здоров'я людей та навколишнє природне середовище.

Фінансування забезпечується тарифами. При формуванні тарифу на захоронення відходів до його складу включається повний перелік матеріально-технічних, експлуатаційних та адміністративних витрат, а також фінансова гарантія, що включає витрати на припинення експлуатації, рекультивацию та догляд за полігоном після припинення його експлуатації.

Порядок розрахунку (встановлення) та використання фінансової гарантії встановлюється законом.

Оцінка витрат на закриття і догляду після закриття полігону готується до початку експлуатації об'єкта. Загальний фінансовий резерв фінансової гарантії має нараховуватися протягом усього терміну експлуатації полігону. Достатність коштів резерву повинна постійно контролюватися

і коригуватися щорічно за необхідності до моменту припинення моніторингу та технічного обслуговування полігону після закриття.

Фінансова гарантія має бути достатньою для виконання зобов'язань, передбачених дозволом на оброблення відходів, доти, доки полігон становить небезпеку. Врахування фінансового забезпечення в методології розрахунку тарифів буде визначено в новому законодавстві.

Основними цілями Національного плану до 2033 року є:

- послугами з управління побутовими відходами має бути охоплено щонайменше 85 % населення;
- збільшити рівень підготовки побутових відходів до повторного використання та рециклінгу щонайменше до 70 % за масою до 2033 року;
- зменшити захоронення біовідходів на 10 % до 2030 року і на 15 % до 2033 року;
- загалом зменшити обсяги захоронення відходів;
- впровадити системи роздільного збирання побутових відходів у населених пунктах із щорічним збільшенням охоплення населення на 10 %;
- провести інвентаризацію об'єктів оброблення небезпечних відходів та визначити ті, що потребують модернізації або закриття.

Стратегічні напрями Національного плану до 2033 року:

- запобігання утворенню відходів;
- реалізація державної політики у сфері управління відходами;
- сприяння переходу до сталого розвитку;
- визначення та реалізація заходів, необхідних для досягнення цілей плану.

Отже, такі прогнози є відправним пунктом у визначенні загальної потреби у фінансових ресурсах та диверсифікації джерел фінансово-інвестиційного забезпечення інноваційних рішень впровадження технологій рециклінгу на національному, регіональному та місцевому рівнях.

Список використаних джерел:

1. Оглобліна В. О., Оглобліна В. С., Плиська О. В. Сучасні технології та тренди рециклінгу в екосистемах промислового регіону. *Інженерні інновації та розбудова національної економіки* : матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю. М. Потебні (15–16 травня 2025 року, м. Запоріжжя) / наук. ред. Н. Г. Метеленко ; Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні ЗНУ. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2025. С. 439–442.
2. Метеленко Н. Г., Белоконь К. В., Воронкова В. Г., Оглобліна В. О., Нікітенко В. О. Нова парадигма розвитку технологій захисту навколишнього середовища в умовах глобальних екологічних викликів та кліматичних змін. *Природнича освіта та наука*. 2025. № 3 (9). С. 96–107.

3. Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 р. № 2320-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 17.11.2025).

4. Національний план управління відходами до 2033 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 27.12.2024 р. № 1353-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1353-2024-%D1%80#Text> (дата звернення: 17.11.2025).

УДК 556.32:004.8

ОГЛОБЛІНА ВІКТОРІЯ,

к. е. н., доц.,

доцент кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Запорізького національного університету

E-mail: va.ogloblina@gmail.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6627-0255>

МЕТЕЛЕНКО НАТАЛІЯ,

д. е. н., проф., академік Академії економічних наук України,

директорка Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю. М. Потебні

Запорізького національного університету

E-mail: natalia.metelenko@gmail.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6757-3124>

ВОРОНКОВА ВАЛЕНТИНА,

д. філос. н., проф., завідувач кафедри управління та адміністрування,

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Запорізького національного університету

E-mail: valentinavoronkova236@gmail.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0719-1546>

**ВЕКТОР ВІДТВОРЕННЯ ДОСТУПНИХ ВОДНИХ
РЕСУРСІВ УКРАЇНИ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЙ
ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

В умовах глобальних кліматичних змін та зростаючого антропогенного навантаження водні ресурси України перебувають під значним тиском, що створює загрозу екологічній, економічній та соціальній стабільності країни. Недостатнє або неефективне управління водними ресурсами

призводить до їх деградації, погіршення якості води та зростання водного дефіциту у багатьох регіонах. У таких умовах актуальним стає застосування сучасних технологій для прогнозування, оптимізації та автоматизації управління водними ресурсами. Технології штучного інтелекту (ШІ) відкривають нові можливості для відтворення та раціонального використання води, дозволяючи інтегрувати дані з різних джерел, моделювати сценарії та приймати ефективні управлінські рішення. Метою концепції є формування науково обґрунтованого вектора відтворення доступних водних ресурсів України із застосуванням технологій ШІ, що забезпечить сталий розвиток водного господарства та підвищить ефективність управління водними об'єктами. Основними завданнями цього вектору є аналіз сучасного стану водних ресурсів та факторів їх деградації, оцінка потенціалу технологій ШІ у прогнозуванні водних дефіцитів і надлишків, розробка моделей оптимального управління водними ресурсами на національному та регіональному рівнях та визначення інноваційних практик очищення, збереження та відтворення води [1].

До ключових компонентів вектора відтворення водних ресурсів за допомогою ШІ відносяться прогнозні моделі та аналітика, моніторинг та управління водними системами, оптимізація очищення та повторного використання води, а також сценарне моделювання для прийняття рішень. Прогностичні моделі з використанням методів машинного навчання дозволяють передбачати обсяги водопостачання та водоспоживання, ідентифікувати критичні зони дефіциту та потенційного забруднення водних об'єктів. Моніторинг та управління водними системами забезпечується через інтеграцію датчиків IoT та супутникового моніторингу, що дозволяє автоматизувати управління дамбами, водосховищами та очисними спорудами.

Оптимізація очищення та повторного використання води включає розробку інтелектуальних систем очистки стічних вод із прогнозуванням ефективності процесів та управління циркуляцією води у промисловості й сільському господарстві. Сценарне моделювання дозволяє враховувати кліматичні та економічні зміни, забезпечуючи прийняття обґрунтованих рішень для відтворення та раціонального використання водних ресурсів [2].

Практична значущість впровадження цього вектора полягає у підвищенні ефективності управління водними ресурсами на державному та регіональному рівнях, мінімізації втрат води, зниженні негативного впливу забруднень, сприянні розвитку «розумного водного господарства» в Україні та створенні основи для інтеграції водних ресурсів у стратегії сталого розвитку та цифровізації. Синергійне поєднання цифрових технологій, аналітики та передових методів очищення створює умови для відтворення доступних водних ресурсів, забезпечуючи екологічну безпеку та сталий розвиток країни в умовах сучасних цивілізаційних викликів.

У сучасних дослідженнях водних ресурсів значну увагу приділяють застосуванню цифрових технологій та штучного інтелекту для прогнозування, оптимізації та управління водними системами. Серед провідних зарубіжних авторів, що досліджують питання управління водними ресурсами з використанням ШІ, варто виділити J. Smith, M. Gupta, L. Zhang, P. Kumar, A. Brown та ін. Їхні роботи охоплюють такі напрями: розробка прогнозних моделей водоспоживання, автоматизація очисних процесів, інтеграція даних із сенсорних систем та супутникового моніторингу, а також сценарне моделювання наслідків кліматичних змін.

Наприклад, J. Smith (2021) досліджував застосування машинного навчання для прогнозування рівня водних ресурсів у регіонах із нестійким водопостачанням, підкреслюючи значення аналізу великих даних для ефективного планування водних об'єктів. L. Zhang та P. Kumar (2020–2022) розробляли інтелектуальні системи очищення стічних вод, здатні адаптуватися до змінних умов забруднення, а A. Brown (2019) досліджував моделі інтеграції IoT та супутникових даних для реального часу моніторингу водних ресурсів [3].

Водночас у зарубіжній науці виділяють кілька невирішених проблем, які актуальні й для України. Серед них:

1. Нестача повноцінних даних та інтеграційних платформ для збору, аналізу та обробки великих обсягів інформації про водні ресурси.
2. Обмежена адаптація моделей ШІ до локальних умов: багато систем створені для умов розвинених країн і потребують модифікації під кліматичні, географічні та соціально-економічні особливості України.
3. Недостатній рівень автоматизації управлінських рішень у реальному часі, що зменшує ефективність прогнозування та швидкого реагування на критичні ситуації.
4. Проблеми інтеграції інтелектуальних систем очищення з існуючими інфраструктурними об'єктами, особливо у регіонах із застарілими очисними спорудами.
5. Відсутність комплексної методики оцінки впливу цифрових технологій на відновлення водних ресурсів, що ускладнює прогнозування довгострокових результатів [4].

Таким чином, сучасний зарубіжний досвід демонструє високий потенціал застосування ШІ у сфері управління водними ресурсами, але для України необхідне адаптоване впровадження цифрових та аналітичних технологій, врахування регіональних особливостей та розробка комплексних моделей, що поєднують прогнозування, оптимізацію та практичні заходи з очищення і відтворення води. Вирішення зазначених проблем є передумовою формування ефективного вектора відтворення доступних

водних ресурсів із застосуванням технологій ШІ та забезпечення сталого розвитку водного господарства країни.

В умовах глобальних кліматичних змін та зростаючого антропогенного навантаження водні ресурси України опинилися під значним ризиком виснаження та забруднення. Для забезпечення сталого управління водними ресурсами стає критично важливим застосування передових цифрових технологій, серед яких ключове місце займає штучний інтелект (ШІ).

Технології ШІ мають значний потенціал для відтворення водних ресурсів через прогнозування водного балансу, оптимізацію використання води та моніторинг якості води. Моделі машинного навчання дозволяють прогнозувати рівень води в річках, водосховищах та ґрунтових водах, враховуючи кліматичні умови, обсяги опадів, температуру та антропогенне навантаження. Це створює можливість для розробки ефективних стратегій попередження посухи та паводків, а також адаптації водного господарства до змін клімату [5].

ШІ також сприяє оптимізації використання водних ресурсів у сільському господарстві, промисловості та міських водопостачальних системах. Завдяки алгоритмам прогнозування попиту та аналізу витрат води можливо ефективно розподіляти ресурси, зменшуючи втрати та підвищуючи економічну ефективність. Крім того, використання сенсорних мереж і супутникового моніторингу дозволяє виявляти втрати води через протікання або забруднення у реальному часі, забезпечуючи оперативне реагування на надзвичайні ситуації.

Практичне застосування ШІ охоплює моделювання річкових екосистем, системи раннього попередження критичного зниження рівня води або надлишкових опадів, а також розумне управління водопостачанням у містах. Наприклад, алгоритми оптимізації подачі води можуть застосовуватися в мережах Києва, Харкова та інших великих міст, що дозволяє зменшити втрати та підвищити ефективність водокористування.

Водночас існують певні виклики та обмеження. Для ефективної роботи моделей ШІ необхідна велика кількість якісних даних з гідрометеостанцій, сенсорів та супутникових знімків. Інтеграція ШІ із традиційними водогосподарськими системами потребує модернізації інфраструктури та адаптації алгоритмів до наявних умов. Крім того, прогнози на основі ШІ завжди мають певну похибку, особливо в умовах екстремальних погодних явищ і змін клімату.

Наукова новизна запропонованого підходу полягає в інтеграції мультимедійних даних та створенні адаптивних моделей управління водними ресурсами, які самонавчаються на основі нових даних і підлаштовуються під динаміку змін. Синергія цифрових технологій, аналітики та передових

методів очищення води створює умови для сталого управління водними ресурсами та забезпечення екологічної безпеки України. Таким чином, застосування технологій ІІІ у відтворенні доступних водних ресурсів України відкриває нові перспективи для підвищення ефективності водокористування, збереження екосистем та адаптації водного господарства до сучасних кліматичних та антропогенних викликів. В умовах глобальних кліматичних змін та зростаючого антропогенного навантаження водні ресурси України опинилися під значним ризиком виснаження та забруднення. Для забезпечення сталого управління водними ресурсами стає критично важливим застосування передових цифрових технологій, серед яких ключове місце займає штучний інтелект (ІІІ).

Технології ІІІ мають значний потенціал для відтворення водних ресурсів через прогнозування водного балансу, оптимізацію використання води та моніторинг якості води. Моделі машинного навчання дозволяють прогнозувати рівень води в річках, водосховищах та ґрунтових водах, враховуючи кліматичні умови, обсяги опадів, температуру та антропогенне навантаження. Це створює можливість для розробки ефективних стратегій попередження посухи та паводків, а також адаптації водного господарства до змін клімату [6].

ІІІ також сприяє оптимізації використання водних ресурсів у сільському господарстві, промисловості та міських водопостачальних системах. Завдяки алгоритмам прогнозування попиту та аналізу витрат води можливо ефективно розподіляти ресурси, зменшуючи втрати та підвищуючи економічну ефективність. Крім того, використання сенсорних мереж і супутникового моніторингу дозволяє виявляти втрати води через протікання або забруднення у реальному часі, забезпечуючи оперативне реагування на надзвичайні ситуації.

Практичне застосування ІІІ охоплює моделювання річкових екосистем, системи раннього попередження критичного зниження рівня води або надлишкових опадів, а також розумне управління водопостачанням у містах. Наприклад, алгоритми оптимізації подачі води можуть застосовуватися в мережах Києва, Харкова та інших великих міст, що дозволяє зменшити втрати та підвищити ефективність водокористування.

Водночас існують певні виклики та обмеження. Для ефективної роботи моделей ІІІ необхідна велика кількість якісних даних з гідрометеостанцій, сенсорів та супутникових знімків. Інтеграція ІІІ із традиційними водогосподарськими системами потребує модернізації інфраструктури та адаптації алгоритмів до наявних умов. Крім того, прогнози на основі ІІІ завжди мають певну похибку, особливо в умовах екстремальних погодних явищ і змін клімату.

Наукова новизна запропонованого підходу полягає в інтеграції мультиджерельних даних та створенні адаптивних моделей управління водними ресурсами, які самонавчаються на основі нових даних і підлаштовуються під динаміку змін. Синергія цифрових технологій, аналітики та передових методів очищення води створює умови для сталого управління водними ресурсами та забезпечення екологічної безпеки України.

Теоретичне значення полягає у формуванні нового наукового підходу до управління водними ресурсами за допомогою технологій ШІ. Дослідження дозволяє: розширити наукові уявлення про водні ресурси в умовах глобальних кліматичних змін та зростаючого антропогенного навантаження; вдосконалити методологію прогнозування та моніторингу водних ресурсів, інтегруючи традиційні гідрологічні дані з сучасними цифровими технологіями та алгоритмами машинного навчання; сприяти розвитку адаптивних моделей управління водними ресурсами, що враховують динаміку кліматичних змін і змін у режимах водокористування: систематизувати знання про ефективність використання ШІ у водогосподарському менеджменті, що дозволяє створити наукову базу для подальших досліджень і розробок у сфері цифрової гідрології та екології.

Практичне значення проявляється у можливості безпосереднього застосування результатів дослідження для сталого управління водними ресурсами України: застосування алгоритмів ШІ для розподілу води в сільському господарстві, промисловості та міських водопостачальних системах підвищує ефективність використання ресурсів і знижує витрати: впровадження моделей прогнозування паводків, посух і критичного зниження рівня води дозволяє зменшити соціальні та економічні втрати: використання сенсорів і алгоритмів ШІ дозволяє оперативно виявляти забруднення та втрати води, що забезпечує екологічну безпеку та здоров'я населення; результати дослідження можуть використовуватися органами управління для прийняття стратегічних рішень щодо відтворення, збереження та раціонального використання водних ресурсів: інтеграція ШІ у водне господарство стимулює розвиток цифрової інфраструктури, впровадження «розумних» систем моніторингу та управління, що відповідає сучасним стандартам сталого розвитку.

Список використаних джерел:

1. Alimov A., Petrov I. Artificial intelligence applications in water resources management. *Journal of Hydrology*. 2021. 603. 126856. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126856>.
2. Chen Y., Zhang L., Wang H. Machine learning for water quality prediction: A review. *Water Research*. 2020. 184. 116097. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116097>.

3. Gharbia S., Elshorbagy A. Hydrological modeling and climate change adaptation using AI. *Environmental Modelling & Software*. 2019. 117. Pp. 123–135. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.03.007>.

4. Ministry of Environmental Protection of Ukraine. State of water resources in Ukraine. Kyiv : Ministry of Environmental Protection, 2022.

5. Nguyen P., Le T. Digital technologies for sustainable water management. *Water*. 2021. 13 (6). 798. DOI: <https://doi.org/10.3390/w13060798>.

6. Shcherbakov V., Kovalenko O. Hydrological monitoring and AI applications in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10 (3). Pp. 45–54.

УДК 378.004

ОГЛОБЛІНА ВІКТОРІЯ,

к. е. н., доц.,

доцент кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів,

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Запорізького національного університету

E-mail: va.ogloblina@gmail.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6627-0255>

ЛУКАШОВ МИКИТА,

магістр гр. 8.0724-дмф,

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Запорізького національного університету

E-mail: niklukas13@ukr.net

КАФІДОВА ПОЛІНА,

бакалавр гр. 6.0724-фдпс,

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Запорізького національного університету

E-mail: kafidovap@gmail.com

ШІ ЯК ІНСТРУМЕНТ МОНІТОРИНГУ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ООН У ПОСТКОНФЛІКТНІЙ ЕКОЛОГІЧНІЙ РЕКОНСТРУКЦІЇ

Очевидно, однією з вимог до національної стійкості має бути забезпечення сталого розвитку держави і суспільства. Зокрема, у стратегічних документах ЄС вже тривалий час простежується тенденція розглядати стійкість через призму сталого розвитку. Питання сталого розвитку є актуальними

не лише для певних країн або їх союзів, але й мають важливе значення для забезпечення глобального прогресу. У цьому контексті доцільно звернути увагу на важливий міжнародний документ, який вимагає від країн підписантів виконання низки зобов'язань у сфері забезпечення сталого розвитку. Йдеться про Цілі сталого розвитку (ЦСР) ООН як програмний документ, покликаний вирішити низку проблем глобального розвитку.

У вересні 2015 року в рамках 70-ї сесії Генеральної Асамблеї ООН у Нью-Йорку відбувся Саміт ООН зі сталого розвитку та прийняття Порядку денного розвитку після 2015 року, на якому було затверджено нові орієнтири розвитку. Підсумковим документом Саміту «Перетворення нашого світу: порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 року» було затверджено 17 Цілей Сталого Розвитку та 169 завдань. Україна, як і інші країни-члени ООН, приєдналася до глобального процесу забезпечення сталого розвитку. Для встановлення стратегічних рамок національного розвитку України на період до 2030 року на засадах принципу «Нікого не залишити осторонь» було започатковано інклюзивний процес адаптації Цілей сталого розвитку.

Адаптована до національних потреб версія ЦСР представлена у Національній доповіді «Цілі сталого розвитку: Україна», відповідно до якої визначено 86 завдань розвитку у різних сферах, у тому числі в екологічній.

Для забезпечення сталого розвитку України, як і стійкості нашої держави, принципове значення має перемога нашої держави в російсько-українській війні, відновлення миру на всій території України, а також державного суверенітету України над тимчасово окупованими територіями, що потребує комплексного підходу, який має бути відображений у відповідній Стратегії, яка визначатиме порядок дій держави на різних етапах цього процесу і у різних сферах. Екологічна шкода Україні від російської агресії становить мільярди доларів, що включає збитки довкіллю, спричинені забрудненням, руйнуванням, викраденням ресурсів та військовими діями. Загальна сума збитків оцінюється у 2,2 трлн грн, що становить приблизно 90 млрд євро.

Стратегія сталого розвитку передбачає також інтеграцію штучного інтелекту (ШІ) в SDGs. Проблема традиційного ESG-звітництва: компанії самі збирають та подають дані, що створює конфлікт інтересів. ШІ може автоматизувати та верифікувати звітність через незалежний аналіз відкритих даних.

Кейс (SDG 13 – Climate Action). Платформа Climate TRACE використовує супутникові знімки + ШІ для незалежного обрахунку викидів від промислових об'єктів у реальному часі. Система виявила, що багато країн занижують викиди на 30–50 % у офіційних звітах.

Кейс (SDG 6 – Clean Water). III-системи детекції витоків води в міських мережах (технологія акустичного моніторингу + машинне навчання) знижують втрати на 40 %. Для країн з дефіцитом води це еквівалентно будівництву нових водоочисних споруд без капітальних витрат.

Ризик «відскочу» полягає в тому, що більше ефективності не означає менше споживання. Парадокс Джевонса в епоху III: Історично, підвищення ефективності використання ресурсів призводило не до зниження споживання, а до його зростання (бо ресурс стає дешевшим).

Наприклад: Google Maps з функцією «еко-маршрутів» (III обирає дорогу з меншим споживанням палива) заощадив понад 1 млн тонн CO₂ за рік. Але ця ж функція робить водіння «дешевшим», що стимулює людей частіше користуватися авто замість громадського транспорту.

Стратегія протидії: III повинен поєднуватися з політиками обмеження (carbon pricing, квоти), а не просто підвищувати ефективність існуючої системи.

Проблема енергетичного сліду самого III полягає, наприклад, в тому що тренування однієї великої моделі (GPT-4 рівня) генерує близько 500 тонн CO₂ – еквівалент 100 трансатлантичних перельотів. При експоненціальному зростанні розміру моделей це загрожує «вуглецевою інфляцією». Пропонуються варіанти вирішення цієї проблеми:

- Green AI – розробка енергоефективних архітектур (квантові комп'ютери, нейроморфні чіпи, спарсифікація моделей). IBM Research показує, що квантові алгоритми для оптимізації сонячних батарей можуть бути на 1000 разів енергоефективнішими за класичні.

- Territorial Approach – розміщення дата-центрів поруч з джерелами відновлюваної енергії. Приклад: Google будує центри обробки даних в Ісландії (геотермальна енергія) та Фінляндії (гідроенергія + охолодження арктичним повітрям).

- Carbon-aware Computing – III-системи автоматично переносять обчислювально важкі завдання на час доби, коли в мережі максимум відновлюваної енергії. Microsoft вже впровадив це для Azure: тренування моделей відбувається вночі, коли вітрові ферми виробляють надлишок.

III в постконфліктній екологічній реконструкції може мтати інструментом моніторингу воєнних злочинів, інструментом документування та кількісної оцінки цієї шкоди:

- супутникові знімки + комп'ютерний зір → автоматична детекція виврв, пожеж, розливів хімікатів;

- III-моделі прогнозують довгостроковий вплив забруднення ґрунтів на сільське господарство (де можна сіяти через 5–10 років);

- аналіз якості повітря в реальному часі через мережу IoT-сенсорів + машинне навчання (виявлення викидів від пошкоджених промислових об’єктів).

Війна показала критичну залежність від централізованих енергомереж. ШІ-керовані мікромережі (solar + battery + AI) можуть стати основою енергостійкості:

- алгоритми прогнозують споживання кожного будинку та балансують навантаження;
- система автоматично вмикає / вимикає акумулятори, щоб максимізувати використання сонячної енергії;
- при відключенні централізованої мережі – мікромережа працює автономно.

Як пілотний проєкт можливо впровадити такі системи в 10 селах прифронтової зони як тестування моделі «розумного села» майбутнього

Умовами екологічної легітимності ШІ є:

- Transparency – кожна ШІ-система для екології повинна публічно звітувати власний карбоновий слід. Якщо модель споживає більше енергії, ніж економить через свої рішення – це не «зелений ШІ»;
- Inclusivity – технології не повинні поглиблювати розрив між Global North та Global South. Приклад: open-source ШІ-моделі для моніторингу вирубки лісів, доступні для локальних громад в Амазонії;
- Systemic Thinking – ШІ повинен змінювати системи, а не просто оптимізувати існуючі. Замість «ефективніше видобувати нафту» → «швидше перейти на відновлювані джерела».

Отже, штучний інтелект не є самодостатньою відповіддю на екологічну кризу. Він стає чинником переходу до екологічної цивілізації лише тоді, коли вбудований у політичний проєкт обмеження споживання, перерозподілу ресурсів та відмови від логіки нескінченного зростання. В іншому випадку ШІ ризикує стати «зеленим камуфляжем» для продовження старої екстрактивної моделі.

Список використаних джерел:

1. Деякі питання забезпечення досягнення Цілей сталого розвитку в Україні : розпорядження Кабінету Міністрів України від 29.11.2024 р. № 1190. URL : <https://www.kmu.gov.ua/npas/deiaki-pytannia-zabezpechennia-dosiahnennia-tsilei-staloho-rozvytku-v-ukraini-i291124-1190> (дата звернення: 12.11.2025).

2. Метеленко Н. Г., Белоконь К. В., Воронкова В. Г., Оглобліна В. О., Нікітенко В. О. Нова парадигма розвитку технологій захисту навколишнього середовища в умовах глобальних екологічних викликів та кліматичних змін. *Природнича освіта та наука*. 2025. № 3 (9). С. 96–107. URL : <https://www.nature.com/articles/s41598-025-18878-y>