

УДК 004.8:502/504:355.01

Миронов Ю. Б.

yuriy@myronov.com, ORCID ID: 0000-0002-9015-506X, Researcher ID: E-9613-2019

д.е.н., доц., професор кафедри туризму та готельно-ресторанної справи,
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів**Сватюк О. Р.**

oksana.r.svatiuk@lpnu.ua, ORCID ID: 0000-0003-0099-2532

к.е.н., доц., доцент кафедри менеджменту персоналу і управління,
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ Й ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ КЕРІВНИКІВ В ЕКОЛОГІЧНОМУ МЕНЕДЖМЕНТІ ВОЄННОГО ЧАСУ

Анотація. Стаття присвячена дослідженню трансформації системи екологічного менеджменту в Україні за умов повномасштабної війни й обґрунтуванню інноваційних підходів до управління природними ресурсами в кризових умовах. На основі комплексного аналізу нормативно-правових актів, сучасних цифрових технологій і практик екологічного врядування встановлено, що війна спричинила докорінну зміну парадигми екологічного управління – від формального дотримання природоохоронних вимог до антикризового менеджменту екологічних ризиків, спрямованого на оперативне реагування на надзвичайні виклики та мінімізацію негативного впливу на довкілля. Проаналізовано ключові законодавчі зміни, що регламентують діяльність суб'єктів господарювання за умов воєнного стану, зокрема запровадження декларативного принципу дозвільної системи, удосконалення механізмів державного екологічного контролю, алгоритмізацію поводження з відходами руйнування та формування правових інструментів документування фактів екоциду та воєнних злочинів проти довкілля. Обґрунтовано алгоритм дій екологічного менеджера при організації процесів сортування, обліку, перероблення та повторного використання відходів руйнування, що забезпечує реалізацію принципів циркулярної економіки та сприяє ресурсозбереженню під час післявоєнного відновлення територій. Особливу увагу приділено ролі цифрових технологій у системі екологічного моніторингу. Досліджено можливості супутникових систем, платформи Google Earth Engine, інструментів штучного інтелекту та методів OSINT для дистанційного виявлення екологічних загроз, оцінювання масштабів завданих збитків, прогнозування ризиків і формування доказової бази для міжнародних механізмів компенсації. Розкрито значення НСМ-систем у процесах підготовки, координації й управління діяльністю фахівців з екологічного моніторингу за умов розосереджених команд і обмеженого доступу до територій. Доведено, що синергія супутникових технологій, штучного інтелекту, цифрових платформ та адаптивного врядування формує ефективну систему захисту екосистем, підвищує стійкість екологічного менеджменту до кризових викликів і створює підґрунтя для сталого відновлення України відповідно до екологічних стандартів Європейського Союзу.

Ключові слова: екологічний менеджмент, цифровізація, сталий розвиток, управління природними ресурсами, моніторинг довкілля, штучний інтелект, воєнний стан, Big Data, ГІС-технології, циркулярна економіка, повоєнне відновлення.



Myronov Yuriy

yuriy@myronov.com, ORCID ID: 0000-0002-9015-506X, Researcher ID: E-9613-2019
Doctor of Economics, Associate Professor, Professor of the Department
of Tourism and Hotel&Restaurant Business,
Lviv University of Trade and Economics, Lviv

Svatiuk Oksana

oksana.r.svatiuk@lpnu.ua, ORCID ID: 0000-0003-0099-2532
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department
of Human Resource Management and Administration,
Lviv Polytechnic National University, Lviv

DIGITAL TECHNOLOGIES AND INNOVATIVE SOLUTIONS FOR MANAGERS IN ENVIRONMENTAL MANAGEMENT DURING WARTIME

Abstract. *The article is devoted to investigating the transformation of the environmental management system in Ukraine under the conditions of a full-scale war and substantiating innovative approaches to natural resource management in crisis situations. Based on a comprehensive analysis of regulatory and legal frameworks, modern digital technologies, and environmental governance practices, it has been established that the war has caused a fundamental shift in the environmental management paradigm – from the formal compliance with environmental protection requirements to crisis-oriented environmental risk management aimed at ensuring a rapid response to emerging challenges and minimizing adverse environmental impacts. The study analyzes key legislative changes regulating the activities of business entities under martial law, including the introduction of a declarative principle within the permitting system, the improvement of state environmental control mechanisms, the algorithmization of demolition waste management processes, and the development of legal instruments for documenting cases of ecocide and war crimes against the environment. An operational framework for environmental managers responsible for organizing the sorting, accounting, processing, and reuse of demolition waste is substantiated, ensuring the implementation of circular economy principles and promoting resource conservation during post-war territorial recovery. Particular attention is paid to the role of digital technologies in environmental monitoring systems. The capabilities of Sentinel-2 and SAR satellite systems, Google Earth Engine platforms, artificial intelligence tools, and OSINT methods for the remote detection of environmental threats, assessment of environmental damage, risk forecasting, and the formation of evidence bases for international compensation mechanisms are examined. The significance of Human Capital Management (HCM) systems in the training, coordination, and management of environmental monitoring specialists operating within distributed teams and under conditions of restricted territorial access is also highlighted. The findings demonstrate that the synergy of satellite technologies, artificial intelligence, digital platforms, and adaptive governance forms an effective system for ecosystem protection, enhances the resilience of environmental management to crisis-related challenges, and creates a foundation for the sustainable recovery of Ukraine in accordance with the environmental standards of the European Union.*

Keywords: environmental management, digitalization, sustainable development, natural resource management, environmental monitoring, artificial intelligence, martial law, Big Data, GIS technologies, the circular economy, post-war reconstruction.

JEL Classification: Q58, Q53, K32, O33, H56

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1256-2026-49-12>

Постановка проблеми. Повномасштабне вторгнення росії в Україну спричинило безпрецедентні екологічні руйнування, які поставили перед системою екологічного менеджменту принципово нові виклики: традиційні інструменти управління, розроблені для умов мирного часу, виявилися неадаптованими до реалій збройного конфлікту, коли одночасно відбуваються масштабне забруднення довкілля внаслідок бойових дій, руйнування промислової та комунальної інфраструктури, накопичення специфічних відходів руйнування та послаблення державних інституцій екологічного контролю. За цих умов виникає гостра потреба в переосмисленні підходів до екологічного менеджменту через інтеграцію цифрових технологій моніторингу, адаптацію нормативно-правової бази та впровадження інноваційних управлінських рішень, здатних забезпечити як оперативне реагування на кризові ситуації, так і стратегічне збереження природних ресурсів в інтересах післявоєнного відновлення країни відповідно до стандартів Європейського Союзу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання інноваційних підходів до управління природними ресурсами за умов цифровізації активно досліджується у світовій науковій літературі. Зокрема, Ali P. обґрунтовує необхідність інтеграції технологій і традиційних знань у системи сталого управління ресурсами [7], а Popova D. et al., Rahman M. і Hossain M. акцентують на синергії відповідального врядування, фінансів і технологій як передумови сталого природокористування в цифрову епоху [13; 14]. Роль цифровізації та технологічних інновацій у забезпеченні ефективного використання ресурсів досліджують Bansal S. et al., Huo C. et al. і Pang J. et al., доводячи, що інструменти Індустрії 4.0 суттєво підвищують прозорість й ефективність ресурсного менеджменту [8; 11; 12]. Концептуальні засади управління в контексті Суспільства 5.0, що поєднує людиноцентричний підхід із цифровими технологіями, розкривають Ramírez-Márquez C. et al. [15], а інноваційні рішення у сфері управління відходами та стічними водами з позицій циркулярної економіки аналізують Dada M. et al. та Ulusoy A. et al. [9; 18].

Окремий напрям досліджень присвячений управлінню природними ресурсами за умов збройних конфліктів і постконфліктного відновлення. Ahmadnia S. et al. доводять,

що екологічне врядування може слугувати інструментом поствоєнного відновлення, а неврегульованість прав на ресурси є джерелом нових конфліктів [6]. Zwijnenburg W. і Ballinger O. досліджують застосування новітніх технологій – супутникового моніторингу, OSINT і штучного інтелекту – для екологічного спостереження та забезпечення підзвітності в зонах бойових дій, що є особливо актуальним для документування екоциду в Україні [20]. Шапошников К., Котенко Т., а також Song M. et al. підкреслюють технологічні виклики «зелених інновацій» і необхідність інноваційного контексту в управлінні природними ресурсами національної економіки [16; 17].

Попри значний обсяг накопичених знань, проблема комплексної адаптації систем екологічного менеджменту до умов повномасштабної війни з урахуванням вітчизняної нормативно-правової бази та цифрових інструментів моніторингу залишається недостатньо дослідженою, що й обумовлює актуальність цієї статті.

Постановка завдання. Метою статті є дослідження трансформації системи екологічного менеджменту в Україні за умов воєнного стану шляхом аналізу нормативно-правового забезпечення, алгоритмів управління відходами руйнування, сучасних цифрових та інноваційних технологій моніторингу природних ресурсів, а також обґрунтування ролі адаптивного врядування, штучного інтелекту, дистанційного зондування Землі та систем управління людським капіталом у забезпеченні екологічної безпеки, фіксації екологічних збитків і підтримці процесів повоєнного відновлення та сталого розвитку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Питання екологічного менеджменту та систем управління в Україні за умов війни регулюється як фундаментальними законами, так і спеціальними нормативно-правовими актами, прийнятими після 24 лютого 2022 року. Війна змусила державу адаптувати систему управління: від спрощення дозвільних процедур до впровадження жорсткого моніторингу воєнних злочинів проти довкілля.

Обґрунтуємо основи законодавчої бази, структуруючи нормативну базу за напрямками регулювання:

1. *Фундаментальне законодавство та загальний менеджмент* – це закони, що ство-

рюють базу для функціонування будь-якої системи екологічного менеджменту (наприклад, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища») [5]. За умов війни екологічний менеджмент часто фокусується на проведенні добровільного аудиту для оцінювання ризиків, спричинених руйнуванням інфраструктури.

2. *Спеціальне «воєнне» законодавство (2022–2025).* Саме для адаптації управління довкіллям до умов бойових дій було прийнято низку актів, що змінюють «правила гри» для менеджерів. Закон № 2132-IX (від 15.03.2022 р.) – це ключовий закон для сучасного менеджменту. Він запроваджує поняття «відходи руйнування» (будівельне сміття від обстрілів). Для систем управління це означає необхідність створення нових алгоритмів сортування, переробки та повторного використання матеріалів [3].

3. *Моніторинг та фіксація збитків.* Екологічний менеджмент на державному рівні зараз зосереджений на фіксації шкоди для майбутніх репарацій. У контексті менеджменту це створює юридичну рамку для кваліфікації дій агресора як злочину, що вимагає специфічного збору доказів службами екоменеджменту підприємств.

4. *Оцінювання впливу на довкілля (ОВД) і дозвільна система.* Умови війни вимагають балансу між швидкою відбудовою та збереженням екосистем. Менеджмент підприємств тепер може проходити процедури ОВД швидше, але з обов'язковим урахуванням ризиків, пов'язаних із війною (наприклад, ризик розгерметизації сховищ). Постанова КМУ № 314 регулює та дозволяє підприємствам у період воєнного стану розпочинати певні види екологічно небезпечної діяльності на підставі декларації, а не повноцінного дозволу (з обов'язком отримати дозвіл після війни) [1].

5. *Євроінтеграція та промислове забруднення.* Навіть під час війни Україна інтегрує

європейські стандарти управління. Для екологічного менеджменту це означає перехід від «очищення на кінці труби» до інтегрованих систем запобігання забрудненню. Особливістю є те, що встановлено відтермінування для впровадження дорогих очисних споруд на період після війни, але вимагається планування цих заходів уже зараз.

6. *Міжнародні стандарти та сертифікація (ISO).* Хоча це не закони, вони визнаються на державному рівні через систему технічного регулювання. ДСТУ ISO 14001:2015 [2] за умов війни менеджмент за цим стандартом змістив акцент на контекст організації та ризик-менеджмент. Підприємства змушені включати «воєнні ризики» (пожежі від ракет, вимкнення очисних споруд через блекаути) у свої плани екологічної безпеки в Україні.

Законодавство адаптувалося через створення методики фіксації збитків і спрощення процедур для бізнесу, зберігаючи при цьому стратегічний курс на європейські стандарти (Green Deal). Екологічний менеджмент в Україні під час війни перейшов від формального дотримання норм до управління кризовими ризиками (табл. 1).

Відповідно до Постанови КМУ № 1073 «Про затвердження Порядку управління відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій...» алгоритм дій екологічного менеджера (або відповідальної особи на підприємстві/в громаді) суттєво змінився [4].

Мета нового алгоритму – максимально перетворити сміття на ресурс для майбутньої відбудови та мінімізувати навантаження на полігони.

Алгоритм дій менеджера при поводженні з відходами руйнування:

Етап 1: огляд і первинна фіксація. Менеджер організовує роботу комісії з обстеження об'єкта.

Таблиця 1

Порівняльна таблиця регулювання у мирний час та у час війни

Сфера	Мирний час	Умови війни
Звітність	Суворі дедлайни	Можливість відтермінування
Перевірки	Планові та позапланові	Переважно позапланові (за фактом аварій)
Відходи	Побутові та промислові	+ Відходи руйнування
Дозволи	Повна процедура ОВД/Дозволів	Декларативний принцип для критичних об'єктів
Відповідальність	Адміністративні штрафи	Кримінальні провадження за екоцид (міжнародний рівень)

Дія: проведення візуального огляду та фото/відеофіксації.

Документ: акт обстеження пошкодженого об'єкта (згідно з Постановою КМУ № 473). На цьому етапі важливо визначити орієнтовний обсяг відходів у кубічних метрах.

Етап 2: оцінювання небезпеки. Перед демонтажем менеджер повинен ідентифікувати небезпечні компоненти.

Дія: пошук азбесту (шифер), залишків паливно-мастильних матеріалів, акумуляторів, хімікатів.

Вимога: небезпечні відходи мають збиратися окремо, аби не забруднити будівельний бій, який можна переробити.

Етап 3: організація демонтажу з «сортуванням біля джерела». Менеджер координує підрядника з демонтажу.

Дія: замість звичайного знесення «все в одну купу» впроваджується поетапний розбір. Спочатку вилучаються вікна, двері, сантехніка, потім – дерев'яні конструкції, і в останню чергу – бетонний кістяк.

Етап 4: транспортування й облік.

Дія: відходи направляються на місця тимчасового зберігання (МТЗ).

Документ: журнал обліку відходів. Менеджер має контролювати, куди поїхала кожна

машина, аби уникнути стихійних сміттєзвалищ.

Обґрунтуємо детальніше описаний алгоритм дій менеджера при поводженні з відходами руйнування згідно з новими постановами у таблиці 2.

Ключові виклики і проблеми для менеджера за умов війни – це забруднення вибухо-небезпечними предметами. Менеджер не має права допускати персонал до відходів без акту від ДСНС про розмінування об'єкта.

Найбільша помилка – дозволити змішати побутове сміття (меблі, одяг) з бетоном. Це робить перероблення надзвичайно дорогим та неефективним. За умов дефіциту палива менеджер має розраховувати маршрути до найближчого майданчика тимчасового зберігання, які визначаються кожною громадою окремо. Для екологічного менеджменту перехід до алгоритму за Постановою № 1073 означає зміну парадигми, а саме: відходи руйнування тепер розглядаються не як тягар, а як безкоштовний будівельний матеріал за умови правильного сортування на кожному етапі.

Інновації в управлінні природними ресурсами дедалі більше поєднують цифрові технології, нові інструменти управління та фінансування, а також знання корінних народів/

Таблиця 2

Деталізована таблиця дій менеджера та прикладів реалізації заходів

Етап алгоритму	Конкретна дія менеджера	Приклад реалізації
1. Класифікація	Розподіл відходів на групи згідно з кодами ДК 005-96 та новим Порядком	Розділення залишків зруйнованого цеху на: «бетонні блоки», «металобрухт», «скло» й «утеплювач»
2. Вилучення небезпечних компонентів	Ідентифікація матеріалів, що потребують спеціальної утилізації	Виявлення залишків азбестового шиферу на даху. Його не можна дробити разом із цеглою; він пакується в герметичну плівку та передається ліцензованій компанії
3. Оцінювання придатності до повторного використання	Визначення, що можна використати «як є», а що потребує перероблення	Цілі цеглини відбираються для повторного будівництва парканів, а подрібнений бетонний бій готується для відсіпки тимчасових доріг
4. Складування на місця тимчасового зберігання	Організація майданчика для зберігання з твердим покриттям (за можливості)	Облаштування майданчика, де окремо лежить купа подрібненого бетону (фракція 0–40) та окремо – дерев'яні балки (на паливо)
5. Перероблення (дроблення)	Залучення мобільних дробильних установок	Перетворення великих залізобетонних панелей на вторинний щебінь, який використовується як «подушка» під фундамент нової споруди
6. Звітність	Подання даних до органів місцевого самоврядування або через систему «Екосистема»	Заповнення декларації, де вказано, що 70 % відходів руйнування було використано повторно, а 30 % (непридатних) – захоронень

традиційні знання. Нещодавні роботи наголошують на використанні даних, автоматизації та соціальних інновацій для підтримки життєздатності екосистем за умов зміни клімату та зростання попиту. Основні типи інноваційних рішень мають в основі цифрові та розумні технології. Штучний інтелект, Інтернет речей, великі дані, дистанційне зондування, автоматизація покращують моніторинг, прогнозування й ефективне використання ресурсів у гірничодобувній промисловості, сільському господарстві, туризмі тощо. Розумні системи водопостачання, точне зрошення та розумне вимірювання підтримують цілі сталого розвитку [11] та зменшують втрати в стресових басейнах [8; 12; 13–15]. Інструменти розумного міста інтегрують зелені зони, датчики якості повітря, розумні мережі та системи утилізації відходів для управління міськими природними ресурсами.

Фінанси, управління та політичні інновації, спрямовані на зелене фінансування, фінтехнології та цифрова фінансова інклюзія можуть сприяти збереженню й ефективному використанню, але вимагають «сильного» управління, аби уникнути відновлення або надмірного видобутку [4]. ESG/KCB, цифрова звітність ESG і державна підтримка (регулю-

вання, субсидії, «розумна» інфраструктура) стимулюють впровадження сталих практик і прозорості [6; 9; 13]. Високотехнологічні й експортні сектори можуть бути узгоджені з управлінням природними ресурсами та навколишнім середовищем для розроблення систем раннього попередження, ліквідації наслідків стихійних лих і кліматично розумного управління.

Екоінновації, циркулярність і відходи як ресурс поєднують кліматологію й управління ресурсами, використовуючи кліматичні моделі для керівництва адаптивними практиками та стійкими технологіями [17]. Інновації у сфері відходів і стічних вод, орієнтовані на циркулярну економіку, відновлюють воду, енергію та поживні речовини, зменшуючи забруднення та споживання енергії [13; 15; 19].

Хронологія нещодавніх досліджень управління ресурсами, орієнтованих на інновації, наведена у табл. 3.

У табл. 3 наведено додаткові інноваційні рішення, необхідні в управлінні людським капіталом (HCM – Human Capital Management). Окрім управління природними ресурсами, джерела підкреслюють роль цифрових платформ у забезпеченні стабільності організацій через ефективне управління людьми:

Таблиця 3

Ключові інноваційні теми та приклади в управлінні природними ресурсами

Сфера зосередження	Приклади внесків	Практичні приклади
Цифровізація та технології	Індустрія 4.0, Суспільство 5.0, «розумні» технології у водних/міських системах [6; 8]	Використання OSINT (розвідки на основі відкритих джерел) і смартфонів для фіксації екологічних злочинів у реальному часі. Застосування супутникових систем Sentinel-2 та Landsat для моніторингу випалювання лісів і розливів нафти
Фінанси й управління	Зелені фінанси, FinTech [7; 9], CSR/ESG, спільне управління з експортом інформаційно-комунікаційних технологій [11]	Впровадження ініціатив прозорості, таких як EITI (Ініціатива прозорості видобувних галузей), для контролю доходів від ресурсів. Програма GEMAP у Ліберії для стримування корупції та зовнішнього нагляду за фінансами
Екологічні та циркулярні інновації	Екоінновації, зелені інновації на основі Big Data, циркулярні відходи та стічні води [13; 15; 17]	Автоматизація виявлення токсичних копалин у М'янмі за допомогою нейронних мереж (CNN). Моніторинг забруднення повітря діоксидом сірки після атак на промислові об'єкти за допомогою супутника Sentinel-5p
Нові парадигми управління	Концепція RAD (опір-адаптація-трансформація), інтеграція технологій [6; 10; 12] традиційних знань	Впровадження адаптивного управління, що базується на циклічному оцінюванні та коригуванні стратегій за умов конфлікту. Поєднання державного права з традиційними (звичаєвими) нормами місцевих громад

1. HR-аналітика та програмне забезпечення на кшталт Power BI дозволяє в реальному часі відстежувати результати співробітників та корегувати їх відповідно до глобальних цілей компанії, що критично для великих структур в умовах змін.

2. Штучний інтелект в оцінюванні компетенцій. Наприклад, авіакомпанія SkyUp Airlines використовує систему SMART HCM & LMS на базі ШІ для автоматизації Performance management та оцінки навичок фахівців.

3. Дистанційне навчання (E-learning) забезпечує доступність розвитку навичок 24/7 із будь-якого пристрою, що дозволяє підтримувати кваліфікацію персоналу навіть у територіально розрізнених командах.

4. Цифрова прозорість уряду (EITI) впровадження ініціатив прозорості видобувних галузей допомагає запобігти «ресурсному прокляттю», коли доходи від надр використовуються для фінансування корупції або конфліктів.

Обґрунтуємо деталізацію прикладів із практики відповідно до напрямів:

1. Цифровізація та технологічні рішення:

– моніторинг конфліктних зон, коли технологічний прорив дозволив використовувати супутникові дані високої роздільної здатності документування воєнних злочинів та екологічної деградації в Іраку, Сирії й Україні;

– управління персоналом через цифрові екосистеми як використання систем класу HCM (наприклад, SMART HCM & LMS) на базі технологій Microsoft дозволяє організаціям автоматизувати розвиток навичок персоналу та проводити глибоку HR-аналітику за допомогою Power BI. Це допомагає узгоджувати індивідуальні цілі із глобальними цілями сталого розвитку.

2. Фінанси й управління:

– ресурсні коридори. В Афганістані була запропонована концепція «ресурсних коридорів», де великі інвестиції у видобувну галузь використовуються для стимулювання інфраструктури, сільського господарства та створення робочих місць у всьому регіоні;

– прозорість доходів. У Ліберії та Сьєрра-Леоне впровадження механізмів підзвітності допомогло запобігти використанню доходів від алмазів для фінансування збройних конфліктів.

3. Екологічні та Big Data інновації:

– машинне навчання для екомоніторингу. Штучний інтелект використовується для

швидкого оцінювання руйнувань у містах та ідентифікації небезпечних відходів (наприклад, азбесту) після обстрілів;

– аналіз великих даних – платформи на кшталт Google Earth Engine дозволяють дослідникам аналізувати величезні масиви супутникових даних для відстеження динаміки лісових покривів і змін у землекористуванні в зонах конфліктів.

4. Нові парадигми управління:

– правовий плюралізм – у країнах, що виходять із конфлікту, успішним є підхід, який визнає одночасну дію державного законодавства та місцевих релігійних чи звичаєвих систем управління земельними та водними ресурсами;

– демократизація досліджень – сучасні хмарні сервіси (наприклад, SentinelHub) дозволяють громадам та активістам самостійно перевіряти дати будівництва незаконних шахт або фіксувати пожежі, не чекаючи на звіти державних органів.

Сучасне управління природними ресурсами – це не просто нагляд, а створення «цифрової імунної системи» для екосистеми, де супутники виступають «очима», штучний інтелект – «мозком», а адаптивне управління – здатністю вчасно реагувати на зовнішні загрози. Ці дослідження зосереджені на використанні цифрових інструментів, зелених фінансів, екоінновацій і традиційних знань для підвищення ефективності, прозорості та стійкості до зміни клімату при використанні ресурсів. Успіх менше залежить лише від технологій і більше від якості управління, інклюзивного спільного проектування з громадами та масштабування пілотних проєктів у надійні, адаптивні системи.

Технологічні інновації змінюють те, як вода, енергія, земля, ліси та корисні копалини контролюються, розподіляються та зберігаються у тісному зв'язку з промисловістю 4.0 та концепціями суспільства/промисловості 5.0, що розвиваються. Штучний інтелект, Інтернет речей (IoT), великі дані та робототехніка забезпечують моніторинг у реальному часі, прогнозоване обслуговування, точне керування й автоматизацію, що підвищує ефективність і зменшує кількість відходів у сферах водопостачання, енергетики, видобутку копалин і сільського господарства [6–8; 12; 16]; ГІС (геоінформаційні системи) та дистанційне зондування дозволяють картографувати землю, ліси та динаміку водних ресурсів, підтримуючи

просторове планування, раннє попередження та правозастосування в лісовому господарстві й управлінні земельними та водними ресурсами [11; 16]; блокчейн і цифрові платформи покращують відстежуваність і прозорість у ланцюгах постачання ресурсів (наприклад, у гірничодобувній промисловості) [7; 16].

Для узагальнення взаємозв'язку між сучасними технологічними рішеннями та сферами управління природними ресурсами в табл. 4 систематизовано основні технологічні кластери, їхній вплив на окремі ресурсні домени, очікувані ефекти від упровадження та приклади практичного застосування в різних країнах світу, зокрема в умовах воєнних конфліктів і післяконфліктного відновлення.

В усіх секторах цифрові технології та технології індустрії 4.0/5.0 покращують видимість, ефективність і прозорість в управлінні ресурсами. Однак їхній вплив на сталий розвиток залежить від сприятливої політики, сильних інституцій, належної інфраструктури та людиноцентричного дизайну, а не лише від технологій.

Природа тривалий час вважалася «мовчазною жертвою» війн, оскільки масштаб руйнувань екосистем і наслідки для громадського здоров'я часто залишалися непоміченими до завершення бойових дій. Традиційні

методи оцінювання шкоди навколишньому середовищу, що проводилися агентствами ООН, зазвичай розпочиналися лише через роки після закінчення активної фази конфлікту, що обмежувало доступ до актуальних даних. Проте за останнє десятиліття відбулася справжня революція у відстеженні зв'язків між збройними зіткненнями та екологічною деградацією. Поширення смартфонів, повсюдний доступ до Інтернету та відкриті дані супутникового спостереження змінили ландшафт екологічного моніторингу в зонах конфліктів:

1. *Космічний моніторинг та OSINT-технології* є одними із ключових інноваційних рішень на основі відкритих джерел. Користувачі соціальних мереж, публікуючи фото та відео, надають величезні обсяги даних, які дозволяють ідентифікувати локації екологічних злочинів у режимі реального часу. Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) надає інструменти для моніторингу явищ великого масштабу:

– оптичні супутники (Sentinel-2, Landsat) дозволяють відстежувати розливи нафти, випалювання лісів та незаконний видобуток копалин;

– спектрометричні прилади (Sentinel-5p) використовуються для фіксації забруднення

Таблиця 4

Основні технологічні кластери та домени ресурсів, які вони вдосконалюють

Домен	Технологічні інновації	Ефекти	Приклади з практики за джерелами
Вода та енергія	Розумні мережі, цифрові двійники, оптимізація, прогнозування за допомогою ШІ	Вища ефективність, нижчі втрати, інтеграція відновлюваних джерел [6; 8; 9; 16]	Використання супутників Sentinel-1 та Sentinel-2 для оцінки пошкоджень водопровідної й енергетичної інфраструктури в Україні
Видобуток копалин	Автоматизація, IoT, дистанційне зондування, блокчейн	Безпечніша, менш марнотратна та прозоріша експлуатація [7; 10; 19]	Автоматизація виявлення незаконних шахт у М'янмі за допомогою нейронних мереж (CNN), що ідентифікують специфічні басейни для осадження мінералів
Сільське господарство та їжа	Розумне зрошення, сенсори, ШІ, робототехніка	Точне використання ресурсів, адаптація до клімату, стабільні врожаї	Застосування ГІС для аналізу занедбаності сільськогосподарських угідь у Південному Судані й оцінювання продовольчої безпеки в зонах конфлікту
Лісове господарство	ГІС, IoT, моніторинг на основі ШІ, е-дозволи	Краще правозастосування, зменшення незаконних рубок, державні послуги [11]	Моніторинг Sentinel-2 для виявлення вирубки лісів, спричиненої потребою в паливі під час конфлікту в Сирії

повітря, наприклад викидів діоксиду сірки, внаслідок атак на промислові об'єкти;

- радарні системи (SAR) мають унікальну здатність «бачити» крізь хмарність та вночі, що є критично важливим для виявлення розливів нафти на водній поверхні за умов обмеженої видимості. Наприклад, система FIRMS від NASA дозволяє автоматично виявляти термічні аномалії (пожежі), спричинені бойовими діями, що підвищує публічну підзвітність сторін конфлікту.

2. *Штучний інтелект та машинне навчання* також має місце в екологічному аналізі. Зростання обсягів супутникових даних потребує автоматизації їх оброблення. Використання Convolutional Neural Networks (CNN) дозволяє виявляти незаконні об'єкти видобутку ресурсів навіть у важкодоступних зонах. Інноваційні алгоритми машинного навчання сьогодні застосовуються для:

- виявлення неформального видобутку: наприклад, у М'янмі AI-моделі ідентифікують басейни для осадження мінералів, що супроводжують токсичний видобуток рідкоземельних елементів;

- моніторингу кустарної нафтопереробки: у Сирії автоматизовані системи відстежують зони забруднення навколо імпровізованих нафтозаводів;

- швидкого оцінювання руйнувань міст: аналіз супутникових знімків SAR дозволяє оцінити масштаби завалів і ризики, пов'язані з небезпечними матеріалами, такими як азбест.

3. *Управлінські інновації в HCM (Human Capital Management) та цифровізація команд.* Ефективне управління природними ресурсами неможливе без координації фахівців. За умов війни людський капітал стає найбільш дефіцитним ресурсом. Сучасні HCM-системи, такі як SMART HCM & LMS, пропонують цифрові рішення для підвищення стійкості організацій, що займаються охороною довкілля. Інноваційні модулі управління персоналом в умовах конфлікту охоплюють наступне:

- E-learning і мобільне навчання як можливість підготовки фахівців з екологічного моніторингу та розмінування 24/7 з будь-якого пристрою;

- онбординг та адаптація, коли швидка інтеграція нових співробітників у процеси управління ресурсами відбувається через автоматизовані програми;

- HR-аналітика на базі Power BI дозволяє керівникам бачити реальні навички персоналу та коригувати їх відповідно до цілей екологічної безпеки;

- портали самообслуговування: підтримання корпоративної культури та зв'язку з командою через чат-боти (наприклад, у Telegram), що важливо для розосереджених команд у зонах бойових дій.

4. *Адаптивне врядування та правовий плюралізм.* Збройний конфлікт руйнує державні інститути, тому управління ресурсами має базуватися на адаптивному врядуванні. Це передбачає циклічний процес: оцінювання ситуації – вибір політики – впровадження – моніторинг – корекція цілей.

Ключові стратегії врядування в умовах війни – це:

- 1) децентралізація – передбачає передачу повноважень місцевим громадам, які часто мають вищу легітимність на місцях;

- 2) правовий плюралізм – відображає розмаїття соціальних регуляторів і відхід від монополії держави на створення права;

- 3) прозорість – передбачає активне впровадження ініціатив, таких як ЕІПІ (Ініціатива прозорості видобувних галузей) для запобігання «ресурсному прокляттю», коли доходи від надр фінансують продовження війни. Приклади з Афганістану та Ліберії свідчать, що відсутність прозорого розподілу прав на землю та воду стає джерелом нових конфліктів. Тому важливим є створення цифрових кадастрових записів, які важко знищити фізично, зокрема на основі блокчейн-технологій.

Для посилення відповідальності за шкоду природі під час війни необхідно:

- запровадити обов'язкову реєстрацію екологічних збитків на основі супутникових даних для подальших репарацій;

- використовувати AI-системи для прогнозування ризиків забруднення підземних вод і поширення токсичних залишків зброї;

- інтегрувати цифрові системи управління персоналом для координації гуманітарних екологічних місій.

Висновки та перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Проведене дослідження засвідчує, що повномасштабна війна спричинила докорінну трансформацію системи екологічного менеджменту в Україні, змістивши її парадигму від формального дотримання нормативних вимог до управ-

ління кризовими ризиками в режимі реального часу. Аналіз законодавчої бази підтверджує, що держава оперативно адаптувала правове регулювання через запровадження декларативного принципу дозвільної системи, алгоритмізацію поводження з відходами руйнування та формування правових механізмів кваліфікації екологічних злочинів як екоциду, зберігаючи при цьому стратегічний курс на євроінтеграцію та стандарти Green Deal. Встановлено, що ефективний екологічний менеджмент за умов конфлікту базується на трьох взаємопов'язаних компонентах:

1) застосуванні цифрових технологій моніторингу – радарних систем SAR, оптичних супутників Sentinel-2 та Landsat, платформ Google Earth Engine і систем виявлення теплових аномалій NASA FIRMS – для дистанційної фіксації екологічних збитків без фізичної присутності на місці подій;

2) впровадженні алгоритмізованого менеджменту відходів руйнування, що реалізує принципи циркулярної економіки через «сортування біля джерела» та перетворення будівельного сміття на вторинний ресурс для відбудови;

3) розбудові адаптивного врядування, що поєднує децентралізацію, правовий плюралізм та цифрові HCM-системи для підготовки й координації фахівців з екологічного моніторингу за умов розосереджених команд та інституційної слабкості.

Доведено, що синергія супутникових технологій, штучного інтелекту та ефективного управління людським капіталом формує «цифровий імунітет» екосистеми, здатний не лише фіксувати поточні збитки, а й створювати доказову базу для майбутніх міжнародних репарацій.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з такими пріоритетними напрямками:

– дослідження механізмів інтеграції вітчизняної системи екологічного менеджменту з європейськими стандартами в контексті повоєнної відбудови;

– розроблення моделей правового плюралізму для врегулювання конфліктів щодо прав на ресурси на деокупованих територіях;

– вивчення потенціалу блокчейн-технологій для створення цифрових кадастрових записів і забезпечення прозорості розподілу ресурсів у постконфліктний період.

ЛІТЕРАТУРА

1. Деякі питання забезпечення провадження господарської діяльності в умовах воєнного стану: Постанова Кабінету Міністрів України від 18 березня 2022 р. № 314 станом на 31 січня 2026 р. *Верховна Рада України. Законодавство України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/314-2022-п>

2. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосовування (ISO 14001:2015, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. *БУДСТАНДАРТ Online*. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64015

3. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо діяльності у сфері довкілля та щодо цивільного захисту на період дії воєнного стану і у відбудовний період: Закон України від 24 березня 2022 р. № 2132-IX. *Верховна Рада України. Законодавство України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2132-20>

4. Про затвердження Порядку управління відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків та внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України: Постанова Кабінету Міністрів України від 27 вересня 2022 р. № 1073 станом на 22 травня 2026 р. *Верховна Рада України. Законодавство України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1073-2022-п>

5. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25 червня 1991 р. № 1264-XII станом на 8 серпня 2025 р. *Верховна Рада України. Законодавство України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>

6. Ahmadnia S., Christien A. M., Spencer P., Hart T. et al. Defueling Conflict: Environment and Natural Resource Management as a Pathway to Peace. World Bank, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1596/38247>

7. Ali P. S. Innovative Approaches to Sustainable Natural Resource Management: Integrating Technology and Traditional Knowledge. *International Journal of Social Science and Education Research*. 2025. Vol. 7. Issue 1. Part F. DOI: <https://doi.org/10.33545/26649845.2025.v7.i1f.231>

8. Bansal S., Singh S. M., Nangia P. Assessing the Role of Natural Resource Utilization in Attaining Select Sustainable Development Goals in the Era of Digitalization. *Resources Policy*. 2022. Vol. 79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103040>

9. Dada M. A., Obaigbena A., Majemite M. T., Oliha J. S., Biu P. W. Innovative Approaches to Waste Resource Management: Implications for Environmental Sustainability and Policy. *Enginee-*

ring Science & Technology Journal. 2024. Vol. 5. No. 1. DOI: <https://doi.org/10.51594/estj.v5i1.731>

10. Hui C. X., Dan G., Alamri S., Toghraie D. Greening Smart Cities: an Investigation of the Integration of Urban Natural Resources and Smart City Technologies for Promoting Environmental Sustainability. *Sustainable Cities and Society*. 2023. Vol. 92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104985>

11. Huo C., Leng W., Xiang Y. Efficient Natural Resources Management through Financial and Innovative Technologies in Developing Nations from the Lens of Economic Development. *Resources Policy*. 2024. Vol. 88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105401>

12. Jianing P., Bai K., Solangi Y. A., Magazzino C., Ayaz K. Examining the Role of Digitalization and Technological Innovation in Promoting Sustainable Natural Resource Exploitation. *Resources Policy*. 2024. Vol. 86. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105036>

13. Popova D., Chipriyanov M., Chipriyanova G., Veselinova N. Responsible Governance in the Digital Age – Innovating for Sustainable Natural Resource Management. *Environment. Technology. Resources: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.17770/etr2025vol1.8680>

14. Rahman M., Hossain E. Synergy of Governance, Finance, and Technology for Sustainable Natural Resource Management. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2025. Vol. 11. Issue 1. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2025.100468>

15. Ramírez-Márquez C., Posadas-Paredes T., Raya-Tapia A. Y., Ponce-Ortega J. M. Natural Resource Optimization and Sustainability in Society 5.0: a Comprehensive Review. *Resources*. 2024. Vol. 13. Issue 2. DOI: <https://doi.org/10.3390/resources13020019>

16. Shaposhnykov K., Kotenko T. Natural Resources Management in the National Economy: Innovative Context. *Herald of Uzhhorod National University. Series: International Economic Relations and World Economy*. 2022. Vol. 41. Pp. 137–141. DOI: <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2022-41-25>

17. Song M., Fisher R., Kwok Y. Technological Challenges of Green Innovation and Sustainable Resource Management with Large-Scale Data. *Technological Forecasting and Social Change*. 2019. Vol. 144. Pp. 361–368. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.055>

18. Ulusoy A., Atilgan A., Rolbiecki R., Jagosz B., Rolbiecki S. Innovative Approaches for Sustainable Wastewater Resource Management. *Agriculture*. 2024. Vol. 14. Issue 12. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14122111>

19. Zhou Z., Long D., Xin Y. Combining the Management of Natural Resources with the Management of Environmental Resources: Modeling the Impact of High-Tech and ICT Service Export. *Resources Policy*. 2024. Vol. 95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105192>

20. Zwijnenburg W., Ballinger O. Leveraging Emerging Technologies to Enable Environmental Monitoring and Accountability in Conflict Zones. *International Review of the Red Cross*. 2023. Vol. 105. No. 924. Pp. 1497–1521. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1816383123000383>

REFERENCES

1. Dekiaki pytannia zabezpechennia provadzhennia hospodarskoi diialnosti v umovakh voiennoho stanu: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 18 bereznia 2022 r. № 314 stanom na 31 sichnia 2026 r. [Some issues of ensuring the conduct of economic activities under martial law: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated March 18, 2022 No. 314 as of January 31, 2026]. *Verkhovna Rada Ukrainy. Zakonodavstvo Ukrainy*, Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/314-2022-п>

2. DSTU ISO 14001:2015. Systemy ekolohichnoho upravlinnia. Vymohy ta nastanovy shchodo zastosuvannia (ISO 14001:2015, IDT). DP “UkrNDNTs” [DSTU ISO 14001:2015. Environmental management systems. Requirements and guidelines for application (ISO 14001:2015, IDT)]. Kyiv, 2016. *BUDSTANDART Online*. Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64015

3. Pro vnesennia zmin do deiakyykh zakonodavchykh aktiv Ukrainy shchodo diialnosti u sferi dovkilia ta shchodo tsyvilnoho zakhystu na period dii voiennoho stanu i u vidbudovnyi period: Zakon Ukrainy vid 24 bereznia 2022 r. № 2132-IX. [On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine on Environmental Activities and Civil Defense for the Period of Martial Law and in the Reconstruction Period: Law of Ukraine of March 24, 2022 No. 2132-IX]. *Verkhovna Rada Ukrainy. Zakonodavstvo Ukrainy*. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2132-20>

4. Pro zatverdzhennia Poriadku upravlinnia vidkhodamy, shcho utvorylys u zviazku z poshkodzhenniam (ruinuvanniam) budivel ta sporud vnaslodok boiovykh dii, terorystychnykh aktiv, dyversii abo provadzhenniam robit z likvidatsii yikh naslidkiv ta vnesennia zmin do deiakyykh postanov Kabinetu Ministriv Ukrainy: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 27 veresnia 2022 r. № 1073 stanom na 22 travnia 2026 r. [On Approval of the Procedure for Managing Waste Generated in Connection with Damage (Destruction) of Buildings and Structures as a Result of Hostilities, Terrorist Acts, Sabotage

or Carrying Out Work to Eliminate Their Consequences and on Amendments to Certain Resolutions of the Cabinet of Ministers of Ukraine: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of September 27, 2022 No. 1073 as of May 22, 2026]. *Verkhovna Rada Ukrainy. Zakonodavstvo Ukrainy*. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1073-2022-п>

5. Pro okhoronu navkolyshnioho pryrodnoho seredovyscha: Zakon Ukrainy vid 25 chervnia 1991 r. № 1264-XII stanom na 8 serpnia 2025 r. [On Environmental Protection: Law of Ukraine dated June 25, 1991 No. 1264-XII as of August 8, 2025]. *Verkhovna Rada Ukrainy. Zakonodavstvo Ukrainy*. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>

6. Ahmadnia S., Christien, A. M., Spencer P., Hart T. et al. (2022), Defueling Conflict: Environment and Natural Resource Management as a Pathway to Peace, World Bank. DOI: <https://doi.org/10.1596/38247>

7. Ali P. S. (2025), Innovative Approaches to Sustainable Natural Resource Management: Integrating Technology and Traditional Knowledge, *International Journal of Social Science and Education Research*, vol. 7, issue 1, Part F. DOI: <https://doi.org/10.33545/26649845.2025.v7.i1f.231>

8. Bansal S., Singh, S. M. and Nangia P. (2022), Assessing the Role of Natural Resource Utilization in Attaining Select Sustainable Development Goals in the Era of Digitalization, *Resources Policy*, vol. 79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103040>

9. Dada M. A., Obaigbena A., Majemite M. T., Oliha J. S. and Biu, P. W. (2024), Innovative Approaches to Waste Resource Management: Implications for Environmental Sustainability and Policy, *Engineering Science & Technology Journal*, vol. 5, no. 1. DOI: <https://doi.org/10.51594/estj.v5i1.731>

10. Hui C. X., Dan G., Alamri S. and Toghraie D. (2023), Greening Smart Cities: an Investigation of the Integration of Urban Natural Resources and Smart City Technologies for Promoting Environmental Sustainability, *Sustainable Cities and Society*, vol. 92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104985>

11. Huo C., Leng W. and Xiang Y. (2024), Efficient Natural Resources Management through Financial and Innovative Technologies in Developing Nations from the Lens of Economic Development, *Resources Policy*, vol. 88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105401>

12. Jianing P., Bai K., Solangi, Y. A., Magazzino C. and Ayaz K. (2024), Examining the

Role of Digitalization and Technological Innovation in Promoting Sustainable Natural Resource Exploitation, *Resources Policy*, vol. 86. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105036>

13. Popova D., Chipriyanov M., Chipriyanova G. and Veselinova N. (2025), Responsible Governance in the Digital Age – Innovating for Sustainable Natural Resource Management, *Environment. Technology. Resources: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. DOI: <https://doi.org/10.17770/etr2025vol1.8680>

14. Rahman M. and Hossain E. (2025), Synergy of Governance, Finance, and Technology for Sustainable Natural Resource Management, *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 11, Issue 1. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2025.100468>

15. Ramírez-Márquez C., Posadas-Paredes T., Raya-Tapia, A. Y. and Ponce-Ortega, J. M. (2024), Natural Resource Optimization and Sustainability in Society 5.0: a Comprehensive Review, *Resources*, vol. 13, issue 2. DOI: <https://doi.org/10.3390/resources13020019>

16. Shaposhnykov K. and Kotenko T. (2022), Natural Resources Management in the National Economy: Innovative Context, *Herald of Uzhhorod National University. Series: International Economic Relations and World Economy*, vol. 41, p. 137–141. DOI: <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2022-41-25>

17. Song M., Fisher R. and Kwoh Y. (2019), Technological Challenges of Green Innovation and Sustainable Resource Management with Large-Scale Data, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 144, p. 361–368. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.055>

18. Ulusoy A., Atilgan A., Rolbiecki R., Jagosz B. and Rolbiecki S. (2024), Innovative Approaches for Sustainable Wastewater Resource Management, *Agriculture*, vol. 14, issue 12. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14122111>

19. Zhou Z., Long D. and Xin Y. (2024), Combining the Management of Natural Resources with the Management of Environmental Resources: Modeling the Impact of High-Tech and ICT Service Export, *Resources Policy*, vol. 95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105192>

20. Zwijnenburg W. and Ballinger O. (2023), Leveraging Emerging Technologies to Enable Environmental Monitoring and Accountability in Conflict Zones, *International Review of the Red Cross*, vol. 105, no. 924, p. 1497–1521. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1816383123000383>

Дата надходження статті: 18.06.2026

Дата прийняття статті до публікації: 29.07.2026

Дата публікації статті: 20.08.2026