

ВОРОНКОВА Валентина Григорівна,

д-р філос. наук, професор,
академік НАН ВО України,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету
ORCID ID: 0000-0002-0719-1546

НІКІТЕНКО Віталіна Олександрівна,

д-р філос. наук, професор,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету
ORCID ID: 0000-0001-9588-7836

МЕТЕЛЕНКО Наталя Георгіївна,

д-р екон. наук, професор, директор,
академік АЕН України,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету
ORCID ID: 0000-0002-6757-3124

АЖАЖА Марина Андріївна,

д-р наук держ. управління, професор,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету
ORCID ID: 0000-0003-3549-7718
Україна

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Актуальність дослідження екологічного менеджменту обумовлена низкою важливих факторів, зокрема зростаючими глобальними екологічними викликами, необхідністю сталого використання природних ресурсів та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. У сучасному світі, де питання змін клімату, забруднення довкілля, виснаження ресурсів і зниження біорізноманіття набули критичного значення, екологічний менеджмент стає важливим інструментом забезпечення довготривалої екологічної стійкості та збалансованого розвитку найдинамічнішого регіону (Китай, Малайзія, Індія) у контексті Індустрії 5G¹. Сьогодні екологічний менедж-

1 Valentya Voronkova, Vitalina Nikitenko, Yevhen Sobo, Roman Oleksenko, Yuriy Zelenin, Olena, Kravchenko, Lesia Levchenko, Nataliia Yukhymenko (2024). The Digital Transformation Of The Most Dynamic Region In The World (China, Malaysia, India) As A Key Factor In Economic Development Within The Context Of INDUSTRY 5G: Trends, Challenges, And Strategies. Pakistan Journal of Life and Social Sciences), 22(1). P. 1522-1531. URL: https://pjlss.edu.pk/articles/2024_1/1522-1531.htm

мент не лише сприяє зниженню витрат завдяки оптимізації ресурсів, а й допомагає бізнесам адаптуватися до сучасних екологічних стандартів і законодавства, підвищуючи їхню репутацію та конкурентоспроможність. Для держав та підприємств вивчення екологічного менеджменту стає основою для впровадження екологічних інновацій, мінімізації екологічних ризиків, відповідності вимогам міжнародних стандартів і досягнення сталих цілей розвитку (SDGs). Крім того, у зв'язку з поширенням цифрових технологій і посиленням вимог до соціальної та екологічної відповідальності, виникає необхідність підготовки фахівців, здатних інтегрувати принципи екологічного менеджменту в діяльність організацій та виявлення ролі цифрових технологій у вирішенні сучасних глобальних викликів)².

Мета дослідження: провести теоретичний аналіз принципів екологічного менеджменту та дати оцінку екологічного ризику та впливу на навколишнє середовище; виявити можливості і методи оцінки та мінімізації впливу підприємств на екосистеми; розробити інноваційні практики для зниження вуглецевого сліду та адаптації технологічних рішень і підходів для оптимізації ресурсів, зменшення викидів і відходів, створення систем моніторингу і звітності, які дозволяють підприємствам відстежувати та керувати своїм впливом на навколишнє середовище у контекст і формування смарт-економіки³.

Екологічний менеджмент та охорона навколишнього середовища як ключовий напрямок забезпечення сталого розвитку

Екологічний менеджмент та охорона навколишнього середовища як ключовий напрямок забезпечення сталого розвитку, сприяє формуванню екологічно відповідальних підходів до управління, які дозволяють зберігати ресурси, знижувати негативний вплив на довкілля та забезпечувати умови для збалансованого економічного зростання. Екологічний менеджмент забезпечує ефективне планування і контроль використання ресурсів, запобігає їх надмірному споживанню та сприяє відновленню. Це дозволяє зберігати ресурси для майбутніх поколінь. За допомогою екологічного менеджменту підприємства впроваджують

2 Andrii Krupa, Vitalina Nikitenko, Valentina Voronkova (2024). The Role of Digital Technologies in Addressing Today's Global Challenges.. *Baltic Journal of Economic Studies*, 10(3), 193-200; URL: <https://mail.google.com/mail/u/0/?ogbl#inbox/FMfcgzQXJGnxrKSJhPbRprJsSITQrmhS?projector=1&messagePartId=0>.

3 Metelenko, N., Nikitenko, V., & Menailo, V. (2024). Development of the smart economy as the main source of competitiveness and sustainable development. (Розвиток смарт-економіки як головне джерело конкурентоспроможності і стійкого розвитку). *Baltic Journal of Economic Studies*, 10(2), 187-195. URL: <http://baltijapublishing.lv/index.php/issue/article/view/2427>

стратегії зниження утворення відходів, застосовують технології їх переробки та утилізації. Це зменшує забруднення повітря, води та ґрунту, покращуючи якість життя населення. Оскільки зміни клімату є одним із головних викликів для сталого розвитку, екологічний менеджмент сприяє зниженню викидів парникових газів через оптимізацію процесів та впровадження екологічно чистих технологій. Це допомагає уповільнити глобальне потепління та підтримувати екологічну рівновагу.

Екологічний менеджмент – це система управління, спрямована на забезпечення екологічної безпеки, раціональне використання природних ресурсів, мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище та підтримку сталого розвитку. Цей напрямок допомагає організаціям впроваджувати екологічні стандарти, які сприяють збереженню довкілля і знижують вплив людської діяльності на природу. Сьогодні екологічний менеджмент інтегрує цифрові технології, такі як Інтернет речей (ІоТ) для моніторингу показників довкілля, системи обробки великих даних для прогнозування екологічних ризиків, а також автоматизовані платформи, що полегшують управління та контроль екологічними аспектами діяльності організацій. Це робить екологічний менеджмент не тільки більш гнучким і точним, а й суттєво підвищує його ефективність у забезпеченні сталого розвитку.

Основні завдання екологічного менеджменту включають⁴: 1) Зниження шкідливих викидів і контроль за забрудненням повітря, води та ґрунтів. 2) Ефективне використання ресурсів (енергії, води, сировини), що знижує виробничі витрати й підтримує екологічну сталість. 3) Розробка політики сталого розвитку та стратегій з урахуванням екологічних ризиків. 4) Підвищення обізнаності працівників щодо екологічних питань, щоб сприяти відповідальній поведінці в колективі. 5) Дотримання екологічних стандартів та законодавства, щоб уникати санкцій та відповідати соціальним очікуванням. Екологічний менеджмент відіграє важливу роль у стратегії сучасних організацій, особливо у контексті підвищення екологічної відповідальності та переходу до сталого розвитку. Впровадження екологічного менеджменту дозволяє компаніям не тільки дотримуватися стандартів, а й отримувати конкурентні переваги через підвищення ефективності

4 Vitalina Nikitenko, Valentyna Voronkova, Roman Oleksenko, Halyna Matviienko, Oksana Butkevych (2023). Sustainable agricultural development paradigm formation in the context of managerial experience of industrialized countries.. Revista de la universidad del ZULIA. 3ª época. Año 14N° 39. 81-97. URL: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rluz/article/view/39430/44425>

та позитивний вплив на репутацію. Виокремимо методи та підходи до аналізу екологічного менеджменту, які сприяють досягненню цілей сталого розвитку (табл. 1)

Таблиця 1

**Методи та підходи до аналізу екологічного менеджменту,
які сприяють досягненню цілей сталого розвитку**

Підхід	Зміст та характеристика
Оцінка життєвого циклу продукту (LCA)	Цей метод дозволяє проаналізувати екологічний вплив продукту на кожному етапі його життєвого циклу – від отримання сировини до утилізації. Це дає змогу організаціям виявити етапи з найбільшими ризиками для довкілля і розробити способи їх зменшення
Впровадження екологічних стандартів і сертифікації	Дотримання міжнародних стандартів, таких як ISO 14001, сприяє систематичному підходу до управління екологічними аспектами. Сертифікація за такими стандартами підвищує довіру споживачів і партнерів, демонструючи прихильність організації до екологічної відповідальності.
Реалізація програм з енергоефективності та управління відходами	Організації впроваджують технології, що сприяють зменшенню споживання енергії, води та інших ресурсів, а також оптимізують процеси переробки та утилізації відходів. Це допомагає знизити виробничі витрати, зменшити екологічний слід і підвищити ресурсну ефективність.
Залучення стейкхолдерів	Для досягнення успіху в екологічному менеджменті організаціям важливо підтримувати відкритий діалог із зацікавленими сторонами – від співробітників і клієнтів до постачальників і місцевих громад. Такий підхід підвищує прозорість діяльності та допомагає формувати екологічно свідомі спільноти.
Використання цифрових технологій для моніторингу та аналізу	1. Інноваційні технології, такі як дрони, датчики для моніторингу екологічних показників, штучний інтелект для аналізу даних, забезпечують реальний контроль над екологічними ризиками. Вони також допомагають організаціям оперативно реагувати на потенційні загрози і підвищувати гнучкість у процесах екологічного управління.
Інноваційні підходи та розвиток зелених технологій	Організації інвестують в розробку й впровадження новітніх технологій, таких як відновлювані джерела енергії, екологічно безпечні матеріали та низьковуглецеві рішення. Це не лише зменшує негативний вплив на довкілля, а й відкриває нові можливості для зростання та інновацій у межах екологічного менеджменту.
Підтримка культури екологічної відповідальності:	Важливо створити на підприємстві культуру, де всі співробітники розуміють важливість екологічних практик та активно беруть участь у їх реалізації. Проведення освітніх тренінгів та заохочення ініціатив від працівників підвищують їхню залученість до екологічного менеджменту.

Таблиця 1 (сформована авторами)

Таким чином, екологічний менеджмент в умовах цифровізації та сучасних викликів стає ключовим елементом стратегії сталого розвитку. Він допомагає організаціям бути більш екологічно відповідальними, адаптуватися до вимог ринку та забезпечувати довгострокову стійкість у контексті глобальних змін.

Екологічний менеджмент включає заходи для захисту біорізноманіття, збереження природних територій та екосистем. Це необхідно для підтримання рівноваги в екосистемах, що є важливим для стійкості довкілля. Екологічний менеджмент стимулює підприємства до соціально відповідального підходу. Це не лише зміцнює їхню репутацію, але й допомагає задовольняти запити суспільства щодо екологічної прозорості та відповідальності. Інвестиції в екологічний менеджмент сприяють розробці та впровадженню нових технологій, які знижують екологічний вплив і покращують ефективність виробництва. Це стимулює інновації, що можуть стати економічно вигідними та екологічно стійкими рішеннями.

Загалом, екологічний менеджмент є основою для інтеграції екологічних цінностей у всі аспекти діяльності суспільства та економіки, забезпечуючи умови для довготривалого збереження навколишнього середовища, розвитку економіки та підвищення стандартів життя. Екологічний менеджмент підприємств є ключовим чинником сталого розвитку, оскільки сприяє збереженню природних ресурсів, мінімізації екологічного сліду бізнесу та покращенню якості життя. Екологічно відповідальна діяльність підприємств допомагає досягати екологічних цілей, зміцнює позиції на ринку та підтримує стабільність у довгостроковій перспективі з метою вирішення екологічних проблем як чинник формування парадигми сталого та збалансованого розвитку⁵.

У сучасних умовах швидких змін у сфері економіки та екології екологічний менеджмент стає невід'ємною частиною стратегічного розвитку підприємств. Глобальні виклики, такі як зміна клімату, виснаження природних ресурсів та забруднення навколишнього середовища, створюють необхідність інтеграції екологічних підходів у всі сфери діяльності бізнесу. Екологічний менеджмент дозволяє не тільки знижувати негативний

5 Voronkova V., Oleksenko R., Nikitenko V. (2023). Environmental problems solving as a factor in the formation of a sustainable and balanced development paradigm international Multidisciplinary Scientific Geo Conference Surveying Geology and Mining Ecology Management, PlumX Article Metrics by Elsevier. URL: https://epslibrary.at/sgem_jresearch_publication_view.php?page=view&editid1=9452

вплив на природу, але й підвищувати ефективність роботи підприємств, забезпечуючи довгострокову стабільність та репутацію в умовах зростаючих вимог суспільства щодо відповідального ставлення до природи.

Основні напрями впливу цифровізації на екологічний менеджмент

Цифровізація швидко змінює підходи до управління, сприяючи інтеграції нових технологій у процеси, пов'язані з екологічним менеджментом. Ці зміни створюють потенціал для досягнення більшої прозорості, ефективності та екологічної відповідальності підприємств. У сучасних умовах, коли сталий розвиток стає одним із пріоритетів для бізнесу, цифровізація може стати ключовим інструментом для підвищення екологічної ефективності та мінімізації впливу на довкілля (табл.2)

Таблиця 2

Основні напрями впливу цифровізації на екологічний менеджмент

Напрямок впливу	Його характеристики та зміст
1	2
Збір і аналіз даних у режимі реального часу	Використання Інтернету речей (IoT), сенсорів і великих даних дозволяє моніторити екологічні показники, такі як рівень викидів, енергоспоживання та споживання води. Це забезпечує оперативне реагування на екологічні ризики та дозволяє більш точно оцінювати вплив діяльності організації на довкілля.
Зростання кількості даних і використання технологій штучного інтелекту	При аналізі необхідно враховувати, що діджиталізація може як сприяти соціально-економічній безпеці, так і створювати нові загрози через недостатній захист даних та кібербезпеку
Оптимізація використання ресурсів	Цифрові платформи для управління ресурсами сприяють зниженню витрат енергії та матеріалів. Наприклад, автоматизовані системи можуть регулювати енергоспоживання у виробничих процесах та офісних приміщеннях, що зменшує вуглецевий слід і загальні екологічні витрати.
Впровадження циклічної економіки	Цифрові технології підтримують принципи циклічної економіки, сприяючи відходоутворенню та переробці ресурсів. Наприклад, системи відстеження матеріалів дозволяють розробляти продукцію з урахуванням можливості вторинного використання або переробки.
Прозорість і звітність :	Цифрові рішення, такі як блокчейн, дозволяють підвищити прозорість екологічної діяльності та забезпечити відповідність міжнародним стандартам. Це також покращує комунікацію з інвесторами, клієнтами та іншими стейкхолдерами, які все більше цікавляться екологічною відповідальністю компаній.

Продовження табл. 2

1	2
Розвиток екологічних стартапів та інновацій	Цифрові технології сприяють розвитку нових стартапів та екологічних ініціатив, орієнтованих на вирішення екологічних проблем. Наприклад, стартапи, що розробляють інноваційні рішення для зменшення відходів, покращення якості води та повітря, стають важливим інструментом для підтримки сталого розвитку.
Інтеграція IoT-технологій для екологічного моніторингу	Організаціям варто впроваджувати сенсори та IoT-пристрої для контролю якості повітря, води, рівня викидів та інших екологічних показників у реальному часі. Це дасть можливість миттєво реагувати на відхилення, що допомагає не лише зменшувати негативний вплив на довкілля, а й знижувати витрати на усунення наслідків екологічних порушень.
Автоматизація енергоефективності та управління ресурсами	Використання цифрових платформ для управління енергоспоживанням і матеріальними ресурсами дозволяє знизити витрати, оптимізувати процеси та зменшити вуглецевий слід. Наприклад, системи, що автоматично регулюють споживання енергії на основі навантаження чи часу доби, сприяють більшій ефективності й економії.
Розробка цифрових екологічних платформ для зворотного зв'язку	Використання спеціальних онлайн-платформ, де стейкхолдери можуть надавати зворотний зв'язок щодо екологічної діяльності компанії, підвищить прозорість і довіру до організації. Це також дозволить підприємству оперативно реагувати на екологічні запити й запобігати конфліктам.
Використання штучного інтелекту для прогнозування екологічних ризиків	Моделі штучного інтелекту та машинного навчання можуть аналізувати великі обсяги даних для прогнозування екологічних ризиків, таких як забруднення навколишнього середовища або небезпечні умови для здоров'я працівників. Це дозволить заздалегідь вжити заходів для їхньої мінімізації.
Сприяння розвитку екологічних стартапів та інновацій	Організації можуть інвестувати в стартапи, що розробляють інноваційні екологічні рішення, або співпрацювати з ними. Це може включати проекти з відновлюваної енергетики, зменшення відходів, покращення якості води, утилізації та переробки матеріалів. Взаємодія з екологічними стартапами дозволить організації бути на передовій екологічних інновацій та сприятиме її сталому розвитку.
Розробка цифрових екологічних платформ для зворотного зв'язку	Цифровізація в екологічному менеджменті дає потужні інструменти для посилення сталого розвитку організацій. Впровадження цифрових технологій не лише підвищує ефективність управління ресурсами та процесами, а й сприяє прозорості, відповідальності та екологічній обізнаності. Розвиток цифрових екологічних практик формує новий рівень екологічної відповідальності бізнесу, що стає основою для створення стабільного та сталого майбутнього.
Використання технологій блокчейну для прозорості ланцюга постачання	Блокчейн-технологія може допомогти забезпечити прозорість і відстежуваність ресурсів на кожному етапі їх використання – від видобутку до переробки. Це сприятиме відповідальному вибору постачальників і посилить екологічну відповідальність компанії перед суспільством і партнерами.

Таблиця 2 (сформована авторами)

Захист навколишнього середовища в рамках екологічного менеджменту потребує впровадження комплексного набору цифрових технологій, які сприяють моніторингу, оптимізації та прозорості екологічних процесів. Сучасні технології захисту навколишнього середовища не тільки допомагають зменшити негативний вплив, а й сприяють довгостроковій стійкості та підвищують ефективність діяльності підприємств. Екологічний менеджмент в умовах глобалізації та діджиталізації потребує сучасних технологічних рішень для мінімізації негативного впливу на довкілля та забезпечення сталого розвитку організацій у контексті розвитку гнучких структур управління в контексті цифрової трансформації індустрії 5G⁶.

Основні напрями технологій екологічного захисту навколишнього середовища: застосування та переваги

Технології, що спрямовані на захист навколишнього середовища, стають ключовим елементом екологічного управління, допомагаючи ефективно контролювати та знижувати екологічні ризики. Основні напрями технологій екологічного захисту навколишнього середовища охоплюють різні інноваційні підходи, спрямовані на зменшення негативного впливу на екосистеми та сприяння сталому розвитку.

Серед основних напрямів можна виділити:

- 1) Технології відновлюваної енергетики, в основі якої використання сонячної, вітрової, геотермальної енергії, а також біомаси, що сприяє зменшенню викидів вуглекислого газу та зниженню залежності від викопних палив⁷.
- 2) Системи моніторингу та управління якістю повітря, що включають датчики, аналізатори та цифрові платформи, які контролюють рівень забруднення повітря і дозволяють реагувати на відхилення від норми в реальному часі.
- 3) Водозберігаючі та водоочисні технології, націлені на впровадження фільтраційних систем, мембранних технологій, а також методів очищення та повторного використання води в промислових і побутових умовах.

6 Metelenko Natalya, Ivan Klopov, Voronkova, Valentyna, Nikitenko, Vitalina, Oleksenko, Roman, Anastasiia Brytvi-enko, Nataliia Runcheva (2023). Development of flexible management structures in the context of digital transformation of industry 5G. *International Journal of Membrane Science and Technology Review of Economics and Finance*, Volume 10, Issue 03. Review of Economics and Finance. 21; URL: https://refpress.org/wp-content/uploads/2023/12/Oleksenko-3_REF.pdf

7 Ажажа М.А., Нікітенко В.О., Венгер О.М., Фурсін О.О. Зелені технології та стратегії сталого розвитку як чинники забезпечення безпеки громадян та збереження навколишнього середовища. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Green Construction» («Зелене будівництво»). Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури. 2024. С. 11-16.

- 4) Розумне управління відходами, що включають технології переробки, компостування, біорозкладання та спалювання відходів з мінімальним впливом на довкілля. Це також охоплює використання цифрових рішень для оптимізації збору, сортування та логістики відходів.
- 5) Екологічне землеробство, націлене на застосування органічних добрив, інтегрованого захисту рослин, точного землеробства, яке базується на використанні дронів і GPS для оптимізації витрат ресурсів⁸.
- 6) Зелений будівельний дизайн, в основі якого розробка будівельних матеріалів і конструкцій, що знижують споживання енергії та мінімізують екологічний слід, включаючи енергоефективні будинки та застосування концепції зелених дахів і стін.
- 7) Екоінновації в транспортній сфері, що включають електромобілі, гібридні та водневі технології, системи спільного користування транспортом, які спрямовані на скорочення викидів парникових газів і забруднення.
- 8) Розвиток цифрових платформ для сталого розвитку, націлена на використання цифрових платформ і великих даних для аналізу, планування та реалізації екологічних програм на національному і міжнародному рівнях⁹.

Кожен із цих напрямів сприяє не тільки зниженню впливу на навколишнє середовище, але й підвищує ефективність використання ресурсів і забезпечує фундамент для досягнення сталого розвитку (табл.3)

Таблиця 3

Основні напрями технологій екологічного захисту навколишнього середовища: застосування та переваги

Основний напрямок	Застосування	Переваги
1	2	3
Інтернет речей (IoT) для екологічного моніторингу	Сенсори та пристрої IoT відстежують викиди, споживання енергії, рівні забруднення повітря та води.	Дані збираються та обробляються в реальному часі, що дозволяє швидко реагувати на відхилення та проводити превентивні заходи.

8 Воронкова В.Г., Нікітенко В.О. Синергія цифрових технологій та зеленого розвитку: взаємодія і взаємозв'язок. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Green Construction» («Зелене будівництво»). Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури. 2024. С. 68-72. URL: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/zbirnyk_gotovyyj-4.pdf

9 Метеленко Н.Г., Нікітенко В.О., Воронкова В.Г. Реалізація зеленої стратегії у контексті парадигми ESG (ENVIRONMENTAL, SOCIAL, GOVERNANCE). Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Green Construction» («Зелене будівництво»). Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури. 2024. С. 230-235. URL: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/zbirnyk_gotovyyj-4.pdf

Продовження табл. 3

1	2	3
Відновлювана енергетика та управління енергією	Технології сонячної, вітрової, гідро- та геотермальної енергетики знижують залежність від традиційних джерел енергії, зменшуючи викиди парникових газів.	Зниження витрат на енергоносії, мінімізація вуглецевого сліду та підвищення енергоефективності організації.
Системи очищення води та зменшення стічних вод	Використання технологій для очищення промислових стоків та повторного використання води.	Зменшення забруднення водних ресурсів, скорочення обсягів використання прісної води.
Технології для управління відходами та рециклінгу	Системи сортування, обробки та переробки відходів, у тому числі з використанням штучного інтелекту.	Зменшення обсягів твердих відходів, вторинне використання матеріалів, скорочення витрат на утилізацію.
Штучний інтелект та машинне навчання для прогнозування екологічних ризиків	Аналіз даних для прогнозування природних катастроф або екологічних криз.	Підвищення безпеки персоналу та скорочення витрат на ліквідацію наслідків екологічних катастроф.
Зелена хімія та біорозкладні матеріали	Використання матеріалів, які легко розкладаються та мінімізують забруднення ґрунту та води.	Зменшення екологічного навантаження на навколишнє середовище, сприяння циркулярній економіці.
Блокчейн для прозорості ланцюга постачання	Використання блокчейн-технологій для відстеження походження матеріалів і ресурсів.	Підвищення довіри споживачів, прозорість ланцюга постачання, забезпечення відповідності екологічним стандартам.

Таблиця 3 (сформована авторами)

Екологічний менеджмент в умовах цифровізації досліджує взаємодію цифрових технологій та екологічного менеджменту з метою підтримки сталого розвитку. У сучасних умовах цифровізація суттєво змінює підходи до управління природоохоронною діяльністю, пропонує нові інструменти для збереження ресурсів, моніторингу та аналізу екологічних показників, що значно підвищує ефективність екологічних заходів¹⁰.

Виклики цифровізації в екологічному менеджменті:

10 Воронкова В.Г., Нікітенко В.О. Світові тенденції переходу до сталого розвитку на основі цифрових технологій (на прикладі США і Китаю). Modern trends in science and practice. Volume 2 : collective monograph / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing. Services, 2022. 181 p. C.31-40. URL: <https://doi.org/10.51587/9781-7364-13364-2022-006>

1) Безпека даних, так як із збільшенням кількості цифрових платформ та аналітичних систем зростають ризики витоку інформації та кіберзагроз, що може порушити стабільність екологічних даних.

2) Інвестиційна вартість, так як цифрові технології часто потребують значних інвестицій на етапах впровадження та підтримки, що може бути обмежуючим фактором для багатьох організацій.

3) Нестача фахівців, так як існує потреба у кваліфікованих спеціалістах для управління цифровими екологічними технологіями, таких як аналітики даних, програмісти та фахівці з кібербезпеки.

4) Можливості цифровізації для екологічного менеджменту, які включають моніторинг і контроль у реальному часі, в основі якого використання IoT (інтернету речей) для безперервного спостереження за якістю повітря, води та станом ґрунтів, що дозволяє оперативно реагувати на екологічні ризики¹¹.

5) Великі дані та штучний інтелект, що включають аналітику великих даних, яка допомагає прогнозувати екологічні загрози, оптимізувати витрати ресурсів та покращувати планування екологічних заходів.

6) Автоматизація процесів, в основі якої цифрові платформи, які дозволяють автоматизувати процеси збору, аналізу та звітності екологічних показників, що підвищує ефективність екологічного управління.

7) Міжнародна співпраця та стандартизація, що відбувається завдяки цифровим технологіям організації можуть інтегруватися в міжнародні платформи для обміну досвідом і найкращими практиками.

Як свідчить аналіз, цифровізація відкриває нові перспективи для підвищення ефективності екологічного менеджменту, але також ставить перед організаціями важливі виклики, пов'язані із впровадженням технологій та захистом даних¹². Зарубіжний досвід показує, що цифровізація екологічного менеджменту та охорони навколишнього середовища має критичне значення для забезпечення сталого розвитку. Завдяки цифровим технологіям багато країн змогли підвищити ефективність та оперативність управління екологічними процесами, знизити вплив на довкілля та підвищити відповідальність підприємств за стан навколишнього середовища (табл.4)

11 Череп А.В., Воронкова В.Г., Нікітенко В.О., Череп О.Г. Концепція циркулярної (кругової) або економіки замкнутого циклу як різновиду нового типу економіки. «Vectors of the development of science and education in the modern world» («Вектори розвитку науки і освіти на сучасному світі») / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2023. С. 96-113; URL: https://www.eo.kiev.ua/resources/zmist/mono_2023_14/mono_2023_14.pdf

12 Voronkova, V., Nikitenko, V., Oleksenko, R., Andriukaitiene, R., & Polysaiev, O. (2023). Environmental crisis overcoming as a factor for achieving economic sustainability in the context of the European green course. *Cuestiones Políticas*, 41(77), 612-629. URL: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cuestiones/article/view/40205>

Таблиця 4

**Основні напрями та підходи міжнародного досвіду
впровадження цифрових екологічних рішень
та захисту навколишнього середовища**

Напрямок впливу	Його характеристика та зміст
Інтернет речей (IoT) для екологічного моніторингу	У країнах ЄС, США, Китаї активно використовують датчики IoT для моніторингу якості повітря, води, рівня забруднення ґрунту тощо. Дані з таких сенсорів дозволяють оперативно реагувати на зміну екологічної ситуації, а також накопичувати інформацію для стратегічного планування.
Використання штучного інтелекту (ШІ) для аналізу даних та прогнозування екологічних ризиків	У США та Європі активно розвиваються проекти, які залучають ШІ для аналізу великих обсягів екологічних даних. Це допомагає не лише прогнозувати ризики, а й оптимізувати використання ресурсів, виявляти джерела забруднення і розробляти ефективні методи їх усунення.
Еко-платформи для управління відходами	У країнах ЄС широко впроваджено цифрові платформи для контролю над управлінням відходами. Вони забезпечують повний цикл управління від збору та сортування до переробки, що значно знижує негативний вплив на довкілля. Платформи також дозволяють відстежувати кількість та типи відходів, що допомагає в процесі планування й розробці політик сталого управління.
Big Data для прийняття екологічних рішень	Використання великих даних стало важливим інструментом у процесі екологічного менеджменту. У Китаї створено численні проекти, де за допомогою Big Data аналізують викиди вуглекислого газу, споживання ресурсів і потреби промисловості, що допомагає досягати національних цілей щодо зниження забруднення та переходу до відновлюваних джерел енергії.
Дрони та супутниковий моніторинг для захисту навколишнього середовища	У Канаді та Австралії для контролю за незаконною вирубкою лісів, забрудненням водойм та станом заповідних територій використовують дрони і супутники. Ці технології дозволяють отримувати актуальні дані про стан навколишнього середовища, що сприяє швидкому виявленню та усуненню порушень.
Екологічна освіта і підвищення обізнаності громадян через цифрові платформи	Багато країн Європи інвестують у розвиток екологічної грамотності через цифрові платформи. Громадянам надають доступ до інформації про екологічні стандарти, ресурси та рекомендації щодо зниження свого впливу на довкілля. Це підвищує екологічну свідомість та сприяє поширенню культури відповідального споживання.
Цифрові моделі для сталого управління ресурсами	Використання цифрових моделей та симуляцій допомагає країнам, таким як Німеччина та Японія, передбачати й моделювати наслідки різних сценаріїв управління природними ресурсами. Це дозволяє організаціям приймати рішення, спрямовані на оптимальне використання ресурсів і зниження негативного впливу на екосистему.

Таблиця 4 (сформована авторами)

Україні корисно звернути увагу на досвід впровадження цифрових екологічних рішень у різних країнах. Зокрема, розвиток інфраструктури для екологічного моніторингу, залучення Big Data та ШІ для аналізу екологічних ризиків, використання IoT у промисловості для моніторингу споживання ресурсів і викидів. Інвестиції у цифрові платформи для управління відходами та підвищення екологічної грамотності громадян можуть значно підвищити ефективність національної екологічної політики та забезпечити умови для сталого розвитку¹³.

Концепція впровадження цифровізації екологічного менеджменту та охорони навколишнього середовища в Україні базується на інтеграції інноваційних цифрових технологій, що дозволить покращити екологічну ситуацію, сприяти сталому розвитку та оптимізувати управління ресурсами. Дана концепція є актуальною для України в умовах посилення екологічних викликів, пов'язаних з індустріальним розвитком та забрудненням довкілля.

Створення національної цифрової платформи екологічного моніторингу має включати інформацію про стан довкілля в реальному часі (якість повітря, води, стан ґрунтів), зібрану з датчиків Інтернету речей (IoT), а також аналітичні дані про тенденції забруднення. Це дозволить швидко реагувати на загрози і планувати заходи для зниження забруднення. Впровадження датчиків та сенсорів на підприємствах, в екосистемах і міських зонах дозволить Україні підвищити прозорість та ефективність управління екологічною ситуацією.

Це може включати контроль викидів промислових підприємств, рівень забруднення річок і водойм, стан зелених зон у містах тощо. ШІ здатний аналізувати великі обсяги екологічних даних і робити прогнози щодо ймовірних катастрофічних наслідків у разі невтручання. Наприклад, можна використовувати алгоритми машинного навчання для передбачення розливів річок, пожеж у лісах або забруднення атмосфери. Запровадження освітніх програм на основі цифрових технологій для підвищення екологічної обізнаності громадян та популяризації екологічно відповідального стилю життя.

Важливо, щоб це включало використання онлайн-курсів, мобільних додатків, веб-платформ, які б надавали рекомендації щодо еко-поведінки. Важливим кроком є накопичення й аналіз великих обсягів екологічних даних (Big Data) для прогнозування та стратегічного планування. Це дозво-

¹³ 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.: Львів – Торунь: Liha-Pres, 2024. 592 с. URL: <https://dSPACE.znu.edu.ua/xmlui/handle/12345/24045>

лить визначити найбільші загрози, виявити місця, що потребують особливої уваги, і розробляти більш точні й ефективні стратегії.

Розвиток програм управління відходами на основі цифрових платформ може включати створення єдиної цифрової системи обліку та управління відходами, яка надасть змогу контролювати процеси збору, сортування і переробки, сприяти зниженню негативного впливу відходів на екосистему та розвиток економіки замкнутого циклу¹⁴.

Підтримка екологічних стартапів через грантові програми, бізнес-інкубатори, що спеціалізуються на вирішенні екологічних проблем із залученням новітніх технологій сприятиме створенню нових рішень, адаптованих до потреб України. Залучення міжнародного досвіду і фінансової підтримки для реалізації екологічних проектів включає інтеграцію світових стандартів у сфері охорони довкілля, спільні проекти з іншими країнами для обміну досвідом та впровадження сучасних цифрових рішень.

Реалізація концепції цифровізації екологічного менеджменту сприятиме:

- 1) зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище;
- 2) покращенню екологічної ситуації у містах і регіонах;
- 3) формуванню екологічно відповідального суспільства;
- 4) створенню сприятливих умов для сталого економічного розвитку;
- 5) зниженню витрат на управління відходами та покращенню інвестиційної привабливості країни.

Запропонована концепція дозволить Україні перейти до інноваційного підходу в управлінні природними ресурсами і захисті навколишнього середовища. Впровадження цифрових технологій у екологічний менеджмент зробить управлінські рішення ефективнішими, адаптованими до викликів сучасності та спрямованими на сталий розвиток країни¹⁵.

Висновок

Цифровізація екологічного менеджменту дозволяє організаціям переходити на більш відповідальні та ефективні моделі управління, підтримуючи збереження навколишнього середовища, підвищуючи свою конкурентоспроможність і покращуючи репутацію. Цифрові технології створюють основу для переходу до сталого розвитку шляхом поліпшення

14 Цифрова трансформація промислового менеджменту: теорія і практика: монографія / За ред. д.філософ.н., проф. Воронкової В. Г., д.е.н., проф. Метеленко Н.Г. Львів-Торунь: Liha-Pres, 2023. 816 с.; URL: <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/handle/12345/13677>

15 Цифрова трансформація промислового менеджменту: теорія і практика: монографія / За ред. д.філософ.н., проф. Воронкової В. Г., д.е.н., проф. Метеленко Н.Г. Львів-Торунь: Liha-Pres, 2023. 816 с.; URL: <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/handle/12345/13677>

процесів моніторингу, оптимізації ресурсів, підвищення прозорості та впровадження інновацій.

Подальші дослідження можуть зосередитися на аналізі впливу конкретних цифрових технологій, таких як штучний інтелект і машинне навчання, на екологічний менеджмент. Важливим є також вивчення досвіду інших країн, що активно впроваджують цифрові екологічні ініціативи, для подальшої адаптації їхніх успішних практик у місцевому контексті. Завдяки використанню цифрових технологій, таких як сенсори та Інтернет речей (IoT), стає можливим отримання даних у реальному часі про рівень забруднення повітря, води та ґрунтів. Це забезпечує своєчасне реагування на небезпечні ситуації, знижуючи ризики екологічних катастроф.

Цифрові платформи для моніторингу та управління відходами можуть покращити процеси збору, сортування та переробки, що зменшує навантаження на природні ресурси. Це не лише сприяє збереженню довкілля, а й підвищує ефективність використання ресурсів, створюючи економічні вигоди. Використання цифрових рішень дозволяє підприємствам оптимізувати споживання енергії, зменшити витрати на виробництво та мінімізувати викиди парникових газів, що позитивно позначається на їх фінансових показниках та конкурентоспроможності.

Цифрова екологічна освіта та мобільні додатки сприяють підвищенню обізнаності громадян щодо екологічних проблем і мотивації до екологічно відповідальної поведінки. Це важливо для побудови екологічно відповідального суспільства та покращення якості життя населення. Впровадження цифрових технологій для екологічного менеджменту свідчить про екологічну відповідальність та прагнення до сталого розвитку, що може підвищити інвестиційну привабливість країни, особливо для компаній, які надають перевагу екологічно відповідальним ринкам¹⁶.

Аналітика великих даних (Big Data) дозволяє проводити глибокий аналіз екологічних тенденцій і створювати прогнози щодо змін стану довкілля, що допомагає у прийнятті стратегічних рішень. Це може зменшити економічні втрати від екологічних криз та сприяти довгостроковому плануванню.

Підтримка екологічних стартапів і впровадження новітніх технологій відкриває нові можливості для працевлаштування в секторі екологічного

16 Метеленко Н. Г., Воронкова В.Г., Попова А. О., Оглобліна В.О., Сіліна І. В. Регіональна екологічна політика в умовах повномасштабної війни в контексті руйнівних наслідків для навколишнього середовища. Modern innovative strategies in education and science : collective monograph / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2024. С. 5-24; URL: https://www.eo.kiev.ua/resources/arhivMonographs/Mono-moderInovation/mono_2024_119.pdf

менеджменту та цифрових інновацій, сприяючи розвитку національної економіки та підвищуючи її технологічний рівень.

Практичне значення цифровізації екологічного менеджменту для України полягає у створенні системного підходу до екологічного управління, який сприяє сталому розвитку, підвищенню економічної ефективності та покращенню екологічного стану країни. Це важливий крок до сучасної екологічної політики, що відповідає глобальним трендам цифровізації та охорони довкілля.

DOI 10.51587/9798-9895-14670-2024-020-24-39

ЧЕРЕП Алла Василівна,

д-р екон. наук, професор,
академік НАН ВО України,
Запорізький національний університет
ORCID ID: 0000-0001-5253-7481

ВОРОНKOVA Валентина Григорівна,

д-р філос. наук, професор,
академік НАН ВО України,
в. о. зав. кафедри менеджменту організацій та управління
проектами, Інженерний навчально-науковий інститут
ім. Ю. М. Потебні
Запорізький національний університет
ORCID ID: 0000-0002-0719-1546

ЧЕРЕП Олександр Григорович,

д-р екон. наук, професор,
Запорізький національний університет
ORCID ID: 0000-0001-5253-7481

НІКІТЕНКО Віталіна Олександрівна,

д-р філос. наук, професор,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету
ORCID ID: 0000-0001-9588-7836
Україна

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Актуальність дослідження штучного інтелекту як інструменту забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку дозволяє швидко реагувати на природні та техногенні катастрофи, передбачати екологічні ризики і розробляти стратегії для зниження негативних впливів на природу та