

РОЗДІЛ 1

ФІЛОСОФІЯ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ЕРИ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ



*(д.ф.н., проф. Воронкова В. Г., д.ф.н., проф. Нікітенко В. О.,
здобувач PhD Безверхий І. А., здобувач PhD Слюсарь М. Ю.,
здобувач PhD Крупа А. А.)*

1.1 Теоретико-методологічні засади екологічного менеджменту в умовах цифрової трансформації Індустрії 4.0 та становлення кібер-фізичних екосистем.

1.2 Поняттєво-категоріальний апарат екологічного менеджменту в умовах цифрової екології та зеленої трансформації.

1.3 Філософія екологічного управління як міждисциплінарна галузь знань сталого розвитку і техногуманізму.

1.4 AGILE-методологія в екологічному менеджменті як гнучкий інструмент адаптації до викликів цифрової трансформації.

1.5 Міждисциплінарна модель AGILE-екоменеджменту для досягнення цілей сталого розвитку.

1.6 Філософські засади використання цифрових технологій і штучного інтелекту в системах екологічного менеджменту.

Висновки

Список використаних джерел

1.1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ІНДУСТРІЇ 4.0 ТА СТАНОВЛЕННЯ КІБЕР-ФІЗИЧНИХ ЕКОСИСТЕМ

Сьогодні актуальним є питання екологічного менеджменту, що розвивається в умовах стрімкого розвитку Четвертої промислової революції (Індустрія 4.0), яка характеризується широким впровадженням цифрових

технологій – штучного інтелекту, Інтернету речей, великої кількості даних (Big Data), роботизації та автоматизації, – екологічний менеджмент набуває нових якісних рис. Ці технології відкривають широкі можливості для оптимізації управління природними ресурсами, підвищення ефективності екологічного контролю, а також мінімізації негативного впливу виробничих процесів на довкілля. Водночас глобальні виклики, зокрема кліматичні зміни, деградація екосистем і вичерпання ресурсів, вимагають пошуку нових теоретичних та методологічних підходів до екологічного менеджменту [1].

У сучасних умовах особливу увагу привертає інтеграція цифрових технологій в екологічне управління, що є невід’ємною складовою сталого розвитку, оскільки дозволяє забезпечити збалансоване співіснування економічного зростання, соціальної справедливості та охорони навколишнього середовища. Для підприємств і організацій, що працюють в умовах Індустрії 4.0, створення ефективних концептуальних засад екологічного менеджменту стає необхідністю для досягнення конкурентоспроможності та відповідності міжнародним стандартам сталого розвитку.

Необхідно відзначити, що тема дослідження екологічного менеджменту в умовах цифрової трансформації індустрії 4.0 для забезпечення сталого розвитку зосереджена на розробці теоретико-методологічних основ екологічного менеджменту, які враховують специфіку цифрової трансформації виробничих і управлінських процесів в умовах Індустрії 4.0. Це включає в себе вивчення концепцій, моделей і методів, які дозволяють інтегрувати інноваційні цифрові технології у систему екологічного управління з метою підвищення її ефективності, адаптивності та спрямованості на сталий розвиток.

Важливо підкреслити, що дослідження екологічного менеджменту в умовах цифрової трансформації індустрії 4.0 для забезпечення сталого розвитку передбачає аналіз впливу таких технологій, як штучний інтелект, IoT, великі дані, цифрові платформи, на процеси екологічного моніторингу, оцінки впливу на довкілля та прийняття управлінських рішень. Водночас воно орієнтоване на розробку методологічних підходів, що забезпечують гармонійне поєднання технологічних інновацій із екологічною відповідальністю, соціальною прийнятністю та економічною доцільністю [2].

Тема є міждисциплінарною, поєднуючи елементи менеджменту, екології, інформаційних технологій та стратегічного планування в умовах цифрової економіки та сталого розвитку. Дослідження теоретико-методологічних засад екологічного менеджменту в умовах цифрової трансформації Індустрії 4.0 є за своєю сутністю міждисциплінарним, оскільки поєднує знання, методи та підходи з кількох наукових галузей.

По-перше, це екологія – наука, що вивчає взаємодію живих організмів із навколишнім середовищем, визначає основні проблеми охорони природи, оцінки екологічних ризиків та сталого використання природних ресурсів.

По-друге, менеджмент і стратегічне управління, які забезпечують розробку, впровадження і контроль ефективних екологічних політик та практик у бізнесі, органах влади та суспільстві.

По-третє, інформаційні технології – область, що надає інструменти цифрової трансформації, включно з автоматизацією, штучним інтелектом, великими даними, Інтернетом речей, які дозволяють збирати, аналізувати та оперативно реагувати на екологічні виклики.

По-четверте, економіка сталого розвитку, яка спрямована на узгодження економічного зростання з екологічними та соціальними цілями, ідеї циркулярної економіки, енергетичної ефективності та соціальної відповідальності бізнесу.

По-п'яте, соціологія та філософія, які досліджують суспільні цінності, поведінку, етичні норми і культурні особливості, що впливають на прийняття екологічно орієнтованих рішень у суспільстві.

Таким чином, з огляду на сучасні виклики міждисциплінарність дозволяє всебічно розглянути проблему, синтезувати різні наукові підходи, що забезпечує глибше розуміння сутності екологічного менеджменту в цифрову епоху і розробку ефективних інструментів та стратегій для сталого розвитку [3].

Таблиця 1.1 – Методи екологічного менеджменту в умовах цифрової трансформації Індустрії 4.0

Метод	Значення	Роль у цифровому екологічному менеджменті
1	2	3
Моніторинг у реальному часі	Безперервний збір даних про стан довкілля за допомогою датчиків і сенсорів	Забезпечує своєчасне виявлення екологічних порушень, оперативне реагування та запобігання негативним наслідкам. Підвищує точність екологічної звітності
Великі дані (Big Data) і аналітика	Обробка великих обсягів екологічної та виробничої інформації	Виявлення складних закономірностей, трендів та потенційних ризиків; підтримка прийняття рішень на основі глибокого аналізу

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
Штучний інтелект (ШІ)	Автоматизація аналізу даних, моделювання складних екологічних процесів	Оптимізація управлінських процесів, прогнозування екологічних впливів, підвищення ефективності ресурсокористування
Інтернет речей (IoT)	Сенсорні мережі для збору даних із різних джерел у режимі онлайн	Забезпечення високої деталізації та оперативності даних, інтеграція інформації з різних об'єктів для комплексного екологічного контролю
Цифрові платформи та дашборди	Візуалізація екологічних показників і управлінських даних	Підвищення прозорості, доступності інформації для зацікавлених сторін; підтримка комунікації і звітності
Моделювання і симуляції	Створення віртуальних моделей екологічних систем і процесів	Допомагає прогнозувати наслідки управлінських рішень, оцінювати альтернативні сценарії та планувати стратегії
Автоматизація процесів	Використання робототехніки, автоматизованих систем управління	Зниження впливу людського фактору, підвищення стабільності та екологічної безпеки виробництва
SWOT-аналіз	Аналіз внутрішніх і зовнішніх факторів, що впливають на екологічний менеджмент	Визначення стратегічних напрямів розвитку, ідентифікація можливостей і загроз у цифровій трансформації
Кейс-аналіз	Вивчення конкретних практичних прикладів впровадження цифрових екологічних рішень	Забезпечує перенесення успішного досвіду, адаптацію інновацій до специфіки конкретних умов
Контент-аналіз нормативних документів	Аналіз законодавства, міжнародних стандартів та корпоративних політик	Забезпечує відповідність екологічного менеджменту правовим вимогам та найкращим світовим практикам
Автоматизація процесів	Використання робототехніки, автоматизованих систем управління	Зниження впливу людського фактору, підвищення стабільності та екологічної безпеки виробництва

Таблиця 1.1 (сформована авторами)

У контексті цифрової трансформації Індустрії 4.0 екологічний менеджмент – це комплексна система організаційних, технологічних і управлінських заходів, спрямованих на забезпечення ефективного контролю, планування та оптимізації взаємодії виробничих і соціальних процесів з навколишнім середовищем за допомогою сучасних цифрових технологій. Цей вид менеджменту передбачає інтеграцію інструментів цифрової економіки – таких як штучний інтелект, Інтернет речей (IoT), великі дані (Big Data), автоматизовані системи моніторингу та аналітики – у процеси екологічного управління. Метою є підвищення прозорості, оперативності та точності оцінки екологічних ризиків, зниження негативного впливу на довкілля, раціональне використання природних ресурсів, а також формування сталих бізнес-моделей і виробничих практик. У цьому контексті екологічний менеджмент виступає як стратегічний інструмент, що забезпечує гармонійне поєднання інноваційних технологій із принципами сталого розвитку, соціальною відповідальністю і екологічною безпекою в умовах індустриальної цифровізації [4].

Екологічний менеджмент у контексті цифрової трансформації Індустрії 4.0 – це системний комплекс заходів, стратегій, технологічних рішень і організаційних процесів, спрямованих на забезпечення ефективного управління впливом виробництва і діяльності підприємств на навколишнє середовище з використанням передових цифрових технологій. Він поєднує класичні принципи екологічного управління зі здобутками цифрової епохи, що дає змогу здійснювати моніторинг, аналіз, прогнозування і оптимізацію екологічних параметрів в реальному часі.

В умовах стрімких змін Індустрія 4.0, як четверта промислова революція, характеризується широким впровадженням таких технологій, як штучний інтелект (ШІ), Інтернет речей (IoT), великі дані (Big Data), хмарні обчислення, робототехніка, доповнена та віртуальна реальність. Ці технології дозволяють автоматизувати збір і обробку екологічної інформації, створювати інтелектуальні системи управління, що здатні адаптуватися до змін навколишнього середовища та виробничих умов, підвищуючи при цьому екологічну безпеку та сталий розвиток. Екологічний менеджмент в умовах цифрової трансформації передбачає інтеграцію цифрових платформ і рішень у всі етапи життєвого циклу продукції та виробничих процесів, починаючи від проектування та планування до утилізації та переробки. Це дає змогу впроваджувати принципи циркулярної економіки, мінімізувати відходи, ефективно використовувати енергоресурси та знижувати викиди забруднюючих речовин [5].

Для розуміння суті екологічного менеджменту у цифрову епоху важливо включити в систему екологічного менеджменту:

- Моніторинг і контроль: застосування сенсорних мереж і IoT для збору даних про стан довкілля і виробничі викиди в режимі реального часу.
- Аналіз і прогнозування: використання аналітичних інструментів та ШІ для оцінки екологічних ризиків і розробки стратегічних сценаріїв розвитку.
- Оптимізація ресурсокористування: впровадження цифрових рішень для зниження енерговитрат і раціонального використання сировини.
- Прозорість і звітність: цифрові платформи для формування відкритої екологічної звітності та залучення стейкхолдерів.
- Підвищення екологічної культури: використання цифрових комунікацій для поширення екологічної свідомості серед працівників і суспільства.

Слід зазначити, що екологічний менеджмент у рамках Індустрії 4.0 виступає не лише як інструмент екологічного контролю, а як інноваційна, інтегрована та стратегічно орієнтована система, що забезпечує ефективне поєднання економічного зростання, соціального добробуту та екологічної відповідальності. У добу цифрової трансформації його роль значно розширюється, він стає основою для впровадження інтелектуальних технологій сталого розвитку, які дозволяють підприємствам адаптуватися до глобальних викликів, підвищувати ресурсну ефективність, мінімізувати шкідливий вплив на довкілля та впроваджувати моделі циркулярної економіки [6].

Водночас застосування цифрових інструментів, таких як штучний інтелект, великі дані, Інтернет речей, цифрові двійники та автоматизовані системи екоконтролю, відкриває нові можливості для системного прогнозування екологічних ризиків, оптимізації використання ресурсів та побудови прозорої екологічної звітності. Такий підхід забезпечує не лише відповідність сучасним міжнародним стандартам (зокрема ESG, ISO 14000), а й сприяє формуванню конкурентоспроможних, інноваційних і соціально відповідальних підприємств нового типу – підприємств, здатних гармонізувати технологічний розвиток із принципами екологічної етики та глобальної безпеки. Отже, екологічний менеджмент, трансформований через цифрові інструменти Індустрії 4.0, перетворюється на філософію й практику майбутнього, що закладає основу для глибоких змін у способах взаємодії людини, техніки і природи. Його подальший розвиток є критично важливим для досягнення Цілей сталого розвитку

ООН, збереження природного капіталу планети та створення стійких, інноваційних суспільств у глобалізованому світі. Екологічний менеджмент у рамках Індустрії 4.0 є ключовим інструментом реалізації глобальних цілей сталого розвитку, що забезпечує збалансований розвиток економіки, суспільства і природи, а також сприяє формуванню конкурентоспроможних і екологічно відповідальних підприємств [7].

У сучасну епоху цифрової трансформації промисловості та управління зростає значення **кібер-фізичних екосистем як інноваційного феномену**, що поєднує в єдине ціле фізичний та цифровий світи. Кібер-фізичні екосистеми (КФЕ) – це складні інтегровані системи, у яких фізичні об'єкти, процеси та середовище взаємодіють із цифровими платформами, аналітичними алгоритмами та штучним інтелектом за допомогою сенсорів, мереж передачі даних, обчислювальних ресурсів та автономного управління. У таких системах екологічні процеси оцифровуються, моделюються та оптимізуються в реальному часі, що відкриває нові горизонти для екологічного менеджменту, сталого розвитку та збереження природного середовища.

Як свідчить аналіз, у центрі кібер-фізичних екосистем знаходиться концепція розумного середовища, де технології Інтернету речей (IoT), цифрові двійники, великі дані (Big Data), хмарні обчислення та системи машинного навчання забезпечують постійний збір, обробку та аналіз екологічної інформації. Завдяки цьому з'являється можливість не лише виявляти негативні екологічні впливи, але й передбачати ризики, моделювати сценарії їхнього розвитку та автоматично реалізовувати коригуючі дії. Наприклад, у системах управління якістю повітря або водних ресурсів КФЕ дозволяють оперативно реагувати на зміну параметрів, зменшуючи шкоду для довкілля та здоров'я населення.

Особливої актуальності кібер-фізичні екосистеми набувають в умовах Індустрії 4.0, яка передбачає високий рівень автоматизації та взаємодії між фізичними виробничими системами та цифровими аналітичними інструментами. Завдяки впровадженню КФЕ промислові підприємства можуть впроваджувати екологічно адаптивні технології, знижувати рівень викидів, оптимізувати використання ресурсів і реалізовувати принципи циркулярної економіки. Це дозволяє перейти від фрагментарного, реактивного підходу до цілісного, превентивного екологічного управління, де рішення приймаються на основі об'єктивних даних і в реальному часі [8].

З точки зору філософського підходу, кібер-фізичні екосистеми постають як форма технологічного синтезу природи та техносфери, в якій людська діяльність стає частиною складної системи взаємодій, що вимагає

нової відповідальності та етичного ставлення до довкілля. Це означає, що екологічний менеджмент майбутнього має спиратися не лише на технічні можливості, але й на ціннісні орієнтири – сталий розвиток, етичне управління даними, відкритість, екологічну справедливість.

Таким чином, кібер-фізичні екосистеми формують нову парадигму екологічного менеджменту, в якій управління природними ресурсами стає частиною інтелектуальної цифрової інфраструктури, а екологічна стабільність досягається завдяки поєднанню технологій, науки та етики. Їхнє становлення є ключовим чинником у побудові зеленої економіки, розвитку сталих міст, модернізації промисловості та забезпеченні техногенної безпеки в умовах глобальних змін.

1.2 ПОНЯТТЄВО-КАТЕГОРІАЛЬНИЙ АПАРАТ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ЕКОЛОГІЇ ТА ЗЕЛЕНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

У сучасному світі екологічний менеджмент набуває принципово нового змісту, зумовленого глобальними змінами в технологічному, соціальному та економічному середовищі. В умовах цифрової трансформації Індустрії 4.0, яка передбачає широке впровадження кіберфізичних систем, штучного інтелекту, Інтернету речей (IoT), великих даних (Big Data) та хмарних обчислень, відбувається оновлення всього поняттєво-категоріального апарату екологічного управління. Це оновлення не лише відображає новітні технологічні тренди, а й формує інноваційне бачення взаємодії між промисловістю, довкіллям та суспільством. Сучасний екологічний менеджмент перестає бути лише контролюючим інструментом, він перетворюється на інтелектуальну цифрову систему, що здатна в реальному часі аналізувати, прогнозувати та оптимізувати екологічні процеси виробництва. Новітні категорії, як-от екологічна ефективність у цифровому середовищі, інтелектуальний екомоніторинг, цифрова стійкість, зелена інновація, екологічне прогнозування на основі ШІ, входять до сучасного лексикону управління природоохоронною діяльністю [9].

У поняттєво-категоріальному апараті важливе місце займають такі нові концепти, як смарт-екологія (smart ecology) – інтеграція цифрових технологій у процеси екологічного моніторингу, цифрова екосистема – системне поєднання цифрових сервісів для управління ресурсами, екологічна трансформація підприємства – модернізація бізнес-моделей із урахуванням вимог сталого розвитку та цифровізації.

Варто також розкрити категорію ESG (Environmental, Social, Governance) як фокусну точку сталого цифрового розвитку, що стає стандартом для інноваційних промислових компаній у всьому світі. Використання штучного інтелекту для екологічної аналітики та цифрових двійників природного середовища відкриває нові горизонти для проєктування зелених стратегій, прогнозування екологічних ризиків і створення систем раннього реагування.

Таким чином, у межах цифрової епохи та концепції Індустрії 4.0 формування нової терміносистеми та категоріального каркасу екологічного менеджменту є не просто мовним або концептуальним оновленням, а стратегічною потребою. Сучасний підхід вимагає міждисциплінарного поєднання знань з екології, інформатики, менеджменту, економіки та інженерії. Це дозволяє створити адаптивні, гнучкі та екологічно відповідальні системи управління, здатні забезпечувати сталий розвиток у нових умовах.

У підсумку, поняттєво-категоріальний апарат екологічного менеджменту в умовах цифрової трансформації є живою, динамічною структурою, що постійно оновлюється під впливом технологічного прогресу. Він стає основою нової парадигми мислення, у центрі якої – відповідальність перед довкіллям, ефективність цифрових рішень і прагнення до гармонії між інноваційним розвитком та природною стійкістю [10].

**Таблиця 1.2 – Поняттєво-категоріальний апарат:
визначення, роль, функції**

Поняття	Визначення	Роль	Функції
1	2	3	4
Цифрова екосистема	Сукупність цифрових інструментів, платформ і пристроїв, що взаємодіють у межах екологічного управління	Створення єдиного інтегрованого середовища для моніторингу довкілля	Збір, обробка та обмін екологічною інформацією; підтримка рішень; автоматизація процесів
Smart-екологія	Інтеграція розумних технологій (датчиків, AI, IoT) у процеси управління довкіллям	Підвищення ефективності екологічного контролю	Реальний моніторинг; оперативне реагування на екологічні загрози; оптимізація ресурсів
Інтелектуальний екоменеджмент	Система управління довкіллям з використанням ШІ, аналітики та автоматизації	Розумне управління екологічними ризиками та ефективністю	Прогнозування екозагроз; оптимізація екосистем; ухвалення рішень на основі даних

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4
Екологічна відповідальність	Добровільне дотримання екологічних норм і зобов'язань підприємством	Формування етичної й соціальної орієнтації компанії	Зменшення шкоди довкіллю; участь у сталому розвитку; прозора звітність
Сталий розвиток	Модель розвитку, що поєднує економічне зростання, соціальну справедливість і охорону довкілля	Головна мета екологічного менеджменту	Балансування економіки, соціуму та природи; довгострокове планування; управління ресурсами
Індустрія 4.0	Четверта промислова революція: цифровізація виробництва з використанням кіберфізичних систем	Цифрова основа інноваційного екологічного менеджменту	Автоматизація процесів; застосування IoT, AI, Big Data для екоаналітики

Таблиця 1.2 (сформована авторами)

Насамперед варто виділити і поняття **смарт-екологія** (англ. *smart ecology*) – це інноваційна концепція екологічного управління, що базується на використанні цифрових технологій Індустрії 4.0 (штучного інтелекту, Інтернету речей, великих даних, хмарних платформ, цифрових двійників) для створення інтегрованої, адаптивної та інтелектуальної системи моніторингу, оцінювання, прогнозування та оптимізації стану довкілля в реальному часі. Смарт-екологія спрямована на формування цифрово керованих еко-систем, у яких природні ресурси, виробничі процеси та екологічні показники взаємодіють у єдиному середовищі управління [11].

Такий підхід дозволяє не лише виявляти ризики на ранніх стадіях, а й автоматично приймати управлінські рішення, підвищуючи точність, швидкість і ефективність екологічних заходів. Інноваційні аспекти смарт-екології:

- 1) Інтелектуалізація екологічного моніторингу – використання AI для аналізу великих обсягів екоданих.
- 2) Предиктивна аналітика – моделювання екосценаріїв та прогнозування впливу на довкілля.
- 3) Сенсорні мережі – інтеграція IoT-пристроїв для збору інформації про стан повітря, води, ґрунтів.
- 4) Цифрові двійники екосистем – віртуальні моделі для симуляції екологічних змін.
- 5) Автоматизація реагування – самостійне запускання протоколів реагування на виявлені ризики.

Мета смарт-екології: досягнення сталого розвитку шляхом переходу від реактивного (післяздійсного) до проактивного (передбачуваного і запобіжного) екологічного управління на основі даних і цифрової взаємодії [12].

**Таблиця 1.3 – Поняття «Смарт-екологія»
в умовах цифрової трансформації**

Категорія	Зміст
Визначення	Смарт-екологія – це інноваційна система управління станом довкілля, що базується на використанні цифрових технологій для моніторингу, аналізу, прогнозування та оптимізації природокористування в реальному часі. Вона забезпечує інтеграцію екологічних процесів у цифрове середовище з метою досягнення сталого розвитку.
Мета	Підвищити ефективність охорони довкілля та ресурсокористування через цифрові технології, забезпечити проактивне реагування на екологічні виклики та сприяти формуванню сталих цифрових екосистем.
Інноваційні компоненти	Інтернет речей (IoT) для екологічного моніторингу Штучний інтелект (AI) для аналітики даних Великі дані (Big Data) для екотрендів Цифрові двійники природи Хмарні платформи управління
Ключові функції	Збір та обробка екологічних даних у режимі реального часу Автоматизоване екологічне прогнозування Прийняття управлінських рішень на основі даних Зменшення негативного впливу на природу
Цільова роль	Служити інтелектуальним ядром екологічного менеджменту Індустрії 4.0 та бути інструментом цифрової модернізації природоохоронної політики на локальному, регіональному й глобальному рівнях
Технології	Сенсори якості повітря, води, ґрунтів Геоінформаційні системи (GIS) Хмарні сервіси Мобільні екоаплікації Інтероперабельні платформи управління
Очікувані результати	Зменшення екологічних ризиків Прозора екологічна звітність Висока ресурсоефективність Стійкі територіальні екосистеми Екологічно відповідальний бізнес та урядування

Таблиця 1.3 (сформована авторами)

У контексті «Смарт-екології» в умовах цифрової трансформації велику роль відіграють цифрові двійники природи (англ. digital twins of nature), що представляють віртуальні цифрові моделі природних об'єктів, процесів або екосистем. Вони створені на основі даних, зібраних з реального світу, з метою моніторингу, аналізу, прогнозування й оптимізації взаємодії людини з довкіллям. Цифровий двійник – це цифрова копія реального природного об'єкта (наприклад, річки, лісу, озера, атмосфери, біосфери), яка постійно оновлюється в реальному часі завдяки даним із сенсорів, супутників, дронів або екологічних моніторингових систем [13].

**Таблиця 1.4 – Поняття «цифровий двійник»
та функцій цифрових двійників природи**

Функція	Пояснення
Моніторинг стану довкілля	Збір і візуалізація даних про рівень забруднення, кліматичні показники, стан ґрунтів, води
Моделювання змін	Прогнозування наслідків кліматичних змін, вирубки лісу, забудови територій
Управління ресурсами	Оптимізація використання води, енергії, землі на основі симуляцій
Прийняття рішень	Підтримка управлінських рішень на основі сценарного аналізу та віртуального тестування політик
Виявлення ризиків	Своєчасне попередження про природні катастрофи, забруднення або деградацію екосистем

Таблиця 4 (сформована авторами)

Отже, відмітимо, що інноваційність цифрових двійників природи у наступному:

- 1) Створення інтерактивної карти природи з високою точністю.
- 2) Віртуальна взаємодія з екосистемами без втручання в реальне середовище.
- 3) Можливість моделювати наслідки антропогенних дій ще до їхнього втілення.
- 4) Підтримка сталого управління природними ресурсами в містах, на підприємствах, у державній політиці [14].

Приклади застосування: Digital Twin Earth (ЄС, ESA): моделювання змін клімату, лісових масивів і ґрунтів; Virtual River Basins: управління річковими басейнами та водними ресурсами; Urban Nature Twins: цифрові двійники зелених зон у містах для сталого міського планування. Цифрові двійники природи – це революційний інструмент цифрової екології, який дозволяє поєднати технологічну точність з екологічною

відповідальністю, забезпечуючи глибоке розуміння та ефективне управління природними системами в умовах глобальних змін.

Зелений IT-менеджмент – це комплексна система стратегій, практик, процесів і технологічних рішень, спрямованих на ефективне управління інформаційно-комунікаційними технологіями (ІКТ) та цифровими ресурсами з урахуванням екологічних аспектів. Головна мета «зеленого» IT-менеджменту полягає в мінімізації негативного впливу діяльності IT-інфраструктури на навколишнє природне середовище, зокрема через зниження споживання енергії, скорочення електронних відходів, оптимізацію життєвого циклу обладнання, використання екологічно чистих матеріалів та підтримку принципів сталого розвитку [15].

В межах зеленого IT-менеджменту застосовуються такі підходи:

- 1) енергозбереження (використання енергоефективних серверів, дата-центрів, оптимізація робочих процесів);
- 2) відповідальне поводження з відходами (переробка, утилізація та повторне використання електронних компонентів);
- 3) впровадження екологічно чистих технологій і матеріалів у виробництві та експлуатації цифрових систем;
- 4) цифрова оптимізація бізнес-процесів, що дозволяє зменшити паперове споживання, транспортні витрати та інші ресурсоємні операції;
- 5) застосування концепції циркулярної економіки у сфері IT, що забезпечує замкнений цикл використання цифрового обладнання;
- 6) моніторинг і оцінка екологічного впливу IT-інфраструктури за допомогою сучасних цифрових інструментів.

Таким чином, зелений IT-менеджмент виступає як ключовий інструмент інтеграції екологічної відповідальності в цифрову трансформацію підприємств і організацій, забезпечуючи баланс між інноваційним розвитком інформаційних технологій і збереженням природних ресурсів у контексті глобальних екологічних викликів. Це дозволяє не лише підвищити екологічну стійкість бізнесу, а й зміцнити його соціальну відповідальність та конкурентоспроможність на ринку [16].

Кіберекологія – це міждисциплінарна наукова та практична галузь, яка вивчає взаємодію цифрових (кібернетичних) систем, інформаційних технологій і віртуальних середовищ з природним довкіллям, а також вплив цієї взаємодії на екологічну безпеку, стійкість екосистем і загальний стан навколишнього середовища [17].

Кіберекологія охоплює аналіз, моделювання, моніторинг і управління як цифровими технологіями, так і природними процесами з використанням кіберфізичних систем, штучного інтелекту, сенсорних

мереж, інтернету речей (IoT) та інших інноваційних цифрових рішень. Головними завданнями кіберекології є:

1) дослідження впливу цифрової інфраструктури та ІТ-систем на екологію (наприклад, енергоспоживання дата-центрів, утворення електронних відходів);

2) розробка методів інтегрованого екологічного моніторингу, що поєднують цифрові сенсори і моделі з аналізом природних параметрів у реальному часі;

3) створення цифрових двійників екосистем – віртуальних моделей природних систем для прогнозування і запобігання екологічним ризикам;

4) впровадження кіберекологічних підходів до сталого управління природними ресурсами, забезпечення екологічної безпеки в умовах цифрової трансформації промисловості, сільського господарства та міського середовища;

5) розробка стратегій мінімізації негативних екологічних наслідків цифровізації, включаючи оптимізацію енергоспоживання, повторне використання матеріалів, зменшення викидів та забруднення.

Кіберекологія позиціонується як необхідна складова сучасної екологічної науки та практики, що забезпечує синергетичний підхід до розв'язання складних проблем, пов'язаних із взаємодією людини, цифрових технологій і природи. Вона формує нову парадигму екологічного менеджменту, в якій інформаційні технології не лише слугують засобом підвищення ефективності природоохоронних заходів, а й стають об'єктом екологічного контролю.

У сучасних умовах цифрової трансформації, зумовленої розвитком Індустрії 4.0, екологічний менеджмент зазнає суттєвих змін, які вимагають оновлення поняттєво-категоріального апарату. Такий апарат набуває міждисциплінарного характеру, інтегруючи категорії, терміни та підходи з галузей екології, менеджменту, цифрових технологій, кіберфізичних систем, штучного інтелекту, сталого розвитку, а також філософії технологій [18].

По-перше, категорії класичного екологічного менеджменту (зокрема «екологічна безпека», «екологічна політика», «екологічне управління», «сталий розвиток», «екосистема підприємства») набувають нових значень в умовах цифровізації виробничих і управлінських процесів. Стає актуальним поняття «екологічної цифрової трансформації», що означає переосмислення екологічних практик крізь призму інтелектуальних технологій і цифрових рішень.

По-друге, в поняттєво-категоріальний апарат інтегруються новітні концепти, зокрема:

- «Смарт-екологія» – концепт інтелектуального моніторингу та управління природним середовищем із використанням IoT, Big Data та AI;
- «Цифрові двійники природи» – віртуальні моделі природних екосистем для прогнозування екологічних змін;
- «Зелений IT-менеджмент» – практики управління цифровими ресурсами з мінімальним впливом на довкілля;
- «Кіберекологія» – міжгалузева сфера, що досліджує взаємодію кіберсередовища та природного середовища.

По-третє, нові акценти ставляться на категорії адаптивності, стійкості, інноваційності та проактивності, що відображає здатність екологічного менеджменту реагувати на ризики, пов'язані з техногенним навантаженням, кліматичними змінами та екологічними загрозами, які посилюються внаслідок інтенсивного розвитку промислових технологій [19].

По-четверте, в умовах Індустрії 4.0 змінюється сама філософія екологічного управління – вона орієнтується на діджиталізацію екологічних стратегій, оптимізацію природокористування через аналітику великих даних, впровадження автоматизованого екоконтролю, прогнозування впливу підприємств на довкілля за допомогою машинного навчання.

Отже, поняттєво-категоріальний апарат екологічного менеджменту в епоху цифрової трансформації набуває системного, динамічного та інноваційного характеру. Його розвиток є необхідною передумовою для формування ефективної екологічної політики, адаптованої до викликів Індустрії 4.0. Удосконалення цього апарату сприятиме переходу від реактивної до проактивної моделі екологічного управління, інтеграції принципів сталого розвитку у цифрове середовище та створенню нової парадигми взаємодії між людиною, технологіями та природою.

Становлення цифрової екології та зеленої трансформації потребує переосмислення й оновлення поняттєво-категоріального апарату екологічного менеджменту. У сучасних умовах класичні терміни на кшталт «сталий розвиток», «екологічна безпека», «ресурсозбереження» набувають нових змістів завдяки цифровим технологіям, зокрема – штучному інтелекту, Інтернету речей (IoT), цифровим двійникам та кібер-фізичним системам. У зв'язку з цим формується нова концептуальна мова екологічного управління, яка охоплює такі категорії, як «цифрова екосистема», «екологічна платформа управління», «зелений діджитал-трансфер», «екологічний data-driven менеджмент», «екологічний інтелект» тощо [20].

Такий термінологічний зсув відображає глибоку трансформацію управлінських підходів: від реактивного до превентивного, від локального до системного, від ізольованого до інтегрованого в цифрові екосистеми. Актуальність цього процесу зумовлюється як глобальними

викликами (зміна клімату, виснаження ресурсів), так і потребою у формуванні нових моделей екологічної відповідальності та цифрової етики.

Отже, оновлений поняттєво-категоріальний апарат є не лише теоретичним підґрунтям сучасного екологічного менеджменту, а й практичним інструментом формування ефективної екополітики, орієнтованої на інновації, стійкість і гармонію між техносферою та біосферою. Саме завдяки цьому апарату можливе глибше розуміння складних взаємозв'язків між соціально-економічними процесами та екологічними системами, що відкриває нові перспективи для впровадження комплексних стратегій сталого розвитку [21].

Крім того, його використання сприяє підвищенню рівня екологічної свідомості серед управлінців і фахівців, що, в свою чергу, забезпечує більш відповідальне та збалансоване прийняття рішень у сфері природокористування та охорони навколишнього середовища. Таким чином, оновлений поняттєвий інструментарій не лише відображає сучасний стан наукових знань, а й виступає каталізатором позитивних змін у практиці екологічного менеджменту, спрямованих на досягнення сталого балансу між розвитком і збереженням природних ресурсів.

1.3 ФІЛОСОФІЯ ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЯК МІЖДИСЦИПЛІНАРНА ГАЛУЗЬ ЗНАТЬ СТАЛОГО РОЗВИТКУ І ТЕХНОГУМАНІЗМУ

Філософія екологічного управління – це міждисциплінарна галузь знань, що досліджує фундаментальні світоглядні, етичні, онтологічні та гносеологічні засади організації, планування і реалізації управлінських процесів у сфері охорони довкілля та сталого розвитку. Вона формує концептуальне підґрунтя для розуміння ролі людини, суспільства і технологій у підтримці гармонійного співіснування з природою, визначає ціннісні орієнтири, мету і методи екологічного управління [22].

У центрі філософії екологічного управління знаходиться питання співвідношення між техногенним розвитком і збереженням природних екосистем, баланс між економічним прогресом і екологічною безпекою. Вона розглядає не лише раціональні інструменти управління, але й морально-етичні аспекти відповідальності людини за стан планети, виклики сталого розвитку і глобальної екологічної кризи.

В той же час філософія екологічного управління як міждисциплінарна галузь знань досліджується багатьма вченими і мислителями, які поєднують у своїх роботах філософські, екологічні, соціальні та управлінські

аспекти. Одним із основоположників системного підходу до природо-користування є Людвіг фон Берталанфі, який розробив загальну теорію систем, що стала базисом для розуміння екосистемного підходу в екологічному управлінні. Значний внесок у розвиток філософських засад екології зробив Арне Несс, засновник глибокої екології, яка наголошує на цінності природи як самоцінності, що впливає на формування етичних принципів управління природними ресурсами. Ганс-Йоахім Гайгер працював над інтеграцією екологічних та управлінських концепцій, пропонує цілісний підхід до екологічного менеджменту. Вчені, такі як Ернст Ульріх фон Вайцзеккер і Майкл Браунгарт, внесли суттєвий внесок у розвиток концепції циркулярної економіки, що стала важливою складовою сучасного екологічного управління і спрямована на сталий розвиток [23].

Слід зазначити, що філософські ідеї Ханни Арендт, особливо її роздуми про політику, відповідальність і вплив технологій, використовуються для аналізу етичних аспектів екологічного управління, зокрема в контексті цифрової трансформації. Донелла Медоуз, як авторка системного мислення і концепції сталого розвитку, заклала основи для комплексного розгляду взаємодії суспільства і природи, що є важливим для формування екологічних стратегій. Пітер Сенге розвинув теорію системного мислення в менеджменті, сприяючи застосуванню цих ідей в екологічному управлінні для більш ефективного і передбачуваного прийняття рішень.

Сучасний дискурс також включає роботи Бруно Латура, який досліджує взаємозв'язки між технологіями, суспільством і природою, що є надзвичайно актуальним для філософії цифрової екології та кіберекології. У контексті четвертої промислової революції і цифрової трансформації індустрії значний внесок роблять такі дослідники, як Клаус Шваб, який підкреслює роль інноваційних технологій у зміні екологічних стратегій і моделей управління.

Крім того, фахівці у сфері екологічної інформатики і кіберекології, зокрема Маркус Гросс і Даніела Рус, розробляють інноваційні цифрові рішення для моніторингу, моделювання та управління екосистемами, що допомагає підвищувати ефективність і точність екологічного управління в цифрову епоху. Таким чином, філософія екологічного управління як міждисциплінарна галузь охоплює широкий спектр підходів і досліджень, які допомагають осмислити складні взаємозв'язки між людиною, технологіями і природою, а також формують теоретичну базу для розвитку сталих екологічних практик у сучасному світі [24].

Отже, можна констатувати, що філософія екологічного управління – це напрямок науки, який поєднує різні сфери знань: філософію, екологію,

менеджмент, соціологію і навіть технології. Вона допомагає нам краще зрозуміти, як людина, суспільство і технології повинні взаємодіяти з природою, щоб зберегти її і розвиватися без шкоди для довкілля. Одним із перших, хто дав змогу бачити природу як систему, де все взаємопов'язано, був Людвіг фон Берталанфі. Його теорія систем допомогла пояснити, як правильно управляти природними ресурсами, враховуючи всі взаємозв'язки в екосистемі. Арне Несс розвинув ідею, що природа має цінність сама по собі, а не тільки для людини, і це важливо враховувати, коли приймаємо рішення про її використання. Інші вчені, як Ганс-Йоахім Гайгер, поєднали екологічні знання з методами управління, щоб зробити охорону природи більш організованою і ефективною. Вчені, як Ернст Ульріх фон Вайцеккер і Майкл Браунгарт, розробили ідеї циркулярної економіки – способу організації виробництва і споживання, який мінімізує відходи і повторно використовує ресурси.

Ханна Арендт розмірковувала про те, як люди повинні нести відповідальність за свої дії, що особливо важливо у питаннях екології і технологій. Донелла Медоуз навчила нас дивитися на світ як на систему, де все взаємопов'язано, що дуже корисно при плануванні екологічних заходів. Пітер Сенге допоміг застосувати це системне мислення до управління, роблячи процес прийняття рішень більш усвідомленим і ефективним [25].

Крім того, сучасні філософи, як Бруно Латур, вивчають, як технології і суспільство впливають на природу і навпаки, що допомагає краще зрозуміти виклики цифрової епохи для екології. Клаус Шваб та інші підкреслюють, що цифрові технології змінюють не лише виробництво, а й способи управління природними ресурсами. Науковці, які працюють у галузі екологічної інформатики та кіберекології, створюють нові цифрові інструменти – наприклад, системи для моніторингу довкілля в режимі реального часу, віртуальні моделі природи, які допомагають прогнозувати зміни і приймати кращі рішення. Отже, філософія екологічного управління допомагає нам осмислити складні взаємозв'язки між людиною, технологіями і природою, а також розробити принципи і практики для збереження природи у сучасному світі.

В епоху цифрової трансформації та Індустрії 4.0 філософія екологічного управління орієнтується на впровадження інноваційних технологій, які сприяють більш ефективному моніторингу, аналізу та управлінню природними ресурсами. Водночас вона ставить під сумнів потенційні ризики та дилеми, пов'язані з надмірною цифровізацією, механізацією взаємодії людини з природою, втратою цілісності екосистем та соціально-екологічною відповідальністю.

Нами враховується те, що філософія екологічного управління виступає як критичний рефлексивний простір, де поєднуються наукові знання, технологічні інновації і гуманістичні цінності, що сприяють формуванню збалансованої екологічної політики та практик, здатних забезпечити стійкий розвиток суспільства в умовах глобальних екологічних викликів [26].

Таблиця 1.5 – Визначення, функції та роль ключових концептів філософії екологічного управління в умовах цифрової трансформації Індустрії 4.0

Концепт	Визначення	Функції	Роль у системі екологічного управління
1	2	3	4
Філософія екологічного управління	Система світоглядних, етичних та методологічних засад управління природокористуванням і охороною довкілля.	Формування ціннісних основ, мети та принципів екологічного управління.	Фундамент для розробки стратегій і прийняття відповідальних рішень.
Екологічне управління	Комплекс організаційних і технічних заходів щодо охорони природи та раціонального використання ресурсів.	Координація природоохоронних дій, контроль і оптимізація природокористування.	Практичне втілення екологічних цілей на всіх рівнях управління.
Цифрова трансформація (Індустрія 4.0)	Процес інтеграції цифрових технологій у виробничі та управлінські процеси.	Автоматизація, оптимізація та підвищення ефективності екологічних процесів.	Збільшує точність моніторингу і прийняття рішень у сфері екології.
Сталий розвиток	Модель розвитку, що забезпечує задоволення потреб сьогодення без шкоди для майбутніх поколінь.	Балансування економічних, соціальних та екологічних інтересів.	Визначає довгострокові цілі екологічного управління.
Екологічна безпека	Стан захищеності екосистем і населення від шкідливого впливу антропогенної діяльності.	Запобігання і мінімізація екологічних ризиків.	Забезпечує збереження здоров'я природи і людей.
Інноваційні технології у екології	Використання сучасних цифрових засобів для моніторингу і управління природними ресурсами.	Збір і аналіз даних, прогнозування і оптимізація екологічних процесів.	Підвищують ефективність та наукову обґрунтованість управлінських рішень.

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4
Цифрова екологічна відповідальність	Принципи етичного і раціонального використання цифрових технологій з мінімальним впливом на природу.	Контроль і зменшення екологічних наслідків цифровізації.	Формує екологічну свідомість у цифровій сфері.
Баланс технологій і природи	Філософська концепція гармонії між технологічним розвитком і збереженням природного середовища.	Пошук компромісу між прогресом і екологічною стійкістю.	Ключовий принцип для стійкого екологічного управління.
Екосистемний підхід	Методологія управління, що розглядає довкілля як взаємопов'язану систему організмів та середовищ.	Забезпечує цілісний аналіз і комплексне управління природними ресурсами.	Підвищує ефективність екологічних заходів за рахунок інтеграції різних чинників.
Кіберфізичні системи (CPS)	Інтелектуальні системи, які поєднують фізичні компоненти і цифрові технології для контролю процесів.	Автоматичний моніторинг і регулювання екологічних параметрів у реальному часі.	Підвищують оперативність та точність управління екологічними системами.
Цифрові двійники	Віртуальні моделі об'єктів або процесів для симуляції і аналізу їх поведінки.	Прогнозування екологічних змін, оптимізація управлінських рішень.	Допомагають запобігати екологічним ризикам та підвищують якість рішень.
Екологічна інформатика	Наука про збір, обробку та аналіз екологічних даних із використанням ІТ.	Забезпечення достовірної інформації для оцінки стану довкілля і управління.	Сприяє прийняттю обґрунтованих рішень на основі даних.
Екологічна інформатика	Наука про збір, обробку та аналіз екологічних даних із використанням ІТ.	Забезпечення достовірної інформації для оцінки стану довкілля і управління.	Сприяє прийняттю обґрунтованих рішень на основі даних.
Принципи циркулярної економіки	Модель економіки, що передбачає повторне використання ресурсів і зменшення відходів.	Мінімізація забруднень, збереження природних ресурсів.	Сприяє сталому розвитку і зниженню негативного впливу на довкілля.

1	2	3	4
Екологічна етика в цифрову епоху	Нормативна система цінностей, що регулює відповідальне використання технологій щодо природи.	Виховання екологічної свідомості і етичних стандартів у цифровій діяльності.	Забезпечує соціальну відповідальність і моральність у сфері цифрових технологій.
Проблема технологічного детермінізму	Філософське питання про вплив технологій на суспільство і природу.	Критичний аналіз ризиків і наслідків технологічного розвитку.	Запобігає однобічному сприйняттю технологічного прогресу.
Соціальна відповідальність цифрового менеджменту	Принципи врахування інтересів усіх зацікавлених у цифровому управлінні природними ресурсами.	Забезпечення прозорості і справедливості у прийнятті екологічних рішень.	Підвищує довіру і ефективність екологічного управління.
Аналітика великих даних (Big Data)	Обробка і аналіз великих обсягів інформації для виявлення закономірностей.	Прогнозування екологічних змін, підвищення точності оцінок і рішень.	Інструмент для прийняття стратегічних рішень у екологічному менеджменті.

Таблиця 1.5 (сформована авторами)

Як засвідчив аналіз, філософія екологічного управління як міждисциплінарна галузь знань має важливе практичне значення і відіграє ключову роль у формуванні ефективних підходів до збереження довкілля в сучасному світі [27].

Ось основні концепти філософії екологічного управління як міждисциплінарної галузі знань:

1) Сталий розвиток – концепція, що передбачає збалансоване поєднання економічного зростання, соціальної справедливості та охорони довкілля для задоволення потреб нинішніх і майбутніх поколінь.

2) Екосистемний підхід – розуміння природного середовища як цілісної системи взаємозалежних компонентів, що потребує інтегрованого управління.

3) Екологічна етика – система моральних принципів і норм, що визначають відповідальне ставлення людини до природи.

4) Цифрова трансформація в екологічному управлінні – використання сучасних інформаційних та цифрових технологій для моніторингу, аналізу та управління природними ресурсами.

5) Інноваційність і технологічний прогрес – впровадження новітніх технологій (штучний інтелект, великі дані, цифрові двійники) для підвищення ефективності екологічного менеджменту.

6) Баланс між техногенним розвитком і природою – філософський принцип гармонійного співіснування технологій і навколишнього середовища.

7) Соціальна відповідальність і участь громадськості – залучення суспільства до прийняття рішень і відповідальність за стан довкілля.

8) Інтердисциплінарність – поєднання знань і методів різних наук (філософії, екології, менеджменту, інформаційних технологій) для комплексного розв’язання екологічних проблем.

9) Принципи циркулярної економіки – підхід до організації виробництва і споживання, що мінімізує відходи і максимально використовує ресурси.

10) Моніторинг і прогнозування екологічних ризиків – систематичне спостереження та аналіз екологічних процесів для своєчасного реагування на загрози.

Ці концепти разом формують теоретичну і методологічну основу філософії екологічного управління, що допомагає адаптувати екологічні стратегії до викликів сучасності [28].

По-перше, філософія екологічного управління забезпечує глибоке осмислення взаємозв’язку між людиною, суспільством, технологіями і природою, що дозволяє створювати цілісні й збалансовані стратегії природокористування. Це особливо важливо в умовах швидких технологічних змін і глобальних екологічних викликів, таких як кліматичні зміни, втрата біорізноманіття і забруднення навколишнього середовища.

По-друге, філософія екологічного управління формує етичні та ціннісні орієнтири, які сприяють відповідальному ставленню до природних ресурсів. Вона наголошує на необхідності сталого розвитку, балансу між економічним прогресом і збереженням екосистем, що є основою для прийняття управлінських рішень на всіх рівнях – від локального до глобального.

По-третє, завдяки інтеграції знань з різних дисциплін – філософії, екології, менеджменту, технологій – ця галузь сприяє впровадженню інноваційних підходів і цифрових технологій в екологічне управління. Це підвищує ефективність моніторингу, прогнозування і контролю за станом довкілля, дозволяє своєчасно реагувати на екологічні загрози і оптимізувати використання ресурсів.

Отже, практичне значення філософії екологічного управління полягає у створенні науково обґрунтованих, етично відповідальних і технологічно підтриманих моделей управління природними системами [29].

Її роль у сучасності – бути фундаментом для сталого розвитку, збереження біорізноманіття і забезпечення екологічної безпеки людства

в умовах стрімкої цифрової трансформації та глобалізації. Її роль у сучасності – бути фундаментом для сталого розвитку, збереження біорізноманіття і забезпечення екологічної безпеки людства в умовах стрімкої цифрової трансформації та глобалізації. Вона сприяє формуванню нової екологічної свідомості, де пріоритетними стають не лише економічна вигода чи технологічний прогрес, а й цінність природи, відповідальність за планету, етичне ставлення до довкілля.

У результаті філософія екологічного управління дає змогу переосмислити роль людини як активного учасника екосистеми, що має не лише право використовувати ресурси, а й обов'язок зберігати їх для майбутніх поколінь. У цифрову епоху вона забезпечує концептуальне підґрунтя для інтеграції інноваційних технологій у природоохоронну діяльність – від розумного моніторингу стану довкілля до створення «зелених» цифрових стратегій на рівні держав і міжнародних організацій [30].

Крім того, вона допомагає переосмислити управлінські підходи – від ієрархічної моделі до децентралізованої, відкритої, екосистемної, де активну роль відіграє громадянське суспільство, наука, бізнес і кожен індивід. Таким чином, філософія екологічного управління в сучасних умовах виконує не лише теоретичну, а й світоглядну та практичну місію – формує нові моделі мислення і поведінки, здатні забезпечити екологічно стабільне і гуманістичне майбутнє.

Вона інтегрує знання з різних наукових сфер – філософії, екології, економіки, менеджменту, інформаційних технологій – для створення цілісного бачення взаємодії людини з навколишнім середовищем. Такий міждисциплінарний підхід дозволяє не лише глибше зрозуміти природу екологічних проблем, а й знаходити комплексні, етично обґрунтовані та технологічно ефективні рішення.

У цьому контексті філософія екологічного управління стає своєрідним «містком» між наукою, політикою та суспільством, сприяючи екологізації свідомості громадян, формуванню культури відповідального споживання та розвитку нових моделей лідерства, орієнтованих на цінності сталості, прозорості та інновацій. Вона також стимулює розвиток екологічного права, освіти і цифрових інструментів моніторингу, що у своїй сукупності створюють умови для ефективного управління природними ресурсами на глобальному рівні. Отже, філософія екологічного управління не є лише абстрактною теорією – вона стає дієвим інтелектуальним і практичним інструментом, що формує нову парадигму розвитку людства в епоху постіндустріального, цифрового та екологічного менеджменту в умовах цифрової трансформації Індустрії 4.0 для забезпечення сталого розвитку.

Філософія екологічного управління у XXI столітті формується як міждисциплінарна концепція, що інтегрує знання екології, менеджменту, філософії науки, технологій, соціології, етики та політики задля досягнення цілей сталого розвитку. Її завдання полягає не лише в раціональному управлінні природними ресурсами, а й у формуванні нового способу мислення, який визнає цінність природи, обмеженість біосфери та необхідність гармонізації взаємодії між людиною, техносферою і довкіллям.

У цьому контексті дедалі більшої актуальності набуває концепт техногуманізму – філософського напрямку, що прагне поєднати технологічний прогрес з гуманістичними цінностями. Техногуманізм стверджує, що технології, включно з цифровими екосистемами, штучним інтелектом, біо- і нанотехнологіями, мають слугувати розширенню можливостей людини, але не за рахунок довкілля, людської гідності чи екосистемної рівноваги. У сфері екологічного управління це означає створення таких техносистем, які не лише підвищують ефективність природокористування, а й сприяють збереженню природи, біорізноманіття, екологічної рівноваги [31].

Таким чином, філософія екологічного управління як міждисциплінарна парадигма охоплює не лише науково-технічні й управлінські підходи, а й етичні імперативи та культурно-світоглядні засади. Її стратегічною метою є формування нового типу відповідальності – техногуманістичної, тобто такої, що передбачає моральну рефлексію над наслідками людської дії у взаємодії з природою і технологіями, а також орієнтацію на сталий розвиток як цілісну мету цивілізаційного поступу.

1.4 AGILE-МЕТОДОЛОГІЯ В ЕКОЛОГІЧНОМУ МЕНЕДЖМЕНТІ ЯК ГНУЧКИЙ ІНСТРУМЕНТ АДАПТАЦІЇ ДО ВИКЛИКІВ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

З огляду на сучасні виклики AGILE-методологія екологічного менеджменту в умовах цифрової трансформації Індустрії 4.0 реалізується для забезпечення сталого розвитку та розкриває інноваційний підхід до управління природоохоронною діяльністю, що базується на принципах гнучкості, адаптивності та швидкого реагування на зміни. У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрових технологій, характерних для Четвертої промислової революції (Індустрії 4.0), екологічний менеджмент потребує нових стратегій та інструментів. AGILE-методологія, яка

зарекомендувала себе в ІТ-сфері, проникає у сферу управління екологічними процесами, дозволяючи підприємствам більш ефективно впроваджувати екологічні ініціативи, адаптуватися до змін у законодавстві, підвищувати екологічну свідомість персоналу та вдосконалювати системи моніторингу та контролю за станом довкілля.

Поняття “AGILE (з англ. – «гнучкий», «маневрений»)» ґрунтується на таких принципах, як ітеративність, командна взаємодія, адаптивність, прозорість процесів, швидкий зворотний зв'язок та орієнтація на конкретні результати. У сфері екологічного менеджменту це означає створення таких управлінських структур, які здатні: оперативно реагувати на зміну екологічних параметрів; адаптувати стратегії до нових цифрових викликів; інтегрувати екологічні рішення на основі аналізу реальних даних (data-driven ecology); формувати короткі цикли екологічних проєктів з чіткою оцінкою результатів; гнучко взаємодіяти з ІТ-рішеннями (смарт-сенсори, штучний інтелект, цифрові двійники природи тощо) [32].

У той же час цифрова трансформація Індустрії 4.0 забезпечує широкі можливості для реалізації гнучкого екологічного управління завдяки використанню таких технологій, як інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI), великі дані (Big Data), цифрові двійники, автоматизація та роботизація. Ці інструменти дозволяють здійснювати постійний моніторинг екологічних показників у реальному часі, оперативно реагувати на екологічні ризики, оптимізувати використання ресурсів, зменшувати обсяги викидів та відходів. У цьому контексті AGILE-підхід дозволяє формувати короткі та гнучкі цикли планування й реалізації екологічних рішень, що сприяє швидкому досягненню позитивних результатів та постійному вдосконаленню.

У центрі уваги такого підходу є досягнення цілей сталого розвитку – забезпечення балансу між економічним зростанням, соціальним добробутом і екологічною безпекою. Це вимагає нової культури управління, яка базується на принципах відкритості до змін, інноваційності, міждисциплінарної взаємодії та стратегічного мислення.

Як свідчить аналіз, впровадження AGILE-методології в екологічний менеджмент в умовах цифровізації промисловості виступає важливим кроком на шляху до формування сталих, відповідальних і конкурентоспроможних підприємств майбутнього [33].

Застосування AGILE-методів у сфері екологічного менеджменту дозволяє зробити цю систему динамічною, інноваційною та адаптивною до нових екологічних викликів, які зумовлені цифровізацією та глобальними змінами. Кожен метод відіграє свою унікальну роль у досягненні екологічного балансу, ефективного використання ресурсів та інклюзивного зростання, що є основою сталого розвитку в епоху Індустрії 4.0.

**Таблиця 1.6 – AGILE-методи екологічного менеджменту
в умовах Індустрії 4.0**

Метод	Тлумачення	Місце застосування	Роль у сталому розвитку
1	2	3	4
Scrum	Ітеративний метод управління проєктами з короткими циклами (спринтами) та постійним зворотним зв'язком	Впровадження екопроєктів, наприклад, перехід на енергоефективні технології	Забезпечує гнучкість, швидке виявлення проблем, ефективне управління ресурсами
Kanban	Візуалізація потоку завдань на дошці з метою підвищення прозорості процесу та зменшення перевантаження	Екомоніторинг, управління відходами, контроль процесів	Дозволяє контролювати навантаження, мінімізує екологічні помилки та затримки
Lean	Методика усунення втрат (часу, ресурсів) для підвищення ефективності та екологічної економії	Оптимізація витрат ресурсів (вода, енергія), зменшення викидів	Сприяє економії ресурсів, впровадженню «зеленого» виробництва
Design Thinking	Користувачько-орієнтований підхід до розв'язання складних проблем через креативність і тестування рішень	Розробка екологічних інновацій (еко-продукти, розумні упаковки)	Сприяє створенню інновацій, що відповідають екологічним запитам суспільства
SAFe (Scaled Agile Framework)	Масштабований підхід до управління AGILE-процесами в рамках великих підприємств	Реалізація стратегічних програм сталого розвитку на рівні корпорацій	Забезпечує узгодженість між командами та напрямками сталого розвитку
Scrumban	Гібрид Scrum і Kanban для управління непередбачуваними та постійними процесами	Контроль екологічних ризиків, динамічні екоаналізи	Гнучка адаптація до нових екологічних загроз або вимог
DevOps для сталого розвитку	Інтеграція розробки та експлуатації екотехнологій, автоматизація оновлень	Автоматичне екоспостереження, управління «розумними» екосистемами	Зменшує екологічні збої, пришвидшує впровадження екологічних рішень

1	2	3	4
Agile Metrics	Методи кількісного оцінювання результатів AGILE-команд (velocity, burn-down charts, lead time)	Оцінювання ефективності зелених ініціатив	Дає змогу аналізувати прогрес у напрямку сталого розвитку та швидко коригувати стратегію
Retrospective meetings	Регулярне обговорення минулих дій з метою покращення процесів	Аналіз ефективності екологічних кампаній	Підвищує рівень екологічної відповідальності та командного навчання
Agile Mindset	Філософія постійного вдосконалення, відкритості до змін та спільної відповідальності	Загальна екологічна стратегія організації	Формує культуру сталості, ініціативності та інноваційності у довіклевій політиці

Таблиця 1.6 (сформована авторами)

Сучасна епоха цифрової трансформації, пов'язана з глобальними екологічними загрозами, високою динамікою змін у виробничих, управлінських та технологічних процесах, вимагає принципово нових підходів до екологічного менеджменту. В умовах невизначеності, багатофакторності ризиків та необхідності швидкої реакції на зміну зовнішніх і внутрішніх середовищ, актуальності набуває AGILE-методологія – підхід, що спочатку виник у сфері розробки програмного забезпечення, але сьогодні все активніше адаптується в управлінні сталими розвитковими процесами, зокрема в екологічному контексті [34].

У підсумку AGILE-підходи дозволяють реалізовувати екологічні інновації у форматі MVP (minimum viable product), тобто тестувати пілотні проекти управління в малому масштабі, коригуючи їх у процесі на основі зворотного зв'язку. Це надзвичайно важливо для природоохоронної діяльності в умовах постійної зміни кліматичних, економічних та нормативних чинників. Крім того, AGILE сприяє розвитку міждисциплінарного співробітництва, де фахівці з екології, ІТ, економіки, урбаністики та соціології можуть об'єднувати свої зусилля для досягнення спільних екологічних цілей. Це формує нову управлінську парадигму, в якій цифрова трансформація сприймається не як загроза, а як можливість для екологічної гнучкості, інноваційності та стійкості в практичному використанні AGILE-підходів і методів [34].

**Таблиця 1.7 – Практичне використання AGILE-методів
у екологічному менеджменті**

Метод	Практичне використання в екологічному менеджменті	Результат
Scrum	Впровадження команди з екологічного аудиту, яка працює спринтами (2 тижні) над вдосконаленням системи енергозбереження на підприємстві	Поступове зниження енергоспоживання, звітність після кожного спринту
Kanban	Впровадження електронної Kanban-дошки для відстеження виконання завдань з утилізації відходів та контролю викидів	Прозорість процесу, зменшення затримок у поводженні з відходами
Lean	Аналіз екологічних процесів на виробництві за принципом “5S” та усунення неефективного використання води	Зменшення втрат, економія води та скорочення операційних витрат
Design Thinking	Команда розробляє екологічну упаковку з біоматеріалів для продукції, фокусуючись на потребах споживачів та екологічних вимогах	Інноваційний продукт, зменшення пластику, зростання лояльності клієнтів
SAFe	На великому металургійному комбінаті – координація між цехами щодо впровадження єдиної цифрової платформи екологічного моніторингу	Синхронізована система збору й аналізу екоданих у реальному часі
Scrumban	Застосування у відділі охорони довкілля для моніторингу та швидкого реагування на перевищення рівня викидів	Гнучке керування в реальному часі, оперативне усунення загроз
DevOps для сталого розвитку	Автоматизація процесу звітування про викиди CO ₂ з використанням IoT-сенсорів та щомісячне оновлення екологічних показників	Швидка доступність даних, точність, цифрова прозорість
Agile Metrics	Визначення “velocity” екокоманди щодо зменшення використання поліетилену: наприклад, -20 % за спринт	Кількісна оцінка успішності експроєктів, стимул до вдосконалення
Retrospective meetings	Щомісячні зустрічі екогрупи після кожної фази зменшення викидів, аналіз того, що вдалося/не вдалося	Підвищення ефективності наступних дій, зростання командного досвіду
Agile Mindset	Формування нової екокультури серед працівників підприємства через тренінги, відкриті ідеати, залучення до екоініціатив	Підвищення мотивації персоналу до участі в екологічних програмах

Таблиця 1.7 (сформована авторами)

Упровадження AGILE-методологій в екологічному менеджменті відкриває нові можливості для адаптації до викликів цифрової трансформації, забезпечуючи гнучкість, прозорість і результативність управлінських рішень. Різні інструменти й підходи в межах AGILE дозволяють ефективно реалізовувати як локальні ініціативи, так і масштабні екологічні стратегії.

Зокрема, Scrum і Kanban є надзвичайно дієвими в рамках локальних екоініціатив, таких як зменшення енергоспоживання, сортування відходів, модернізація вентиляційних систем або підвищення енергоефективності офісів і виробництв. Їхня сила полягає у візуалізації прогресу, швидкому зворотному зв'язку та поетапному впровадженні рішень [35].

Насамперед Lean-підхід виявляється ідеальним інструментом для виявлення внутрішніх екологічних втрат та оптимізації ресурсного використання. Він дозволяє мінімізувати витрати води, електроенергії, матеріалів і викидів, підвищуючи загальну екологічну ефективність підприємства.

Для складних екосистем великих холдингів і концернів доцільним є застосування SAFe (Scaled Agile Framework), який забезпечує координацію дій між численними структурними підрозділами, стандартизує процеси та підвищує відповідальність за досягнення спільних екологічних цілей.

У процесі створення інноваційних екологічних продуктів, послуг або сервісів особливо ефективним є використання методології Design Thinking. Вона сприяє глибшому розумінню потреб споживача, пошуку нестандартних рішень та впровадженню інновацій із високим рівнем екологічної свідомості.

Цифрова трансформація неможлива без DevOps-підходу та відповідних цифрових інструментів, які є незамінними для автоматизованого екологічного моніторингу, збирання й обробки даних, інтеграції IoT-сенсорів і хмарних сервісів для контролю екологічних параметрів у реальному часі.

Постійне вдосконалення та прозорість екологічної діяльності забезпечують ретроспективи та метрики, які дозволяють оцінювати ефективність ініціатив, забезпечувати екологічну звітність та відповідність стандартам, зокрема ISO 14001.

Нарешті, формування Agile-mindset серед працівників організації – це стратегічний компонент довгострокового успіху. Екосвідоме мислення, орієнтоване на сталість, відповідальність і безперервне вдосконалення, стає не лише інструментом реалізації екологічної політики, а й частиною організаційної культури.

Таким чином, AGILE-підходи в екологічному менеджменті забезпечують ефективну адаптацію до сучасних викликів цифрового світу, сприяючи реалізації принципів сталого розвитку на всіх рівнях управління. Завдяки гнучкості, ітеративності та орієнтації на результат, ці методології дозволяють не лише своєчасно реагувати на екологічні ризики, а й формувати проактивну екостратегію, яка враховує динаміку технологічних змін, нормативно-правові вимоги та соціальні очікування. Інтеграція AGILE-принципів у екологічну політику підприємств та організацій сприяє побудові адаптивних систем управління, здатних швидко впроваджувати інноваційні рішення, ефективно комунікувати в умовах змін і забезпечувати прозору екологічну відповідальність. У поєднанні з цифровими інструментами (аналітика даних, автоматизовані системи моніторингу, цифрові екосистеми) AGILE сприяє не лише оптимізації управлінських процесів, а й трансформації екологічного менеджменту в стратегічну функцію сталого розвитку [36].

У перспективі поширення AGILE-культури в екологічному менеджменті сприятиме глибшому усвідомленню цінності природи, підвищенню екологічної компетентності персоналу та формуванню нової моделі взаємодії між людиною, технологіями та навколишнім середовищем. Це відкриває шлях до розвитку екологічно відповідального, цифрово адаптивного і соціально орієнтованого менеджменту нового покоління. Уперше здійснено концептуалізацію застосування AGILE-методологій в екологічному менеджменті як адаптивної управлінської моделі, що здатна забезпечити оперативне реагування на виклики цифрової трансформації та зміни у природному середовищі.

1.5 МІЖДИСЦИПЛІНАРНА МОДЕЛЬ AGILE-ЕКОМЕНЕДЖМЕНТУ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Сьогодні актуальним є формування міждисциплінарної моделі AGILE-екоменеджменту, що є комплексним підходом, який поєднує знання, методи та інструменти з різних наукових дисциплін для розв'язання складних екологічних і управлінських завдань. Міждисциплінарна модель AGILE-екоменеджменту є сучасним підходом до управління екологічними процесами, який ґрунтується на поєднанні знань і методів із різних наукових дисциплін, таких як екологія, менеджмент, інформатика, економіка, соціологія та інженерія.

Ця модель спрямована на комплексне вирішення екологічних та соціально-економічних викликів, що виникають у контексті сталого розвитку. Теоретично модель спирається на інтеграцію принципів системного мислення, гнучких управлінських практик (AGILE), а також міждисциплінарного підходу, що дозволяє враховувати багатовимірність сучасних екологічних проблем.

Методологія AGILE, яка історично виникла у сфері розробки програмного забезпечення, базується на принципах ітеративності, адаптивності, швидкого реагування на зміни та тісної командної взаємодії. Впровадження AGILE-принципів у екологічний менеджмент забезпечує більш гнучке і оперативне управління екологічними процесами, що особливо важливо в умовах динамічних змін у технологіях, законодавстві та ринковому середовищі. Цей підхід дозволяє організаціям не лише своєчасно реагувати на нові виклики, але й проактивно впроваджувати інновації та покращення.

Така модель базується на принципах гнучкості, швидкості адаптації та ітеративності, що характерні для методології AGILE. AGILE підхід являє собою сучасну систему управління, яка передбачає постійне вдосконалення, тісну командну взаємодію та здатність оперативно реагувати на зміни зовнішнього і внутрішнього середовища. Екологічний менеджмент у контексті AGILE, або AGILE-екоменеджмент, є системою управління, що інтегрує гнучкі принципи та методи для ефективного контролю і мінімізації негативного впливу діяльності організацій на навколишнє середовище [37].

Міждисциплінарна модель AGILE-екоменеджменту спрямована на оптимізацію використання ресурсів, підвищення екологічної безпеки та забезпечення сталого розвитку. Цілі сталого розвитку, визначені Організацією Об'єднаних Націй, являють собою комплекс глобальних завдань, спрямованих на збалансоване поєднання економічного зростання, соціальної справедливості та екологічної стабільності.

Вони передбачають комплексний підхід до розвитку суспільства, що враховує потреби нинішніх і майбутніх поколінь. Міждисциплінарний AGILE-екоменеджмент є інтегративною моделлю, що поєднує принципи гнучкого управління з екологічними практиками і міждисциплінарними знаннями, дозволяючи оперативно адаптуватися до викликів сучасного світу та ефективно досягати цілей сталого розвитку. Такий підхід сприяє комплексному вирішенню екологічних проблем, підвищенню конкурентоспроможності організацій і забезпеченню стабільності як економічних, так і екологічних систем [38].

**Таблиця 1.8 – Компоненти міждисциплінарної моделі
AGILE-екоменеджменту для досягнення цілей сталого розвитку**

Компонент моделі	Місце в моделі	Роль	Функції	Пояснення
1	2	3	4	5
Гнучке управління (AGILE-принципи)	Центр управлінського процесу	Забезпечує адаптивність, швидкість реакції	Організація ітеративних циклів, забезпечення командної взаємодії, оперативне коригування дій	Дас змогу швидко адаптуватися до змін і підвищує ефективність впровадження екологічних ініціатив
Гнучке управління (AGILE-принципи)	Центр управлінського процесу	Забезпечує адаптивність, швидкість реакції	Організація ітеративних циклів, забезпечення командної взаємодії, оперативне коригування дій	Дас змогу швидко адаптуватися до змін і підвищує ефективність впровадження екологічних ініціатив
Цифрові технології	Технологічна платформа	Підтримує моніторинг, аналіз і прогнозування	Збір і обробка даних, моделювання процесів, автоматизація моніторингу	Забезпечують реальний час і точність екологічного контролю
Міждисциплінарна інтеграція знань	Основа концептуального забезпечення	Формує цілісний підхід	Поєднання знань з різних сфер для прийняття обґрунтованих рішень	Сприяє комплексному розв'язанню екологічних проблем
Соціальний аспект і людський фактор	Управління людськими ресурсами	Формує екологічну свідомість і мотивацію	Навчання, фасилітація, командна взаємодія, залучення стейкхолдерів	Забезпечує прийняття змін на рівні персоналу і організації
Стратегічна орієнтація на сталий розвиток	Візія і напрямки розвитку	Визначає пріоритети та баланс між складовими	Планування цілей, інтеграція екологічних, соціальних і економічних аспектів	Орієнтує діяльність на довгострокову екологічну стійкість

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5
Управління ризиками і невизначеністю	Проактивна складова управління	Знижує негативний вплив і забезпечує стійкість	Ідентифікація, оцінка, мінімізація екологічних ризиків	Допомагає попереджати та адаптуватися до можливих загроз
Компласнс і нормативно-правове забезпечення	Забезпечення відповідності	Гарантує законність і соціальну легітимність	Моніторинг нормативів, впровадження стандартів, підготовка звітності	Підвищує довіру з боку держави, партнерів і громадськості
Інновації та безперервне вдосконалення	Драйвер розвитку і трансформації	Забезпечує конкурентоспроможність і підвищення ефективності	Пошук і впровадження нових рішень, оптимізація процесів, навчання персоналу	Стимулює розвиток екологічних технологій і підходів
Прозорість і звітність	Комунікаційний і контролюючий елемент	Формує довіру і відповідальність	Відкритий обмін інформацією, оцінка результатів, підготовка екологічних звітів	Забезпечує підзвітність і контроль якості екологічного менеджменту
Культурні та етичні аспекти	Світоглядна і моральна основа	Формує цінності і відповідальність	Виховання екологічної культури, впровадження етичних норм у прийняття рішень	Створює умови для сталого і гуманістичного розвитку у взаємодії людини з довкіллям і технологіями

Таблиця 1.8 (сформована авторами)

Ця тема є предметом багатьох досліджень і передбачає інтеграцію екологічних, соціальних і економічних аспектів сталого розвитку, що відповідає цілісному підходу до управління. Наприклад, оптимізація використання ресурсів не лише зменшує екологічне навантаження, а й знижує витрати організацій, створюючи економічні вигоди. Врахування соціальних чинників, таких як залучення місцевих громад і підвищення екологічної свідомості працівників, забезпечує довготривалу підтримку і стійкість екологічних ініціатив.

Практичне застосування міждисциплінарної моделі AGILE-екоменеджменту включає створення команд із фахівців різних галузей, що працюють у спільних ітеративних циклах для визначення екологічних цілей, розробки та впровадження заходів, моніторингу результатів і коригування стратегій у реальному часі. Такі команди використовують цифрові інструменти для збору, аналізу й візуалізації екологічних даних, що підвищує прозорість процесів і якість прийняття рішень [39].

Ключовою перевагою міждисциплінарної AGILE-моделі є її здатність забезпечувати гнучкість і адаптивність у складних і непередбачуваних умовах, що є необхідним для ефективного досягнення цілей сталого розвитку. Застосування цієї моделі дозволяє організаціям не лише відповідати вимогам сучасного екологічного законодавства, але й активно формувати стратегії розвитку, які сприяють збереженню природних ресурсів, зниженню викидів парникових газів, підвищенню енергоефективності та розвитку зелених технологій. Таким чином, міждисциплінарна модель AGILE-екоменеджменту є перспективним інструментом для підприємств, державних установ та громадських організацій, які прагнуть інтегрувати сталий розвиток у свою діяльність, підвищити екологічну відповідальність і забезпечити конкурентоспроможність в умовах глобальних викликів.

У сучасних умовах глобальних екологічних викликів і стрімкої цифрової трансформації особливої актуальності набуває застосування гнучких і адаптивних підходів у системах екологічного менеджменту. Міждисциплінарна модель AGILE-екоменеджменту в екологічному менеджменті є інтегративним підходом, що поєднує знання і методи з екології, менеджменту, інформаційних технологій, економіки та соціології для досягнення цілей сталого розвитку.

Теоретично модель базується на принципах AGILE-управління – ітеративності, швидкої адаптації до змін, тісної командної роботи і прозорості комунікації, що особливо важливо для оперативного реагування на нові екологічні виклики та зміни нормативної бази. Водночас міждисциплінарний підхід дозволяє врахувати комплексний характер екологічних проблем, що охоплюють природні, соціальні й економічні аспекти [40].

Практично впровадження AGILE-принципів в екологічному менеджменті передбачає формування мультидисциплінарних команд – екологів, інженерів, економістів, IT-фахівців та соціологів, які спільно працюють над визначенням екологічних цілей, розробкою адаптивних стратегій та моніторингом їх реалізації в коротких циклах (спринтах). Використання цифрових технологій – систем збору екологічних даних, аналітичних платформ і інструментів візуалізації – забезпечує оперативний доступ до інформації, що дозволяє швидко коригувати стратегії й підходи в реальному часі.

Застосування міждисциплінарної AGILE-моделі в екологічному менеджменті сприяє більш ефективному впровадженню заходів зі зменшення впливу на навколишнє середовище, підвищенню енергоефективності, оптимізації ресурсокористування та розвитку зелених інновацій. Також вона підтримує залучення зацікавлених сторін – місцевих громад, бізнесу та державних органів – у процеси прийняття рішень і реалізації екологічних ініціатив, що підвищує їх соціальну прийнятність і стійкість. Цілі сталого розвитку в контексті екологічного менеджменту передбачають баланс між економічним розвитком, соціальним благополуччям і збереженням природних ресурсів.

Міждисциплінарна модель AGILE-екоменеджменту допомагає інтегрувати ці складові, забезпечуючи гнучкість і адаптивність, які необхідні для ефективної реалізації екологічних стратегій у динамічному глобальному середовищі. Ефективне впровадження екологічних змін у межах організації значною мірою залежить від культурних особливостей її внутрішньої екосистеми, зокрема від рівня екологічної свідомості персоналу. У цьому контексті AGILE-культура виступає ключовим каталізатором трансформаційних процесів, оскільки вона базується на принципах гнучкості, відкритості, командної взаємодії та постійного навчання.

AGILE-культура заохочує активне залучення співробітників у процеси прийняття рішень, сприяє швидкому обміну інформацією та підтримує ініціативу кожного члена команди. Такий підхід створює сприятливі умови для формування глибокої екологічної свідомості, оскільки працівники не просто виконують формальні екологічні вимоги, а відчувають свою відповідальність за сталий розвиток організації та її вплив на довкілля. Впровадження AGILE-практик у внутрішню організаційну екосистему сприяє створенню динамічного середовища, в якому екологічні ініціативи стають частиною щоденної діяльності, а не обмежуються разовими проєктами. Ітеративні цикли планування і оцінки дозволяють регулярно аналізувати вплив заходів, коригувати стратегії та швидко адаптуватися до нових екологічних викликів.

Таким чином, AGILE-культура формує середовище, в якому екологічна свідомість персоналу стає не тільки знанням, але й системною практикою, що інтегрується у всі аспекти діяльності організації. Це забезпечує стійке впровадження екологічних змін, підвищує ефективність управління ресурсами, зменшує ризики та сприяє досягненню цілей сталого розвитку.

Взаємозв'язок між AGILE-культурою та екологічною свідомістю є взаємодіючим: чим більше працівники усвідомлюють важливість екологічних питань, тим активніше вони беруть участь у гнучких процесах

управління; натомість AGILE-підходи підтримують формування і розвиток цієї свідомості через залучення, відкритий діалог і постійне вдосконалення. Такий симбіоз є фундаментом для створення внутрішньої організаційної екосистеми, здатної ефективно впроваджувати і підтримувати екологічні інновації в умовах постійних змін [41].

Таким чином, модель AGILE-екоменеджменту стає ключовим інструментом для підприємств і організацій, які прагнуть підвищити екологічну відповідальність, впроваджувати інновації та досягати цілей сталого розвитку, водночас зберігаючи конкурентоспроможність і відповідність сучасним екологічним стандартам.

1.6 ФІЛОСОФСЬКІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СИСТЕМАХ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

У контексті глобальної цифрової революції екологічний менеджмент переживає фундаментальні зміни завдяки впровадженню інноваційних цифрових технологій і штучного інтелекту (ШІ). Ці технології відкривають нові горизонти для комплексного та ефективного управління природними ресурсами, моніторингу стану навколишнього середовища, а також прогнозування екологічних процесів, що раніше було неможливо у такій масштабності та точності.

Інтернет речей (IoT) у сфері екології дозволяє створювати розгалужені мережі сенсорів, які у режимі реального часу збирають дані про атмосферні умови, якість повітря, рівень забруднення води, стан ґрунтів та біорізноманіття. Це дає змогу створювати «живі» цифрові моделі природних екосистем – кібер-фізичні системи, що інтегрують фізичні дані з цифровими платформами для глибшого аналізу.

Великі дані (Big Data) і технології їх обробки забезпечують зберігання, систематизацію і глибинний аналіз надзвичайно великих масивів екологічної інформації, що надходить із різних джерел – супутникових знімків, дронів, автономних станцій моніторингу. Ці дані дозволяють виявляти приховані закономірності, тренди та аномалії, що раніше були недоступні людському сприйняттю.

Штучний інтелект виступає як ключовий компонент цифрової екології, пропонуючи інструменти машинного навчання, глибинного навчання та когнітивної аналітики для розробки інтелектуальних моделей, які не лише аналізують існуючі дані, а й прогнозують майбутні сценарії екологічних змін. Наприклад, алгоритми ШІ можуть ідентифікувати джерела

забруднення, оптимізувати енергоспоживання підприємств, прогнозувати зміни кліматичних умов або наслідки природних катастроф, що дозволяє своєчасно реагувати і розробляти превентивні заходи [42].

Особливо перспективним напрямом є використання **блокчейну** для забезпечення прозорості і надійності екологічної інформації, зокрема у сферах торгівлі вуглецевими квотами, сертифікації екологічних продуктів і контролю за дотриманням екологічних норм.

Інноваційні платформи **цифрових двійників (digital twins)** природних систем дають змогу створювати віртуальні копії екосистем, які відображають їх реальний стан і динаміку змін у режимі реального часу. Це відкриває можливості для моделювання різних сценаріїв розвитку та вибору оптимальних стратегій управління. Впровадження цих цифрових інструментів не лише підвищує ефективність і оперативність прийняття управлінських рішень, а й сприяє формуванню нової культури екологічної відповідальності серед суспільства, бізнесу та держави. Водночас це породжує виклики, зокрема, щодо захисту даних, етичних аспектів застосування ШІ, потреби міждисциплінарної інтеграції знань та постійного підвищення кваліфікації фахівців у сфері екологічного менеджменту [43].

Таблиця 1.9 – Система технологій та приклади їх застосування

Технологія / Інструмент	Опис	Переваги	Виклики / Обмеження	Приклади застосування
1	2	3	4	5
Інтернет речей (IoT)	Мережа сенсорів для збору даних про стан навколишнього середовища в реальному часі	Безперервний моніторинг, точність даних, швидке виявлення змін	Вразливість до кіберзагроз, великі обсяги даних	Моніторинг якості повітря, стану водних ресурсів
Великі дані (Big Data)	Збір і аналіз великих масивів екологічних даних із різних джерел	Виявлення прихованих закономірностей, аналітика масштабних трендів	Необхідність потужної інфраструктури, складність обробки	Аналіз кліматичних змін, прогнозування забруднень
Штучний інтелект (ШІ)	Машинне навчання, глибоке навчання для аналізу та прогнозування екологічних процесів	Автоматизація прийняття рішень, точне прогнозування, оптимізація ресурсів	Етичні питання, потреба якісних даних, прозорість алгоритмів	Виявлення джерел забруднення, оптимізація енергоспоживання

Продовження таблиці 1.9

1	2	3	4	5
Блокчейн	Розподілена система для забезпечення прозорості та захисту екологічної інформації	Безпека даних, прозорість, відстеження дотримання екологічних норм	Високі енергозатрати, складність впровадження	Вуглецеві кредити, сертифікація екологічних продуктів
Цифрові двійники (Digital Twins)	Віртуальні копії екосистем для моделювання і прогнозування розвитку	Можливість моделювати різні сценарії, підвищення точності управління	Висока складність моделювання, потреба постійного оновлення даних	Моделювання лісових масивів, управління водними ресурсами
Хмарні обчислення	Надання обчислювальних ресурсів та зберігання даних через інтернет	Масштабованість, доступність даних, зниження витрат на інфраструктуру	Залежність від інтернет-з'єднання, безпека даних	Зберігання і обробка екологічних баз даних
Дрони та супутниковий моніторинг	Використання безпілотних літальних апаратів і супутників для збору екологічної інформації	Оперативний збір даних, доступ до важкодоступних районів	Висока вартість обладнання, необхідність кваліфікованого персоналу	Оцінка масштабів лісових пожеж, моніторинг забруднень води
Геоінформаційні системи (ГІС)	Технології збору, зберігання, аналізу і візуалізації просторових даних	Інтуїтивна візуалізація, інтеграція різних типів даних	Складність інтеграції різномірних даних	Картографування зон ризику, планування охоронних територій
Робототехніка	Використання роботів для виконання екологічних задач, зокрема збору зразків, очищення, моніторингу	Автоматизація складних чи небезпечних процесів, підвищення точності і безпеки	Високі капіталовкладення, складність управління	Очищення забруднених вод, моніторинг екосистем
Біометричні технології	Використання біологічних сигналів для моніторингу стану флори і фауни	Точне визначення стану окремих видів, екологічний аудит	Потреба високоточної апаратури, складність інтерпретації даних	Відстеження міграції тварин, контроль здоров'я рослин

1	2	3	4	5
Технології доповненої та віртуальної реальності (AR/VR)	Візуалізація екологічних даних та моделей для навчання, планування і прийняття рішень	Підвищення залучення користувачів, покращення розуміння складних процесів	Вартість розробки, потреба спеціального обладнання	Екологічна освіта, моделювання екологічних катастроф
Квантові обчислення	Використання квантових комп'ютерів для обробки складних екологічних моделей	Надзвичайно висока швидкість обробки даних, рішення складних задач	Технічна недосконалість, висока вартість	Моделювання кліматичних змін, оптимізація екосистем
3D-друк (адитивні технології)	Виробництво екологічно чистих матеріалів і деталей для відновлення природних систем	Зменшення відходів, локалізація виробництва	Обмеженість матеріалів, масштабованість	Відновлення коралових рифів, створення екологічних конструкцій

Таблиця 1.9 (сформована авторами)

Впровадження цифрових технологій та штучного інтелекту у сфері екологічного менеджменту відкриває нові горизонти для комплексного і ефективного управління природними ресурсами, моніторингу стану навколишнього середовища та прогнозування екологічних змін. Завдяки інструментам Інтернету речей, великих даних, цифрових двійників і штучного інтелекту з'являється можливість отримувати достовірну, актуальну і масштабну інформацію, що суттєво підвищує якість управлінських рішень і сприяє запровадженню інноваційних підходів до збереження біорізноманіття та сталого розвитку [44].

Водночас цифровізація екологічного менеджменту стимулює формування нової екологічної культури, де відкритість даних, прозорість процесів і активна участь громадськості стають важливими складовими. Однак разом із перевагами виникають і виклики – необхідність забезпечення кібербезпеки, вирішення етичних питань, розвиток міждисциплінарної співпраці та підвищення кваліфікації кадрів. Загалом цифрові технології і штучний інтелект не лише розширюють функціональні можливості екологічного менеджменту, а й виступають ключовими драйверами трансформації управління навколишнім середовищем у цифрову епоху, що є необхідною умовою досягнення глобальних цілей сталого розвитку і гармонійного співіснування людини з природою [45].

Таблиця 1.10 – Переваги, виклики та шляхи подолання проблем у застосуванні цифрових технологій і ІІІ в екологічному менеджменті

Переваги	Виклики / Обмеження	Шляхи вирішення
Підвищення точності і оперативності моніторингу стану довкілля	Потреба у великих обсягах якісних, структурованих та актуальних даних, що не завжди доступні	Розробка і впровадження стандартів збору, обробки та валідації даних; використання ІІІ та автоматизованих сенсорних систем
Можливість прогнозування екологічних змін та раннього виявлення ризиків	Відсутність достатньої кількості історичних даних для навчання моделей ІІІ; складність моделювання	Залучення міждисциплінарних команд для розробки моделей; інтеграція даних з різних джерел (супутники, дрони, ІІІ); збільшення баз даних
Автоматизація управлінських процесів і оптимізація використання ресурсів	Етичні проблеми застосування ІІІ, зокрема ризик непрозорості алгоритмів, упереджень, помилок	Впровадження етичних кодексів, прозорих алгоритмів і відкритого коду; моніторинг і аудит алгоритмів
Підвищення прозорості і доступності екологічної інформації	Високі капітальні витрати на створення цифрових платформ і інфраструктури	Створення публічно-приватних партнерств, грантове фінансування; поступове масштабування системи
Формування екологічної свідомості суспільства та залучення громадськості	Недостатній рівень цифрової грамотності серед населення та частина зацікавлених сторін	Проведення інформаційних кампаній, навчальних програм, інтеграція екологічної освіти у школи та університети
Інтеграція з іншими цифровими системами і платформами (смарт-міста, енергетика тощо)	Технічна складність інтеграції та різномірність стандартів, ризик сумісності	Розробка уніфікованих стандартів, застосування відкритих протоколів, проведення пілотних проєктів для перевірки сумісності
Підтримка міждисциплінарної співпраці для прийняття обґрунтованих рішень	Відсутність належної нормативної бази та координації між різними державними та громадськими структурами	Актуалізація законодавства, створення спеціалізованих міжвідомчих робочих груп, сприяння міжнародній співпраці
Підвищення швидкості реагування на надзвичайні екологічні ситуації	Відсутність готових сценаріїв та інструментів швидкого реагування	Розробка адаптивних систем раннього оповіщення на основі ІІІ і цифрових технологій, навчання персоналу та громадськості
Можливість детального моделювання та віртуального тестування екологічних рішень	Висока складність створення цифрових моделей (цифрових двійників), потреба в постійному оновленні даних	Інвестування у науково-дослідні роботи, використання хмарних обчислень для масштабування моделей, регулярне оновлення даних

Таблиця 1.10 (сформована авторами)

Таким чином, цифрові технології та штучний інтелект стають не просто інструментами, а справжніми драйверами інноваційних трансформацій у екологічному менеджменті, відкриваючи нові горизонти для досягнення глобальних цілей сталого розвитку та гармонізації відносин людини і природи у цифрову епоху. Вивчення філософських засад використання цифрових технологій і штучного інтелекту в екологічному менеджменті дозволяє усвідомити глибокі трансформації, які відбуваються у взаємодії людини з природним середовищем у цифрову епоху. Ці технології не лише змінюють інструментарій управління, а й впливають на світоглядні, етичні та аксіологічні основи екологічної діяльності. Філософія тут виступає як фундамент, що допомагає гармонізувати технічний прогрес з гуманістичними цінностями, забезпечуючи відповідальне та свідоме використання інновацій для досягнення сталого розвитку [46].

Водночас, інтеграція цифрових технологій і ШІ у системи екологічного менеджменту породжує низку важливих філософських питань – про межі втручання людини у природу, баланс між автоматизацією і людським контролем, а також про етичну відповідальність за прийняті рішення. Усвідомлення цих аспектів сприяє формуванню нової парадигми екологічного управління, де інновації поєднуються з принципами сталості, справедливості та гармонії. Отже, філософські засади застосування цифрових технологій і штучного інтелекту є ключовими для побудови ефективної, етичної та адаптивної системи екологічного менеджменту, здатної відповідати на виклики сучасності та забезпечувати довгострокове благополуччя як людства, так і планети загалом.

Практичне значення даної теми в наступному:

По-перше, впровадження цифрових технологій і штучного інтелекту суттєво підвищує якість і оперативність збору, обробки та аналізу екологічних даних. Завдяки цьому можна отримувати більш точну та актуальну інформацію про стан довкілля в режимі реального часу, що дозволяє своєчасно виявляти потенційні екологічні загрози, ефективно реагувати на надзвичайні ситуації та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Такий підхід сприяє більш комплексному та системному контролю за природними ресурсами і зменшує ризики негативного впливу на екосистеми [47].

По-друге, застосування інноваційних цифрових інструментів створює умови для автоматизації і оптимізації процесів екологічного менеджменту на підприємствах та в організаціях. Це дозволяє знизити операційні витрати, підвищити екологічну ефективність виробничих циклів, а також інтегрувати принципи сталого розвитку у бізнес-моделі. Використання таких технологій стимулює розвиток «зеленої» економіки,

сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин та більш раціональному використанню природних ресурсів.

По-третє, цифрові платформи і системи відкривають нові можливості для прозорості, відкритості та доступності екологічної інформації для широкого кола зацікавлених сторін, включно з громадськістю, науковцями, урядовцями та бізнесом. Це підвищує рівень екологічної свідомості суспільства, сприяє формуванню відповідального ставлення до природного середовища та стимулює міжсекторальну взаємодію для досягнення спільних цілей сталого розвитку. В результаті зростає потенціал ефективного впровадження екологічних політик і програм, що відповідають сучасним викликам та потребам [48].

Проведений аналіз свідчить, що застосування цифрових технологій і штучного інтелекту в екологічному менеджменті є багатовимірним процесом, який поєднує технічні, етичні, соціокультурні та філософські аспекти. З технічної точки зору, ШІ і цифрові платформи відкривають нові можливості для автоматизації збору та обробки екологічних даних, що підвищує оперативність і точність прийняття рішень. Однак, одночасно виникають проблеми щодо якості даних, прозорості алгоритмів та потенційних упереджень, що вимагає ретельного контролю і аудиту.

З філософської перспективи, інтеграція цих технологій підкреслює необхідність переосмислення взаємодії людини з природою. Техногуманістичний підхід наголошує на важливості збереження балансу між інноваціями і моральною відповідальністю, а також на розвитку екологічної свідомості, яка враховує довгострокові наслідки технологічного втручання. Особливо актуальними є питання етичної допустимості автоматизованих рішень у сфері управління екосистемами, а також потенційних ризиків втрати контролю людини над природними процесами.

Соціокультурний вимір включає вплив цифрових технологій на формування нових моделей поведінки суспільства, підвищення екологічної культури та залучення громадськості до прийняття рішень через відкриті платформи і прозорі системи управління. Водночас, це створює виклики щодо цифрової нерівності та доступності технологій, що може призводити до соціальних розривів і нерівномірності в екологічних результатах. Отже, комплексний аналіз підкреслює, що ефективне впровадження цифрових технологій і ШІ в екологічний менеджмент потребує не лише технічних інновацій, а й глибокого філософського осмислення, відповідної нормативно-правової підтримки, а також міждисциплінарної співпраці. Такий підхід забезпечить гармонійне поєднання інновацій з екологічною безпекою та соціальною справедливістю [49; 50].

ВИСНОВКИ

1. Цифрова трансформація Індустрії 4.0 та розвиток кібер-фізичних екосистем відкривають нові горизонти для екологічного менеджменту, дозволяючи підвищити точність, оперативність та ефективність управління екологічними процесами. Інтеграція цифрових технологій у систему екологічного менеджменту сприяє створенню адаптивних, самонавчальних систем, які здатні здійснювати моніторинг і аналіз екологічного стану у режимі реального часу, що є ключовим для своєчасного прийняття управлінських рішень та запобігання екологічним ризикам. Цифрова трансформація Індустрії 4.0 відкриває нові горизонти для екологічного менеджменту, пропонуючи інтеграцію кібер-фізичних систем, інтернету речей (IoT), великих даних (Big Data), штучного інтелекту (ШІ) та хмарних технологій. Теоретично це означає перехід від класичних лінійних моделей управління до системного підходу, де управління базується на реальному часі і синхронізації фізичних та цифрових процесів. Кібер-фізичні екосистеми дозволяють не лише моніторити екологічні параметри (наприклад, якість повітря, воду, рівень шуму), але й автоматизовано реагувати на відхилення, оптимізувати споживання ресурсів і прогнозувати ризики. Методологічно це вимагає інтеграції знань з екології, інженерії, інформаційних технологій та менеджменту, що формує новий міждисциплінарний простір для наукових досліджень і практичних впроваджень.

2. Сучасний поняттєво-категоріальний апарат у сфері екологічного менеджменту зазнає суттєвих змін під впливом цифрової екології та зеленої трансформації. Формування нових термінів і концептів, таких як «екологічна цифровізація», «цифровий слід», «зелена інновація», є необхідною умовою для уніфікації наукової мови та впровадження сучасних практик управління природними ресурсами, що відповідають принципам сталого розвитку. В умовах цифрової екології відбувається формування нової науково-технічної термінології, яка відображає специфіку сучасних викликів і можливостей. Поняття «цифрова екологія» охоплює використання цифрових технологій для оцінки, моніторингу та управління екологічними процесами. «Зелена трансформація» визначає перехід економіки і суспільства до моделей, які мінімізують негативний вплив на довкілля через впровадження чистих технологій, ресурсоефективності та циркулярної економіки. Сучасний категоріальний апарат також включає такі поняття як «екологічна інновація», «цифровий слід», «екологічна відповідальність» та «стале управління природними ресурсами». Уніфікація

цього апарату необхідна для побудови ефективних систем екологічного менеджменту, а також для забезпечення взаєморозуміння між учасниками різних сфер – від науковців до практиків і політиків.

3. Філософія екологічного управління виходить за межі традиційного технократичного підходу, ставлячи в центр уваги гармонійний розвиток людини і природи. Як міждисциплінарна концепція, вона поєднує екологічні науки, етику, соціологію, філософію технологій і гуманітарні дисципліни, формуючи нову парадигму – техногуманізм. Ця парадигма передбачає не лише впровадження інноваційних технологій, а й етичну відповідальність за їхній вплив на екосистеми і суспільство. Вона сприяє формуванню світогляду, в якому технологічний прогрес і екологічна свідомість ідуть пліч-о-пліч, забезпечуючи сталий розвиток і соціальну справедливість. Такий підхід стимулює розробку екологічної політики, що враховує як матеріальні, так і духовні потреби людства. Філософський підхід до екологічного управління підкреслює необхідність інтеграції екологічної свідомості, гуманістичних цінностей і технологічних інновацій. Концепція техногуманізму у цій площині виступає як спроба гармонізувати відносини між людиною, технологіями і природою, що є основою для формування цілісної стратегії сталого розвитку. Це сприяє створенню систем управління, які враховують не лише технічні, а й соціально-етичні аспекти екологічних процесів.

4. AGILE-методологія, запозичена з ІТ-сфери, довела свою ефективність у контексті екологічного менеджменту, де важлива швидкість реагування та здатність до безперервного вдосконалення. Впровадження AGILE-підходів сприяє підвищенню адаптивності управлінських систем, що дозволяє своєчасно враховувати зміни екологічного законодавства, технологічні інновації та соціальні потреби, забезпечуючи стійкість і результативність екологічних програм. AGILE-методологія, яка зародилася в ІТ-сфері, стає все більш актуальною у сфері екологічного менеджменту, де необхідна швидка адаптація до змінних умов і ефективне управління складними проєктами. Основні принципи AGILE – ітеративність, прозорість, командна взаємодія, постійне вдосконалення – дозволяють екологічним організаціям швидко реагувати на нові екологічні виклики, впроваджувати інновації та коригувати стратегії. У практичному сенсі це означає розробку короткострокових циклів планування та оцінки, активне залучення усіх зацікавлених сторін, використання цифрових інструментів для моніторингу результатів і прийняття рішень на основі актуальних даних. AGILE-підхід забезпечує підвищення гнучкості і адаптивності екологічного менеджменту в умовах цифрової трансформації. Систематизовано практики впровадження гнучких підходів (Scrum,

Kanban, Lean, SAFe, Design Thinking, DevOps) у сфері екологічного управління з урахуванням специфіки локальних ініціатив, корпоративного управління та цифрового моніторингу.

5. Міждисциплінарна AGILE-модель екологічного менеджменту є ефективним інструментом, який об'єднує комплекс знань із різних галузей та інтегрує сучасні цифрові технології й гнучкі управлінські практики. Ця модель сприяє всебічному підходу до реалізації цілей сталого розвитку, що передбачає збалансування економічних, соціальних і екологічних інтересів. Вона забезпечує гнучкість, оперативність та інноваційність, необхідні для успішної адаптації до швидкозмінного зовнішнього середовища та посилення екологічної відповідальності організацій. Міждисциплінарна модель AGILE-екоменеджменту представляє собою синтез гнучких управлінських практик, цифрових технологій і комплексного екологічного знання, спрямований на досягнення глобальних цілей сталого розвитку. Ця модель передбачає формування команд із експертів різних галузей – екології, ІТ, економіки, соціальних наук, які працюють у коротких ітеративних циклах, дозволяючи оперативно розробляти та впроваджувати ефективні екологічні рішення. Використання цифрових платформ для збору, обробки та аналізу даних сприяє підвищенню прозорості процесів і якості управлінських рішень. Такий підхід дозволяє організаціям не лише відповідати вимогам законодавства, а й створювати інноваційні продукти і послуги, які підтримують екологічну стійкість і соціальну відповідальність. Модель також стимулює культуру безперервного навчання і адаптації, що є необхідною умовою сталого розвитку в умовах постійних глобальних змін. Обґрунтовано взаємозв'язок між AGILE-культурою та формуванням екологічної свідомості персоналу, що забезпечує стійке впровадження екологічних змін у внутрішню організаційну екосистему.

6. У результаті дослідження філософських засад застосування цифрових технологій і штучного інтелекту в системах екологічного менеджменту було ґрунтовно проаналізовано їхній вплив на трансформацію сучасних екологічних практик та управлінських моделей. Визначено, що інтеграція цифрових інновацій не лише розширює технічні можливості моніторингу, прогнозування та контролю стану довкілля, а й формує нові світоглядні підходи до взаємодії людини і природи в умовах цифрової епохи. Проаналізовано філософські проблеми, пов'язані з етичністю використання штучного інтелекту, питаннями відповідальності, а також межами втручання технологій у природні системи. Особлива увага приділена узгодженню інноваційних технологій із фундаментальними гуманістичними цінностями та принципами сталого розвитку, що є ключовими

для забезпечення довгострокової екологічної безпеки. Досліджено взаємозв'язок між технологічним прогресом і філософськими концепціями техногуманізму, що сприяє формуванню гнучких, адаптивних моделей екологічного менеджменту, здатних ефективно реагувати на виклики глобалізації та цифровізації. Визначено, що філософські засади відіграють ключову роль у забезпеченні балансу між інноваціями та збереженням природного середовища, а також у формуванні нової культури відповідального ставлення до екології. Отже, системний філософський підхід до впровадження цифрових технологій і ІІІ у екологічний менеджмент є необхідною умовою для побудови етичної, ефективної та стійкої системи управління довкіллям у цифрову епоху. Це сприятиме не лише оптимізації технічних процесів, а й глибшому осмисленню ролі людини в екосистемі, що в кінцевому підсумку забезпечить гармонійне співіснування суспільства і природи.

Отже, розвиток екологічного менеджменту у контексті цифрової трансформації Індустрії 4.0 потребує впровадження міждисциплінарних підходів, які б дозволили поєднати сучасні технологічні інновації, гнучкі методології управління та філософські засади сталого розвитку і техногуманізму. AGILE-методологія в екологічному менеджменті виступає потужним механізмом адаптації до динамічних змін, підвищуючи ефективність і стійкість екологічних систем. Міждисциплінарна модель AGILE-екоменеджменту, об'єднуючи цифрові технології, інновації та ціннісні орієнтири, відкриває нові можливості для досягнення глобальних цілей сталого розвитку, сприяючи збереженню природних ресурсів та формуванню екологічно відповідального суспільства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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. “*Green Construction*” («Зелене будівництво») : матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції. Київ : Київський національний університет будівництва і архітектури. 2024. С. 11–16. URL: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/zbirnyk_gotovuj-4.pdf

2. Воронкова В. Г., Нікітенко В. О., Метеленко Н. Г., Оглобліна В. О. Зелена цифрова трансформація як драйвер сталого розвитку регіонів у повоєнному відновленні. *Educational discourse* : collection of scientific

papers / Chief Editor O. P. Kyvliuk, D. B. Svyrydenko. Kyiv : LLC “Scientific Information Agency “Science-technologies-information”, 2025. Volume 52 (1–2). P. 22–30. DOI: [https://doi.org/10.33930/ed.2019.5007.52\(1-2\)-3](https://doi.org/10.33930/ed.2019.5007.52(1-2)-3)

3. Воронкова В. Г., Нікітенко В.О, Метеленко Н. Г., Ажажа М. А. Цифровізація екологічного менеджменту та охорони довкілля як інструмент сталого розвитку. *Ukrainian science and education in the conditions of European integration* : collective monograph / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2024. 179 p. С. 24–38. https://www.eo.kiev.ua/resources/arhivMonographs/mono20/mono_20.pdf

4. Voronkova V., Nikitenko V. Oleksenko R., Andriukaitiene R., Kharchenko J., Kliuinenko. E. Digital technology evolution of the industrial revolution from 4G to 5G in the context of the challenges of digital globalization. *TEM Journal*. Vol. 12. Issue 2. P. 732–742. URL: https://www.temjournal.com/content/122/TEMJournalMay2023_732_742.pdf

5. 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*. Одеса : Причорноморський науково-дослідний інститут економіки та інновацій. 2025. Вип. С. 9–17. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.16-2>

6. Voronkova V., Nikitenko V., Metelenko N. AGILE-economy as a factor in improving the digital society. *Baltic Journal of Economic Studies*. Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2022, Vol. 8. No 2. P. 51–58. URL: <http://www.baltijapublishing.lv/index.php/issue/issue/view/113>

7. Voronkova V., Nikitenko V., Oleksenko, R., Andriukaitiene R., Polysaiev O. (). Environmental crisis overcoming as a factor for achieving economic sustainability in the context of the European green course. *Cuestiones Políticas*. 2023. № 41 (77). P. 612–629. DOI: <https://doi.org/10.46398/cuestpol.4177.41>

8. Voronkova V., Nikitenko V., Sobo Y, Oleksenko R., Zelenin Y., Kravchenko O., Levchenko L., Yukhymenko N. 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*. 2024. № 22 (1). P. 1522–1531. URL: https://pjlss.edu.pk/articles/2024_1/1522-1531.htm

9. Воронкова В., Череп А., Нікітенко В., Череп О. Вплив цифрових технологій на циркулярну економіку як чинник сталого процвітання та екозбалансованого розвитку. *Laisvalaikio tyrimai: elektroninis mokslo žurnalas*. *Laisvalaikio tyrimai: elektroninis mokslo žurnalas*. 2024.

eISSN 2345-0339. С. 15–23. URL: <https://journals.lsu.lt/laisvalaikio-tyrimai/article/view/1227/997>

10. Воронкова В. Г., Нікітенко В. О. Філософія цифрової людини і цифрового суспільства: теорія і практика : монографія. Львів-Торунь : Liha-Pres, 2022. 460 с. URL: <https://oldis.lus.uahttp172.pdf>

11. Воронкова В. Г., Метеленко Н. Г., Ажажа М. А., Арабаджієв Д. Ю., Нікітенко В. О., Дашков А. О., Венгер О. М., Фурсін О. О., Шарапова Т. А., Цикін Д. С. Інтеграція цифрових технологій в систему безпеки: адаптація до нових викликів і можливостей. *Цифрова трансформація промислового менеджменту у контексті викликів, можливостей та змін* : колективна монографія / за ред. д.ф.н., проф. В. Г. Воронкової, д.е.н., проф. Н. Г. Метеленко Львів-Торунь : Liha-Pres, 2024. С. 432–562. URL: https://dspace.znu.edu.ua/xmlui/handle/12345/24045_432-562.

12. Воронкова В., Нікітенко В. Світові тенденції переходу до сталого розвитку на основі цифрових технологій (на прикладі США і Китаю). *Modern trends in science and practice* : collective monograph. Volume 2. California : GS Publishing. Services. 2022. С. 31–40. URL: <https://www.eo.kiev.ua/resources/arhivMonographs/monoForSite6.pdf>

13. Voronkova V., Nikitenko V., Vasylychuk G. (2023). Foreign experience in implementing digital education in the context of digital economy transformation. *Baltic Journal of Economic Studies*. № 9 (3). P. 56–65. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2023-9-3-56-65>

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

15. Воронкова В. Г., Нікітенко В. О., Метеленко Н. Г., Оглобліна В. О. Зелена цифрова трансформація як драйвер сталого розвитку регіонів у повоєнному відновленні. *Educational discourse* : collection of scientific papers / Chief Editor O. P. Kyvliuk, D. B. Svyrydenko. Kyiv : LLC “Scientific Information Agency “Science-technologies-information”. 2025. Vol. 52 (1–2). 118 p. P. 22–30. DOI 10.33930/ed.2019.5007.52(1-2)-3

16. Voronkova V. Nikitenko V. Oleksenko R. Blyznyiuk A., Kolokolchukova I., Pyurko, O., Arabadzhy-Tipenko L., Chernenko K. The Impact of Digital Innovations on Sustainable Agricultural Practices in Europe (Вплив цифрових інновацій на практику сталого сільського господарства в Європі). *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*. 2025. № 23 (1). P. 151–160. URL: www.pjlss.edu.pk; <https://doi.org/10.57239/PJLSS-2025-23.1.0013>

RESEARCH ARTICLE

17. Gramchuk M., Nikitenko V. The influence of smart technologies on quality of life: a multidimensional philosophical perspective (Використання штучного інтелекту (AI) в управлінні smart city: соціально-філософський аналіз). *Educational discourse* : collection of scientific papers / Chief Editor O. P. Kyvliuk, D. B. Svyrydenko. Kyiv : LLC “Scientific Information Agency “Science-technologies-information”, 2025. Volume 52 (1–2). 118 p. P. 83–89.

18. Кивлюк О. П., Воронкова В. Г. Філософська рефлексія інформаційної безпеки у цифровому середовищі: проблеми, ризики, правове забезпечення. *Innovative resources of modern science* : collective monograph / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2022. P. 160–172. URL: https://www.eo.kiev.ua/resources/zmist/mono9/Monograph_9-160-172.pdf

19. Krupa A., Nikitenko V, Voronkova V. The Role of Digital Technologies in Addressing Today’s Global Challenges. (Роль цифрових технологій у вирішенні сучасних глобальних викликів). *Baltic Journal of Economic Studies*, 2024. № 10 (3). С. 193–200.

20. Metelenko, N., Nikitenko, V., & Menailo, V. Development of the smart economy as the main source of competitiveness and sustainable development. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2024. № 10 (2). P. 187–195. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-2-187-195>

21. Метеленко Н. Г., Нікітенко В. О., Воронкова В. Г. Реалізація зеленої стратегії у контексті парадигми ESG (Environmental, Social, Governance). “*Green Construction*” («Зелене будівництво») : матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. Київ : Київський національний університет будівництва і архітектури. 2024. С. 230–235. URL: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/zbirnyk_gotovyj-4.pdf

22. Метеленко Н. Г., Воронкова В. Г., Нікітенко В. О., Оглобліна В. О., Белоконь К. В. Синергія цифровізації та екологічної стійкості: моделі впровадження зелених технологій у регіональний розвиток. *Education and science: theory&praxis* : collective monograph / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2025. С. 50–68. DOI: 10.51587/9798-9917-51919-2025-022-50-68

23. Метеленко Н., Воронкова В., Нікітенко В., Венгер О., Архіпов В. Становлення і розвиток концепції економіки та управління бізнесом в умовах сучасних динамічних змін. *Humanities studies* : Collection of Scientific Papers / Ed. V. Voronkova. Zaporizhzhia: Publishing house “Helvetica”, 2025. № 22 (99). P. 252–261. DOI: <https://doi.org/10.32782/hst-2025-22-99-28>

24. Metelenko N., Voronkova V., Nikitenko V., Tubolets I., Zelenin Y., Marchenko O., Babko N., Podakov E., Salnikova M. Integration of Environmental Technologies into Industrial Management as a Tool for Ensuring

Sustainable Development (Інтеграція екологічних технологій у промисловий менеджмент як інструмент забезпечення сталого розвитку). *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*. 2025. № 23 (1). С. 230–237.

25. Nikitenko V., Voronkova V., Kaganov Y. (2022). The concept of developing a “blue economy” as a basis for sustainable development. *Baltic Journal of Economic Studies*. Volume 8 Number 5. Riga, Latvia : “Baltija Publishing”. P. 139–145. URL: <http://www.baltijapublishing.lv/index.php/issue/article/view/1987>

26. Nikitenko V., Voronkova V., Oleksenko R., Matviienko H., Butkevych O. (2023). Sustainable agricultural development paradigm formation in the context of managerial experience of industrialized countries (Формування парадигми сталого розвитку сільського господарства в контексті управлінського досвіду промислово розвинених країн). *Revista de la universidad del ZULIA*. 3ª época. Año 14Nº 39. 81–97. DOI: <http://dx.doi.org/10.46925/rdluz.39.05>

27. Промисловий потенціал складних соціально-економічних систем цифрового суспільства: макро-, мезо- та мікрорівень : колективна монографія / за ред. д.філософ.н., проф. В. Г. Воронкової, д.е.н., проф. Н. Г. Метеленко Запоріжжя : Видавний дім «Гельветика». 2022. 480 с. URL: <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/handle/12345/7043>

28. Теоретико-методичні основи забезпечення соціально-економічної безпеки економіки України в умовах діджиталізації бізнес-процесів : колективна монографія / А. В. Череп, В. Г. Воронкова, І. М. Дашко, Ю. О. Огренич, О. Г. Череп. Львів – Торунь : Liha-Pres, 2024. 202 с. DOI: <https://doi.org/10.36059/978-966-397-424-8>

29. Цифрова трансформація промислового менеджменту: теорія і практика : монографія / за ред. д.філософ.н., проф. В. Г. Воронкової, д.е.н., проф. Н. Г. Метеленко. Львів – Торунь : Liha-Pres, 2023. 816 с. URL: <http://catalog.liha-pres.eu/index.php/liha-pres/catalog/book/225>

30. Цифрова трансформація промислового менеджменту у контексті викликів, можливостей та змін : колективна монографія / за ред. д.ф.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>

31. Cherep A., Voronkova V., Cherep O., Tomareva-Patlakhova V., Gamova O., Mostenska T. Development of the Concept of Transformation of Social and Economic Processes in the Context of the Fourth Industrial Revolution In: Mansour, N., Bujosa Vadell, L. M. (eds) Green Finance and Energy Transition. Contributions to Finance and Accounting. *Springer, Cham*. 2024. P. 103–113. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_32

32. Череп А. В., Воронкова В. Г., Череп О. Г., Нікітенко В. О. Штучний інтелект як інструмент забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку. Ukrainian science and education in the conditions of European integration : collective monograph / S Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov herman Oaks, California : GS Publishing Services, 2024. С. 39–54. DOI: <https://doi.org/10.51587/9798-9895-14670-2024-020>

33. Cherep A. V., Voronkova V. H. Bekhter L. A., Cherep O. H., Lyshchenko E. G. (2023). Minimization of information security risks amid the challenges of digital society (Мінімізація ризиків інформаційної безпеки в умовах викликів цифрового суспільства). *Artificial intelligence: an era of new threats or opportunities* : monograph. Edited by Irina Tatomyr, Liubov Kvasnii. Praha: Oktan print. P. 190–201. DOI: <https://doi.org/10.46489/aiacont-23-23>

34. Череп А., Воронкова В., Андрюкайтене Р., Денисенко М. Соціально-економічна безпека у контексті міжнародного економічного клімату задля забезпечення конкурентоспроможності економіки. *Acta Academiae Berengasiensis. Economics*. Вип. 3 (2023). Volum 3 (2023). С. 172–179. DOI: <https://doi.org/10.58423/2786-6742/2023-3-172-179>

35. Череп А. В., Воронкова В. Г., Череп О. Г. Штучний інтелект як драйвер економічної трансформації: стратегічні вектори розвитку. *Education and science: theory&praxis* : collective monograph / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2025. P. 69–82. DOI: [10.51587/9798-9917-51919-2025-022-69-83](https://doi.org/10.51587/9798-9917-51919-2025-022-69-83)

36. Череп А. В., Воронкова В. Г. Європейські практики діджиталізації як інструмент забезпечення соціально-економічної безпеки. *Менеджмент та маркетинг як фактори розвитку бізнесу* : матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції 17–19 квітня 2024 р. Електронне видання у 2 т. / відп. ред. та упоряд. В. В. Храпкіна, К. В. Пічик. Київ : Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», 2024. Т 2. С. 396–400. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/44750/1/TEZY.pdf>

37. Cherep A., Voronkova V. Cherep O., Ohrenych Y., Dashko I, Kotliarov V. The Impact of Artificial Intelligence on the Level of Socio-Economic Security of Ukraine in the Context of Modern European Integration Challenges. *Journal: Navigating the Technological Tide: The Evolution and Challenges of Business Model Innovation Lecture Notes in Networks and Systems*. 2024. P. 320–33. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-67434-1_30

38. 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* / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board

S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2023. P. 96–113. DOI: 10.51587/9798-9866-95976-2023-014-96-113.

39. John Elkington. *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Oxford, USA: Capstone Publishing, 1997. 400 s.

40. Paul Hawken. *The Ecology of Commerce*. New York, USA: HarperBusiness, 1993. 288 s.

41. Amory B. Lovins. *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*. Boston, USA: Little, Brown and Company, 1999. 400 s.

42. Joseph Sarkis. *Corporate Environmental Management: Systems and Strategies*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2001. 350 s.

43. Robert D. Kaplan. *Managing Environmental Risk*. New York, USA: Wiley, 1998. 290 s.

44. Andrew J. Hoffman. *Competitive Environmental Strategy: A Guide for the Changing Business Landscape*. Washington, D. C., USA: Island Press, 2000. 350 s.

45. Janez Potočnik. *Towards a Green Economy*. Brussels, Belgium: European Commission Publications, 2011. 150 s.

46. Walter R. Stahel. *The Circular Economy: A User's Guide*. London, UK: Routledge, 2016. 120 s.

47. Thomas P. Lyon. *Environmental Governance: Institutions, Policies, and Actions*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 2013. 280 s.

48. Smith J., Johnson E. *Environmental Management in the Digital Age: Innovations and Challenges* / J. Smith, E. Johnson. New York, USA: Springer, 2022. 310 p.

49. Brown L., Green M. *Sustainable Environmental Practices in Industry* / L. Brown, M. Green. London, UK: Palgrave Macmillan, 2021. 275 p.

50. Chen Y., Lopez R. *Digital Transformation and Environmental Sustainability* / Y. Chen, R. Lopez. Singapore: Springer, 2023. 320 p.

51. Michael E. Porter. *Green and Competitive: Ending the Stalemate*. Boston, USA: Harvard Business Review Press, 1995. 30 s.