

goods]. *Ekonomika ta suspilstvo*, 67. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-90>

Liberto, D. (2024). *Consumer Sentiment: Definition, Measurement, and Importance*. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/c/consumer-sentiment.asp>

Naida, R., Lebedynets, T., & Vovk, L. (2023). Teoretychni modeli spozhyvchoi psykholohii: vplyv na rynkovu povedinku [Theoretical models of consumer psychology: influence on market behavior]. *Ekonomichnyi chasopys-XXI*, 176(3), 40–44. <https://doi.org/10.21003/ea.V176-03>

Nakonechna, T., Blystiv, I., & Burak, V. (2023). Modeliuvannia spozhyvchoi povedinky v umovakh transformatsii systemy suspilnykh tsinnosti [Modeling consumer behavior in the context of transformation of the system of social values]. *Ekonomika i suspilstvo*, 43, 102–108. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-43-13>

Proskurnina, N., Bestuzheva, S., & Kozub, V. (2022). Analitichni aspekty doslidzhennia povedinky spozhyvachiv v umovakh tsyvrovizatsii ekonomiky Ukrainy [Analytical aspects of consumer behavior research in the context of digitalization of the economy of Ukraine]. *Ekonomika ta suspilstvo*, 36. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-36-4>

Valentia, A. (2023). *The theory of consumer choice: understanding the decision-making process*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4508226>

Zhurylo, V. V. (2022). Otsinka ta analiz pokaznykiv spozhyvchoi loialnosti u marketynhovii diialnosti kompanii [Evaluation and analysis of consumer loyalty indicators in the marketing activities of the company]. *Skhidna Yevropa: ekonomika, biznes ta upravlinnia*, 34, 87–95. <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/8852>

УДК 502.131.1:330.15(477)

JEL Classification: Q01; Q20; Q28; Q58; C61

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-8-135-142>

МОДЕЛЬ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПРИРОДНИМИ РЕСУРСАМИ ДЛЯ УКРАЇНИ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

© 2025 ХВЕСИК М. А., ЛЕВКОВСЬКА Л. В., БОЙКО В. В.

УДК 502.131.1:330.15(477)

JEL Classification: Q01; Q20; Q28; Q58; C61

Хвесик М. А., Левковська Л. В., Бойко В. В. Модель адаптивного управління природними ресурсами для України в умовах невизначеності

У статті розроблено й обґрунтовано концептуальну модель адаптивного управління природними ресурсами та охороною довкілля для України в умовах зростаючої невизначеності, кліматичних загроз і масштабних екологічних викликів, що посилюються наслідками війни. Автори підкреслюють, що традиційні ієрархічні моделі управління дедалі частіше виявляються неефективними, а тому нагальною є потреба переходу до сучасних гнучких механізмів, заснованих на постійному моніторингу, зворотному зв'язку, інклюзивності та здатності системи до навчання. Запропонована модель інтегрує шість ключових кластерів: циклічне управління зворотного зв'язку, комбіновану активну / пасивну стратегію, сценарне планування, співуправління на рівні громад, цифровізацію процесів управління та гнучке регулювання. Кожен кластер передбачає використання інноваційних інструментів – від цифрових індикаторів якості довкілля та динамічних екопрофілів територій до створення екологічних рад у громадах, цифрових двійників природних систем і адаптивних податкових механізмів. Окремо розроблено математичний апарат оцінки ефективності моделі, що поєднує індикаторний підхід, багатокритеріальний аналіз і ризик-орієнтоване моделювання. Система дозволяє об'єктивно оцінювати результативність управління, рівень адаптивності та ризикове навантаження у динаміці часу. Впровадження такої моделі сприятиме підвищенню прозорості екологічної політики, інтеграції України до європейського та глобального простору сталого розвитку, а також створить міцне методичне підґрунтя для залучення міжнародного фінансування «зелених» проєктів. Запропонований підхід може стати стратегічною платформою для екологічної відбудови у післявоєнний період, забезпечуючи збалансоване поєднання наукових підходів, цифрових технологій та інклюзивності управлінських рішень.

Ключові слова: адаптивне управління, природні ресурси, механізм оцінювання, сталий розвиток.

Рис.: 1. Формул: 5. Бібл.: 9.

Хвесик Михайло Артемович – доктор економічних наук, професор, академік НАН України, Інститут демографії та досліджень якості життя імені Михайла Птухи НАН України (бульвар Шевченка, 60, Київ, 01032, Україна)

Левковська Людмила Володимирівна – доктор економічних наук, професор, Інститут демографії та досліджень якості життя імені Михайла Птухи НАН України (бульвар Шевченка, 60, Київ, 01032, Україна)

E-mail: levlv@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7823-7062>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57731836400>

Бойко Володимир Володимирович – кандидат економічних наук, старший науковий співробітник відділу природних ресурсів та екологічної безпеки, Інститут демографії та досліджень якості життя імені Михайла Птухи НАН України (бульвар Шевченка, 60, Київ, 01032, Україна)

E-mail: Volodymyr.boiko@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6399-8926>

Khvesyk M. A., Levkovska L. V., Boiko V. V. A Model of Adaptive Natural Resource Management for Ukraine under Conditions of Uncertainty

The article develops and justifies a conceptual model of adaptive management of natural resources and environmental protection for Ukraine amid growing uncertainty, climate threats, and large-scale environmental challenges compounded by the consequences of the ongoing war. The authors emphasize that traditional hierarchical management models are increasingly proving ineffective, making it urgent to transition to modern flexible mechanisms based on continuous monitoring, feedback, inclusiveness, and the system's learning capacity. The proposed model integrates six key clusters: cyclical feedback management, a combined active/passive strategy, scenario planning, co-management at the community level, digitization of management processes, and flexible regulation. Each cluster involves the use of innovative tools – from digital environmental quality indicators and dynamic eco-profiles of territories to the establishment of ecological councils in communities, digital twins of natural systems, and adaptive tax mechanisms. Separately, a mathematical framework has been developed to assess the efficiency of the model, combining an indicator-based approach, multi-criteria analysis, and risk-oriented modeling. The system enables an objective assessment of management performance, adaptability, and risk load over time. Implementing such a model will promote greater transparency in environmental policy, integrate Ukraine into the European and global sustainable development framework, and provide a solid methodological foundation for attracting international funding for «green projects». The proposed approach could become a strategic platform for ecological restoration in the post-war period, providing a balanced integration of scientific methods, digital technologies, and inclusiveness in management decisions.

Keywords: adaptive management, natural resources, assessment mechanism, sustainable development.

Fig.: 1. Formulae: 5. Bibl.: 9.

Khvesyk Mykhailo A. – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Academician of NAS of Ukraine, M. Ptukha Institute of Demography and Quality of Life Research of the National Academy of Sciences of Ukraine (60 Shevchenko Blvd., Kyiv, 01032, Ukraine)

Levkovska Liudmyla V. – Doctor of Sciences (Economics), Professor, M. Ptukha Institute of Demography and Quality of Life Research of the National Academy of Sciences of Ukraine (60 Shevchenko Blvd., Kyiv, 01032, Ukraine)

E-mail: levlv@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7823-7062>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorid=57731836400>

Boiko Volodymyr V. – Candidate of Sciences (Economics), Senior Research Fellow of the Department of Natural Resources and Environmental Safety, M. Ptukha Institute of Demography and Quality of Life Research of the National Academy of Sciences of Ukraine (60 Shevchenko Blvd., Kyiv, 01032, Ukraine)

E-mail: Volodymyr.boiko@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6399-8926>

У XXI столітті держави стикаються з дедалі складнішими екологічними викликами – зміною клімату, деградацією екосистем, дефіцитом водних ресурсів, забрудненням повітря тощо. В умовах глобальної невизначеності та швидкоплинних змін традиційні, жорстко ієрархічні системи екологічного управління дедалі частіше виявляються неефективними. На зміну їм приходить адаптивне управління, яке спирається на наукове знання, гнучкість рішень, постійний моніторинг і навчання в процесі взаємодії суспільства і природи.

Країни з розвинутою економічною та екологічною політикою – США, Канада, Нідерланди, Німеччина, Австралія та ін. – вже багато років застосовують адаптивне управління у сферах управління водними ресурсами, атмосферним повітрям, охорони біорізноманіття та реагування на зміну клімату.

Приклади таких систем – програма «Room for the River» у Нідерландах, EPA Air Quality Management Cycle у США, співуправління рибними ресурсами в Канаді, адаптаційна стратегія для Великого Бар'єрного рифу в Австралії – демонструють ефективність моделей, які здатні навча-

тись, коригуватися та передбачати зміни у майбутньому.

У сучасних дослідженнях з адаптивного управління українські науковці зосереджують увагу на розробленні адаптивних інформаційно-аналітичних систем для моніторингу та управління в умовах невизначеності й актуального сьогоденні воєнного стану. Так, Іващенко Т. Г. у своїй дисертації обґрунтував концепцію автоматизованої системи підтримки прийняття рішень у сфері екологічної безпеки з урахуванням ризик-орієнтованого підходу та даних дистанційного зондування [1]. У роботах Ушенко Н. В. та Супрунук В. С. розглянуто адаптивне управління в умовах кризових змін, а саме через призму реорганізації управлінських процесів в оборонній сфері [2].

Окрім цього, актуальними залишаються питання адаптивного управління в надзвичайних екологічних ситуаціях, які розкрито у працях Хомика М. М., з акцентом на інтеграцію військово-екологічного виміру [3].

У закордонних дослідженнях спостерігається посиленна увага до поєднання адаптивного управління з інструментами штучного інтелекту, машинного навчання та великих даних. Так, С. Огоро, А.

Лопес і О. Унуріоде запропонували інтелектуальну систему попередження лісових пожеж на базі мереж 5G та Інтернету речей (IoT), яка дозволяє адаптивно реагувати на зміни середовища в режимі реального часу [4].

Я. Раматі запропонував AI-фреймворк для збереження біорізноманіття міських екосистем із залученням етичних стандартів використання даних [5].

М. Чапман, А. Ху, М. Лапейролері та К. Беттігер дослідили можливості інтеграції навчання з підкріпленням (доведенням) (reinforcement learning) в системи адаптивного управління для покращення довготривалого прогнозування наслідків управлінських дій [6].

Розвиток концепції адаптивного управління в екологічній політиці та природокористуванні протягом останніх десятиліть супроводжувався впровадженням низки моделей, зокрема активного / пасивного адаптивного управління, ітеративного циклу політик, сценарного планування, моделі співуправління. Однак, незважаючи на успіхи у впровадженні цих підходів на практиці (в Канаді, США, ЄС), у сфері розробки цілісних, масштабованих і структурованих моделей адаптивного управління, особливо для країн з перехідною економікою, таких як Україна, залишалося низка нерозв'язаних проблем.

Відсутність комплексної інтегрованої моделі, недостатня операціоналізація ефективності, ігнорування українського контексту, недостатній акцент на зворотний зв'язок є ключовими прогалинами та викликами, які не були системно вирішені раніше.

Метою статті є розробка та обґрунтування моделі адаптивного управління природними ресурсами та охороною довкілля, орієнтованої на український контекст, із урахуванням кращих міжнародних практик, сучасних управлінських концепцій та потреб післявоєнної екологічної відбудови.

При побудові моделі адаптивного управління природними ресурсами було використано комплекс міждисциплінарних методів, які охоплюють як системний аналіз, так і механізми прикладної математичної формалізації управлінських процесів.

Системний аналіз використано для виявлення структурних компонентів адаптивного управління, а саме акторів, ресурсів, зворотного зв'язку, зовнішніх впливів, а також дозволив сформувати циклічну структуру управлінського процесу з логікою етапів.

Метод аналогій дозволив здійснити короткий порівняльний аналіз міжнародних моделей.

Метод сценарного планування закладено як основу планувального блоку, а саме: тестування альтернатив, оцінка наслідків, гнучке планування.

Окрім цього, при побудові математичного апарату використано індикаторно-інтегральний метод, багатокритеріальний аналіз, аналіз ризиків (risk impact modelling), методи зворотного зв'язку та динаміки, принципи моделювання складних систем.

Для України, яка в майбутньому переживатиме глибоку повоєнну трансформацію як у природоохоронній сфері, так і в управлінні національними ресурсами, впровадження адаптивного підходу є критично важливим.

Це не лише відповідь на екологічні виклики, пов'язані з наслідками війни, зміною клімату та деградацією природного потенціалу, а й можливість побудови сучасної, прозорої та ефективної екологічної політики.

Застосування найкращих світових практик дозволить Україні не проходити важкий шлях розробки власних засад, тобто повторно «винаходити колесо», а інтегрувати перевірені часом моделі – ітеративного управління, активного експериментування, співучасті громад, багаторівневого моніторингу, цифрової трансформації тощо. На основі такого підходу доцільно створити національну модель адаптивного управління природними ресурсами та навколишнім природним середовищем, яка буде відповідати реаліям країни, але водночас – інтегрована в європейський та глобальний контексти сталого розвитку.

Вбачаємо, що таку модель варто розбити на *кластери*, які включатимуть в себе специфічні набори інструментів управління. Її основною (але не визначальною) складовою має стати *циклічне управління зворотного зв'язку*.

Циклічне управління зворотного зв'язку – це підхід до управління, який прийшов в управлінську сферу із IT-сфери, передбачає постійне оновлення та коригування стратегій на основі отриманого зворотного зв'язку [7]. Цей підхід особливо актуальний у сфері охорони довкілля, де умови можуть змінюватися швидко та непередбачувано.

Циклічне управління зворотного зв'язку складається з таких основних етапів:

- ✦ *формулювання проблеми*: визначення екологічної проблеми та цілей управління;
- ✦ *розробка стратегій*: створення можливих варіантів дій для досягнення поставлених завдань;
- ✦ *впровадження*: реалізація обраної стратегії на практиці;

- ★ *моніторинг*: збір даних про результати впровадження стратегії;
- ★ *оцінка*: аналіз отриманих даних для визначення ефективності стратегії;
- ★ *коригування*: внесення змін до стратегії на основі результатів оцінки.

Відповідно, цей процес повторюється, утворюючи *цикл*, який дозволяє адаптувати управління до нових умов та інформації.

У запропонованій моделі цикл виглядає як ланцюг: Аналіз → Планування → Впровадження → Моніторинг → Оцінка → Перегляд → Адаптація. При цьому логічний базис для функціонування ланцюга полягає у використанні цифрових індикаторів якості довкілля (наприклад, забруднення повітря PM2.5, скиди забруднювачів у поверхневі чи підземні води, лісистість, розораність тощо) на основі яких можна створити динамічні екопрофілі досліджуваних територій (наприклад районів чи регіонів).

Наступним кластером є *комбінована активна / пасивна стратегія*. Комбінована активна / пасивна стратегія адаптивного управління – це підхід, який поєднує елементи активного експериментального управління та пасивного навчання на основі результатів минулих рішень, з урахуванням контексту, ризиків, ресурсів та рівня невизначеності. Такий підхід забезпечує гнучкість, економічність і поступове підвищення ефективності управління природними ресурсами та довкіллям. При цьому комбінована стратегія передбачає *активне управління* там, де рівень невизначеності високий, наслідки помилок – некритичні, де існує можливість організувати контрольовані експерименти і потрібно вивчити альтернативні підходи. *Пасивне управління* застосовується там, де ситуація більш передбачувана, доступні надійні ретроспективні дані, де зміни вимагають великих витрат або пов'язані з ризиком, а система стабільна й ефективна в поточній конфігурації управління [8].

Третім кластером є *сценарне моделювання для стратегічного планування* із використанням трьох базових сценаріїв:

- ★ «Зелене зростання» – орієнтація на еко-технології та інвестиції.
- ★ «Реактивна стабілізація» – реагування на кризи (війни, екологічні катастрофи, стихійні лиха тощо).
- ★ «Децентралізована відповідальність» – передача частини функцій громадам.

Цей кластер впливає на безпосереднє визначення комірки «планування» у ланцюгу циклічного управління. При цьому кожен сценарій застосовується при відповідній ситуації, що склалася.

До прикладу, якщо екологічна ситуація стабільна, а управління природними ресурсами не має істотних вад, то подальше управління буде орієнтуватися на децентралізацію і переважну відповідальність громад за дотриманням відповідного екологічного порядку.

Четвертий кластер – *співуправління на рівні громад* (в країнах Заходу відомий як Co-Governance). Він включає створення екологічних рад при об'єднаних територіальних громадах, партнерство з неурядовими організаціями, бізнесом (наприклад, у водному або лісовому господарстві), а також субсидіарне управління у форматі громада → область → держава.

П'ятий кластер – *диджиталізація процесів управління*. Українська держава має один із передових світових досвідів у розвитку «цифрової держави». Таким чином, наявні напрацювання у сфері цифровізації державного управління можна залучити й в екологічну сферу. На цьому шляху доцільно:

- ★ створити державний інтерактивний екологічний портал, на якому були б наявні інтерактивні карти, API з моніторингу, різноманітні відкриті екологічні дані тощо;
- ★ застосування цифрових двійників (наприклад у водному та промисловому контролі);
- ★ прогнозування змін за допомогою моделей AI (штучного інтелекту).

Звісно, що впровадження будь-якої моделі адаптивного управління не може здійснитись без *гнучкого регулювання*, що є шостим кластером моделі. Гнучке регулювання передбачає замість жорстких нормативних приписів використання адаптивних, контекстних і стимулювальних інструментів, що можуть змінюватися відповідно до динаміки середовища, нових знань і ризиків.

На відміну від жорсткого регулювання, яке вимагає суворого дотримання фіксованих правил, гнучке регулювання дозволяє варіювати інструменти залежно від обставин, враховувати зворотний зв'язок та результати моніторингу, а також підлаштовуватися до нових технологій чи ситуацій без повного перегляду законодавства. Серед яскравих інструментів гнучкого регулювання є:

- ★ пілотування екологічних політик перед їх масштабуванням на державний рівень;
- ★ впровадження екологічних податків з адаптивним коефіцієнтом – залежно від ризику території;
- ★ система «зеленої амністії» з подальшою відповідальністю (для бізнесу, який переходить на передові екологічні стандарти).

Таким чином, враховуючи вищезазначене можна побудувати і відобразити у графічному вимірі модель адаптивного управління природними ресурсами та навколишнім природним середовищем, яка включає всі перелічені класи з відповідними логічними зв'язками та впливами включених в модель структур (рис. 1).

Відповідно, впровадження такої моделі адаптивного управління має поділятися на етапи:

1. *Підготовчий етап.* Головні цілі: оцінити поточну систему управління і визначити відповідальних органів / стейкхолдерів. Кроки: створення робочої групи (експерти, екологи, громади), аналіз наявних політик, даних, індикаторів і визначення пілотного регіону або ОТГ.
2. *Побудова аналітичної бази.* Головна ціль: створити екологічний профіль території. Кроки: збір екологічних даних (повітря, вода, ґрунт, ресурси), SWOT-аналіз екосистем і ресурсів, визначення базових індикаторів моніторингу (забруднення PM2.5 тощо).
3. *Стратегічне планування.* Головна ціль: розробка сценаріїв управління. Кроки: проведення громадських консультацій, моделювання альтернатив розвитку (економіка-природа), пріоритизація цілей (наприклад, зниження забруднення на певний відсоток).
4. *Впровадження рішень.* Головна ціль: початок дій у політиці, інфраструктурі, освітніх програмах. Кроки: запуск пілотних проєктів (очищення води, лісовідновлення), укладання угод про співпрацю (з бізнесом, НУО), публікація політик та планів дій.
5. *Системний моніторинг.* Головна ціль: збір зворотного зв'язку. Кроки: використання сенсорів, супутникових даних, опитувань, інтеграція даних у дашборд (наприклад, «Екопортал громади»), регулярне звітування громадськості.
6. *Оцінка ефективності.* Головна ціль: зрозуміти, які з інструментів спрацювали, а які – ні. Кроки: аналіз зміни індикаторів та впливу рішень, порівняння сценаріїв і реальних результатів, використання методу «Lessons Learned». Lessons Learned – це процес і результат аналізу реалізованих заходів, під час якого визначаються: що було зроблено правильно; що пішло не так; чого вдалося досягти; що потрібно змінити або покращити у майбутньому [9].
7. *Перегляд та адаптація.* Головна ціль: модернізувати політику та структури управ-

ління. Кроки: перегляд нормативних актів і бюджетів, проведення навчань для персоналу, оновлення інструментів участі громад.

Як і будь-яка модель, запропонована модель адаптивного управління має бути оцінена після її реалізації. На наш погляд, найбільш доцільно буде розробити математичний механізм оцінювання ефективності моделі адаптивного управління природними ресурсами та навколишнім природним середовищем, що базується на індикаторному підході, теорії багатокритеріальної оцінки та динамічних зворотних зв'язках.

Пропонуємо математичне оцінювання здійснювати за такою структурою:

1. Оцінка результативності $P(t)$:

$$P(t) = \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot \left(\frac{I_i^{bas} - I_i(t)}{I_i^{bas}} \right), \quad (1)$$

де $I_i(t)$ – значення i -го індикатора в момент часу t (наприклад, PM2.5, якість води тощо);

I_i^{bas} – базове значення (до початку впровадження);

ω_i – вага кожного індикатора (залежно від його значущості);

n – кількість екологічних/соціальних індикаторів.

2. Оцінка адаптації $A(t)$:

$$A(t) = \frac{N_{кор}}{N_{усн}} \cdot \left(1 - \frac{\Delta T_{реакц}}{T_{дон}} \right), \quad (2)$$

де $N_{кор}$ – кількість змін/адаптацій політик;

$N_{усн}$ – кількість вдалих змін (які призвели до покращень);

$\Delta T_{реакц}$ – середній час реакції на нові виклики;

$T_{дон}$ – допустимий час реагування.

3. Оцінка ризику $R(t)$:

$$R(t) = \sum_{j=1}^m P_j \cdot C_j, \quad (3)$$

де P_j – імовірність j -го ризику (наприклад, повінь, пожежа, забруднення);

C_j – екологічна або економічна вартість впливу цього ризику;

m – кількість врахованих загроз.

Таким чином, загальна формула для оцінки $E(t)$ отримує вигляд:

$$E(t) = \alpha \cdot P(t) + \beta \cdot A(t) + \gamma \cdot R(t), \quad (4)$$

де $P(t)$ – ступінь досягнення екологічних та управлінських цілей;

$A(t)$ – рівень адаптивності системи (здатність коригуватись);

$R(t)$ – ризикове навантаження (зовнішні виклики, недосконалість рішень);

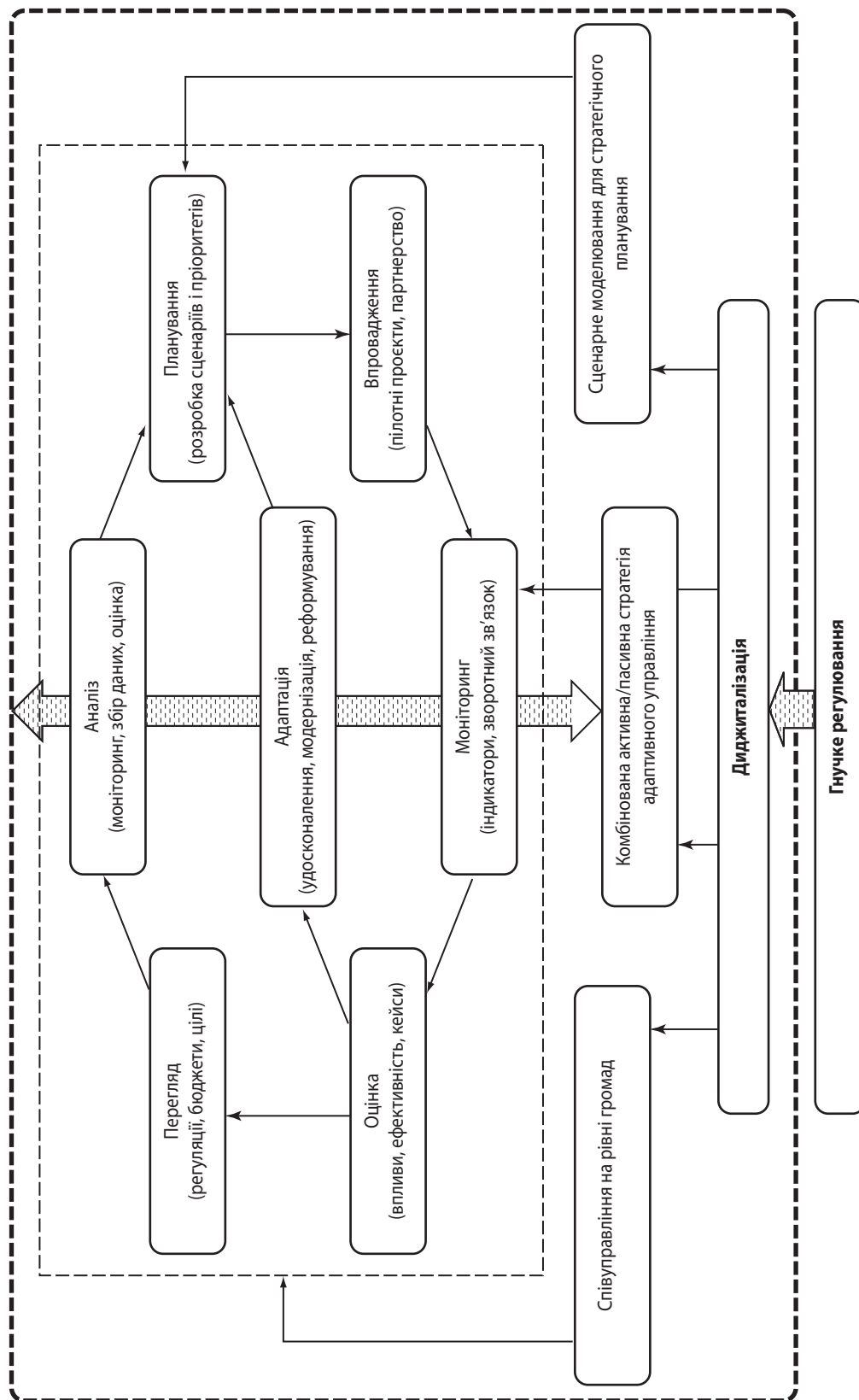


Рис. 1. Концептуальна модель адаптивного управління природними ресурсами та навколишнім природним середовищем

Джерело: розроблено авторами

α , β , γ – вагові коефіцієнти, що залежать від пріоритетів (наприклад, для екологічних цілей $\alpha > \beta > \gamma$).

А в розгорнутому вигляді має такий вигляд:

$$E(t) = \alpha \left(\sum_{i=1}^n \omega_i \cdot \left(\frac{I_i^{баз} - I_i(t)}{I_i^{баз}} \right) \right) + \beta \left(\frac{N_{кор}}{N_{усн}} \cdot \left(1 - \frac{\Delta T_{реакц}}{T_{дон}} \right) \right) - \gamma \left(\sum_{j=1}^m P_j \cdot C_j \right). \quad (5)$$

Критерії ефективності (інтерпретація $R(t)$) пропонуємо визначати таким чином:

$E(t) > 0,7$ – висока ефективність моделі;

$0,4 < E(t) \leq 0,7$ – помірна, стабільна модель;

$E(t) \leq 0,4$ – модель потребує перегляду або перезапуску.

Запропонований математичний апарат є універсальним інструментом, який дозволяє об'єктивно та динамічно оцінювати ефективність функціонування системи адаптивного управління природними ресурсами та навколишнім природним середовищем в контексті українських реалій. Він поєднує у собі найкращі елементи міжнародного індикаторного моніторингу, оцінки ризиків і аналізу адаптаційної здатності політик.

До його ключових переваг слід віднести:

- ✦ *інтегративність* – враховує не лише досягнення запланованих цілей (екологічних, управлінських), а й адаптивну здатність системи до змін, а також зовнішнє ризикове навантаження. Це дозволяє отримати реалістичну, збалансовану оцінку;
- ✦ *гнучкість і масштабованість* – формули можна адаптувати для різних рівнів управління – від національного до рівня ОТГ або конкретного екологічного проекту. Модель є масштабованою за кількістю індикаторів і гнучкою за ваговими коефіцієнтами;
- ✦ *динамічний підхід* – завдяки включенню часового параметра t , модель дозволяє оцінювати зміни ефективності у динаміці, тобто – як система реагує на реальні виклики та події;
- ✦ *аналітична прозорість* – модель базується на чітких математичних залежностях, зрозумілих для прийняття управлінських рішень. Вона поєднує кількісну оцінку з якісною інтерпретацією (через шкалу ефективності).

У сучасних умовах екологічних втрат, спричинених війною, кліматичної вразливості, децентралізації та потреби у прозорій екологічній полі-

тиці, така модель може стати основою для оцінки ефективності екологічних стратегій на національному рівні, потужним інструментом внутрішнього контролю і вдосконалення управління в ОТГ, значним методичним підґрунтям для отримання міжнародного фінансування (зелені проекти, гранти тощо), а також елементом державної цифрової екологічної платформи, де інтегруватимуться показники сталого розвитку.

Математичний апарат оцінки ефективності моделі адаптивного управління природними ресурсами та навколишнім природним середовищем – це не лише технічний механізм підрахунку, а частина концепції «розумного природокористування», де кожне управлінське рішення базується на даних, постійно оновлюється, порівнюється та вдосконалюється. Це може стати суттєвим кроком до інтелектуальної трансформації екологічного управління в Україні.

ВИСНОВКИ

Таким чином, запропонована модель є сучасним, концептуально обґрунтованим і практично орієнтованим підходом до реформування екологічного управління в Україні. Вона поєднує у собі найкращі світові практики адаптивного управління – ітеративність, сценарне планування, співуправління, цифровізацію та навчання з досвіду – з урахуванням національного контексту, соціально-політичних умов і екологічних викликів.

Така модель адаптивного управління здатна забезпечити постійне вдосконалення рішень на основі зворотного зв'язку, оперативно реагувати на зміну клімату, соціальні виклики, техногенні загрози, активно залучати громади, бізнес, НУО до формування політики, інтегрувати сенсори, цифрові двійники, дашборди та відкриті дані і є придатною як для місцевих ОТГ, так і для міжрегіонального або національного рівня.

Модель може слугувати стратегічною основою для екологічної політики України у повоєнний період, сприяти реалізації положень Угоди про асоціацію з ЄС, Цілей сталого розвитку ООН, інтеграції в Європейський зелений курс.

Вона також створює інституційні умови для отримання міжнародної підтримки, підвищення прозорості управління та реалізації сучасних інфраструктурних екологічних проектів.

Ефективне впровадження та масштабування адаптивного управління і його моделей потребує подальших міждисциплінарних досліджень, спрямованих на його поглиблення, тестування та прикладну адаптацію. У подальшому було б доцільно

проведення пілотних досліджень у регіонах України (ОТГ, заповідники, індустріальні зони) для перевірки функціонування моделей адаптивного управління у реальних умовах; розробити вебплатформу або мобільний додаток для управлінців, який реалізує розрахунок індексу ефективності адаптивного управління у режимі реального часу; створити динамічні цифрові двійники природних систем на базі екологічних даних, що дозволить прогнозувати ефекти змін тощо. ■

БІБЛІОГРАФІЯ

- Іващенко Т. Г. Розвиток наукових основ управління екологічною безпекою планованої діяльності за допомогою інтегрованих автоматизованих систем : дис. ... д-ра техн. наук : спец. 21.06.01 – екологічна безпека. Київ, 2021. URL: <https://uacademic.info/ua/document/0521U101886>
- Ушенко С. Ю. Адаптивне управління організаціями в умовах воєнного стану : дис. ... канд. екон. наук : спец. 08.00.08 – економіка та управління підприємствами (у галузі економіки). Київ, 2025. URL: <https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/51674>
- Хомік М.М. Проблемні аспекти управління екологічною безпекою при застосуванні Збройних Сил України під час надзвичайних ситуацій і в районі проведення операції Об'єднаних Сил. Публічне управління і адміністрування в Україні. 2019. Вип. 66. URL: <http://znp-cvds.nuou.org.ua/article/download/195282/195591/435215>
- Okoro S. C., Lopez A., Unuriode A. A Synergistic Approach to Wildfire Prevention and Management Using AI, ML, and 5G Technology in the United States : preprint // arXiv, 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2403.14657>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. PISA 2025 Science Framework (Second Draft) / OECD ; Oxford University Press. Paris : OECD Publishing, 2023. 85 p. URL: https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/assets/docs/PISA_2025_Science_Framework.pdf
- Chapman M. S., Xu L., Lapeyrolerie M., Boettiger C. Bridging adaptive management and reinforcement learning for more robust decisions : preprint // arXiv, 2023. arXiv:2303.08731. URL: <https://arxiv.org/abs/2303.08731>
- Gedeon T., Mischaikow K. Structure of the global attractor of cyclic feedback systems. *J. Dyn. Diff. Equat.* 1995. Vol. 7. P. 141–190. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02218817>
- Williams B. K. Passive and active adaptive management: approaches and an example. *J. Environ. Manage.* 2011. Vol. 92. No. 5. P. 1371–1378. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.10.039>
- Fischer B. A. Lessons Learned. *Schizophr. Bull.* 2016. Vol. 42. No. 1. P. 18. DOI: <https://doi.org/10.1093/schbul/sbv138>

REFERENCES

- Chapman, M. S., Xu, L., Lapeyrolerie, M., & Boettiger, C. (2023). *Bridging adaptive management and reinforcement learning for more robust decisions* [Preprint]. arXiv:2303.08731. <https://arxiv.org/abs/2303.08731>
- Fischer, B. A. (2016). Lessons Learned. *Schizophr. Bull.*, 42(1), 18. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbv138>
- Gedeon, T., & Mischaikow, K. (1995). Structure of the global attractor of cyclic feedback systems. *J. Dyn. Diff. Equat.*, 7, 141–190. <https://doi.org/10.1007/BF02218817>
- Ivashchenko, T. H. (2021). *Rozvytok naukovykh osnov upravlinnia ekolohichnoiu bezpekoiu planovanoi diialnosti za dopomohoiu intehrovanykh avtomatyzovanykh system* [Development of scientific bases of ecological safety management of planned activities by means of integrated automated systems] (Dys. d-ra tekhn. nauk, spets. 21.06.01 – ekolohichna bezpeka). Kyiv. <https://uacademic.info/ua/document/0521U1018862>
- Khomik, M. M. (2019). *Problemni aspekty upravlinnia ekolohichnoiu bezpekoiu pry zastosuvanni Zbroinykh Syl Ukrainy pid chas nadzvychainykh sytuatsii i v raioni provedennia operatsii Ob'yednanykh Syl* [Problematic aspects of ecological safety management when using the Armed Forces of Ukraine during emergencies and in the area of the Joint Forces Operation]. *Publichne upravlinnia i administruvannia v Ukraini*, 66. <https://znp-cvds.nuou.org.ua/article/download/195282/195591/4352154>
- Okoro, S. C., Lopez, A., & Unuriode, A. (2024). *A Synergistic Approach to Wildfire Prevention and Management Using AI, ML, and 5G Technology in the United States* [Preprint]. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2403.146575>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *PISA 2025 Science Framework (Second Draft)*. OECD Publishing. Paryzh. https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/assets/docs/PISA_2025_Science_Framework.pdf
- Ushenko, S. Yu. (2025). *Adaptyvne upravlinnia orhanizatsiiamy v umovakh voiennoho stanu* [Adaptive management of organizations in martial law] (Dys. kand. ekon. nauk, spets. 08.00.08 – ekonomika ta upravlinnia pidpriemstvamy (u haluzi ekonomiky)). Kyiv. <https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/516743>
- Williams, B. K. (2011). Passive and active adaptive management: approaches and an example. *J. Environ. Manage.*, 92(5), 1371–1378. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.10.039>