

УДК 502.36: 504.064.4: 504.53

DOI <https://doi.org/10.32782/3041-2080/2025-3-5>

ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСНИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Телюра Наталя Олександрівна,
кандидат технічних наук, доцент,
начальник науково-дослідної частини
Харківського національного університету
міського господарства імені О. М. Бекетова
ORCID ID: 0000-0003-0732-7789

Коркуц Максим Сергійович,
аспірант
Харківського національного університету
міського господарства імені О. М. Бекетова
ORCID ID: 0009-0006-0828-4361

Розглянуто та систематизовано наукові підходи й принципи дослідження використання комплексних платформ для забезпечення стійкості та екологічної безпеки при плануванні відновлення інфраструктури на засадах сталого розвитку. Урахування екологічного аспекту в післявоєнній відбудові України, що інтегрує принципи збалансованого використання природних ресурсів й ефективного управління для збереження довкілля на основі сталого розвитку, є надзвичайно актуальним. Використання комплексного інноваційного підходу який поєднує геоінформаційні технології та екологічні показники для забезпечення стійкості та екологічної безпеки при плануванні відновлення інфраструктури на засадах сталого розвитку задля підвищення рівня екологічної безпеки регіонів України обґрунтовано запровадженою політичною спрямованістю України щодо досягнення цілей сталого розвитку та завдань і проєктів Плану відновлення.

Окреслено та враховано використання геоінформаційних технологій для забезпечення стійкості й екологічної безпеки при плануванні відновлення інфраструктури на засадах сталого розвитку, що дає змогу розвинути нові концепції управління територіями, які враховують екологічні ризики, забезпечити баланс між економічним розвитком та збереженням природних ресурсів. Задля збереження та дотримання балансу актуальним є чітке та прозоре прогнозування екологічних наслідків відновлення інфраструктури на всіх етапах. Проведення просторового аналізу для оцінки екологічних ризиків, як-от повені, причини ерозії, забруднення водних ресурсів, зміни клімату, дає змогу прогнозувати й уникати поточних загроз під час планування відновлення інфраструктури, гарантуючи, що будівельні та відновлювальні роботи не погіршать екологічний стан території.

Ключові слова: комплексні платформи, геоінформаційні технології, сталий розвиток, екологічна безпека, інноваційні рішення, технології захисту.

Teliura Natalia, Korkuts Maksym. Complex innovative approach to the use of integrated platforms for ensuring resilience and ecological safety

The scientific approaches and principles for the use of integrated platforms to ensure resilience and ecological safety in the planning of infrastructure restoration based on sustainable development have been considered and systematized. The consideration of the ecological aspect in the post-war reconstruction of Ukraine, integrating the principles of balanced use of natural resources and effective management for environmental conservation based on sustainable development, is highly relevant.

The use of geoinformation technologies for ensuring resilience and ecological safety in the planning of infrastructure restoration based on sustainable development has been outlined and taken into account. Conducting spatial analysis to assess ecological risks such as floods, causes of erosion, water resource pollution, and climate change allows for forecasting and avoiding current threats during.

The results of the conducted studies are an integral part of enhancing the reliability of assessments related to task development and implementing procedures for transitioning from applying multiple datasets to identifying dominant relationships between elements of the hierarchy. This ensures the consideration of interdependencies among all task elements, enabling the discovery of the most effective innovative solutions and approaches for infrastructure restoration. These solutions take into account the environmental state during Ukraine's post-war reconstruction process while adhering to the principles and foundations of sustainable development. This approach optimizes recovery strategies by maintaining a balance between economic, social, and environmental requirements.

Key words: integrated platforms, geoinformation technologies, sustainable development, ecological safety, innovative solutions, protection technologies.

Вступ. Екологічний стан планети викликає серйозну стурбованість через дедалі більший вплив антропогенних факторів, як-от урбанізація, промислове забруднення та зміна клімату. Ефективний моніторинг довкілля є ключовим інструментом для виявлення, прогнозування й управління екологічними ризиками. Однак традиційні методи моніторингу часто обмежені у своїй точності, масштабі або доступності. Це підкреслює необхідність створення комплексних платформ, що використовують сучасні технології, як-от інтернет речей (IoT), супутникові системи та алгоритми штучного інтелекту.

У контексті глобальних екологічних викликів ефективний моніторинг стану довкілля є необхідною умовою для забезпечення сталого розвитку. Комплексні платформи допомагають інтегрувати сучасні технології для аналізу та прогнозування екологічних ризиків, що робить їх важливим інструментом у боротьбі з екологічними загрозами. Розвиток комплексних платформ для моніторингу екологічного стану територій є багатограним процесом, що містить технічні, інституційні та соціальні аспекти. Зокрема, міжнародна співпраця відіграє ключову роль у впровадженні найкращих практик та обміні технологіями між країнами. Інтеграція новітніх технологій, як-от штучний інтелект та великі дані, у поєднанні з глобальними ініціативами здатна значно підвищити ефективність екологічного моніторингу та сприяти сталому розвитку в довгостроковій перспективі. Подальше впровадження інноваційних технологій і розвиток міжнародної співпраці сприятимуть зменшенню негативного впливу на довкілля та забезпеченню сталого розвитку.

З метою виконання міжнародних зобов'язань, завдань, передбачених Законом України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [1], а також затвердженого плану заходів щодо виконання Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року (розпорядження КМУ № 878-р від 6.12.2017 р.), а також у межах Угоди про Асоціацію Україна – ЄС ухвалено низку документів [2]: розпорядження КМУ від 30.07.2021 р. № 868 «Про схвалення Оновленого національно визначеного внеску України до Паризької угоди»; розпорядження КМУ від 20.10.2021 р. № 1363-р «Про схвалення Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року»; Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» та підзаконні акти, що дозволяють на основі отриманих даних Єдиного реєстру

з моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів розпочати процес формування рамок національної системи торгівлі викидами. Основні положення Регламенту 2018/1999, який установлює загальну рамку інтегрованої кліматичної та енергетичної політики інтегровано в Закон України «Про основні засади державної кліматичної політики» [3]. Цей закон визначає правові та організаційні основи державної кліматичної політики України, яка спрямована на забезпечення низьковуглецевого та сталого розвитку країни. Він охоплює питання екологічної, продовольчої та енергетичної безпеки, досягнення кліматичної нейтральності, пом'якшення наслідків і викликів зміни клімату та адаптації до них. Також Закон передбачає виконання міжнародних зобов'язань України щодо зміни клімату, удосконалення національної системи інвентаризації антропогенних викидів парникових газів з джерел і вбирання їх поглиначами парникових газів, а також забезпечення функціонування національної системи моніторингу й оцінки досягнення цільової кліматичної політики та прогнозування. Використання геоінформаційних систем на регіональному рівні регулює законодавче забезпечення: Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» від 13.04.2020 р. № 554-IX [4] та Постанова Кабінету Міністрів України від 26.05.2021 р. № 532 «Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних» [5].

Моніторинг екологічного стану територій є важливим складником управління природними ресурсами та забезпечення сталого розвитку. У сучасних умовах інтенсивного антропогенного навантаження на довкілля комплексні платформи моніторингу стають невід'ємною частиною ефективного управління екологічними ризиками. У цьому огляді розглянуто ключові підходи, інноваційні технології і результати досліджень у цій галузі.

Авторами статті [6] описано методологію оцінки екологічного стану території, яка базується на визначеній належності кожного з показників до одного з класів, ураховуючи принципи нормалізації та закон Лібіха. Ця методологія дає змогу отримати об'єктивні інтегральні оцінки екологічного стану без залучення експертів, використовуючи офіційні дані, зокрема щорічні звіти країни. Автори в роботі [6], розглядають та досліджують лише екологічний стан, виключаючи як економічні, так і соціальні показники, що є суперечливим підходом та зменшує точність прогнозу і врахування небезпек та ризиків.

Основною особливістю підходу в статті [7] є застосування гіпотези про логістичний характер змін екосистеми, що дає змогу точно досліджувати динаміку екологічних процесів. За допомогою цієї методики формується детальна оцінка кожного екологічного показника і його внеску в загальний стан території. Результати оцінки представлені у вигляді карток та атрибутивних таблиць, що робить їх корисними для управлінських рішень та планів. Запропонована методика має фрагментарний характер, відсутній прогноз, загалом неспроможна забезпечити врахування розширеного переліку показників.

У статті [8] обґрунтовано застосування методу космічної інформації дистанційного зондування Землі (далі – ДЗЗ) та багатокритеріальної оптимізації для оцінки екологічного стану території міста. Автори обґрунтовують формування функції відповідності за допомогою різноманітних статистичних даних, які дають змогу оцінити екологічний стан міста і так відобразити взаємозв'язок між екологічними показниками та компонентами міського ландшафту. Цей підхід дає змогу провести точну й масштабовану оцінку екологічного стану, використовуючи дані, зібрані за допомогою космічних технологій, що є інструментом для ефективного управління територіями.

Результати дослідження [8] вказують на те, що лише 27 % території Франції мають екологічний дефіцит, тоді як решта 73 % можуть бути класифіковані як екологічні заповідники. Найбільший екологічний вплив надають такі сектори, як дорожній транспорт (28,8 %), промисловість (21,4 %) та сільське господарство (19,5 %). Просторово вкладений аналіз дає змогу визначити територіальні відмінності та полегшує створення більш адаптованих екологічних стратегій. Автори пропонують використовувати екологічний слід як основу для моніторингу, поєднуючи його з просторово вкладеним підходом. Але запропонований авторами [8] підхід не враховує економічних та соціальних показників, що суперечить концепції сталого розвитку та унеможливує перенесення національних цілей у конкретні ефективні місцеві дії.

Узагальнюючи наявні теоретико-методологічні положення, установлено, що відсутні єдині підходи до визначення геоекологічного забезпечення використання територій для відбудови інфраструктури регіонів. Потребують теоретичного обґрунтування чинники, що впливають та формують структуру геопросторового забезпечення.

Актуальність вирішення питання щодо розробки й впровадження технології формування та реалізації геоекологічного моніторингу використання територій із застосуванням

геоінформаційних систем у процесах використання земель, будівництва та функціонування транспортної інфраструктури детально обґрунтовано в роботах [9–16]. На відміну від наявних теоретичних положень, авторами запропоновано реалізувати системний підхід, який спрямований на розробку та реалізацію геоекологічного моніторингу, враховуючи вплив сукупності просторових, містобудівних, екологічних, безпечових, інвестиційних і стейкхолдерних чинників, напрями та особливості застосування сучасних геоінформаційних систем, методи й моделі математичного моделювання [9–16].

Однією з головних проблем є складність інтеграції різноманітних джерел даних, як-от супутникові знімки, дані сенсорів, відомості з місцевих органів управління та статистична інформація. Завдяки цій моніторинговій платформі не завжди забезпечується повний і комплексний аналіз екологічної ситуації. У результаті наявні інструменти не можуть ефективно поєднати різноманітні дані, необхідні для правильного прогнозування екологічних змін на різних рівнях. Платформи для моніторингу екологічного стану території часто мають обмеження в інтеграції даних з різними джерелами (космічні знімки, датчики на місцях, статистичні дані). Це обмежує точність та повноту оцінок екологічного стану.

Важливою проблемою є відсутність інтеграції між державними органами, науковими установами, громадськими організаціями та бізнесом у межах моніторингу екологічного стану. Взаємодія між усіма учасниками процесу є важливою для досягнення комплексних результатів та ефективного управління соціо-еколого-економічними питаннями.

Розвиток комплексних платформ для моніторингу екологічного стану територій є багатограним процесом, що містить технічні, інституційні та соціальні аспекти. Подальше впровадження інноваційних технологій і розвиток міжнародної співпраці сприятимуть зменшенню негативного впливу на довкілля та забезпеченню сталого розвитку.

Інноваційним є те, що не лише дає змогу планувати відновлення територій з урахуванням екологічної безпеки, а й надає можливість оперативно реагувати на зміни в екологічних умовах, забезпечуючи так довгострокову стійкість регіонів до зовнішніх і внутрішніх викликів.

Мета досліджень – схарактеризувати новий підхід до використання геоінформаційних технологій для забезпечення стійкості та екологічної безпеки при плануванні відновлення інфраструктури на засадах сталого розвитку.

Методи та методики дослідження. Для забезпечення стійкості й екологічної безпеки при плануванні відновлення інфраструктури в роботі запропоновано інноваційний комплексний підхід, який містить ключові етапи з урахуванням соціо-еколого-економічних показників та геоінформаційних технологій. Це дає змогу розвинути нові концепції управління територіями, що враховують екологічні ризики, забезпечити баланс між економічним розвитком, соціальними умовами й збереженням природних ресурсів. Однією з ключових особливостей цієї методології є впровадження передових геоінформаційних технологій для точного прогнозування екологічних наслідків відновлення інфраструктури на всіх етапах. Використання просторових даних та моделей дає змогу зменшити невизначеність у прогнозах і забезпечити більш точне уявлення про те, як зміни в інфраструктурі можуть вплинути на екосистеми та біорізноманіття, що є важливим й актуальним для довгострокової стійкості території.

Загалом методологія розвитку інтегрованих підходів до управління екологічними та соціальними процесами в контексті відновлення інфраструктури, що дає змогу підвищити ефективність і стійкість таких процесів, є кроком до створення сталих й екологічно безпечних для життя людей середовищ, які враховують як природні, так й антропогенні фактори.

Запропоновано новий підхід до використання геоінформаційних технологій для забезпечення стійкості та екологічної безпеки при плануванні відновлення інфраструктури, який містить кілька важливих інноваційних етапів. Розроблений підхід відбувається в інтеграції даних із різними геоінформаційними системами (далі – ГІС), супутникових знімків, аерофотозйомок, а також даних про екологічний стан території, що дає змогу проводити багатofакторний аналіз впливу інфраструктурних проєктів на навколишнє середовище. Це допомагає створити більш точні прогнози та адаптувати плани відновлення відповідно до реальних умов на місцях. Використання просторово-часових даних для моніторингу змін екологічного стану на різних етапах відновлення інфраструктури дає змогу постійно відстежувати вплив проєктів на довкілля та коригувати стратегії відновлення інфраструктури в реальному часі, забезпечуючи стійкість екосистеми та знижуючи деякі екологічні ризики. Завдяки ГІС-технологіям можна виокремити зони з підвищеним екологічним ризиком, що допомагає мінімізувати негативні наслідки для навколишнього середовища (засолення ґрунтів, ерозія, забруднення водних ресурсів тощо).

Це дає змогу сконцентрувати зусилля на найбільш критичних ділянках і вчасно впроваджувати заходи щодо їх стабілізації та відновлення. Завдяки геоінформаційним технологіям можна моделювати різні сценарії впливу відновлення інфраструктури на екологічну шкоду. Це передбачає обґрунтовані прогнози змін у водах, флорі та фауні, а також вивчення деяких наслідків для біорізноманіття. Моделювання дає змогу заздалегідь оцінити можливості екологічних збитків та застосувати найбільш ефективні стратегії пом'якшення таких наслідків.

Важливим складником нової методології є візуалізація результатів аналізу у вигляді карт, графіків та діаграм, що дає змогу органам управління та громадським організаціям на всіх рівнях краще розуміти й оперативно ухвалювати обґрунтовані рішення. Це також дає змогу залучити місцеві громади й зацікавлені сторони до процесу планування та моніторингу відновлення інфраструктури, що забезпечує прозорість й ефективність заходів. Формування єдиного комплексного підходу сприятиме налагодженню сталих зв'язків між всіма ланками, що матиме позитивний ефект у майбутньому (рис. 1).



Рис. 1. Схема зв'язків використання геоінформаційних технологій для забезпечення стійкості та екологічної безпеки (розроблено авторами)

Схема зв'язків може мати такий вигляд: Геоінформаційні технології → Моніторинг екологічного стану → Оцінка ризиків → Планування та управління природними ресурсами → Управління територіями та інфраструктурою →

Інформаційні системи для кризового управління → Підтримка сталого розвитку.

Схему зв'язків використання геоінформаційних технологій для забезпечення стійкості та екологічної безпеки в частині блоку «Моніторинг екологічного стану» детально представлено на рис. 2.

Ці компоненти створюють інтегровану систему забезпечення екологічної безпеки, сталого розвитку та адаптації до змін у навколишньому середовищі.

Використання геоінформаційних технологій також дає змогу реалізувати адаптивне

управління процесом відновлення інфраструктури. Це означає, що стратегії відновлення можуть змінюватися й коригуватися з огляду на зміни екологічних, економічних і соціальних умов, а також відтворення нових проблем на кожному етапі відновлення.

Підхід забезпечує інтеграцію цих напрямів на міжнародному та регіональному рівнях, що дає змогу координувати зусилля з відновлення інфраструктури, враховуючи транскордонне співробітництво. Це знижує вплив транскордонних екологічних ризиків і забезпечує більш ефективне використання ресурсів для

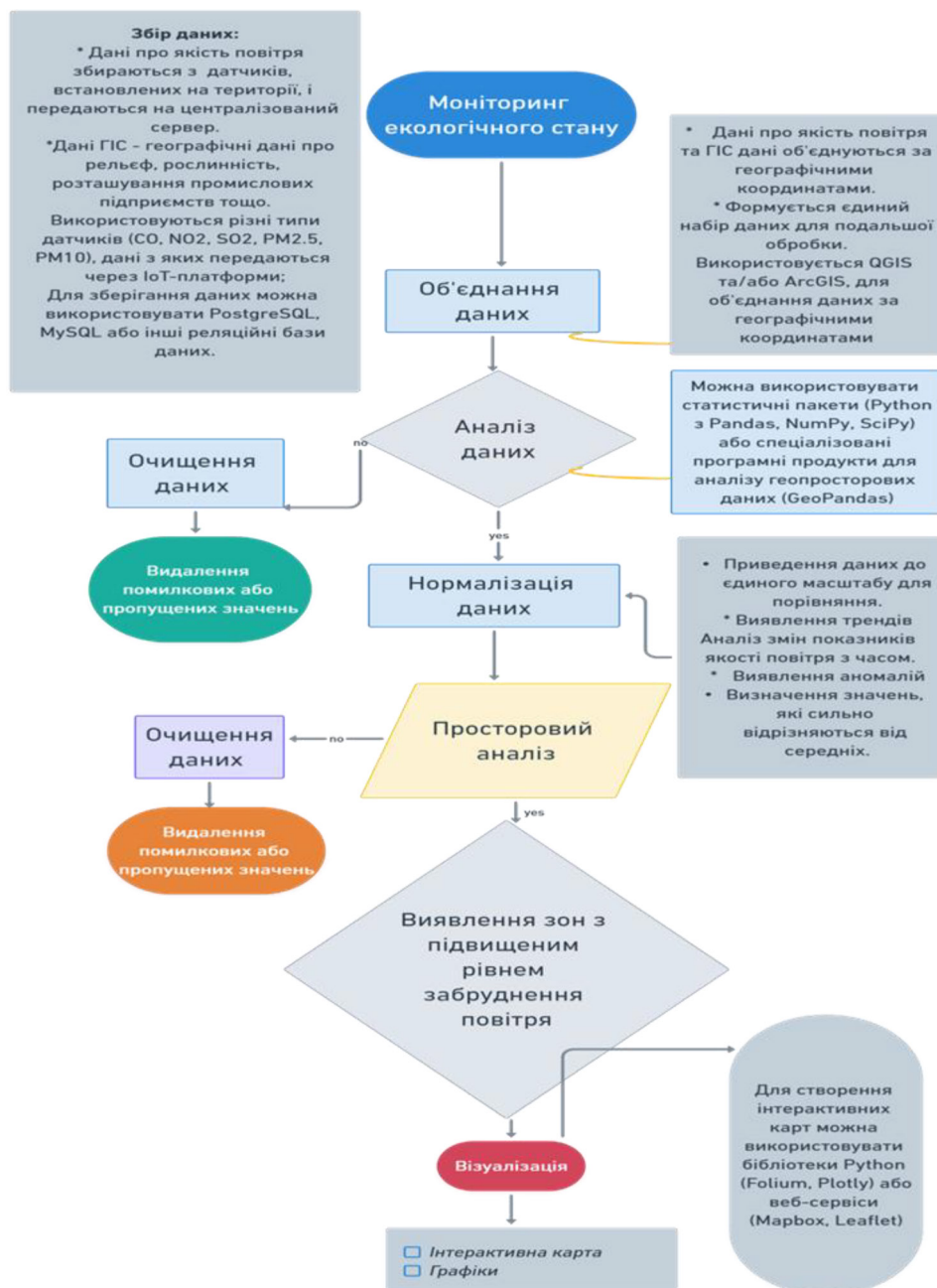


Рис. 2. Схема зв'язків використання геоінформаційних технологій для забезпечення стійкості та екологічної безпеки в частині блоку «Моніторинг екологічного стану»

відновлення інфраструктури з урахуванням глобальних і локальних екологічних стандартів. Однією з ключових особливостей цієї методології є впровадження передових геоінформаційних технологій для точного прогнозування екологічних наслідків відновлення інфраструктури на всіх етапах. Використання просторових даних та моделей дає змогу зменшити невизначеність у прогнозах і забезпечити більш точне уявлення про те, як зміни в інфраструктурі можуть вплинути на екосистеми й біорізноманіття, що є актуальним для довгострокової стійкості території.

Запропонована методологія дає змогу виокремити виявлені екологічні та соціальні ризики, які можуть виникнути під час відновлення інфраструктури, і розробити стратегії для їх управління. Вона дає змогу використовувати прогностичні моделі для визначення найбільш вразливих територій і створення адаптованих заходів для пом'якшення негативних наслідків, що значно підвищує готовність до непередбачуваних ситуацій.

Завдяки використанню геоінформаційних систем запропонований підхід дає змогу інтегрувати екологічні стандарти та вимоги до відновлення інфраструктури в процесі планування й реалізації проєктів. Це допомагає скоротити час на адаптацію чинних стандартів до реальних екологічних умов конкретної території та зменшує ймовірність недотримання екологічних вимог. Ураховуючи зміни клімату та зростання екологічних загроз, методологія вимагає використання інноваційних підходів до збереження природних ресурсів, як-от водні й земельні ресурси. Вона сприяє розробці нових методів збереження цих ресурсів під час відновлення інфраструктури, що є аспектом забезпечення екологічної стійкості в умовах змінюваного клімату.

Запропонована методологія розвитку сприяє міжсекторальному співробітництву між різними організаціями, установами й громадами, які залучено до відновлення інфраструктури, планування та управління територіями. Це дає змогу створити більш ефективну й скоординовану систему управління територіями, що бере до уваги не тільки інфраструктурні, а й екологічні та соціальні потреби, що є вимогою сталого розвитку. Цей підхід забезпечує також активне залучення громадськості до процесів планування й моніторингу. За допомогою геоінформаційних технологій можна створити доступні інтерфейси для широкої аудиторії, що допомагають підвищити рівень екологічної грамотності місцевих громад, залучати їх до ухвалення рішень та моніторингу екологічних змін на місцевому рівні. Методологія містить елементи системи постійного моніторингу, які допомагають відстежувати прогрес

у виконанні відновлювальних заходів і вчасно виявляти деякі проблеми або порушення екологічних норм.

Так, запропонований підхід є інноваційним, що не лише допомагає планувати відновлення інфраструктури з урахуванням екологічної безпеки, а й надає можливість оперативно реагувати на зміни в екологічних умовах, забезпечуючи довгострокову стійкість регіонів до зовнішніх і внутрішніх викликів.

Результати. Розроблений підхід на основі інтеграції геоінформаційних технологій при плануванні відновлення інфраструктури відіграє ключову роль у забезпеченні стійкості та екологічної безпеки. Технології дають змогу інтегрувати екологічні обмеження, мінімізуючи негативний вплив на навколишнє середовище й сприяючи сталому розвитку, є дієвим інструментом оцінки та управління й просторового аналізу ризиків, пов'язаних з екологічними катастрофами (наприклад, повені, лісові пожежі), а також планування розміщення інфраструктури в безпечних зонах, що знижує ризики для населення та ресурсів. Інструмент прогнозування змін у навколишньому середовищі та відстеження ефективності заходів, спрямованих на відновлення інфраструктури й екологічну безпеку. Це важливо для коригування планів відновлення після змін у середовищі. Важливим висновком є те, що використання геоінформаційних систем сприяє створенню інтегрованого підходу, що поєднує екологічні, соціальні та економічні аспекти, що в кінцевому результаті забезпечує ефективний контроль за сталим розвитком.

Ці висновки підкреслюють важливість застосування інтеграції геоінформаційних технологій для досягнення стійкості та екологічної безпеки у відновленні інфраструктури, що відповідає принципам сталого розвитку.

Висновки. Результати дослідження мають подальший розвиток та застосування для створення нових стандартів, методик і практик інтеграції геоінформаційних технологій у процес відновлення інфраструктури, що забезпечує збереження екологічної безпеки й сталого розвитку, для вдосконалення процесів планування використання природних ресурсів, забезпечення їх стійкості та ефективного управління. Це зменшує витрати на відновлення та забезпечує довгострокову екологічну стабільність, інтегровані в стратегії адаптації до змін клімату. Використання комплексного підходу дає змогу прогнозувати зміни в екосистемах і кліматичних умовах, щоб негайно використовувати коригувальні заходи для захисту інфраструктури та природних ресурсів. Використання результатів

дослідження сприятиме створенню інтегрованих інформаційних систем, які можуть ефективно керувати природними й техногенними катастрофами, пов'язаними з відновленням інфраструктури та екологічною безпекою. Перспективи також передбачають інтеграцію результатів дослідження в стратегії сталого розвитку як на місцевому, так і на національному рівнях, що дає змогу забезпечити збалансоване та ефективне відновлення інфраструктури й збереження

природних ресурсів. Ці перспективи свідчать про широке використання потенціалу результатів дослідження для підвищення ефективності та стабільності відновлення інфраструктури, забезпечення екологічної безпеки й адаптації до змінених умов навколишнього середовища в післявоєнній відбудові України на принципах збалансованого використання природних ресурсів та ефективного управління в напрямі збереження довкілля на засадах сталого розвитку.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України від 28.02.2019 р. № 2697-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> (дата звернення: 19.07.2023).
2. Проєкт Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Екологічна безпека». Національна Рада з відновлення України від наслідків війни. 2022. 108 с. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada.ua/environmental-safety-assembly.pdf> (дата звернення: 18.01.2024).
3. Про основні засади державної кліматичної політики : Закон України від 08.10.2024 року за № 3991-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3991-20#Text> (дата звернення: 18.01.2024).
4. Про національну інфраструктуру геопросторових даних Закон України від 13 квітня 2020 року за № 554-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text> (дата звернення: 18.01.2024).
5. Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних : Постанова Кабінету Міністрів України від 26 травня 2021 р. № 532. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-%D0%BF#Text> (дата звернення: 18.01.2024).
6. Белогуров В. П.. Elaboration of a methodology for integral estimation of ecological state of territories. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2014. 5(10(71)), 51–56. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.28173>
7. Sokolovska A. V. Space monitoring of ecological condition of urban territories (the Kyiv city is used as an example). *Kosmichna Nauka i Tehnologii*, 2013. 19(4(83)), 44–49. <https://doi.org/10.15407/knit2013.04.044>
8. Hachaichi M., Talandier M. Assessing the ecological performance of French territories using a spatially-nested approach. *Ecological Indicators*, 2023. 155, 110947. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110947>
9. Мамонов К. А. Застосування ВЕБ геоінформаційних систем для розподілу та використання земель. *Комунальне господарство міст: Харків: Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова. Серія: Технічні науки та архітектура*. 2016. 132, 132–135.
10. Мамонов К. А., В'яткін Р. С., Фролов В. О. Моніторинг використання земель регіонів: геоінформаційні аспекти. *Комунальне господарство міст: Харків: Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова. Серія: Економіка*, 2023. 6, 98–102. DOI: 10.33042/2522-1809-2023-6-180-98-102
11. Мамонов К., Ковальчук В., Горб О. Моніторинг просторових параметрів рекультивованих земель засобами аерофотознімання. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Architecture and Construction*, 2023. 24, 133–139. <https://doi.org/10.31734/architecture2023.24.133>
12. Mamonov K., Goi V., Shterndok A. Geospatial monitoring of land use of united territorial communities. *Technical sciences and technologies*, 2024. 1(35), 311–318. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-1\(35\)-311-318](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-1(35)-311-318)
13. Bieliatynskiy A., Sorokina K., Mamonov K., Kovalenko L. Geoecological monitoring of regional land use: Definition and directions of formation. *E3S Web of Conferences*, 2023, 452, 03002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345203002>
14. Dmitrieva O., Khorenzhaja I., Vasylenko V., Osypenko S., Teliura N., Lomakina O., Melnik L., Koldoba I. Choosing the phytoremediation technologies for cleaning various types of wastewater. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2020. 2(10(104)), 27–37.
15. Телюра, Н. О., Плюсуля, С. В., Крупицька, Д. А., Вірченко, В. І. Системи підтримки прийняття рішень в проєктуванні інноваційних технологій захисту довкілля. *Комунальне господарство міст. Серія Технічні науки та архітектура*, 2023. 4(178), 27–32.
16. Решетченко А. І., Телюра Н. О., Ломакіна О. С. Обґрунтування техніко-економічних рішень підвищення екологічної безпеки урбосистем. *Комунальне господарство міст. Серія Технічні науки та архітектура*, 2022. 4(170), 62–70.

REFERENCES:

1. Pro osnovni zasady (stratehiyu) derzhavnoyi ekolohichnoyi polityky Ukrayiny na period do 2030 roku: Zakon Ukrayiny vid 28.02.2019 № 2697-VIII. [On the main principles (strategy) of the state environmental policy of Ukraine for the period until 2030]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> [in Ukrainian].
2. Proyeckt Planu vidnovlennya Ukrayiny. Materialy robochoyi hrupy "Ekolohichna bezpeka". Natsionalna Rada z vidnovlennya Ukrayiny vid naslidkiv viyny. [Draft Plan for the Recovery of Ukraine. Materials of the Working Group "Ecological Safety". National Council for the Recovery of Ukraine from the Consequences of the War.] 2022. 108 c. Retrieved from: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/environmental-safety-assembly.pdf> [in Ukrainian].
3. Zakon Ukrayiny "Pro osnovni zasady derzhavnoyi klimatychnoyi polityky" vid 08.10.2024 № 3991-IX. [Law of Ukraine "On the Basic Principles of State Climate Policy"]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3991-20#Text> [in Ukrainian].
4. Zakon Ukrayiny «Pro natsionalnu infrastrukturu heoprosorovykh danykh» vid 13 kvitnya 2020 roku № 554-IX [Law of Ukraine "On National Geospatial Data Infrastructure" of April 13, 2020]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text> [in Ukrainian].
5. Postanova Kabinetu ministriv Ukrayiny vid 26 travnya 2021 r. № 532 "Pro zatverdzhennya Poryadku funktsionuvannya natsionalnoyi infrastruktury heoprosorovykh danykh" [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated May 26, 2021 No. 532 "On Approval of the Procedure for the Functioning of the National Geospatial Data Infrastructure"]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-%D0%BF#Text> [in Ukrainian].
6. Belogurov, V.P. (2014). Elaboration of a methodology for integral estimation of ecological state of territories. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(10(71)), 51–56. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.28173>
7. Sokolovska, A. V. (2013). Space monitoring of ecological condition of urban territories (the Kyiv city is used as an example). *Kosmichna Nauka i Tehnologii*, 19(4(83)), 44–49. <https://doi.org/10.15407/knit2013.04.044>
8. Hachaichi, M., & Talandier, M. (2023). Assessing the ecological performance of French territories using a spatially-nested approach. *Ecological Indicators*, 155, 110947. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110947>
9. Mamonov, K. A. (2016). Zastosuvannya VEB heoinformatsiynykh system dlya rozpodilu ta vykorystannya zemel [Application of WEB geographic information systems for land allocation and use]. *Komunalne hospodarstvo mist: Kharkiv: Kharkivskyy natsionalnyy universytet miskoho hospodarstva im. O.M.Beketova. Seriya: Tekhnichni nauky ta arkhitektura*. 132, 132–135. [in Ukrainian].
10. Mamonov, K.A., Vyatkin, R.S., & Frolov, V.O. (2023). Monitorynh vykorystannya zemel rehioniv: heoinformatsiyni aspekty [Monitoring regional land use: geoinformation aspects]. *Komunalne hospodarstvo mist: Kharkiv: Kharkivskyy natsionalnyy universytet miskoho hospodarstva im. O.M.Beketova. Seriya: Ekonomika*, 6, 98–102. DOI: 10.33042/2522-1809-2023-6-180-98-102 [in Ukrainian].
11. Mamonov, K., Kovalchuk, V., & Horb, O. (2023). Monitorynh prostorovykh parametriv rekultyvovanykh zemel zasobamy aerofotoznmannya [Monitoring spatial parameters of reclaimed lands using aerial photography]. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Architecture and Construction*, 24, 133–139. <https://doi.org/10.31734/architecture2023.24.133> [in Ukrainian].
12. Mamonov, K., Goi, V., & Shterndok, A. (2024). Geospatial monitoring of land use of united territorial communities. *Technical sciences and technologies*, 1(35), 311–318. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-1\(35\)-311-318](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-1(35)-311-318)
13. Bieliatynskyi, A., Sorokina, K., Mamonov, K., & Kovalenko, L. (2023). Geoecological monitoring of regional land use: Definition and directions of formation. *E3S Web of Conferences*, 452, 03002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345203002>
14. Dmitrieva, O., Khorezhaja, I., Vasilenko, V., Osypenko, S., Teliura, N., Lomakina, O., Melnik, L., & Koldoba, I. (2020). Choosing the phytoremediation technologies for cleaning various types of wastewater. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(10(104)), 27–37.
15. Teliura, N.O., Plyasulya, S.V., Krupytka, D.A., & Virchenko, V.I. (2023). Systemy pidtrymky pryynyattya rishen v proyektuvanni innovatsiynykh tekhnolohiy zakhystu dovkillya [Decision support systems in the design of innovative environmental protection technologies]. *Komunalne hospodarstvo mist. Seriya Tekhnichni nauky ta arkhitektura*, 4(178), 27–32 [in Ukrainian].
16. Reshetchenko, A.I., Teliura, N.O., & Lomakina, O.S. (2022). Obgruntuvannya tekhniko-ekonomichnykh rishen pidvyshchennya ekolohichnoyi bezpeky urbosystem [Substantiation of technical and economic solutions for increasing the ecological safety of urban systems]. *Komunalne hospodarstvo mist. Seriya Tekhnichni nauky ta arkhitektura*, 4(170), 62–70 [in Ukrainian].