

УДК 504.5:581.1(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.39>

## ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ В УКРАЇНІ В ПЕРІОД ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ

**Заводній Т.В.** – старший викладач кафедри теоретичних дисциплін,

Київська муніципальна академія танцю імені Серґа Лифаря

[orcid.org/0009-0000-5112-4079](https://orcid.org/0009-0000-5112-4079)

**Задорожний А.І.** – к.с.-г.н.,

доцент кафедри лісівництва,

Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет»

[orcid.org/0000-0002-0664-5462](https://orcid.org/0000-0002-0664-5462)

**Феоктістов П.О.** – к.б.н.,

завідувач відділу стійкості до абіотичних факторів,

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства

та сортовивчення

[orcid.org/0000-0003-0752-6817](https://orcid.org/0000-0003-0752-6817)

У статті досліджуються інноваційні підходи до відновлення біорізноманіття в Україні в контексті післявоєнної реконструкції, з особливим акцентом на роль лісового господарства, як ключового чинника збереження та реабілітації екосистем. Метою дослідження є аналіз впливу сучасних лісгосподарських практик на стан біорізноманіття, що набуло особливої актуальності після значних втрат лісових ресурсів унаслідок військових дій. Ліси України займають приблизно 15,9% території країни, виконуючи функції підтримання екологічної рівноваги та поглинання вуглецю, що має критичне значення в умовах глобальних кліматичних змін. З початку збройного конфлікту було знищено понад 60 тисяч гектарів лісу, а третина лісових масивів зазнала пошкодження, що суттєво ускладнює процес їх відновлення. Знищення природних середовищ їхнього існування спричинило негативний вплив на близько 30% видів флори і фауни, що мешкають у лісових екосистемах. У межах дослідження визначено кілька стратегічних напрямків, здатних сприяти відновленню біорізноманіття: лісовідновлення, охорона природних середовищ, агролісомеліорація, формування екологічних коридорів та впровадження сталих лісгосподарських технологій. Приклади успішного застосування таких практик у Швеції та Німеччині демонструють, що систематичне управління лісами сприяє покращенню екологічної ситуації. Особливу увагу приділено аналізу потенціалу новітніх технологій, зокрема штучного інтелекту, геномних інструментів (CRISPR-Cas, TALEN), біоремедіації, синтетичної біології та екоінженерії. Застосування дронів, супутникових систем і сенсорних технологій забезпечує ефективний моніторинг стану природних ресурсів та оцінку результативності екологічних ініціатив. Методологія дослідження базується на теоретичному аналізі вторинних джерел. Проведено систематичний огляд наукових публікацій і звітів щодо впливу лісового господарства на біорізноманіття в Україні; компаративний аналіз інноваційних технологій з метою оцінки їхнього потенціалу для екологічної реабілітації; SWOT-аналіз, який дозволив визначити сильні і слабкі сторони, можливості та загрози, пов'язані з впровадженням сучасних методів у сфері відновлення біорізноманіття. Результати дослідження підкреслюють важливість комплексного підходу до екологічного відновлення, з акцентом на впровадження інноваційних технологій та ефективних лісгосподарських практик. Висновки свідчать про необхідність інтеграції сучасних наукових досягнень у стратегії охорони природи задля забезпечення сталого розвитку та збереження біорізноманіття в Україні.

**Ключові слова:** відновлення екосистем, адаптивність, екологічна стабільність, природні ресурси, інноваційні технології, сталий розвиток лісів, управління лісовими екосистемами.

**Zavodnii T.V., Zadorozhnyy A.I., Feoktistov P.O. Innovative methods of biodiversity restoration in Ukraine during the post-war recovery period**

The article examines innovative approaches to biodiversity restoration in Ukraine within the context of post-war reconstruction, with a particular emphasis on the role of forestry as a crucial factor in preserving and rehabilitating ecosystems. This study aims to analyze the impact of modern forestry practices on the state of biodiversity, which has become particularly relevant following significant losses of forest resources due to military actions. Ukrainian forests occupy approximately 15.9% of the country's territory, playing a crucial role in maintaining ecological balance and absorbing carbon, which is of critical importance in the context of global climate change. Since the beginning of the armed conflict, more than 60 thousand hectares of forest have been destroyed, and a third of forest areas have been damaged, which significantly complicates the process of their restoration. The destruction of natural habitats has affected approximately 30% of the species of flora and fauna living in forest ecosystems. The study identified several strategic areas that can contribute to the restoration of biodiversity, including reforestation, protection of natural environments, agroforestry, the formation of ecological corridors, and the implementation of sustainable forestry technologies. Examples of successful application of such practices in Sweden and Germany demonstrate that systematic forest management contributes to the improvement of the ecological situation. Special attention is paid to the analysis of the potential of new technologies, particularly artificial intelligence, genomic tools (CRISPR-Cas, TALEN), bioremediation, synthetic biology, and eco-engineering. The use of drones, satellite systems and sensor technologies provides effective monitoring of the state of natural resources and assessment of the effectiveness of environmental initiatives. The research methodology is based on a theoretical analysis of secondary sources. A systematic review of scientific publications and reports on the impact of forestry on biodiversity in Ukraine was conducted; a comparative analysis of innovative technologies was conducted to assess their potential for ecological rehabilitation; a SWOT analysis, which allowed for the identification of strengths and weaknesses, opportunities and threats associated with the implementation of modern methods in the field of biodiversity restoration. The study's results emphasize the importance of an integrated approach to ecological restoration, with a focus on implementing innovative technologies and effective forestry practices. The conclusions indicate the need to integrate modern scientific achievements into nature conservation strategies to ensure sustainable development and biodiversity conservation in Ukraine.

**Key words:** ecosystem restoration, adaptability, ecological stability, natural resources, innovative technologies, sustainable forest development, forest ecosystem management.

**Актуальність теми.** Збереження та відновлення лісового господарства в Україні зростає в умовах сучасних екологічних викликів і потреби у сталому розвитку. Лісові екосистеми відіграють важливу роль у природоохоронній діяльності, регулюванні клімату, а також є невід'ємною складовою національної економіки, забезпечуючи робочі місця, сировину для промисловості та сприяючи збереженню біорізноманіття. У післявоєнний період особливої уваги заслуговують інноваційні підходи до лісовідновлення, зокрема застосування штучного інтелекту, геномних технологій, біоремедіації, синтетичної біології, екоінженерії та систем екологічного моніторингу. Ці методи сприяють підвищенню стійкості лісових екосистем, зменшують ризики фітопатологій, покращують умови існування для представників флори та фауни, а також забезпечують адаптацію до кліматичних змін. Таким чином, розвиток сучасних технологій у сфері лісового господарства є визначальним чинником для підтримання екологічної рівноваги та зміцнення економічної стабільності України.

**Постановка проблеми.** В Україні, як і в багатьох інших країнах, питання збереження та відновлення біорізноманіття залишаються серед найактуальніших екологічних викликів, що потребують невідкладного вирішення. Незважаючи на наявність численних досліджень і природоохоронних ініціатив, існує низка критичних аспектів, які досі залишаються недостатньо опрацьованими. По-перше, обмежена інтеграція екологічних пріоритетів у державну політику та просторове

планування спричиняє конфлікти між економічними інтересами та потребами охорони довкілля, що ускладнює реалізацію ефективних стратегій збереження біорізноманіття.

По-друге, відсутність систематизованих і актуальних даних про стан біорізноманіття в різних регіонах України перешкоджає проведенню якісного моніторингу та оцінки впливу антропогенної діяльності. Інформація про чисельність і ареали багатьох видів рослин і тварин залишається фрагментарною, а її оновлення у відповідних базах даних здійснюється несвоєчасно. Третім важливим аспектом є потреба у впровадженні механізмів залучення громадськості до управління природними територіями, що може суттєво підвищити ефективність екологічних заходів.

Усі зазначені проблеми потребують комплексного підходу та термінового вирішення з метою забезпечення сталого функціонування екосистем і збереження природної спадщини України.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У сучасній науковій літературі питання збереження біорізноманіття та екологічного відновлення України активно досліджуються в контексті післявоєнних викликів. Стаття Л. О. Безлатної, М. П. Матківського та Т. П. Лозінської акцентує на значенні біорізноманіття для функціонування екосистем і життєдіяльності людини, підкреслюючи взаємозв'язок між біорізноманіттям та екосистемними послугами, а також необхідність комплексних методологій для їх оцінки [1]. О. Б. Бондарь, Є. Є. Мельник, О. М. Погорелова, Л. О. Бицюра та Л. М. Головатюк досліджують екологічні наслідки війни, зокрема забруднення довкілля та руйнування природоохоронних територій. Автори наголошують на важливості оцінки завданих збитків для формування пріоритетів екологічного відновлення [2]. У роботі І. І. Коблянської, О. В. Кубатка, С. М. Литвиненка, А. В. Євдокимова та А. В. Борухи розглядається інтеграція питань біорізноманіття у стратегічне планування розвитку України. Дослідники вказують на недостатнє усвідомлення значення цієї проблематики та пропонують оновлення законодавства й активізацію міжнародної співпраці [3]. І. В. Замула, В. В. Травін та Д. Р. Кирилюк аналізують потенціал екотуризму як інноваційного підходу до збереження біорізноманіття. Автори підкреслюють необхідність розвитку туристичної інфраструктури в екологічно цінних регіонах та контролю за її впливом на довкілля [4]. Ю. Кононенко досліджує правові аспекти охорони мігруючих видів у післявоєнний період, наголошуючи на потребі вдосконалення законодавчих механізмів відповідно до європейських стандартів [5]. У роботі І. Г. Пацевої, О. М. Алпатової, Л. І. Демчук, Г. В. Кірейцевої та В. Г. Левицького розглядаються екологічні катастрофи, спричинені воєнними діями, зокрема забруднення водойм та ґрунтів важкими металами. Автори акцентують на необхідності впровадження інноваційних технологій для реабілітації постраждалих територій [6]. Л. М. Шевчук, Л. В. Билина та Л. А. Василева досліджують відновлення популяції двостулкових моллюсків у водоймах України, підкреслюючи важливість покращення гідрологічних умов шляхом інтеграції сучасних методів управління водними ресурсами [7]. О. С. Пристемський та А. О. Єфремов аналізують роль зелених інвестицій у післявоєнному відновленні, зазначаючи, що екологічна трансформація економіки сприятиме інтеграції України до ЄС та залученню іноземного капіталу [8]. О. Ю. Будякова та І. О. Дьяконов акцентують увагу на розвитку біоекономіки, пропонуючи адаптацію європейських стратегій до аграрної політики України з метою підвищення стійкості агропромислового комплексу [9]. В. В. Гамаюнова та Л. Г. Хоненко досліджують

деградацію ґрунтів, спричинену воєнними діями, та пропонують використання сидератів і мікробіологічних добрив як інноваційні методи екологічного відновлення [10]. У статті В. Миронюк та співавт. [11] досліджено застосування загальнонаціональної системи дистанційного зондування для оцінки сучасного стану лісових ресурсів в Україні. Автори наголошують, що використання інноваційних технологій геоінформаційних систем (ГІС) та дистанційного зондування дає змогу оперативно виявляти масштаби пошкоджень і планувати заходи з їх відновлення. Дослідження підтверджує важливість лісового господарства у післявоєнному відновленні екосистем, оскільки лісові ресурси є критично важливими для збереження біорізноманіття, регулювання водного балансу та стабілізації кліматичних процесів. Впровадження інноваційних технологій сприятиме ефективному управлінню лісами завдяки оптимізації рубок та моніторингу відновлення деревостанів, що своєю чергою, підвищить стійкість екосистем у регіонах, які зазнали руйнувань [11]. У дослідженні О. Oshurkevych-Pankivska та співавт. [12] здійснено стратегічну оцінку впливу лісового господарства на довкілля з метою досягнення сталого розвитку. Автори зазначають, що планування рубок, моніторинг лісових масивів та інтеграція сучасних технологій управління лісами дозволяють мінімізувати негативний вплив на екосистеми, одночасно підтримуючи економічні потреби та забезпечуючи екологічну стійкість. Дослідники акцентують увагу на важливості лісового господарства як ключового інструменту відновлення та збереження біорізноманіття, регулювання водного балансу та зменшення ризику деградації ґрунтів.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Відновлення та збереження біорізноманіття в умовах подолання наслідків воєнних дій потребує розроблення та реалізації довгострокових стратегічних планів на державному рівні. Для ефективного впровадження природоохоронної політики необхідне тестування сучасних методик, здатних забезпечити відновлення екологічного балансу на постраждалих територіях. На сьогодні реалізація таких заходів ускладнюється через обмежене розуміння впливу окремих чинників на стан біорізноманіття, а також недостатню інтеграцію інноваційних підходів до відновлення екосистем. Це, своєю чергою, може стати перешкодою для успішного відновлення природного середовища у післявоєнний період. Крім того, особливої актуальності набуває необхідність розроблення та впровадження комплексних міждисциплінарних підходів, які поєднують екологічні, соціальні та економічні аспекти з метою підвищення ефективності програм екологічного відновлення.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Мета статті – дослідити інноваційні підходи до відновлення біорізноманіття в Україні в контексті подолання наслідків воєнних дій, з акцентом на роль лісового господарства, як одного з ключових чинників у збереженні та реабілітації екосистем. Основні завдання дослідження:

1. Проаналізувати потенціал різних лісгосподарських практик щодо сприяння збереженню та відновленню біорізноманіття у післявоєнний період.
2. Оцінити вплив сучасних технологій, зокрема: штучного інтелекту, геномних інструментів та методів біоремедіації – на процеси екологічної реабілітації.
3. Здійснити SWOT-аналіз для виявлення сильних і слабких сторін, можливостей та ризиків, пов'язаних із застосуванням інноваційних методів у сфері відновлення біорізноманіття.

**Методика дослідження.** Дослідження має теоретичний характер і базується на аналізі вторинних даних та наукової літератури. На першому етапі було здійснено

систематичний огляд наукових публікацій, аналітичних звітів та інших джерел, що висвітлюють вплив лісового господарства на біорізноманіття в Україні. Огляд проводився з метою ідентифікації актуальних практик та визначення ключових екологічних викликів у післявоєнний період. Другий етап передбачав компаративний аналіз інноваційних технологій, зокрема: штучного інтелекту, геномних підходів та методів біоремедіації, з метою оцінки їхнього потенціалу у процесах екологічного відновлення. Було зібрано та проаналізовано дані щодо успішного застосування зазначених технологій у міжнародному контексті, що дозволило сформулювати уявлення про їхню ефективність та адаптивність до українських реалій. На завершальному етапі, на основі узагальнених даних, було проведено SWOT-аналіз, який дозволив виявити сильні та слабкі сторони, можливості та загрози, пов'язані з впровадженням інноваційних методів відновлення біорізноманіття в Україні.

**Результати досліджень.** Останніми роками Україна переживає глибоку екологічну кризу, яка суттєво загострилася після початку повномасштабного вторгнення російської федерації 24 лютого 2022 року. Воєнні дії спричинили масштабне руйнування природних ресурсів, забруднення довкілля, втрату біорізноманіття та порушення функціонування екосистем.

Аналіз наукових джерел свідчить, що післявоєнне екологічне відновлення потребуватиме комплексного підходу, який включатиме розроблення стратегій реабілітації природних середовищ, очищення забруднених територій та відновлення популяцій місцевих видів флори і фауни. Особливої уваги на сучасному етапі заслуговує планування ефективних заходів, спрямованих на стабілізацію екологічної рівноваги у найбільш постраждалих регіонах країни. Дані літератури підтверджують необхідність інтеграції інноваційних технологій у процеси екологічного відновлення, зокрема в контексті лісового господарства, яке відіграє ключову роль у підтриманні біорізноманіття та екосистемних послуг. Відновлення природних екосистем є одним із ключових напрямів у збереженні біорізноманіття та підвищенні екологічної стійкості лісів, водно-болотних угідь і степових ландшафтів, які виконують критично важливі функції у підтриманні природного балансу.

За оцінками екологів, унаслідок військових дій близько 10% степових екосистем було знищено або суттєво деградовано, що негативно позначилося на традиційному веденні сільського господарства та сприяло поширенню інвазивних видів рослин. Водні екосистеми України зазнали забруднення внаслідок потрапляння небезпечних речовин, що призвело до загибелі багатьох видів водної флори та фауни. Знищення природних середовищ існування та порушення екологічних процесів спричинили серйозні наслідки не лише для біологічного різноманіття, а й для здоров'я населення та економічної стабільності країни. Отримані результати підтверджують необхідність термінового впровадження комплексних заходів з екологічної реабілітації, адаптованих до умов післявоєнного періоду.

Лісові екосистеми України займають близько 15,9% території країни і відіграють важливу роль у підтриманні екологічної рівноваги, збереженні біорізноманіття та поглинанні парникових газів, що сприяє боротьбі зі змінами клімату [12]. За наявними даними, з початку повномасштабних військових дій було знищено понад 60 тисяч гектарів лісу, а близько третини лісових масивів зазнали пошкоджень, що значно ускладнює їхнє природне відновлення [13]. Скорочення лісових площ негативно позначилося на багатьох видах флори і фауни: близько 30% видів, що мешкають у лісах України, опинилися під загрозою зникнення через

руйнування їхніх природних середовищ існування [14]. Крім того, пошкоджені ліси стають більш вразливими до шкідників і хвороб, що може спричинити подальше зменшення площ лісових насаджень. Масова вирубка деревини для військових потреб додатково посилила антропогенне навантаження на екосистеми та негативно вплинула на економічну стабільність лісового господарства. Одним із побічних наслідків скорочення лісів стало локальне забруднення водойм і погіршення якості води, що пов'язано зі зниженням природної фільтраційної здатності лісових екосистем.

Лісове господарство, як одна з ключових складових системи управління природними ресурсами, відіграє важливу роль у процесі післявоєнного відновлення. Дослідження його впливу на збереження та відновлення біорізноманіття є важливим інструментом для глибшого розуміння взаємозв'язку між управлінням лісовими ресурсами та забезпеченням екологічної стабільності (табл. 1). Це, своєю чергою, дозволяє ідентифікувати ефективні стратегії та практики, що сприяють збереженню природних середовищ існування, покращенню стану екосистем та підтримці біорізноманіття.

Таблиця 1

**Вплив лісового господарства на збереження та відновлення біорізноманіття**

Напрямок	Лісогосподарські заходи	Вплив на біорізноманіття	Екологічні процеси та функції
Відновлення лісів	Створення нових насаджень	Розширення лісових площ, що сприяє підтримці видового різноманіття	Поглинання вуглецю, покращення якості атмосферного повітря
Збереження природних екосистем	Охорона існуючих лісів	Збереження середовищ існування для представників флори та фауни	Регулювання гідрологічного режиму, підтримка екологічної рівноваги
Агролісо-меліорація	Впровадження інтегрованих агролісомеліоративних систем	Покращення ґрунтової структури, зменшення ерозійних процесів	Підвищення родючості, оптимізація водного балансу
Формування екологічних коридорів	Розширення лісових масивів та створення з'єднувальних зон	Забезпечення міграції видів, зменшення ізоляції популяцій	Підтримка генетичного обміну, збереження екологічної цілісності
Стале управління лісами	Застосування принципів сталого лісокористування	Мінімізація антропогенного впливу на природні комплекси	Рациональне використання ресурсів, збереження екосистемних послуг
Екологічна освіта та просвіта	Реалізація освітніх програм і кампаній	Активізація участі громадськості у збереженні біорізноманіття	Формування екологічної свідомості та відповідального ставлення до природи

*Джерело: власна розробка авторів*

Аналіз даних, наведених у таблиці 1, засвідчує важливість комплексного підходу до ведення лісового господарства, який враховує як екологічні, так і економічні чинники для ефективного збереження та відновлення біорізноманіття.

Прикладом успішної реалізації таких принципів є Швеція, де програми з відновлення лісів сприяють зростанню чисельності видів, що мешкають у лісових екосистемах. Висаджування дерев та охорона природних масивів не лише сприяють екологічній стабільності, а й покращують якість ґрунтів. У Німеччині впроваджуються програми охорони рідкісних видів рослин і тварин, що дозволяє зберігати ендемічні популяції та підтримувати екологічну рівновагу. Водночас ці заходи потребують значних фінансових ресурсів. Попри очевидні переваги, лісове господарство має й певні недоліки. Наприклад, у Канаді висаджування дерев без урахування місцевих екологічних умов може бути неефективним, а введення інвазивних видів – загрожувати автохтонній флорі та фауні. Реалізація агролісо-меліоративних практик також потребує значних інвестицій часу та ресурсів, що може ускладнювати їх широке впровадження. Створення екологічних коридорів є важливим елементом підтримки міграційних процесів серед видів, однак вимагає координації між приватними землевласниками. Наприклад, в Австралії реалізуються проекти зі створення мережі лісових коридорів, які часто стикаються з конфліктами між землекористувачами та природоохоронними ініціативами.

Відновлення біорізноманіття – це складний і багатогранний процес, що потребує впровадження інноваційних підходів та технологій (табл. 2).

Таблиця 2

### Інноваційні методи відновлення біорізноманіття

Метод	Опис	Технології / Інструменти
Штучний інтелект (ШІ)	Застосування алгоритмів ШІ для аналізу екологічних даних, прогнозування змін у середовищі та виявлення потенційних загроз	Машинне навчання, аналітичні платформи
Геномні технології	Використання методів генної інженерії для підвищення адаптивності видів до змін клімату та середовища	CRISPR-Cas, TALEN
Біоремедіація	Очищення забруднених територій за допомогою мікроорганізмів або рослин	Мікробіологічні технології, фітотехнології
Синтетична біологія	Створення нових біологічних систем для виконання специфічних екологічних функцій	Генетичне модифікування, біосинтетичні платформи
Екоінженерія	Відновлення природних середовищ шляхом екологічного проектування та реалізації природоохоронних рішень	Проектування водно-болотних угідь, ландшафтна архітектура
Екологічний моніторинг	Застосування дронів, супутникових технологій та біоіндикаторів для оцінки стану екосистем	Безпілотні літальні апарати, супутникові системи, сенсори

*Джерело: власна розробка авторів*

Штучний інтелект (ШІ) має потенціал стати ефективним інструментом у процесі відновлення біорізноманіття в Україні після завершення воєнних дій. Завдяки

здатності обробляти великі масиви даних та здійснювати прогнозування, ШІ може забезпечити точну оцінку стану екосистем і сприяти прийняттю обґрунтованих управлінських рішень. Одним із перспективних напрямів є використання ШІ для моніторингу територій, що зазнали екологічних втрат унаслідок бойових дій. Зокрема, дрони, оснащені камерами та сенсорами, можуть здійснювати аерозйомку, а алгоритми машинного навчання – аналізувати отримані зображення з метою виявлення змін у рослинному покриві та стані біологічних видів. Це дозволяє оперативного отримувати інформацію про екологічні трансформації та своєчасно реагувати на них.

ШІ також може бути застосований для моделювання впливу кліматичних змін на біорізноманіття. Наприклад, алгоритми прогнозування здатні оцінювати ризики для окремих видів у зв'язку з підвищенням температури або змінами середовища існування. На основі таких моделей можуть бути розроблені адаптаційні стратегії, зокрема створення нових охоронюваних територій або екологічних коридорів, що сприятиме збереженню видового різноманіття. Важливою є також роль ШІ у підвищенні ефективності програм екологічного відновлення. Алгоритми можуть аналізувати дані про популяції видів та їх взаємодію з середовищем, що дозволяє обирати оптимальні методи відновлення. Наприклад, ініціативи з моніторингу популяцій птахів можуть реалізовуватися через мобільні додатки, які дають змогу громадянам фіксувати спостереження. Зібрана інформація використовується для створення карт ареалів та визначення територій, що потребують охорони.

Геномні технології, зокрема CRISPR-Cas та TALEN, відкривають нові можливості для збереження та відновлення видів, що перебувають під загрозою зникнення. Ці методи дозволяють здійснювати точне редагування геному, що є особливо актуальним у контексті адаптації організмів до змін навколишнього середовища.

Система CRISPR-Cas базується на природному механізмі захисту бактерій від вірусів. Вона використовує направляючі РНК для ідентифікації специфічних ділянок ДНК, що дозволяє здійснювати високоточне редагування генетичного матеріалу. Наприклад, за допомогою CRISPR можна модифікувати гени рослин з метою підвищення їх стійкості до абіотичних стресів, таких як посуха, забруднення або зміни температурного режиму [15].

TALEN (Transcription Activator-Like Effector Nucleases) – це метод точного редагування генетичного матеріалу, який використовує специфічні білки для ідентифікації та модифікації окремих ділянок ДНК. Завдяки високій специфічності, TALEN забезпечує контрольоване втручання в геном, що є особливо важливим у природоохоронних дослідженнях. Цей підхід може бути застосований для відновлення популяцій рідкісних видів тварин шляхом корекції генів, відповідальних за репродуктивну здатність або адаптацію до змінених екологічних умов [16]. У порівнянні з іншими методами, TALEN демонструє переваги у точності редагування, що дозволяє уникнути небажаних мутацій у сусідніх генах або регуляторних елементах.

Хоча CRISPR-Cas є більш універсальним і доступним для широкого кола дослідників, TALEN може бути оптимальним вибором у випадках, коли потрібна надвисока специфічність. Обидві технології можуть застосовуватися комплексно, що дозволяє поєднувати їхні переваги для досягнення більш точних і ефективних результатів у генетичному редагуванні, зокрема в контексті збереження біорізноманіття.

Біоремедіація є інноваційним методом, що ґрунтується на використанні живих організмів, зокрема мікроорганізмів та рослин, для очищення забруднених екосистем, як-от ґрунти та водні ресурси. У контексті післявоєнного відновлення



Україні цей підхід може стати ключовим інструментом реабілітації територій, які зазнали деградації внаслідок військових дій. Наприклад, мікроорганізми можуть бути ефективно застосовані для біодеградації нафтопродуктів, що потрапили у ґрунт або водні об'єкти в результаті бойових дій. Це сприяє не лише зниженню рівня забруднення, а й відновленню природних біогеохімічних процесів у пошкоджених екосистемах.

У свою чергу, синтетична біологія – міждисциплінарна галузь, що поєднує біологічні та інженерні науки – відкриває нові можливості для створення організмів із заданими властивостями, зокрема для очищення забруднених територій. Застосування генетично модифікованих рослин, здатних акумулювати важкі метали з ґрунту, може суттєво прискорити процес відновлення його родючості. Такий підхід не лише вирішує проблему забруднення, але й сприяє формуванню стійких агроекосистем у довгостроковій перспективі.

Еко-інженерія пропонує інтеграційний підхід, що поєднує принципи екології та інженерії з метою розробки сталих рішень для відновлення природних систем. У післявоєнний період в Україні екоінженерні проекти можуть передбачати реабілітацію зруйнованих екосистем шляхом створення штучних водно-болотних угідь, що сприяють покращенню якості води та збереженню біорізноманіття. Зокрема, висаджування ендемічних та локальних видів рослин здатне стимулювати повернення фауни, яка постраждала внаслідок воєнних дій, тим самим сприяючи відновленню екологічної рівноваги.

Оцінювання стану довкілля та ефективності заходів з його відновлення потребує системного підходу до екологічного моніторингу. Застосування сучасних технологій, зокрема дистанційного зондування та сенсорів контролю якості повітря і води, забезпечує оперативне виявлення забруднень і змін у функціонуванні екосистем. Наприклад, моніторинг популяцій рідкісних видів флори та фауни є ключовим індикатором успішності програм їх реінтродукції та адаптації до змінених умов середовища. Інтеграція різних методологічних підходів сприятиме комплексному екологічному відновленню України в поствоєнний період.

Аналіз викликів та бар'єрів, що перешкоджають впровадженню інноваційних екологічних методів в Україні, засвідчує складність ситуації, яка вимагає системного підходу та узгоджених дій з боку державних інституцій, громадянського суспільства та міжнародних партнерів. Для всебічного оцінювання поточного стану було проведено SWOT-аналіз, що дозволив виявити сильні та слабкі сторони, а також потенційні можливості й загрози, пов'язані з процесом екологічної реабілітації (табл. 3).

Сильні сторони України, зокрема значний природний потенціал і різноманіття екосистем, формують сприятливі передумови для реалізації програм з відновлення природних ресурсів. Зростання інтересу до екологічних питань серед населення, а також активізація діяльності природоохоронних організацій свідчать про готовність суспільства підтримувати ініціативи, спрямовані на охорону довкілля. Крім того, міжнародна спільнота демонструє відкритість до надання фінансової та технічної підтримки, що створює додаткові можливості для впровадження екологічних проектів.

Водночас існують суттєві слабкі сторони, які можуть уповільнювати процеси екологічного відновлення. Обмежені фінансові ресурси на державному рівні ускладнюють реалізацію масштабних проєктів, а дефіцит кваліфікованих фахівців у галузі екології та охорони біорізноманіття може спричинити затримки у впровадженні запланованих заходів. Додатковим бар'єром є руйнування інфраструктури

внаслідок військових дій, що значно ускладнює організацію та реалізацію екологічних ініціатив.

З огляду на наявні можливості, слід зазначити, що сучасні технології, зокрема біоінженерія, дистанційне зондування та геоінформаційні системи, здатні суттєво підвищити ефективність процесів відновлення біорізноманіття [18, 20]. Залучення фінансування у формі грантів і кредитів від державного Фонду охорони навколишнього природного середовища, а також інвестицій приватного сектора, може забезпечити додаткові ресурси для реалізації екологічних проєктів. Розроблення національних програм з відновлення біорізноманіття відповідно до міжнародних стандартів відкриває перспективи отримання фінансової та технічної підтримки від таких організацій, як Глобальний екологічний фонд (GEF) та Програма розвитку ООН (UNDP) [21].

Таблиця 3

### SWOT-аналіз викликів та перешкод впровадження інноваційних методів відновлення біорізноманіття

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Високий природний потенціал України та різноманітність екосистем, що створюють сприятливі умови для відновлення біорізноманіття.</li> <li>2. Зростання екологічної свідомості населення та активна участь громадських організацій (зокрема Greenpeace Україна, Національний екологічний центр України та місцеві екоініціативи) у природоохоронних програмах.</li> <li>3. Фінансова та технічна підтримка з боку міжнародних організацій.</li> <li>4. Наявність методик сталого ведення лісового господарства, що сприяють збереженню екологічної стійкості та відновленню біорізноманіття.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обмежені фінансування з державного бюджету, що ускладнює реалізацію масштабних екологічних проєктів.</li> <li>2. Недостатня кількість кваліфікованих фахівців у сфері екології та охорони біорізноманіття.</li> <li>3. Руйнування інфраструктури, що перешкоджає ефективному плануванню та реалізації екологічних заходів.</li> <li>4. Обмежене застосування сучасних технологій у лісовому секторі на регіональному рівні.</li> </ol>
Можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Застосування інноваційних технологій (біоінженерія, ГІС, CRISPR-Cas9) для підвищення ефективності екологічного відновлення.</li> <li>2. Залучення приватного сектору до екологічних ініціатив, що відкриває додаткові джерела фінансування та інвестицій.</li> <li>3. Розробка національних програм з відновлення біорізноманіття, що дозволяє залучати міжнародні гранти та підтримку.</li> <li>4. Впровадження сучасних методів лісівництва (селективна лісозаготівля, агролісомеліорація, рекультивация деградованих лісів).</li> <li>5. Активне залучення міжнародних грантів і програм для розвитку сталого лісового господарства.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Негативні наслідки глобального потепління, що ускладнюють природні процеси регенерації екосистем.</li> <li>2. Внутрішні соціально-політичні конфлікти, які можуть відволікати увагу від екологічних проблем.</li> <li>3. Урбанізація та інтенсивне сільське господарство, які спричиняють деградацію природних середовищ.</li> <li>4. Масове вирубування лісів, браконьєрство та неконтрольоване використання природних ресурсів.</li> <li>5. Погіршення стану лісових екосистем через кліматичні зміни, посухи, шкідників і хвороби деревостанів.</li> </ol>

*Джерело: власна розробка авторів*

Водночас існують загрози, які можуть ускладнити реалізацію наявних можливостей. Негативний вплив глобального потепління створює додатковий тиск на екосистеми, сповільнюючи їхнє відновлення. Внутрішні політичні конфлікти здатні відволікати увагу від екологічних проблем і зменшувати обсяги фінансування природоохоронних проєктів. Крім того, урбанізація та інтенсивні аграрні практики призводять до знищення природних середовищ, що становить серйозну перешкоду на шляху до збереження та відновлення біорізноманіття.

Отже, для подолання викликів і перешкод на шляху екосистемного відновлення важливо розробити комплексний підхід, що передбачатиме активну співпрацю між державними інституціями, громадськими організаціями та міжнародними партнерами. Необхідно інвестувати в підготовку фахівців у сфері екології та біорізноманіття, а також забезпечити стабільне фінансування екологічних проєктів. Не менш важливим є залучення населення до екологічних ініціатив і підвищення його обізнаності щодо збереження природних ресурсів. Лише за таких умов можливе успішне відновлення біорізноманіття в Україні.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** У результаті проведеного дослідження встановлено, що сучасні підходи здатні значно підвищити ефективність процесів відновлення на рівні екосистеми. Аналіз наявних методів засвідчив їхню адаптивність, що відкриває нові можливості для впровадження інноваційних рішень у контексті повоєнного відновлення постраждалих територій.

Особливу роль у процесах екосистемного відновлення відіграє лісове господарство, яке, завдяки застосуванню методів селективної лісозаготівлі, агролісомеліорації та управління лісовими ресурсами, сприяє відновленню біорізноманіття, покращенню якості ґрунтів та водних ресурсів, а також зміцненню екологічної стійкості регіонів.

Перспективи подальших досліджень охоплюють глибше вивчення прикладів успішної інтеграції традиційних і сучасних екологічних методів, а також розроблення адаптивних моделей екосистемного відновлення з урахуванням регіональних особливостей. Важливим напрямком є також дослідження ролі лісового господарства у формуванні стійких екосистем, оцінювання ефективності лісовідновлювальних заходів та аналіз впливу лісових практик на біорізноманіття.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Безлатня Л. О., Матківський М. П., Лозінська Т. П. Біорізноманіття як основа екосистемних послуг: оцінка, збереження та відновлення. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 135 (1). С. 12-19. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.1.2>.
2. Бондар О.Б., Мельник Є.Є., Погорелова О.М., Бицюра Л.О., Головатюк Л.М. Аналіз результатів впливу військових дій на довкілля та інфраструктуру України. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2025. Т. 35, № 1. С. 60–67. DOI: <https://doi.org/10.36930/40350108>.
3. Коблянська І. І., Кубатко О. В., Литвиненко С. М., Євдокимов А. В., Боруха А. В. Оцінка успішності реалізації концепції «інтеграції біорізноманіття» в Україні. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2024. № 4 (13). С. 11–18. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.13-2>.
4. Замула І. В., Травін В. В., Кирилюк Д. Р. Післявоєнний розвиток екотуризму в Україні: вітчизняний і міжнародний досвід. *Економіка, управління та адміністрування*. 2023. № 2 (104). С. 10–17. DOI: [https://doi.org/10.26642/ema-2023-2\(104\)-10-17](https://doi.org/10.26642/ema-2023-2(104)-10-17).

5. Кононенко Ю. Сучасний стан правової охорони мігруючих видів диких тварин в Україні: виклики та перспективи. *Проблеми законності*. 2025. № 169. С. 91–105. DOI: <https://doi.org/10.21564/2414-990X.169.334008>.
6. Пацева І. Г., Алпатова О. М., Демчук Л. І., Кірейцева Г. В., Левицький В. Г. Сучасний стан навколишнього середовища під впливом війни. *Екологічні науки*. 2022. № 4. С. 19–22. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.4-43.3>.
7. Шевчук Л. М., Билина Л. В., Васільєва Л. А. Збереження біорізноманіття нативних двостулкових молюсків України (Mollusca, Bivalvia) як необхідність дотримання вимог оселищної концепції та реалізації стратегії сталого розвитку. *Екологічні науки*. 2023. № 5. С. 153–161. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.22>.
8. Пристемський О. С., Єфремов А. О. Зелені інвестиції та їх значення у повенному відновленні України. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2024. № 19. С. 104–113. DOI: <https://doi.org/10.32782/2708-0366/2024.19.13>.
9. Будякова О. Ю., Дьяконов І. О. Біоекономіка: перспективи розвитку агропромислового комплексу України для подолання продовольчої кризи. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2023. № 6 (06). С. 68–74. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.6-13>.
10. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г. Застосування сидератів та мікробіологічних добрив для відновлення деградованих ґрунтів у зоні бойових дій. *Продовольча безпека України в умовах післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри*: зб. тез міжнар. наук.-прак. конф. (м. Миколаїв, 28-30 травня 2025 р.). Миколаїв: МНАУ, 2025. С. 41-43. DOI: <https://doi.org/10.31521/978-617-7149-86-5-11>.
11. Myroniuk V., Weinreich A., von Doski V., Melnychenko V., Shamray A., Matsala M., Gregory M. J., Bell D. M., Davis R. Nationwide remote sensing framework for forest resource assessment in war-affected Ukraine. *Forest Ecology and Management*. 2024. Vol. 569. 122156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122156>.
12. Oshurkevych-Pankivska O., Pankivskiy Y., Zadorozhnyy A., Reznichenko V., Kolomiets L. Strategic assessment of the impact of forestry on the environment to achieve sustainable development. *Revista de la Universidad del Zulia*. 2023. Vol. 15, № 42. P. 322–336. DOI: <https://doi.org/10.46925/rdluz.42.18>.
13. Загальна характеристика лісів України. *Державне агентство лісових ресурсів України*. URL: <https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisi-ukrayini/zagalna-harakteristika-lisiv-ukrayini> (дата звернення: 21.08.2025).
14. Блінова Г. О. Сучасні виклики та перспективи публічного управління у сфері регіональної екологічної політики у контексті антикорупційного законодавства. *Дніпровський науковий часопис публічного управління, психології, права*. 2025. № 1. С. 25–32. DOI: <https://doi.org/10.51547/ppp.dp.ua/2025.1.4>.
15. Bhatia S., Pooja, Yadav S. K. CRISPR-Cas for genome editing: Classification, mechanism, designing and applications. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2023. Vol. 238. 124054. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124054>.
16. Becker S., Boch J. TALE and TALEN genome editing technologies. *Gene and Genome Editing*. 2021. Vol. 2. 100007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ggedit.2021.100007>.
17. Соловій І., Жмурко Н. Наукові засади та теоретико-методологічні принципи впровадження концепції природоорієнтованих рішень. *Економіка та суспільство*. 2023. № 55. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-85>.
18. Jin T., Si X., Liu J., Ding P. An integrated animal tracking technology combining a GPS tracking system with a UAV. *Methods in Ecology and Evolution*. 2023. Vol. 14, № 2. P. 505–511. DOI: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14055>.
19. Pei T., Xu J., Liu Y., Huang X., Zhang L., Dong W., Qin C., Song C., Gong J., Zhou C. GIScience and remote sensing in natural resource and environmental research:

Status quo and future perspectives, *Geography and Sustainability*. 2021. Vol. 2, № 3. P. 207-215. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2021.08.004>.

20. Переваги та перспективи агролісомеліорації для аграріїв. *Landlord*. URL: <https://landlord.ua/agrolife-en/agrolisomelioratsiya-perevagi-ta-perspektivi-dlya-agrariyiv/> (дата звернення: 08.08.2025).

21. Глобальний екологічний фонд допоможе Україні запустити проекти зі створення сталої транспортної інфраструктури для захисту біорізноманіття. *mepr.gov.ua*. 2024. <https://mepr.gov.ua/globalnyj-ekologichnyj-fond-dopomozhe-ukrayini-zapustyty-proyekty-zi-stvorennya-staloyi-transportnoyi-infrastruktury-dlya-zahystu-bioriznomanittya/> (дата звернення: 08.08.2025).

Дата першого надходження рукопису до видання: 02.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 23.10.2025

Дата публікації: 05.12.2025

---