

УДК 504.054:574.2:630.18(477.83)

<https://doi.org/10.31073/ecobezpeka202508-22>

ОЦІНКА ВПЛИВУ АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Линник Д. О., Марич В. М., Калин Т. І.,
Коцюбинський А. О., Заріцький В. Б.

Івано-Франківський національний університет нафти і газу

У статті розглядається актуальна проблема впливу антропогенної діяльності на біорізноманіття лісових екосистем Івано-Франківської області в контексті глобальних екологічних викликів та кризи біорізноманіття. Проаналізовано комплекс чинників антропогенного впливу, що призводять до деградації та трансформації лісових екосистем, включаючи вирубку лісів, фрагментацію та руйнування природних середовищ існування, зміну клімату, лісові пожежі різної інтенсивності та частоти, поширення інвазивних видів, процеси урбанізації, розвиток транспортної інфраструктури та інтенсифікацію різних форм господарської діяльності. На основі систематичного аналізу сучасних наукових досліджень встановлено ключові закономірності впливу людської діяльності на структуру та функціонування лісових екосистем у глобально-

му та регіональному масштабах. Показано, що антропогенний тиск призводить до суттєвих змін у видовому складі, зниження біомаси, порушення ґрунтових характеристик, дисбалансу поживних речовин та загального зниження екосистемної стійкості порівняно з непорушеними природними територіями. Особливу увагу приділено регіональним особливостям динаміки біорізноманіття в контексті європейських та глобальних тенденцій. Визначено пріоритетні напрямки збереження та відновлення лісового біорізноманіття на основі інтегрованого підходу, що поєднує природоохоронні стратегії, екологічно орієнтовані практики лісокористування, соціально-економічні ініціативи та залучення місцевих громад.

Ключові слова: біорізноманіття, антропогенна діяльність, ліс, екосистема, забруднення, зміна клімату.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF ANTHROPOGENIC ACTIVITY ON THE BIODIVERSITY OF FOREST ECOSYSTEMS OF THE IVANO-FRANKIVSK REGION

Lynnyk D. O., Marych V. M., Kalyn T. I.,
Kotsyubynsky A. O., Zaritskyi V. B.
Ivano-Frankivsk National University of Oil and Gas

The article discusses the pressing issue of the impact of anthropogenic activity on the biodiversity of forest ecosystems in the Ivano-Frankivsk region in the context of global environmental challenges and the biodiversity crisis. It analyzes a set of anthropogenic factors that lead to the degradation and transformation of forest ecosystems, including deforestation, fragmentation and destruction of natural habitats, climate change, forest fires of varying intensity and frequency, the spread of invasive species, urbanization processes, the development of transport infrastructure, and the intensification of various forms of economic activity.

Based on a systematic analysis of current scientific research, key patterns of human impact on the structure and functioning of forest ecosystems on a global and regional scale have been identified. It has been shown that anthropogenic pressure leads to significant changes in species composition, a decrease in biomass, disruption of soil characteristics, an imbalance of nutrients, and an overall decrease in ecosystem stability compared to undisturbed natural areas.

Particular attention is paid to regional features of biodiversity dynamics in the context of European and global trends.

Priority areas for the conservation and restoration of forest biodiversity are identified based on an integrated approach that combines nature conservation strategies, environmentally oriented forest management practices, socio-economic initiatives, and the involvement of local communities.

Keywords: biodiversity, anthropogenic activity, forest, ecosystem, pollution, climate change.

Постановка проблеми

Лісові екосистеми відіграють критичну роль у підтриманні глобального біорізноманіття та забезпеченні екосистемних послуг. Незважаючи на те, що ліси покривають лише 31% земної поверхні, вони є домівкою для понад 80% наземних видів рослин, тварин та мікроорганізмів і забезпечують середовище існування для 80% видів амфібій, 75% видів птахів та 68% видів ссавців. На сьогодні лісове біорізноманіття перебуває під загрозою внаслідок інтенсифікації антропогенної діяльності. Руйнування та фрагментація природних середовищ існування, надмірна експлуатація ресурсів, поширення інвазивних видів, лісові пожежі та зміна клімату створюють синергетичний негативний ефект, що призводить до деградації лісових екосистем та втрати їхнього видового різноманіття. Івано-Франківська область, розташована в межах Карпатського регіону України, характеризується значним лісовим покривом та високим рівнем біорізноманіття. Однак ці екосистеми зазнають інтенсивного антропогенного тиску. На сьогодні існує потреба в оцінці впливу різних форм антропогенної діяльності на біорізноманіття лісових екосистем регіону для розробки науково обґрунтованих стратегій їхнього збереження та відновлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Втрата біорізноманіття є серйозною загрозою сучасності. Руйнування та фрагментація середовищ існування, надмірна експлуатація,

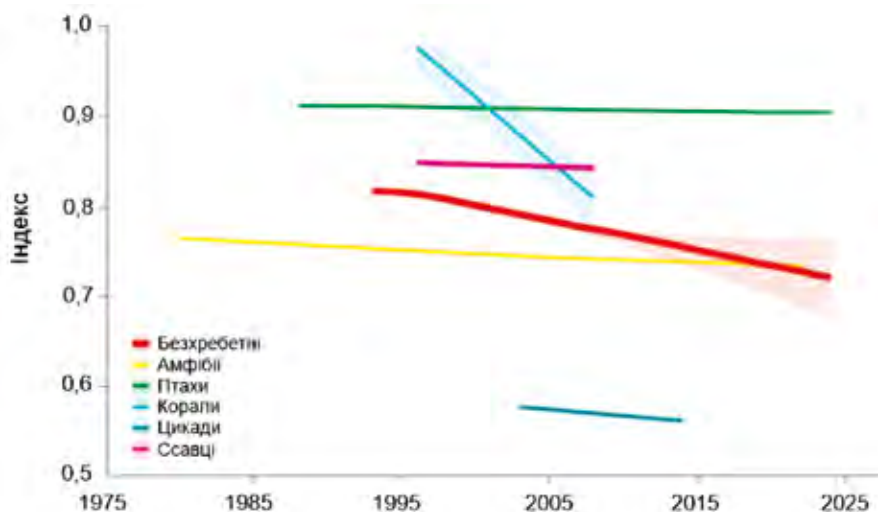


Рисунок 1. Індекс Червоного списку

*Джерело: [2].

інвазивні види та зміна клімату призвести підвищення темпів втрати біорізноманіття [1]. Види, що перебувають під загрозою зникнення, втрачають здатність підтримувати свої екологічні функції, що призводить до порушення стабільності та ефективності функціонування екосистеми в цілому. На рисунку 1 відображено Індекс Червоного списку – показник тенденції ризику вимирання груп видів. Індекс Червоного списку демонструє тенденцію ризику вимирання груп видів. Згідно з Індексом Червоного списку, ризик вимирання зростає у всіх моніторингових групах видів, що означає високу ймовірність втрати видів. Види, що стикаються з вимиранням, можуть не бути здатними виконувати свою звичайну роль в екосистемі, що може знизити функціонування та стійкість екосистеми загалом [2].

Ліси покривають 31% суходолу, є середовищем існування для від 2 мільйонів до 1 трильйона видів організмів і підтримують існування 80% видів амфібій, 75% видів птахів та 68% видів ссавців. Вирубування лісів залишається головною причиною їхнього скорочення – щорічні втрати становлять близько 4,7 млн га. Антропогенна діяльність, включаючи інтенсивну експлуатацію, нераціональне лісокористування, аграрне освоєння, випалювання рослинності, пожежі, урбанізацію та деградацію середовища, спричиняє поступове зникнення флори, фауни й мікроорганізмів. З огляду на те, що з 1751 року в атмосферу викинуто понад 1,5 трильйона тонн CO₂, збереження біорізноманіття в трансформованих

людиною екосистемах є критично важливим для підтримання екосистемних послуг [10].

Ліси належать до найбільш продуктивних, екологічно чутливих і біологічно різноманітних екосистем біосфери. Інтенсифікація індустріалізації та урбанізації у поєднанні зі зростанням чисельності населення суттєво підвищила антропогенний тиск на лісові екосистеми.

Це спричинило масштабне знищення лісів і значне погіршення їхнього екологічного стану. Щорічне скорочення площ лісів негативно позначається на глобальному біорізноманітті. Основними чинниками деградації лісових екосистем є зміна клімату, фрагментація середовища існування, поширення інвазивних видів, надмірна експлуатація та вирубування лісів. Дослідження свідчать, що саме ці фактори визначають коливання рівня різноманіття та багатства видів у лісах світу [4].

Антропогенно трансформовані території характеризуються нижчою біомасою (близько 100 т/га) та меншим видовим різноманіттям (приблизно 20 видів рослин), підвищеною кислотністю ґрунтів (рН 6,5–7) і високим вмістом нітратів та фосфатів. Натомість у мішаних лісах біомаса досягає 200 т/га, кількість видів флори – близько 50, а реакція ґрунтового середовища коливається від помірно кислої до нейтральної (рН 5,5–6) [9].

Одним із суттєвих чинників деградації лісових екосистем є лісові пожежі, зумовлені як біотичними, так і абіотичними факторами. До біотичних належить накопичення рослин, що

підвищують кількість горючих матеріалів та сприяє займистості. Абіотичні чинники включають кліматичні умови, рельєф та тип ґрунтів, які впливають на вологість пального матеріалу та поширення вогню. Хоча за низької частоти пожеж спостерігається підвищення видового різноманіття, збільшення їхньої інтенсивності призводить до скорочення різноманіття та домінування вогнестійких видів [7].

Людський чинник посідає друге місце за значущістю серед факторів, що формують структуру лісів після кліматичних умов (температури та кількості опадів), як у глобальному, так і в регіональному масштабі. Він негативно корелює зі структурною щільністю лісових насаджень та є визначальним фактором регіональних відмінностей у 35,1% світових лісів. Вплив людської діяльності також домінує у формуванні структури лісів у 31,4% та 22,4% лісів у ПТ і НЛЛ відповідно [6]. Антропогенна діяльність часто зумовлена залежністю засобів існування населення та тваринництва від лісових ресурсів унаслідок бідності, безробіття, надмірного випасу худоби, розширення сільськогосподарських угідь і розчищення лісів для альтернативних потреб. Додатковий негативний вплив здійснюють урбанізація, розвиток транспорту й засобів зв'язку, гідроенергетика та туризм. У довгостроковій перспективі ці процеси призводять до зникнення лісових масивів, фрагментації середовищ існування, зниження стійкості екосистем, змін у землекористуванні, трансформації рослинного покриву та видового складу [3,5]

У сучасних умовах особливої ваги набуває врахування питань збереження біорізноманіття у процесі лісовідновлення. Лісистість України становить близько 15,9%. Підвищення температури повітря сприяє поширенню хвороб у лісових екосистемах і може спричинити зміщення зон рослинності, зміну співвідношення форм рельєфу та типів лісу, зниження життєздатності деревостанів і їхньої стійкості до шкідників та хвороб. Наслідками цього є інтенсифікація процесів всихання лісів, масові спалахи чисельності шкідників і зростання частоти та масштабів пожеж, особливо у хвойних лісах.

Зменшення вразливості лісового господарства до кліматичних змін можливе шляхом впровадження стратегічних адаптаційних заходів [8]. Порушення екосистем впливають на біорізнома-

ніття залежно від своєї інтенсивності та просторового поширення, проявляючись у різних часових і просторових масштабах.

Реакція біологічних угруповань на ці порушення визначається також властивостями спільнот і екологічними вимогами окремих видів до умов існування [11].

Визначення цілей статті (постановка завдання)

Мета дослідження – оцінити вплив антропогенної діяльності на біорізноманіття лісових екосистем Івано-Франківської області на основі.

Завдання дослідження:

- 1) Оцінити просторовий розподіл вегетаційного покриву Івано-Франківської області;
- 2) Визначити ключові параметри антропогенного впливу на біорізноманіття лісових екосистем регіону та оцінити рівень їхньої критичності;
- 3) Дослідити часову динаміку екологічних показників.

Виклад основного матеріалу дослідження

Для оцінки сучасного стану лісових екосистем Івано-Франківської області та рівня антропогенного навантаження було застосовано індексний аналіз і просторове картографування показників рослинності.

Отримані результати дозволяють простежити взаємозв'язок між інтенсивністю господарської діяльності та змінами біорізноманіття. На рисунку 2 відображено просторовий розподіл NDVI в Івано-Франківській області.

NDVI є цінним інструментом для просторової оцінки стану рослинного покриву та ідентифікації потенційних зон екологічної деградації.

Вона дозволяє візуалізувати регіональні закономірності розподілу рослинності, виявити аномальні ділянки та сформулювати гіпотези щодо факторів, що впливають на стан екосистем.

Карта відображає просторовий розподіл нормалізованого різницевого вегетаційного індексу (NDVI) на території Івано-Франківської області за даними супутника Sentinel. Значення індексу варіюють від -1 до $+1$, де вищі позитивні значення свідчать про густу здорову рослинність.

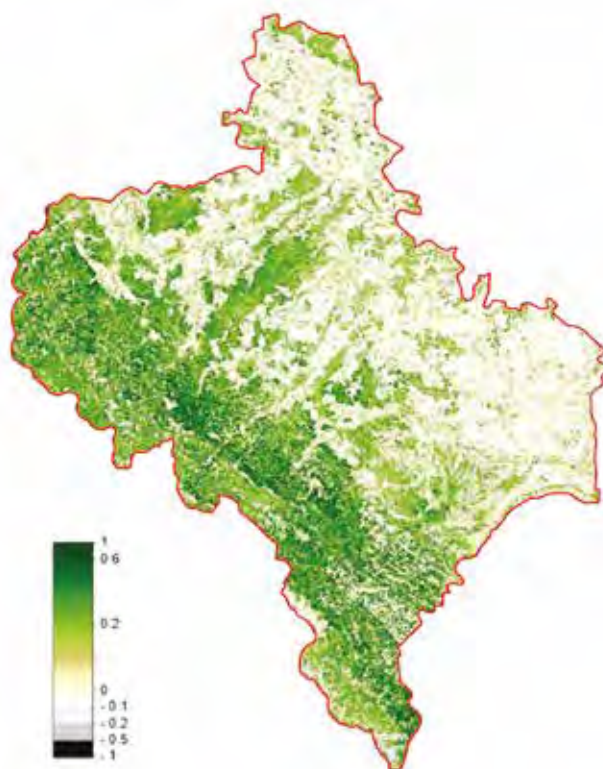


Рисунок 2. Просторовий розподіл NDVI в Івано-Франківській області

*Джерело: розроблено авторами

Просторовий аналіз виявляє чіткий градієнт значень NDVI: південно-західна гірська частина (Карпати) демонструє найвищі показники 0.5-0.6, що відповідає збереженим лісовим масивам. Центральна зона характеризується мозаїчною структурою з NDVI 0.2-0.4 внаслідок чергування сільськогосподарських угідь і лісових фрагментів. Північно-східна частина області має найнижчі значення 0.1-0.3 через інтенсивне агровикористання.

Особливу увагу привертають локальні ділянки з аномально низьким NDVI в районах Долини, Надвірної та Бориславу – історичних центрах нафтогазовидобутку, що може вказувати на техногенну деградацію рослинності.

Білі плями з нульовими або негативними значеннями NDVI позначають урбанізовані території (Івано-Франківськ, Коломия, Калуш, Долина, Болехів) та об'єкти промислової інфраструктури. З метою оцінки загроз біорізноманіттю лісових екосистем розроблено діаграму, що зображена на рисунку 3.

Діаграма відображає шість ключових параметрів оцінки стану лісових екосистем. Червона область діаграми відображає поточний рівень за-

грози для лісових екосистем регіону. Ця область охоплює значну частину простору діаграми, досягаючи показників у діапазоні від 75 до 100 балів за різними параметрами. Найбільші значення спостерігаються за параметрами втрати старовікових лісів, фрагментації лісових масивів та зниження рідкісних видів, що свідчить про інтенсивний антропогенний тиск на ці компоненти екосистем. Деяко нижчі, але все ще критично високі показники характерні для деградації ґрунтів, порушення водного балансу та втрати мертвої деревини. Зелена область на діаграмі представляє цільовий (бажаний) рівень впливу, до якого необхідно прагнути для забезпечення екологічної стабільності та збереження біорізноманіття лісових екосистем. Ця область розташована близько до центру діаграми, формуючи приблизно рівномірний шестикутник з показниками в межах 20-25 балів за всіма параметрами.

На рисунку 4 відображено динаміку зміни показників лісистості, індексу біорізноманіття та температури для Івано-Франківської області.

Графік відображає часову динаміку трьох ключових екологічних показників для Івано-Франківської області за період 1990-2050 років: лі-



Рисунок 3. Загрози біорізноманіттю лісових екосистем Івано-Франківської області

*Джерело: розроблено авторами

систість території (%), індекс біорізноманіття та підвищення середньорічної температури (°C). Для прогнозування використано три методи: 1) лісистість: лінійна екстраполяція з корекційними коефіцієнтами; 2) біорізноманіття: екстраполяція історичного тренду; 3) температура: використано кліматичні моделі IPCC. Графік демонструє екологічний парадокс регіону: лісистість зростає з 42% до прогнозованих 48%, але біорізноманіття падає з 98,4 до 88,6 через заміну корінних лісів монокультурами та зміну клімату, що підтверджується високою оберненою кореляцією між температурою та біорізноманіттям ($r \approx -0,95$). Отримані результати свідчать про наявність чіткої просторово-часової залежності між інтенсивністю антропогенного навантаження та рівнем

деградації лісових екосистем Івано-Франківської області. Виявлені тенденції підтверджують, що сучасний стан біорізноманіття регіону формується під впливом сукупної дії природних і техногенних чинників, що зумовлює необхідність комплексного підходу до його оцінювання та прогнозування.

Покращення стану біорізноманіття лісових екосистем можливе шляхом впровадження екологічно орієнтованих практик лісочористування, розширення природоохоронних територій та відновлення корінних лісових угруповань. Важливу роль відіграє також систематичний моніторинг із використанням методів дистанційного зондування Землі та інтеграція результатів наукових досліджень у регіональні програми сталого розвитку.

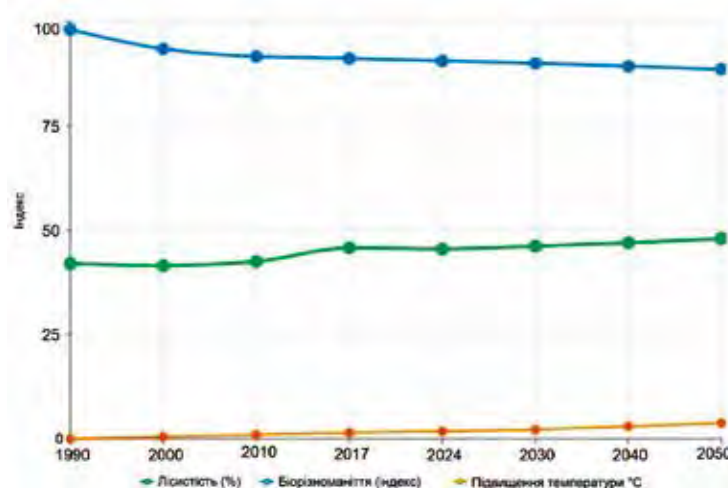


Рисунок 4. Динаміка лісистості та біорізноманіття (1990-2050)

*Джерело: розроблено авторами

Висновки та перспективи подальших досліджень

Комплексний аналіз впливу антропогенної діяльності на біорізноманіття лісових екосистем Івано-Франківської області виявив критичну ситуацію, що характеризується високим рівнем загроз за всіма ключовими параметрами. Просторовий розподіл NDVI демонструє чіткий градієнт деградації рослинного покриву від південно-західних гірських районів (0.5-0.6) до північно-східних рівнинних територій (0.1-0.3), що відображає інтенсифікацію антропогенного тиску. Ідентифіковано локальні зони з аномально низькими значеннями NDVI в історичних центрах нафтогазовидобутку (Долина, Надвірна, Борислав), що свідчить про довготривалий вплив техногенного забруднення на стан лісових екосистем та потребує першочергових заходів екологічної реабілітації.

Оцінка ключових загроз біорізноманіттю показала критично високі рівні впливу за параметрами втрати старовікових лісів, фрагментації лісових масивів та зниження чисельності рідкісних видів порівняно з цільовими показниками (20-25 балів), що вказує на необхідність термінової реалізації комплексних природоохоронних програм. Збереження та відновлення біорізноманіття лісових екосистем Івано-Франківської області потребує реалізації інтегрованої стратегії. Перспективними напрямками подальших досліджень є детальний аналіз просторово-часової динаміки NDVI для виявлення зон активної деградації та відновлення рослинного покриву, а також дослідження кореляційних зв'язків між показниками NDVI та конкретними видами антропогенної діяльності, зокрема нафтогазовидобутком, лісозаготівлею та урбанізацією.

Список використаної літератури

1. Prakash, S., & Verma, A. K. (2022). Anthropogenic activities and Biodiversity threats. *International Journal of Biological Innovations, IJBI*, 4(1), 94-103.
2. WWF. (2024). *Living Planet Report 2024: A system in peril*. <https://www.worldwildlife.org/publications/living-planet-report-2024>
3. Himshikha, Dobhal, S., Ayate, D., Lal, P.

- (2022). Influence of Anthropogenic Activities on the Biological Diversity of Forest Ecosystem. In: Rani, M., Chaudhary, B.S., Jamal, S., Kumar, P. (eds) *Towards Sustainable Natural Resources*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06443-2_12
4. Dar, S.A., Nabi, M., Dar, S.A., Ahmad, W.S. (2022). Influence of Anthropogenic Activities on the Diversity of Forest Ecosystems. In: Rani, M., Chaudhary, B.S., Jamal, S., Kumar, P. (eds) *Towards Sustainable Natural Resources*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06443-2_3
5. Spicer, M.E., Radhamoni, H.V.N., Duguid, M.C. et al. Herbaceous plant diversity in forest ecosystems: patterns, mechanisms, and threats. *Plant Ecol* 223, 117–129 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11258-021-01202-9>
6. Li, W., Guo, WY., Pasgaard, M. et al. Human fingerprint on structural density of forests globally. *Nat Sustain* 6, 368–379 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41893-022-01020-5>
7. Bargali, H., Calderon, L. P. P., Sundriyal, R. C., & Bhatt, D. (2022). Impact of forest fire frequency on floristic diversity in the forests of Uttarakhand, western Himalaya. *Trees, Forests and People*, 9, 100300. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100300>
8. Iliuk, N., Serhiichuk, N., & Lozinska, T. (2024). Analyzing the Relationship Between Biodiversity and the Restoration of Forest Ecosystems in Ukraine. *The Science of Tomorrow: Innovative Approaches and Forecasts*. (pp. 163-168). Futurity Research Publishing. <https://futurity-publishing.com/the-science-of-tomorrowinnovative-approaches-and-forecasts-archive/>
9. Skliar, V., Skliar, Y., Sherstiuk, M., Smoliar, N., & Kanivets, O. (2024). Use of environmental indicators to assess the state of forest ecosystems. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 3(15), 25-42. <https://doi.org/10.31548/forest/3.2024.25>
10. Bhatt, R. P. (2022). Impact on Forest and vegetation due to human interventions. In *Vegetation dynamics, changing ecosystems and human responsibility*. IntechOpen. DOI: 10.5772/intechopen.105707
11. Viljur, M. L., Abella, S. R., Adámek, M., Alencar, J. B. R., Barber, N. A., Beudert, B., ... & Thorn, S. (2022). The effect of natural disturbances on forest biodiversity: an ecological synthesis. *Biological Reviews*, 97(5), 1930-1947. <https://doi.org/10.1111/brv.12876>.