
ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ТА ЛАНДШАФТНОГО РІЗНОМАНІТТЯ

УДК 504.064

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.3-60.17>

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ УПРАВЛІННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯМ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «СИНЬОГОРА»

Барабаш О.В., Тарасюк М.В.

Національний транспортний університет
вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, 02000, Київ
barabashelena29@gmail.com, nikolaytarasuik@gmail.com

Національний природний парк «Синьогора» є природоохоронною, рекреаційною, культурно-освітньою, науково-дослідною установою загальнодержавного значення і входить до складу природно-заповідного фонду України. Ідентифікація на території парку природних оселищ, які є осередками збереження видів, що охороняються законами України, є особливо актуальною через певну вирівняність структури оселищ парку – майже на 90 відсотків його території це лісові екосистеми і більше 50% – природні оселища. Відповідно до проведених досліджень рослинний світ НПП «Синьогора» налічує 380 вищих судинних рослин та 24 рослинних угруповання. Основними рідкісними рослинними асоціаціями є угруповання, пов'язані з домінуванням сосни кедрової європейської (*Pinus cembra* L.) та сосни гірської (*Pinus mugo* Turra). За результатами досліджень 2024 року встановлено, що найбільш поширеним природним оселищем НПП «Синьогора» є Карпатські ялицево-буково-ялинові ліси і ялицево-ялинові ліси. Для дослідження було використано дані інвентаризації лісів та відомості щодо складу біомів, утворених головними видами дерев, та їх рівень зустрічей у лісництвах: Сивульське, Межирицьке, Дуплянське, які знаходяться на території НПП «Синьогора». Розглянуто складність та внутрішнє різноманіття лісових систем лісгоспів НПП «Синьогора». За індексом Шеннона визначено, що ліси Дуплянського лісництва відзначаються найбільшим стресом, який може бути пов'язаний як із негативним антропогенним, так і природним впливами. Визначено показники біорізноманіття та видового багатства лісових екосистем НПП «Синьогора», які демонструють переважання у лісовому масиві Дуплянського лісництва дерев-едифікаторів, які витісняють інші види і формують лісову моносистему. Керівництву НПП «Синьогора» запропоновано використовувати додаткові сучасні технології захисту навколишнього середовища до плану управління лісами. *Ключові слова:* лісові екосистеми, управління лісами, природно-заповідний фонд, інвентаризація лісів, лісовідновлення, кліматичні зміни.

Environmental protection technologies for biodiversity management of forest ecosystems of the Syniohora National Nature Park. Barabash O., Tarasuik M.

The Syniohora National Nature Park is a nature conservation, recreational, cultural, educational, scientific and research institution of national importance and is part of the nature reserve fund of Ukraine. Identification of natural habitats on the territory of the park, which are centers of conservation of species protected by the laws of Ukraine, is especially relevant due to a certain leveling of the structure of the park's habitats – almost 90 percent of its territory is forest ecosystems and more than 50% – natural habitats. According to the conducted studies, the flora of the Syniohora National Nature Park includes 380 higher vascular plants and 24 plant groups. The main rare plant associations are groups associated with the dominance of European cedar pine (*Pinus cembra* L.) and mountain pine (*Pinus mugo* Turra). According to the results of the 2024 research, it was established that the most common natural habitat of the Syniohora National Park is the Carpathian fir-beech-spruce forests and fir-spruce forests. The study used forest inventory data and information on the composition of biomes formed by the main tree species and their level of occurrence in the forestry: Syvulske, Mezhyritske, Duplyanske, which are located on the territory of the Syniohora National Park. The complexity and internal diversity of the forest systems of the forest farms of the Syniohora National Park were considered. According to the Shannon index, it was determined that the forests of the Duplyanske forestry are characterized by the greatest stress, which can be associated with both negative anthropogenic and natural influences. The indicators of biodiversity and species richness of forest ecosystems of the Syniohora National Park were determined, which demonstrate the predominance of edifier trees in the forest massif of the Duplyansky forestry, which displace other species and form a forest monosystem. The obtained data should be used for mapping the territory of the Syniohora National Park. The management of the Syniohora National Park was suggested to use additional modern environmental protection technologies in the forest management plan. *Key words:* forest ecosystems, forest management, nature reserve fund, forest inventory, forest restoration, climate change.

Постановка проблеми. Карпатські ліси сприяють екосистемній функціональності ландшафтів. Вони зберігають та поглинають вуглець, що дає змогу запобігати тимчасовому перевантаженню та

охолодженню мікроклімату лісів та клімату території Карпатського регіону. Ліси Карпат забезпечують ряд пов'язаних між собою екосистемних функцій, серед яких необхідно відзначити такі, як регулю-

вання водного режиму, очищення повітря, збереження біорізноманіття, охоронну функцію ґрунтів та забезпечення ресурсами.

Однією з проблем Карпатського регіону є фрагментація лісів. Фрагментація лісів – це процес поділу цілісної лісової території на менші, відокремлені ділянки, або фрагменти, внаслідок антропогенної діяльності та природних стихійних явищ – вирубка, будівництво доріг, лісові пожежі. Фрагментація лісів становить загрозу для багатьох організмів та знижує рівновагу екосистеми, що особливо актуально в умовах кліматичної кризи. Тому, моніторинг біорізноманіття лісових екосистем дасть змогу коригувати та формувати систему сучасних технологій для захисту природоохоронних територій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Охорона природи є соціальною діяльністю, тому дослідження про підходи до управління, відновлення та консервацію лісів займають центральне місце у публікаціях багатьох учених. Було прогнозовано зв'язок між споживанням деревини в Німеччині та втратою чотирьох таксонів амфібій, рептилій, птахів та ссавців у регіонах, де видобувається круглий ліс. За допомогою Eciobase був розрахований деревний слід споживання в Німеччині еквівалентів круглого лісу [1]. Вивчення екологічного сліду Київської та Дніпропетровської областей України дало змогу виявити негативні тенденції у споживанні деревини та її використанні [2], а також оцінити необхідність визначення забруднення атмосферного повітря методом дендроіндикації [3]. Використання моделей взаємозв'язку видів та територій сільської місцевості (cSAR) дозволяє оцінити та спрогнозувати втрату видового багатства земноводних та плазунів порівняно з їх природним еталонним станом [4, 5]. Відкриття нових можливостей для управління лісами дало змогу використовувати порогові значення багатовимірної аналізу таксонів-індикаторів (TITAN). Таким чином вдалося оцінити реакції угруповань диких тварин на порушення лісів [6], проаналізувати сучасний стан лісових ресурсів у контексті сталого розвитку [7]. Для успішного вирішення питань у сфері охорони природних ресурсів та природних екосистем використовується методологія Q. Вона дозволяє з'ясувати думку зацікавлених сторін про проблему конфліктів між людиною, промисловою діяльністю та довкіллям [8, 9, 10], управління видами, що знаходяться під загрозою зникнення, або про стратегію в природоохоронній організації [11, 12]. Багато досліджень підтверджують, що втрата біорізноманіття пропорційна глобальним змінам клімату [13]. Планування управління лісами необхідне для створення програм та проєктів, які б об'єднували екологічні, економічні та соціальні аспекти управління лісами [14]. Це дозволить правильно застосовувати інструменти сталого лісокористування. Такі програми дадуть змогу розглядати ліс не лише як деревину, але як необхідний аспект збереження біорізноманіття [15]. Важливими

питання є не лише шляхи природного відновлення природи, а й актуальний критичний погляд на регулювання законодавчої бази для досягнення глобальних цілей сталого розвитку до 2030 року, виходячи з того, що держави не змогли виконати цільові завдання щодо збереження біорізноманіття, прийняті в Аїті [16]. Тому, багато досліджень присвячені оцінюванню біорізноманіття видів нижчих рослин і безхребетних тварин за допомогою видового індексу придатності середовища проживання. За допомогою моделювання впливів управління лісами та зміни клімату на придатність їх середовища проживання були визначені «види-переможці» та «переможені» [17]. За допомогою просторово-часових супутникових індексів та розширеного індексу рослинності (EVI) були визначені загрози біорізноманіттю лісів, серед яких основну роль відіграє надмірна мінливість клімату [18]. Дослідження щодо відновлення лісів після лісових пожеж проводяться для створення дискретних карт склад рослинних угруповань. Запропонований підхід є ефективним, оскільки дає змогу оцінити цілі відновлення та покращити стратегії адаптивного управління лісами [19, 20]. Загальні питання управління лісами та гострі дискусійні суперечки щодо управління лісовими пожежами та відновленням лісів піднімаються у правовому полі для встановлення ролі політичних наративів у цивільному захисті, захисті навколишнього середовища та для вивчення можливостей ліквідації наслідків стихійних лих [21, 22].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Отже, надзвичайно актуальним питанням в умовах сьогодення і таким, що потребує подальших досліджень є моніторинг біорізноманіття лісів, особливо в межах об'єктів природно-заповідного фонду, що стане інструментом для розроблення ефективних методів та підходів управління лісами.

Наукова новизна. Вперше проведено моніторинг біорізноманіття лісових екосистем НПП «Синьогора».

Виклад основного матеріалу. Національний природний парк «Синьогора» (Парк), площею 10866 га розташований у центральній і найвищій частині гірського масиву Горгани Українських Карпат. Територія Парку являє собою єдиний суцільний масив верхів'я басейну ріки Бистриця Солотвинська і знаходиться в межах висот від 660 до 1837 м над рівнем моря. В межах НПП «Синьогора», розташовані найвищі вершини Горганів: Сивуля Велика (1837 м), Сивуля Мала (1808 м), Ігровець (1804 м), Висока (1803 м). Територія Парку є слабко вивченою та потребує ретельних наукових досліджень.

На території НПП «Синьогора», високогір'я Українських Карпат представлене трьома поясами рослинності: високогірні ялинові та гірськососнові ліси; субальпійські луки з участю вільхи зеленої та альпійські пустощі.

За даними лісовпорядкування 2024 року в НПП «Синьогора» ідентифіковано 28 типів лісу. Загальна

Таблиця 1

Частка покриття основних деревоутворюючих порід на території НПП «Синьогора» за лісництвами

	Сивульське лісництво, %	Межиріцьке лісництво, %	Дуплянське лісництво, %
Бук	18,5442	31,1465	27,4677
Ялиця	20,3473	17,8197	3,2444
Ялина	30,1561	18,3968	44,4463
Сосна	22,3385	10,1484	7,4236
Явір	0,4686	0,0978	0,0249
Дуб	0,2265	0,0054	0,0000
Горобина	0,0538	0,0000	0,0000
Береза	7,8599	22,3728	17,2224
Індекс Шеннона	2,27	2,25	1,91

площа високогір'я в парку складає 3224 га, тобто майже третина всієї території. Домінують у високогір'ї парку два типи лісових екосистем: вологий кедрово-мережковий субір – 745,8 га (23 %); волога чиста сушечина – 686,7 га (21 %).

Основною метою дослідження є демонстрація можливих варіантів моніторингу та оцінки біорізноманіття лісової екосистемної групи і її біому, склад якого практично є постійним. Дослідження базуються на даних отриманих із «Літопис природи Національного парку «Синьогора» (2024 рік). За результатами досліджень 2024 року на території НПП «Синьогора» найбільш поширеним природним оселищем парку є Карпатські ялицево-буково-ялинові ліси і ялицево-ялинові ліси. Також були використані дані щодо складу біомів, утворених головними видами дерев, та їх рівень зустрічей. Дані були опрацьовані за показниками наданими лісництвами: Сивульське, Межиріцьке, Дуплянське, які функціонують на території НПП «Синьогора» (рис. 1, табл. 1).

Розрахунки проводили для видів лісових угруповань (біомів) лісництв Парку. Сумарний індекс кожного лісгоспу визначали як суму індексів біомів, властивих для даної території. Для кожного лісгоспу визначали середню величину індексу Шеннона. Для розрахунків була використана формула (1).

$$H' = -\sum_i p(i) \cdot \log p(i). \quad (1)$$

де p – вірогідність кожного виду лісового біому, i – індекс цього виду.

Вважається, що під час вибірки 102, індекс Шеннона не перевищує значення 3,5, за умови, що ентропія дорівнює нулю, тобто територія обстежена повністю.

Під час оцінки біорізноманіття, індекс Шеннона показує середній мінімальний таксономічний код лісгоспів, які входять до складу НПП «Синьогора». Отримані дані доцільно використовувати для картографування території НПП «Синьогора».

Встановлено, що складність та внутрішнє різноманіття лісових систем лісгоспів НПП «Синьогора» в певній мірі відрізняється. Визначено, що за показником H' ліси Дуплянського лісництва відзначаються найбільшим стресом, який може бути наслідком як негативних антропогенних, так і природних впливів. Також показники біорізноманіття та видового багатства наочно демонструють переважання у лісовому масиві Дуплянського лісництва дерев-ефікаторів, які витісняють інші види і формують лісову моносистему. Така ситуація призведе, в тому числі до змін у біорізноманітті тварин цього лісового масиву. Види будуть шукати комфортніші місця для проживання через зміну умов, які погіршують їх етапи життя, наприклад такі, як сплячка, вихід зі сплячки, полювання, розмноження, шлюбний період, переміщення до місць розмноження, полювання та ін. Таким чином відбудеться порушення екосистемних зв'язків, що призведе до формування нової екосистеми.

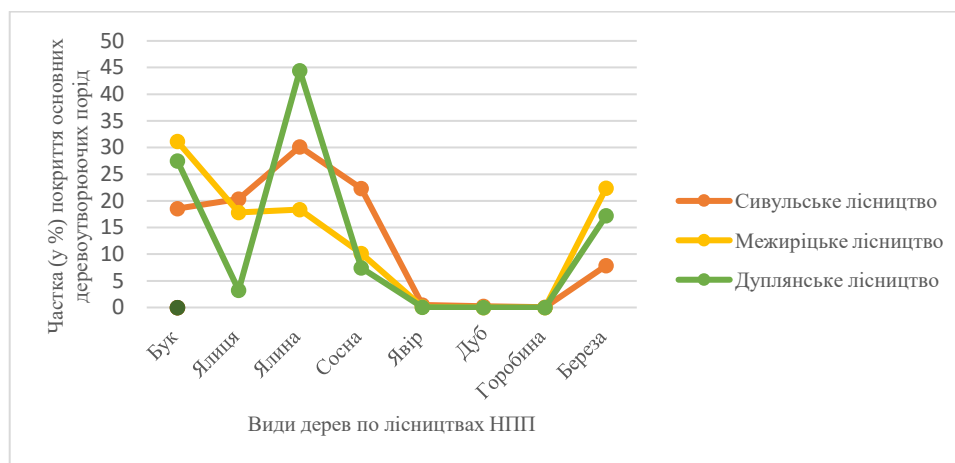


Рис. 1. Лісові біоми лісництв НПП «Синьогора»

Тому, Дуплянське лісництво НПП «Синьогора» потребує ретельно виважених управлінських рішень внесених у екологічний менеджмент-план. Для цього доцільно проводити комплексні дослідження системи «ліс-тварини», що дасть змогу отримати достовірні дані щодо стану лісової екосистемної групи Парку.

Висновки. Результати, наведені у дослідженні, дають наближену оцінку значень індексів біорізноманіття щодо лісової частини території НПП «Синьогора». За результатами дослідження пропонуємо керівництву НПП «Синьогора» внести до плану управління лісами такі заходи: – проведення коротко- та довгострокового моніторингу лісових масивів; – для збору даних і досліджень території НПП «Синьогора» використовувати засоби цифрової фіксації в програмі SMART, відео-фіксацію; – сформувати загальну базу лісів Парку з даних баз лісництв; – розробити аналітично-інформаційне програмне забезпечення для створення бази даних стану видів дерев та видів дерев-ефікаторів Парку; – висаджувати саджанці дерев і залучати громадськість. Для цього доцільно розробити свій бренд (до прикладу: «Учасник відновлення лісу «Синьогори»); – розробити чат-бот (до прикладу: «Синьогора – назавжди»), який дасть змогу отримувати громадськості якомога більше інформації

про стан природних ресурсів, видів рослин і тварин, цікаві місця, екскурсійні маршрути, місця відпочинку; – ведення календаря природи для виявлення кліматичних змін і їх впливу на стан лісів; – проведення освітньої та роз'яснювальної роботи для населення, що проживає поблизу Парку про наслідки зменшення площі лісів; – чіткий графік проведення зустрічей для коригування екологічного менеджмент-плану Парку.

Перспективи використання результатів дослідження. Дослідження дає змогу визначити стан лісових екосистем Карпатського регіону для формування ряду заходів щодо усунення фрагментації лісів для покращення умов життєдіяльності тваринних та рослинних угруповань Парку.

Тому, подальші дослідження будуть пов'язані із оцінкою таксономічного складу, біорізноманіття та видового багатства угруповань тварин НПП «Синьогора» для впровадження заходів з покращення управління парком. Дослідження буде проводитись відповідно до плану наукових досліджень кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища Національного транспортного університету і є складовою НДР «Комплексний підхід до відновлення України на засадах сталого розвитку», № держреєстрації 0125U001993 (02.04.2025 р.).

Література

1. Egenolf V., Schüngel J., Bringezu S., Schaldach R. The impact of the German timber footprint on potential species loss in supply regions. *Science of The Total Environment*. 2023. 901. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.165897.
2. Барабаш О.В., Вознюк Я.Ю. Екологічний слід як індикатор природного капіталу екосистем. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2018. № 1(20). С. 109–114
3. Барабаш О.В. Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря методом дендроіндикації. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. Вип. 4 (27). 2019. С. 102–108. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-14>
4. Барабаш О.В. Екологія земноводних та плазунів Опілля : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.16 «екологія» / О. В. Барабаш. – пЧернівці, 2002. – 20 с.
5. Барабаш О.В., Стецула Н.О. Вертикальне поширення мишоподібних гризунів у біотопах лісництв національного природного парку «Сколівські Бескиди». *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Серія Біологія*, 2007. № 1 (31). С. 55–59.
6. Brown G.S., DeWitt P.D., Dawson N., Landriault L. Threshold responses in wildlife communities and evidence for biodiversity indicators of sustainable resource management. *Ecological Indicators*. 2021. 133. doi:10.1016/j.ecolind.2021.108371
7. Пацева І.Г., Барабаш О.В., Мельник-Шамрай В.В., Шамрай В.І., Пацев І. С. Аналіз сучасного стану лісових ресурсів у контексті сталого розвитку. *Збірника наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова*. 2023. № 4 (493). С. 205–211. DOI [https://doi.org/10.15589/znz2023.4\(493\).27](https://doi.org/10.15589/znz2023.4(493).27)
8. Zabala A., Sandbrook C. Mukherjee N. When and how to use Q methodology to understand perspectives in conservation research. *Conservation Biology*. 2018. 32. P. 1185–1194. doi:10.1111/cobi.13123
9. Барабаш О.В. Наукові основи застосування методів біотестування та біоіндикації в системах управління екологічною безпекою суб'єктів господарювання : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 21.06.01 ; Держ. екол. акад. післядиплом. освіти та упр. Київ, 2020. 38 с
10. Barabash O.V. Ecological hazard assessment of the atmospheric air at the urban ecosystem by the state of the deposit environment. *Proceedings of the National Aviation University*. 2019. 81(4). P. 57–63. <https://doi.org/10.18372/2306-1472.81.14602>.
11. Barabash O., Weigang G. Mathematical Modeling of the Summarizing Index for the Biosystems Status as a Tool to Control the Functioning of the Environmental Management System at Business Entities. *Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020)*. 2021. 1265. P. 56–66. DOI:10.1007/978-3-030-58124-4_6
12. Barabash O., Weigang G., Dychko A., Belokon K., Zhelnovach G. Modeling a Set of Management Approaches for the Effective Operation of the Environmental Management System at the Business Entities. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2021. 22(6):P. 1–10. DOI:10.12912/27197050/141895
13. Habibullah S., Din B.H., Tan S H. Impact of climate change on biodiversity loss: global evidence. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. 29. P. 1073–1086. doi:10.1007/s11356-021-15702-8

14. Barabash O., Khrutba O., Pokshevnytska T., Tarasiuk M. The Realisation of Sustainable Development Goals Through the Implementation of International Environmental Projects with the Implementation of Transport Infrastructure Solutions. In: Slavinska, O., Danchuk, V., Kunytska, O., Hulchak, O. (eds) *Intelligent Transport Systems: Ecology, Safety, Quality, Comfort. ITSESQC 2024. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 1335. Springer, Cham., 2025, p.14-28 https://doi.org/10.1007/978-3-031-87376-8_2
15. van Hensbergen H., Shono K., Cedergren J. A guide to multiple-use forest management planning for small and medium forest enterprises. *Forestry Working Paper*. 2023. 39. doi:10.4060/cc6780en
16. Ibisch P.L. EU policies undermine environmental targets. *Science*. 2023. 382 (6676). P. 1253-1255. doi: 10.1126/science.adm8856
17. Ekman E., Triviño M., Blattert C. Disentangling the effects of management and climate change on habitat suitability for saproxylic species in boreal forests. *Journal of Forestry Research*. 2024. 35, 34. doi:10.1007/s11676-023-01678-3
18. Peri P. L., Gaitán J., Mastrangelo M. Soil organic carbon stocks in native forest of Argentina: a useful surrogate for mitigation and conservation planning under climate variability. *Ecological Processes*. 2024. 13. doi:10.1186/s13717-023-00474-5
19. Nuijten R. J.G. C., Coops N., Theberge D., Prescott C. E. Estimation of fine-scale vegetation distribution information from RPAS-generated imagery and structure to aid restoration monitoring. *Science of Remote Sensing*. 2024. 9. doi:10.1016/j.srs.2023.100114.
20. Пацева І., Барабаш О., Мельник-Шамрай В., Пацев І. Екологічна оцінка впливу пожеж у природних екосистемах на стан екологічної безпеки Житомирської області. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2023. № 3. С. 59-65. DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-3-8>
21. Tietze N., Lars G., Ibisch P. L. Policy narratives in forest fire management. *Environmental Research Letters*. 2023. 18 (11). doi:10.1088/1748-9326/acf6d2
22. Mann D., Gohr C., Blumröder J. S., Ibisch P. L. Does fragmentation contribute to the forest crisis in Germany? *Frontiers in Forests and Global Change*. 2023. 6. doi:10.3389/ffgc.2023.1099460