

## ТЕХНОЛОГІЯ КІЛЬКІСНОГО ОЦІНЮВАННЯ АНТРОПОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕКОСИСТЕМ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕРИТОРІЙ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ІНДЕКСУ ФАУНІСТИЧНОЇ СХОЖОСТІ

**Барабаш О.В.** *д-р техн. наук, професор, Національний транспортний університет, м. Київ, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5206-2922>, e-mail: [barabashelena29@gmail.com](mailto:barabashelena29@gmail.com);*

**Тарасюк М.В.** *аспірант, Національний транспортний університет, м. Київ, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5544-0278>, e-mail: [nikolaytarasuik@gmail.com](mailto:nikolaytarasuik@gmail.com)*

Метою дослідження є розроблення та апробація інтегрованої технології оцінювання екологічного стану територій природно-заповідного фонду на основі таксономічного аналізу угруповань земноводних і плазунів як індикаторних груп біоти. Запропонований підхід орієнтований на формування інструментального механізму екологічного моніторингу та обґрунтування технологічних рішень щодо захисту й відновлення природних екосистем. Об'єктом дослідження є угруповання амфібій та рептилій природоохоронної території, предметом – технологічні методи оцінювання їх структурних і просторових характеристик у контексті впливу антропогенних чинників. Методологічну основу становить комплексна технологія, що поєднує маршрутні польові обстеження, дистанційне зондування території, акустичний моніторинг періоду розмноження амфібій та статистичну обробку даних із застосуванням індексу фауністичної схожості Серенсона та кластерного аналізу. Такий підхід дозволяє здійснювати кількісну диференціацію біоценозів за ступенем трансформації, визначати порогові значення показників схожості та формувати критерії екологічної стабільності територій. Технологія передбачає послідовні етапи: збір первинних даних, цифрову обробку інформації, розрахунок індикаторних показників, класифікацію біотопів за рівнем екологічного ризику та формування рекомендацій щодо природоохоронних заходів. У результаті дослідження встановлено закономірності просторового розподілу видів амфібій і рептилій у різних типах екосистем, визначено рівень подібності угруповань та виявлено ділянки з підвищеною чутливістю до антропогенного навантаження. Отримані кількісні параметри дозволяють використовувати таксономічну структуру індикаторних груп як технологічний критерій оцінювання стану природних територій та прогнозування їх відновлювальної спроможності. Наукова новизна полягає у розробленні інтегрованої технології екологічного оцінювання природоохоронних територій із використанням індексних методів кількісного аналізу біорізноманіття, удосконаленні підходу до визначення ступеня антропогенної трансформації екосистем та встановленні порогових значень індикаторних показників для прийняття природоохоронних рішень. Практичне значення полягає у можливості впровадження запропонованої технології в систему екологічного моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду з метою підвищення ефективності заходів із захисту та відновлення екосистем, мінімізації екологічних ризиків і забезпечення сталого функціонування природних комплексів.

**Ключові слова:** природно-заповідний фонд; екологічний моніторинг; екосистеми; біорізноманіття; антропогенний вплив.

### Постановка проблеми

Цінним та унікальним природним екосистемним об'єктом Українських Карпат є Національний природний парк «Синьогора». Тваринні та рослинні угруповання, які населяють його територію, відзначаються значним біологічним різноманіттям, тому їх збереження та раціональна охорона є важливим завданням. Таксономічний склад тварин, що мешкають у Парку, є одним з основних індикаторів забезпечення та підтримки екологічної рівноваги. В умовах зростаючого антропогенного навантаження виникає необхідність не лише дослідження таксономічної структури угруповань, а й розроблення ефективних технологічних підходів до оцінювання їх стану з метою своєчасного виявлення екологічних змін. Використання сучасних методів моніторингу дозволяє сформувати інструментальну основу для прийняття природоохоронних рішень та підвищення ефективності заходів із захисту екосистем. Тому дослідження таксономічного складу тваринних угруповань НПП «Синьогора» зумовлене

необхідністю удосконалення технологій моніторингу та кількісного оцінювання стану екосистем природно-заповідного фонду.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

У сучасних дослідженнях простежується чіткий перехід від суто описових біологічних обліків до інтегрованих технологій екологічного моніторингу, які поєднують інструментальні методи збору даних, цифрову обробку сигналів та зображень, а також кількісні індикатори, які забезпечують генерування вихідної інформації для кількісного оцінювання стану екосистем і визначення ступеня їх антропогенної трансформації. Дослідження свідчать, що пасивний акустичний моніторинг (PAM) із використанням автономних реєстраторів (ARU) та автоматизованого розпізнавання сигналів, зокрема амфібій, забезпечують масштабування територій проведення обстежень та зниження трудомісткості польових робіт. Водночас, зазначається важливість перевірки отриманих даних і стандартизації

методик їх аналізу [1-3]. Значного розвитку також отримали підходи дистанційного зондування та просторового моделювання (ENM/SDM). Останні дослідження підтверджують, що такі підходи забезпечують перехід від локальних спостережень до просторового моделювання, оцінювання змін і зонування охоронних територій за рівнем екологічної вразливості. У дослідженнях гірських природоохоронних територій показано, що інтеграція часових рядів супутникових змінних із польовими даними дозволяє отримувати просторово-часові оцінки стану біорізноманіття та виявляти ділянки зі зниженням придатності середовищ існування, що є технологічно важливим для раннього попередження деградаційних процесів [4-6]. Огляди застосування технологій біомоніторингу в природоохоронних територіях, зокрема eDNA, підкреслюють її придатність для виявлення видів, порівняння ділянок і формування доказової бази для охорони біоти, одночасно акцентуючи на потребі стандартизації відбору проб та інтерпретації результатів [7-9]. У контексті обробки та узагальнення моніторингових даних дедалі ширше застосовують індексні та багатовимірні метрики для перетворення складних масивів спостережень у зрозумілі кількісні критерії, які можна використовувати в процесі порівняння стану екосистем і відстеження змін у часі [10, 11]. У сучасних роботах також звертають увагу, що показники фауністичної схожості, зокрема індекс Серенсона, для порівняння угруповань потребують коректного моделювання парних порівнянь та просторових закономірностей при інтерпретації схожості угруповань [12, 13]. Разом з тим аналіз літературних джерел свідчить, що більшість досліджень зосереджена або на фауністичних описах, або на окремих методах моніторингу, без їх комплексного поєднання в єдину систему оцінювання. Недостатню увагу приділено розробленню інтегрованих підходів, які б поєднували інструментальні методи збору інформації з кількісними критеріями аналізу та дозволяли здійснювати диференціацію територій за ступенем екологічної стабільності. Особливо це стосується природоохоронних територій гірських регіонів, де екосистеми характеризуються високою чутливістю до антропогенних впливів. Таким чином, актуальним є формування комплексного підходу до оцінювання таксономічної структури угруповань із використанням сучасних технологій моніторингу та кількісних індикаторів, що дозволить підвищити об'єктивність оцінювання стану екосистем та обґрунтувати природоохоронні заходи.

### Мета статті

Метою статті є аналіз поширення просторової диференціації та ступеня схожості угруповань земноводних і плазунів НПП «Синьогора» з використанням інтегрованих методів моніторингу для кількісного оцінювання стану екосистем природоохоронної території.

### Виклад основного матеріалу

Таксономічний склад тварин є важливим індикатором стану екосистеми. Зміни в чисельності та різноманітті видів свідчать про екологічні зміни, які можуть бути спричинені як природними, так і антропогенними факторами [14, 15]. У НПП «Синьогора» спостерігається зростаючий тиск на природні ресурси, що викликано розвитком туризму, сільського господарства та інших видів діяльності. Тому важливо проводити регулярний моніторинг таксономічного складу тварин, щоб вчасно виявляти негативні тенденції та розробляти заходи для їх усунення.

Сучасні технології оцінювання таксономічного складу тварин стали невід'ємною частиною екологічних досліджень. Використання новітніх методів, таких як ДНК-баркодинг, дистанційне зондування, акустичний моніторинг та інші, дозволяє отримувати точні дані про видове різноманіття. Ці технології не лише підвищують ефективність збору даних, але й зменшують вплив на навколишнє середовище, що є особливо важливим у природоохоронних зонах [16].

Оптимізація моніторингових досліджень є необхідною умовою для забезпечення їхньої ефективності та результативності. Впровадження інтегрованих підходів, що поєднують різні методи оцінювання, дозволяє отримати більш повну картину стану тваринних угруповань. Крім того, важливо враховувати сезонні та місцеві фактори, які можуть впливати на результати моніторингу [17]. Регулярний аналіз отриманих даних дозволяє вчасно коригувати стратегії управління природними ресурсами.

На території Національного природного парку «Синьогора» виявлено 10 видів земноводних, які належать до 2 рядів, 4 родин і 7 родів та 7 видів плазунів, які входять до 5 родин і 7 родів (табл. 1).

Ряд *Caudata* представлений на території Парку: *S. salamandra*, *L. vulgaris*, *L. montandoni*, *I. alpestris*. Вид *S. Salamandra* належить до рідкісної фауни і занесений до Червоної книги України. Поширення виду в межах парку має типовий для Українських Карпат характер. Вид тяжіє до вологих листяних лісів, вздовж потоків, із вертикальним поширенням до 1500 м, піднімається до верхньої межі лісу. У малих водоймах вздовж доріг, тимчасових малих водоймах, заболочених канавах вздовж доріг виявлені *L. vulgaris*, *L. montandoni*, *I. alpestris*. Не піднімається вище 700 м над рівнем моря *L. vulgaris*, а *L. montandoni*, *I. alpestris* більш толерантні до коливання висоти над рівнем моря. Поширення останніх двох видів в межах парку має специфічний характер: чисельність *I. alpestris* знижується із збільшенням висоти над рівнем моря, а чисельність *L. montandoni* зберігається сталою для малопротічних водойм до висоти 1600 м н.р.м.

Ряд *Anura* на території Парку представлений 6 видами. З родини *Ranidae* поширені 3 види: *R. temporaria*, *R. arvalis*, *P. esculentus*. Ці види амфібій є мешканцями переважно вологих біотопів долин річок, стоячих та

малопротічних водойм, із поодинокими знахідками в листяних вологих букових лісах. Вид *B. bufo* зустрічається поодиноким по всій території Парку, може підніматись до зони криволісся, зустрічається на полонинах. *B. bombina* поширена вздовж основного русла р.

Бистриця Солотвинська до висоти 730 м н.р.м. Вид *B. variegata*, не зважаючи на високий природоохоронний статус, зустрічається в тимчасових стоячих водоймах по всій території Парку до висоти 1650 м над рівнем моря.

Таблиця 1

Таксономічний склад земноводних та плазунів у різних типах угруповань Національного природного парку «Синьогора»

Таксономічний склад земноводних							
	Види земноводних	Ecosystem Group					
		Ліси	Луки	Агроценози (пасовища, сіножаті)	Урбоценоз (стаціонарна рекреація, господарська зона)	Водойми (озера, ставки)	Береги р.Бистриці Солотвинської та долини її приток
1	<i>Salamandra salamandra</i> *	+	-	-	-	-	++
2	<i>Lissotriton vulgaris</i>	-	-	-	-	++	-
3	<i>Lissotriton montandoni</i> *	-	-	-	-	++	-
4	<i>Ichthyosaura alpestris</i> *	-	-	-	-	++	-
5	<i>Bombina variegata</i>	+	-	-	+	++	+
6	<i>Bombina bombina</i>	-	-	-	-	+	++
7	<i>Bufo bufo</i>	+	++	++	++	-	+
8	<i>Rana temporaria</i>	++	++	-	+	-	+
9	<i>Rana arvalis</i>	++	++	+	-	-	+
10	<i>Pelophylax esculentus</i>	+	-	-	-	+++	+
	<b>Разом видів</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Таксономічний склад плазунів							
	Види плазунів	Ecosystem Group					
		Ліси	Луки	Агроценози	Урбоценози	Водойми	Береги р.Бистриці Солотвинської та долини її приток
1	<i>Anguis fragilis</i>	++	++	+	+	-	++
2	<i>Lacerta agilis</i>	+++	+++	++	++	-	++
3	<i>Zootoca vivipara</i>	+	+	-	-	-	+
4	<i>Natrix natrix</i>	++	++	+	+	-	++
5	<i>Coronella austriaca</i> *	+	-	-	+	-	-
6	<i>Zamenis longissimus</i> *	+	-	-	-	-	-
7	<i>Vipera berus</i>	++	++	+	+	-	++
	<b>Разом видів плазунів</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>-</b>	<b>5</b>

**Умовні позначення:** \* - види занесені до Червоної книги України.  
 В таблиці використано бальні оцінки відносної чисельності видів: + - вид рідкісний (реєструється звичайно лише під час окремих екскурсій та обліків); ++ - вид звичайний (реєструється регулярно, під час кожної екскурсії та обліку); +++ - вид чисельний (характерний для угруповання і реєструється під час кожного обліку)

*L. agilis* та *V. berus* поширені по всій території Парку від долини р. Бистриця до кам'яних розсіпів високогір'я. *C. austriaca* та *Z. longissimus* зустрічаються рідко і тяжіють до мішаних лісів із домінуванням *Fagus sylvatica*. В свою чергу, *N. natrix*, *Z. vivipara* та *A. fragilis* приурочені до вологих стацій і найчастіше спостерігаються в долинах річок.

За домінантною структурою, в результаті спостережень маршрутним методом, найбільш поширеними плазунами Парку є *L. agilis*, *N. natrix* і *A. fragilis*. Менш поширеними видами є *V. berus* та *Z. vivipara*. Найбільш рідкісними видами Парку є *C. austriaca* і *Z. longissimus*, які реєструвались одноразово під час маршрутних спостережень.

Проаналізуємо схожість угруповань на підставі розрахунку показника фауністичної схожості Серенсона.

Цей показник дає змогу визначити часту видів, спільних для угруповань за формулою (1):

$$S = \frac{2C}{(A+B)}, \quad (1)$$

де *A* – число видів в першому угрупованні; *B* – число видів у другому угрупованні, *C* – кількість спільних видів для обох угруповань.

За умови  $S > 0,5$  видове різноманіття угруповань схоже, при  $S < 0,5$  – воно істотно відрізняється. Розрахунки представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Ступінь схожості угруповань земноводних та плазунів за показником схожості Серенсона

Ecosystem Group	Ліси	Луки	Агроценози	Урбоценози	Водойми	Береги р.Бистриці Солотвинської та долини її приток				
Ліс	X	0,83	0,73	0,83	0,00	0,83				
Луки	0,67	X	0,89	0,80	0,00	1,00				
Агроценози	0,50	0,80	X	0,89	0,00	0,89				
Урбоценози	0,67	0,67	0,40	X	0,00	0,80				
Водойми	0,33	0,00	0,00	0,22	X	0,00				
Береги р.Бистриці Солотвинської та долини її приток	0,92	0,60	0,44	0,60	0,46	X				
<b>Умовні позначення:</b>										
<table border="0"> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0; width: 20px; height: 10px;"></td> <td>– ступінь схожості угруповань земноводних;</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #f0f0f0; width: 20px; height: 10px;"></td> <td>– ступінь схожості угруповань плазунів.</td> </tr> </table>								– ступінь схожості угруповань земноводних;		– ступінь схожості угруповань плазунів.
	– ступінь схожості угруповань земноводних;									
	– ступінь схожості угруповань плазунів.									

Аналізуючи ступінь схожості угруповань земноводних дійшли висновку, що серед вивчених біоценозів найбільш схожими у видовому складі батрахофауни виявились близькі у просторовому відношенні біоценози (вологі ліси та береги р. Бистриці Солотвинської та долини її приток) як не порушені ділянки з помірним зволоженням. Угруповання плазунів характеризуються схожістю видового складу у не порушених ділянках (луки та береги р. Бистриці Солотвинської та долини її приток). Слід зазначити, що схожість видового складу плазунів також спостерігається у порушених ділянках (урбоценози – агроценози) з не порушеними (луки). Отримані результати підтверджують те, що до складу урбоценозів Парку входить комплекс біотопів, які можуть в деяких відношеннях відповідати структурі не порушених територій Парку. Окрім цього велику роль відіграють безперешкодність міграційних процесів в межах Парку, завдяки яким і зберігається батрахо- та герпетофауна.

**Висновки**

Таким чином, запропонований підхід дозволяє здійснювати кількісне оцінювання ступеня антропогенної трансформації екосистем НПП «Синьогора» на основі індексу фауністичної схожості та інтегрованих методів моніторингу. Отримані результати можуть бути використані для удосконалення системи екологічного моніторингу природоохоронних територій та підвищення об'єктивності оцінювання їх екологічного стану.

Результати дослідження можуть стати основою для впровадження нових методів моніторингу, підвищення екологічної свідомості серед стейкхолдерів, що дасть змогу розробити практичні заходи та ефективну стратегію збереження природних ресурсів і екосистем НПП «Синьогора».

**Перелік використаних джерел**

- [1] Lassandro M., Bolitho L., Newell D. A systematic review of Passive Acoustic Monitoring for anuran conservation. *Bioacoustics*. 2025. Vol. 34, no. 5. Pp. 579–628. DOI: <https://doi.org/10.1080/09524622.2025.2518486>.
- [2] Software Tools for Passive Acoustic Monitoring in Aquatic and Terrestrial Bio- and Ecoacoustics: A Living Systematic Review / T. Hanf-Dressler et al. *F1000Research*. 2026. Vol. 15. Article 48. DOI: <https://doi.org/10.12688/f1000research.173495.1>.
- [3] Martins F. C., Segurado P., Marques J. T. Acoustic detection and occupancy models: A systematic review with insights for future monitoring programs. *Ecological Indicators*. 2025. Vol. 179. Article 114081. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.114081>.
- [4] Аналіз сучасного стану лісових ресурсів у контексті сталого розвитку / І. Г. Пацева та ін. *Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова*. 2023. Vol. 4. No. 493. Pp. 205–211. DOI: [https://doi.org/10.15589/znp2023.4\(493\).27](https://doi.org/10.15589/znp2023.4(493).27).
- [5] Assessing spatial and temporal trends over time in potential species richness using satellite time-series and ecological niche models / N. Garcia et al. *Biodiversity and Conservation*. 2024. Vol. 34, no. 2. Pp. 429–446. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-024-02979-7>.
- [6] Time-series niche modelling reveals declining tendencies of habitat suitability and ecological functions in a mountainous protected area / I. Freitas et al. *Environmental Management*. 2026. Vol. 76, no. 3. Article 101. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00267-026-02393-5>.
- [7] Pascher K., Švara V., Jungmeier M. Environmental DNA-Based Methods in Biodiversity Monitoring of Protected Areas: application range, limitations, and needs. *Diversity*. 2022. Vol. 14, no. 6. Article 463. DOI: <https://doi.org/10.3390/d14060463>.
- [8] The Realisation of Sustainable Development Goals Through the Implementation of International Environmental Projects with the Implementation of Transport Infrastructure Solutions / Barabash O., Khrutba O.,

- Pokshevnytska T., Tarasiuk M. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2025. Vol. 1335. Pp. 14–28. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-87376-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-87376-8_2).
- [9] Five recommendations to fill the blank space in indicators at local and short-term scales / K. Hébert et al. *Biological Conservation*. 2025. Vol. 302. Article 111007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.111007>.
- [10] A comprehensive review of water quality indices (WQIs): history, models, attempts and perspectives / S. Chidiac et al. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 2023. Vol. 22, no. 2. Pp. 349–395. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09650-7>.
- [11] Composite environmental indices – a case of rickety rankings / S.M. Stevens et al. *PeerJ*. 2023. Vol. 11. Article e16325. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.16325>.
- [12] Navigating the spatial and temporal aspects of beta diversity to clarify understanding biodiversity change / J. Heino et al. *Global Ecology and Conservation*. 2024. Vol. 56. Article e03343. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e03343>.
- [13] He S., Qin C., Soininen J. A flexible framework to assess patterns and drivers of beta diversity across spatial scales. *Ecography*. 2023. Vol. 46, no. 11. Article e06901. DOI: <https://doi.org/10.1111/ecog.06901>.
- [14] Aquatic ecosystem indices, linking ecosystem health to human health risks / De Carvalho F. G., Loyau A., Kelly-Irving M., Schmeller D. S. *Biodiversity and Conservation*. 2025. Vol. 34. Pp. 723–767. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-025-03010-3>.
- [15] Insects as bioindicator: A hidden gem for environmental monitoring / S. Chowdhury et al. *Frontiers in Environmental Science*. 2023. Vol. 11. Article 1146052. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1146052>.
- [16] A technological biodiversity monitoring toolkit for biocredits / H. V. Ford et al. *Journal of Applied Ecology*. 2024. Vol. 61, iss. 9. Pp. 2007–2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14725>.
- [17] A conceptual framework for biodiversity monitoring programs in conservation areas / D. T. Dalton et al. *Sustainability*. 2023. Vol. 15. No. 8. Article 6779. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15086779>.

### TECHNOLOGY FOR QUANTITATIVE ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF ECOSYSTEMS IN PROTECTED AREAS USING THE FAUNISTIC SIMILARITY INDEX

- Barabash O.V.** D.Sc. (Engineering), professor, National Transport University, Kyiv, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5206-2922>, e-mail: [barabashelena29@gmail.com](mailto:barabashelena29@gmail.com);
- Tarasiuk M.V.** Postgraduate student, National Transport University, Kyiv, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5544-0278>, e-mail: [nikolaytarasuik@gmail.com](mailto:nikolaytarasuik@gmail.com)

The purpose of the study is to develop and test an integrated technology for assessing the ecological condition of protected areas based on the taxonomic analysis of amphibian and reptile communities as indicator groups of biota. The proposed approach is aimed at creating an instrumental mechanism for environmental monitoring and substantiating technological solutions for the protection and restoration of natural ecosystems. The object of the study is the communities of amphibians and reptiles inhabiting a protected area, while the subject is the technological methods for assessing their structural and spatial characteristics in the context of anthropogenic impact. The methodological basis of the research is a comprehensive technology that combines route-based field surveys, remote sensing of the territory, acoustic monitoring of the amphibian breeding period, and statistical data processing using the Sørensen faunistic similarity index and cluster analysis. This approach enables quantitative differentiation of biocenoses according to the degree of transformation, determination of threshold values of similarity indicators, and formation of criteria for ecological stability of territories. The technology includes sequential stages: collection of primary data, digital processing of information, calculation of indicator indices, classification of biotopes according to the level of ecological risk, and development of recommendations for environmental protection measures. The results of the study reveal patterns in the spatial distribution of amphibian and reptile species across different ecosystem types, determine the level of similarity of communities, and identify areas with increased sensitivity to anthropogenic pressure. The obtained quantitative parameters make it possible to use the taxonomic structure of indicator groups as a technological criterion for assessing the condition of natural territories and predicting their restoration capacity. The scientific novelty of the research lies in the development of an integrated technology for environmental assessment of protected areas using index-based methods for quantitative biodiversity analysis, improving the approach to determining the degree of anthropogenic transformation of ecosystems, and establishing threshold values of indicator indices for environmental decision-making. The practical significance of the study lies in the possibility of implementing the proposed technology in the environmental monitoring system of protected areas in order to increase the effectiveness of ecosystem protection and restoration measures, minimize environmental risks, and ensure the sustainable functioning of natural complexes.

**Keywords:** protected areas; environmental monitoring; ecosystems; biodiversity; anthropogenic impact.

## References

- [1] M. Lassandro, L. Bolitho, and D. Newell, "A systematic review of Passive Acoustic Monitoring for anuran conservation," *Bioacoustics*, vol. 34, no. 5, pp. 579–628, 2025. doi: [10.1080/09524622.2025.2518486](https://doi.org/10.1080/09524622.2025.2518486).
- [2] T. Hanf-Dressler, R. Nouioua, K. Thomisch, D. Cazau, S. De Selys Longchamps, and K. F. Darras, "Software Tools for Passive Acoustic Monitoring in Aquatic and Terrestrial Bio- and Ecoacoustics: A Living Systematic Review," *F1000Research*, vol. 15, article 48, 2026. doi: [10.12688/f1000research.173495.1](https://doi.org/10.12688/f1000research.173495.1).
- [3] F. C. Martins, P. Segurado, and J. T. Marques, "Acoustic detection and occupancy models: A systematic review with insights for future monitoring programs," *Ecological Indicators*, vol. 179, article 114081, 2025. doi: [10.1016/j.ecolind.2025.114081](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.114081).
- [4] I. H. Patseva, O. V. Barabash, V. V. Melnyk-Shamrai, V. I. Shamrai, and I. S. Patsev, "Analiz suchasnoho stanu lisovykh resursiv u konteksti staloho rozvytku" ["Analysis of the current state of forest resources in the context of sustainable development"], *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho universytetu korablobuduvannia imeni admirala Makarova – Collection of Scientific Papers of Admiral Makarov National University of Shipbuilding*, vol. 4, no. 493, pp. 205–211, 2023. doi: [10.15589/znpp2023.4\(493\).27](https://doi.org/10.15589/znpp2023.4(493).27). (Ukr.)
- [5] N. Garcia et al., "Assessing spatial and temporal trends over time in potential species richness using satellite time-series and ecological niche models," *Biodiversity and Conservation*, vol. 34, no. 2, pp. 429–446, 2024. doi: [10.1007/s10531-024-02979-7](https://doi.org/10.1007/s10531-024-02979-7).
- [6] I. Freitas et al., "Time-series niche modelling reveals declining tendencies of habitat suitability and ecological functions in a mountainous protected area," *Environmental Management*, vol. 76, no. 3, article 101, 2026. doi: [10.1007/s00267-026-02393-5](https://doi.org/10.1007/s00267-026-02393-5).
- [7] K. Pascher, V. Švara, and M. Jungmeier, "Environmental DNA-Based Methods in Biodiversity Monitoring of Protected Areas: application range, limitations, and needs," *Diversity*, vol. 14, no. 6, article 463, 2022. doi: [10.3390/d14060463](https://doi.org/10.3390/d14060463).
- [8] O. Barabash, O. Khrutba, T. Pokshevnytska, and M. Tarasiuk, "The Realisation of Sustainable Development Goals Through the Implementation of International Environmental Projects with the Implementation of Transport Infrastructure Solutions," *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 1335, pp. 14–28, 2025. doi: [10.1007/978-3-031-87376-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-87376-8_2).
- [9] K. Hébert, M. Jousse, J. Serrano, D. N. Karger, F. G. Blanchet, L. J. Pollock, "Five recommendations to fill the blank space in indicators at local and short-term scales," *Biological Conservation*, vol. 302, article 111007, 2025. doi: [10.1016/j.biocon.2025.111007](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.111007).
- [10] S. Chidiac, P. El Najjar, N. Ouaini, Y. El Rayess, and D. El Azzi, "A comprehensive review of water quality indices (WQIs): history, models, attempts and perspectives," *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, vol. 22, no. 2, pp. 349–395, 2023. doi: [10.1007/s11157-023-09650-7](https://doi.org/10.1007/s11157-023-09650-7).
- [11] S. M. Stevens, M. K. Joy, W. Abrahamse, T. L. Milfont, and L. M. Petherick, "Composite environmental indices – a case of rickety rankings," *PeerJ*, vol. 11, article e16325, 2023. doi: [10.7717/peerj.16325](https://doi.org/10.7717/peerj.16325).
- [12] J. Heino, L. M. Bini, J. García-Girón, F. M. Lansac-Tôha, M. Lindholm, R. J. Rolls, "Navigating the spatial and temporal aspects of beta diversity to clarify understanding biodiversity change," *Global Ecology and Conservation*, vol. 56, article e03343, 2024. doi: [10.1016/j.gecco.2024.e03343](https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e03343).
- [13] S. He, C. Qin, and J. Soininen, "A flexible framework to assess patterns and drivers of beta diversity across spatial scales," *Ecography*, vol. 46, no. 11, article e06901, 2023. doi: [10.1111/ecog.06901](https://doi.org/10.1111/ecog.06901).
- [14] F. G. De Carvalho, A. Loyau, M. Kelly-Irving, and D. S. Schmeller, "Aquatic ecosystem indices, linking ecosystem health to human health risks," *Biodiversity and Conservation*, vol. 34, pp. 723–767, 2025. doi: [10.1007/s10531-025-03010-3](https://doi.org/10.1007/s10531-025-03010-3).
- [15] S. Chowdhury et al., "Insects as bioindicator: A hidden gem for environmental monitoring," *Frontiers in Environmental Science*, vol. 11, article 1146052, 2023. doi: [10.3389/fenvs.2023.1146052](https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1146052).
- [16] H. V. Ford et al., "A technological biodiversity monitoring toolkit for biocredits," *Journal of Applied Ecology*, vol. 61, iss. 9, pp. 2007–2019, 2024. doi: [10.1111/1365-2664.14725](https://doi.org/10.1111/1365-2664.14725).
- [17] D. T. Dalton et al., "A conceptual framework for biodiversity monitoring programs in conservation areas," *Sustainability*, vol. 15, no. 8, article 6779, 2023. doi: [10.3390/su15086779](https://doi.org/10.3390/su15086779).

Стаття надійшла 02.01.2026  
Стаття прийнята 05.02.2026  
Стаття опублікована 26.03.2026

**Цитуйте цю статтю як:** Барабаш О. В., Тарасюк М. В. Технологія кількісного оцінювання антропогенної трансформації екосистем природоохоронних територій із застосуванням індексу фауністичної схожості. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки*. 2026. Вип. 53, том 2. С. 136–141. DOI: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.53.2.2026.359945>.