

UDC 502.4:504.06:528.8(477)

Nataliia Magas¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2579-1465> **e-mail:** nataly.magas@gmail.com

Olha Tomchenko², Candidate of Technical Sciences, Senior researcher
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6975-9099> **e-mail:** tomch@i.ua

Snizhana Zahorodnia³, Candidate of Technical Sciences, Senior researcher
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4332-4211> **e-mail:** Zagorodnya.s@gmail.com

Natalia Sheviakina, Candidate of Technical Sciences, Independent Researcher
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5984-5580> **e-mail:** n.a.sheviakina@gmail.com

¹Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

²State Institution «Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth» of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

³Institute of Telecommunications and Global Information Space of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

BIODIVERSITY THREAT INDEX: METHODOLOGY AND APPLICATION FOR EMERALD NETWORK SITES UNDER CATASTROPHIC FLOOD CONDITIONS

Abstract. Purpose. To develop and apply the Biodiversity Threat Index (BTI) as a quantitative tool for prioritizing post-disaster restoration of Emerald Network sites under conditions of limited field data availability.

Method. The BTI integrates five normalised indicators: flood coverage (F , $w = 0.30$), number of protected bird species under Bern Convention Resolution No. 6 (B , $w = 0.22$), number of habitat types under Resolution No. 4 (H , $w = 0.18$), other protected species (S , $w = 0.12$), and the normalised weighted flood impact area accounting for ecosystem vulnerability (W , $w = 0.18$). All indicators were normalised by min-max scaling. Weights were assigned by expert judgement and tested by $\pm 10\%$ sensitivity variation. The index was applied to 11 Emerald Network sites of the steppe biogeographical region affected by the catastrophic flood caused by the Kakhovka Dam failure on 6 June 2023. Flood extent was assessed using a satellite-derived flood mask based on Sentinel-2, Landsat-9, and Sentinel-1 data processed in Google Earth Engine.

Findings. Three sites received a critical threat class ($BTI \geq 0.70$): Black Sea Biosphere Reserve (0.945), Dnipro-Bug Estuary (0.789), and Biloberezhzia Sviatoslava National Nature Park (0.705), while the Lower Dnipro site (0.687) belonged to the high threat class. The Black Sea Biosphere Reserve ranked first because of the highest concentration of protected biodiversity features (180), despite not having the maximum flood percentage (80.5%). Sensitivity analysis confirmed the robustness of the index: the ranking of the top four sites remained unchanged under $\pm 10\%$ weight variation.

Theoretical significance. The study contributes to the development of an integrated methodological framework for biodiversity-risk assessment in protected areas affected by catastrophic events by combining spatial flood indicators with species, habitat, and ecosystem-vulnerability characteristics.

Practical significance. The proposed index can be used to support post-disaster management, restoration prioritization, and allocation of limited conservation resources for Emerald Network sites where field verification is constrained or impossible.

Scientific novelty. The study proposes a reproducible quantitative index that moves beyond simple flood-area ranking and enables integrated prioritization of Emerald Network sites on the basis of both physical impact and conservation value.

Future research. The BTI relies on Emerald Network Standard Data Forms and remotely sensed flood estimates; therefore, it reflects the documented conservation value of sites rather than direct post-disaster field observations. Further research should refine the ecosystem-vulnerability component and test the method on other types of environmental disasters and in other regions.

Keywords: Emerald Network; post-disaster restoration; remote sensing; prioritization; Biodiversity Threat Index; ecosystem restoration.

Н.І. Магась¹, О.В. Томченко², С.А. Загородня³, Н.А. Шевякіна

¹Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

²ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі» ІГН НАН України, м. Київ, Україна

³Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ, Україна

ІНДЕКС ЗАГРОЗИ БІОРІЗНОМАНІТТЮ: МЕТОДИКА ТА АПРОБАЦІЯ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ СМАРАГДОВОЇ МЕРЕЖІ В УМОВАХ КАТАСТРОФІЧНОГО ЗАТОПЛЕННЯ

Анотація. Мета дослідження. Розробити та апробувати Індекс загрози біорізноманіттю (ІЗБ) як кількісний інструмент пріоритизації післяварійного відновлення об'єктів Смарагдової мережі за умов дефіциту польових даних.

Методи дослідження. ІЗБ інтегрує п'ять нормалізованих показників: частку затоплення (F , $w = 0,30$), кількість охоронюваних видів птахів за Резолюцією № 6 Бернської конвенції (B , $w = 0,22$), кількість типів оселищ за Резолюцією № 4 (H , $w = 0,18$), інші охоронювані види (S , $w = 0,12$) та нормалізовану зважену площу впливу з урахуванням вразливості екосистеми (W , $w = 0,18$). Усі показники нормалізовано методом $\min\text{-max}$. Вагові коефіцієнти визначено експертно, а їх стійкість перевірено варіюванням у межах $\pm 10\%$. Апробацію виконано на 11 об'єктах Смарагдової мережі степового біогеографічного регіону, що зазнали впливу катастрофічного затоплення, спричиненого руйнуванням Каховської ГЕС 6 червня 2023 р. Просторовий масштаб затоплення оцінено за маскою затоплення, отриманою за даними Sentinel-2, Landsat-9 та Sentinel-1 у середовищі Google Earth Engine.

Результати дослідження. Критичний клас загрози ($ІЗБ \geq 0,70$) встановлено для трьох об'єктів: Чорноморського біосферного заповідника (0,945), Дніпровсько-Бузького лиману (0,789) та НПП «Білобережжя Святослава» (0,705), тоді як об'єкт «Нижній Дніпро» (0,687) належить до високого класу загрози. Показано, що першу позицію в рейтингу посів Чорноморський біосферний заповідник завдяки найвищій концентрації біорізноманіття (180 ознак), а не максимальному відсотку затоплення (80,5%). Аналіз чутливості підтвердив стійкість результатів: порядок перших чотирьох позицій не змінюється при варіюванні вагових коефіцієнтів у межах $\pm 10\%$.

Теоретичне значення дослідження. Дослідження розвиває методичний підхід до інтегральної оцінки загрози біорізноманіттю для природоохоронних територій, що зазнали катастрофічного впливу, шляхом поєднання просторових показників затоплення з видовою, оселищною та екосистемною характеристикою об'єктів.

Практичне значення дослідження. Запропонований індекс може бути використаний для післяаварійного управління, визначення пріоритетів відновлення та розподілу обмежених природоохоронних ресурсів для об'єктів Смарагдової мережі в умовах обмеженого або відсутнього польового доступу.

Наукова новизна дослідження. Запропоновано відтворюваний кількісний індекс, який, на відміну від простого ранжування за площею або часткою затоплення, забезпечує інтегральну пріоритизацію об'єктів Смарагдової мережі з урахуванням як фізичного масштабу впливу, так і їх природоохоронної цінності.

Перспективи подальших досліджень. ІЗБ базується на Стандартних формах даних Смарагдової мережі та дистанційно визначених межах затоплення, тому відображає документовану природоохоронну цінність територій, а не прями польові спостереження після катастрофи. Подальші дослідження доцільно спрямувати на уточнення компоненти екосистемної вразливості та апробацію методу для інших типів екологічних катастроф і регіонів.

Ключові слова: Смарагдова мережа; післяаварійне відновлення; дистанційне зондування; пріоритизація; Індекс загрози біорізноманіттю; відновлення екосистем.

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2026.2.83-95>

Постановка задачі

Катастрофічні техногенні події – руйнування гребель, промислові аварії, наслідки збройних конфліктів – завдають масштабної шкоди природоохоронним об'єктам. Ключовою управлінською проблемою в післяаварійний період є відсутність науково обґрунтованих критеріїв пріоритизації: обмежені ресурси для відновлення не можуть розподілятися рівномірно між усіма постраждалими об'єктами. Особливої гостроти ця проблема набуває для мережевих систем природоохоронних територій, де об'єкти характеризуються різною видовою цінністю, різними типами екосистем і різним ступенем вразливості.

Руйнування греблі Каховської гідроелектростанції 6 червня 2023 р. внаслідок збройного конфлікту спричинило затоплення 620 км² дельти Дніпра – найбільшу техногенну екологічну катастрофу в Україні після 1986 р. [1, 2]. В зоні затоплення опинилися численні об'єкти природно-заповідного фонду та Смарагдової мережі. Окупація постраждалих територій унеможливило польові дослідження, що робить дистанційне зондування практично єдиним інструментом незалежної кількісної оцінки [4, 23].

За цих умов ключовою науково-практичною задачею є розроблення відтворюваного інструменту кількісної пріоритизації об'єктів Смарагдової мережі, який поєднував би просторовий масштаб затоплення з біотичною та оселищною цінністю територій і міг би застосовуватися в умовах дефіциту польових даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Руйнування великих гребель належить до найбільш масштабних форм антропогенно зумовленого впливу на заплавні та прибережно-водні екосистеми. Tockner and Stanford [7] показали, що заплавні угіддя є одними з найбільш продуктивних і водночас найбільш уразливих екосистем планети. Arnold [9] та Malmqvist and Rundle [8] розглядали повені як техногенні катастрофи з довготривалими наслідками. Вплив прибережних повеней висвітлено в роботах Woodruff et al. [10] і Wang et al. [11].

Вплив російсько-української війни на природні комплекси України узагальнено в роботах Hartman et al. [4], Pereira et al. [5] та Rawtani et al. [6]. Gleick et al. [1] і Vyshnevskiy et al. [2] задокументували безпосередні наслідки руйнування Каховської греблі. Napich et al. [16] проаналізували наслідки для водної безпеки регіону, а Shumilova et al. [3] виконали комплексну оцінку впливу збройного конфлікту на водні ресурси України. Методичні підходи до застосування дистанційного зондування для моніторингу природоохоронних об'єктів цього регіону представлено в роботах Trofymchuk et al. [14], Tomchenko et al. [15] та Zheng et al. [21], тоді як використання таких методів в умовах збройних конфліктів розглядали Al-doski et al. [22] і Xu et al. [23].

Попри наявні публікації, наукова література досі не пропонує відтвореного інтегрального інструменту, який поєднував би просторовий масштаб затоплення з видовою, оселищною та екосистемною цінністю природоохоронних територій для цілей післяаварійної пріоритизації. Наявні підходи або обмежуються оцінкою частки затоплення, або мають якісний експертний характер і не забезпечують кількісного порівняння об'єктів із різною природоохоронною значущістю. У зв'язку з цим актуальним є розроблення Індексу загрози біорізноманіттю як інструменту кількісного ранжування об'єктів Смарагдової мережі в умовах катастрофічного затоплення.

Мета дослідження

Метою дослідження є розроблення, обґрунтування та апробація Індексу загрози біорізноманіттю як інструменту кількісної пріоритизації об'єктів Смарагдової мережі для цілей післяаварійного управління на матеріалах катастрофічного затоплення дельти Дніпра у червні 2023 р.

Методика дослідження

Для кількісної пріоритизації 11 об'єктів Смарагдової мережі степового біогеографічного регіону, що зазнали впливу катастрофічного затоплення 2023 р., запропоновано Індекс загрози біорізноманіттю:

$$ІЗБ = 0,30 \cdot F + 0,22 \cdot B + 0,18 \cdot H + 0,12 \cdot S + 0,18 \cdot W ,$$

де F – нормалізована частка затоплення території; B – нормалізована кількість охоронюваних видів птахів за Резолюцією № 6 Бернської конвенції; H – нормалізована кількість типів оселищ за Резолюцією № 4; S – нормалізована кількість інших охоронюваних видів; W – нормалізована зважена площа впливу з урахуванням вразливості екосистеми.

Частку затоплення визначали як відношення площі затоплення до загальної площі об'єкта за результатами просторового перетину маски затоплення (09.06.2023) з межами об'єктів у середовищі Google Earth Engine. Показники В, Н і S отримано зі Стандартних форм даних об'єктів Смарагдової мережі [18] та офіційних переліків Бернської конвенції [16, 17]. Коефіцієнт вразливості V визначали у діапазоні від 0 до 1 залежно від домінуючого типу екосистеми; зважену площу впливу обчислювали як добуток $V \cdot A$, після чого цей показник нормалізували й використовували у формулі як W.

Усі показники нормалізовано методом min-max: $X = (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$. Це забезпечує порівняльність показників з різними одиницями виміру та незалежність від розміру вибірки.

Вагові коефіцієнти визначено експертно за принципом домінування безпосереднього масштабу затоплення (F, 0,30) та рівного врахування видово-оселищної цінності і зваженого просторового впливу ($B+N+S+W = 0,70$). Пріоритет компоненти В (0,22) обґрунтовано роллю птахів як флагманських індикаторів стану водно-болотних екосистем [18]. Стійкість рейтингу перевірено варіюванням усіх вагових коефіцієнтів у межах $\pm 10\%$ – порядок перших чотирьох позицій залишається незмінним.

На підставі аналізу розподілу значень ІЗБ та з урахуванням практичних потреб управління визначено чотири класи загрози: критична ($ІЗБ \geq 0,70$), висока (0,50–0,69), помірна (0,30–0,49), низька ($< 0,30$). Межа 0,70 відповідає порогу критичного статусу за критеріями Червоного списку екосистем МСОП [29].

Таким чином, ІЗБ поєднує безпосередній просторовий масштаб затоплення з біотичною та оселищною цінністю території, що дає змогу перейти від простого картографування ураження до кількісної пріоритизації відновлення.

Маска затоплення (09.06.2023) отримана методами ДЗЗ в середовищі QGIS: нормалізований диференціальний водний індекс Sentinel-2/Landsat-9 та радарна класифікація Sentinel-1, верифікована через базу глобального поверхневого водного покриву [13]. Межі об'єктів Смарагдової мережі та Стандартні форми даних – офіційний список Т-PVS/PA(2023)08 [19]. Просторовий аналіз виконано в QGIS 3.28.

Результати дослідження

Застосування Індексу загрози біорізноманіттю до 11 об'єктів Смарагдової мережі показало, що пріоритетність післяаварійного відновлення визначається не лише часткою затоплення, а й концентрацією охоронюваних видів, оселищ та вразливістю екосистем. Усі об'єкти розташовані в межах степового біогеографічного регіону (Херсонської, Миколаївської та Одеської областей) і є частиною Дніпровського міграційного коридору птахів (понад 400 видів, близько 100 гідروفільних). Загальна площа охоплених об'єктів становить понад 415 тис. га. Просторове розміщення об'єктів Смарагдової мережі та межі затоплення станом на 09.06.2023 наведено на рис. 1.

У таблиці 1 узагальнено систему показників, покладених в основу розрахунку ІЗБ, що дає змогу простежити відмінності між об'єктами за рівнем затоплення, видово-оселищною насиченістю та екосистемною вразливістю. Діапазон вихідних показників свідчить про суттєву неоднорідність об'єктів за природоохоронною цінністю та чутливістю до затоплення. Кількість

охоронюваних ознак (В + Н + S) змінюється від 18 (ТУ, ТЛ) до 180 (ЧБЗ), частка затоплення – від 2,7% (ОП) до 98,5% (ДБЛ), тоді як коефіцієнт вразливості V є найвищим для відкритих водно-болотних комплексів (0,9–1,0) і найнижчим для лісово-степових ділянок (0,3–0,5).

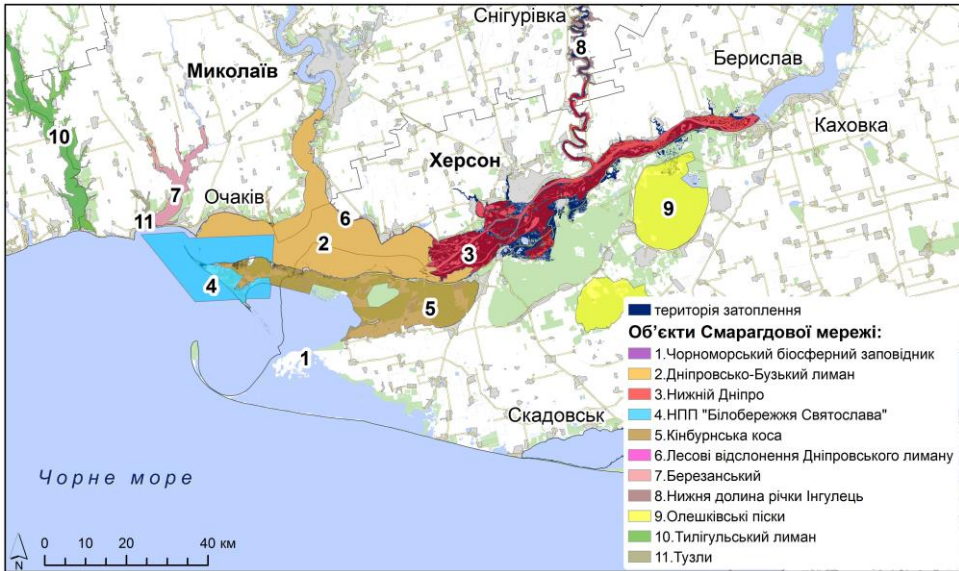


Рис. 1. Просторове розміщення об'єктів Смарагдової мережі, що зазнали впливу внаслідок руйнування Каховської греблі
Примітка. Цифрова нумерація об'єктів відповідає табл. 1.

На основі наведених у табл. 1 вхідних даних розраховано значення ІЗБ та виконано класифікацію об'єктів за рівнями загрози (рис. 2–5). Критичний клас загрози (ІЗБ $\geq 0,70$) отримали три об'єкти, тоді як об'єкт «Нижній Дніпро» (0,687) належить до високого класу і безпосередньо наближається до критичного порогу.

Чорноморський біосферний заповідник (ІЗБ = 0,945) посів першу позицію завдяки найвищій концентрації охоронюваного біорізноманіття – 180 охоронюваних ознак (68 видів птахів, 86 видів інших тварин і рослин, 26 типів оселищ). Це є принциповим методичним результатом: попри те, що заповідник не має максимального відсотка затоплення (80,5%), саме концентрація охоронюваного біорізноманіття визначає його найвищу позицію в рейтингу. Отже, просте ранжування за часткою затоплення вивело б на перше місце Дніпровсько-Бузький лиман (98,5%), але не відобразило б виняткову природоохоронну цінність Чорноморського біосферного заповідника.

Дніпровсько-Бузький лиман (0,789) вирізняється найбільшою абсолютною площею нових затоплень суходолу (26 374 га), що зумовлює його друге місце в рейтингу. НПП «Білобережжя Святослава» (0,705) безпосередньо входить до критичного класу, тоді як об'єкт «Нижній Дніпро» (0,687) лише незначно поступається цьому порогу, що вказує на високий рівень загрози для територій з насиченими водно-болотними оселищами.

Таблиця 1. Перелік об'єктів Смарагдової мережі, що зазнали впливу внаслідок затоплення станом на 09.06.2023

Джерело: Т-PVS/PA(2023)08 [19]; власний аналіз авторів

№	Назва об'єкта Смарагдової мережі	Площа	Затоплення	Птахи	Інші види	Оселища	Разом ознак
1	Чорноморський біосферний заповідник	115 873	80,5	127	25	28	180
2	Дніпровсько-Бузький лиман	71 276	98,5	93	18	15	126
3	Нижній Дніпро	52 386	88,3	55	23	20	98
4	Національний природний парк «Білобережжя Святослава»	35 242	87,8	95	15	23	133
5	Кінбурнська коса	46 588	6,8	63	7	12	82
6	Лесові відслонення Дніпровського лиману	589,2	3,1	8	1	3	12
7	Березанський	8 827	75,3	41	6	4	51
8	Нижня долина річки Інгулець	13 571	21,3	0	5	13	18
9	Олешківські піски	46 259	1,0	45	8	15	68
10	Тилігульський лиман	23 243	33,4	45	9	16	70
11	Тузли	1 357	40,5	34	1	5	40

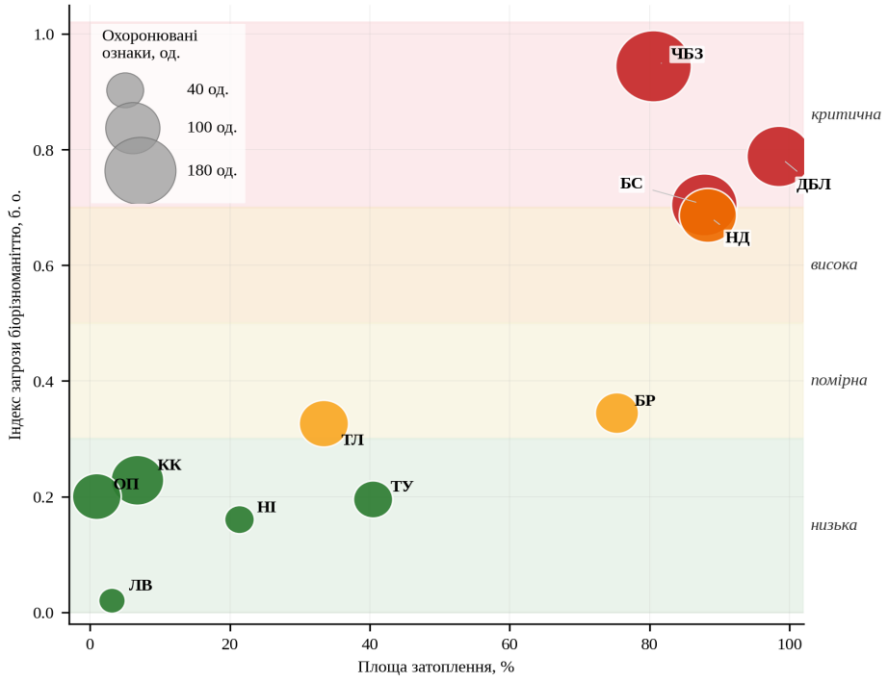


Рис. 2. Матриця «Площа затоплення (%) – Індекс загрози біорізноманіттю» для об'єктів Смарагдової мережі; розмір кола – кількість охоронюваних ознак, од.

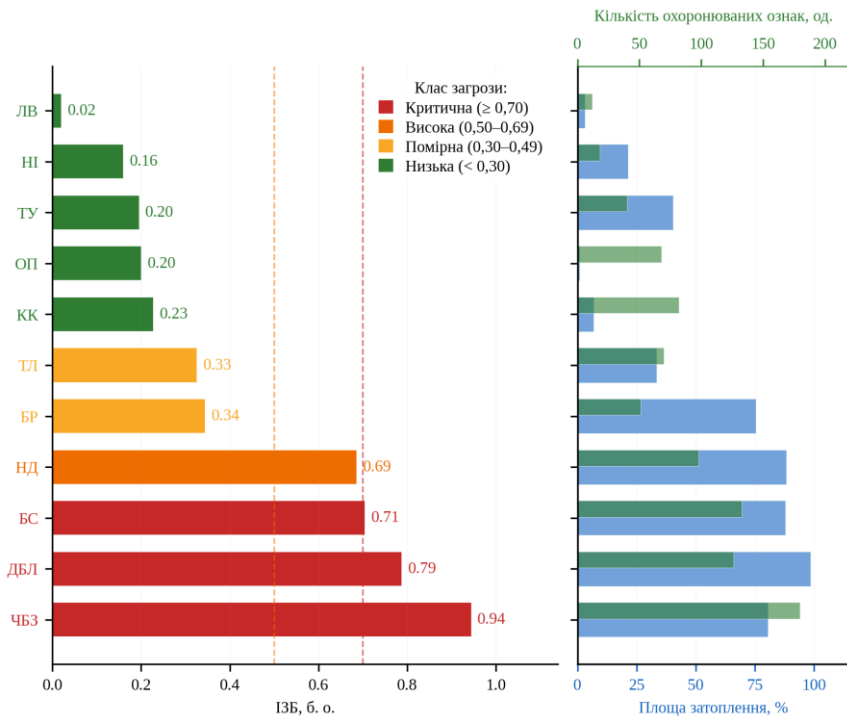


Рис. 3. Ранжування об'єктів Смарагдової мережі за пріоритетністю відновлення: ліва панель – значення ІЗБ за класами загрози; права панель – площа затоплення (%) та кількість охоронюваних ознак (од.)

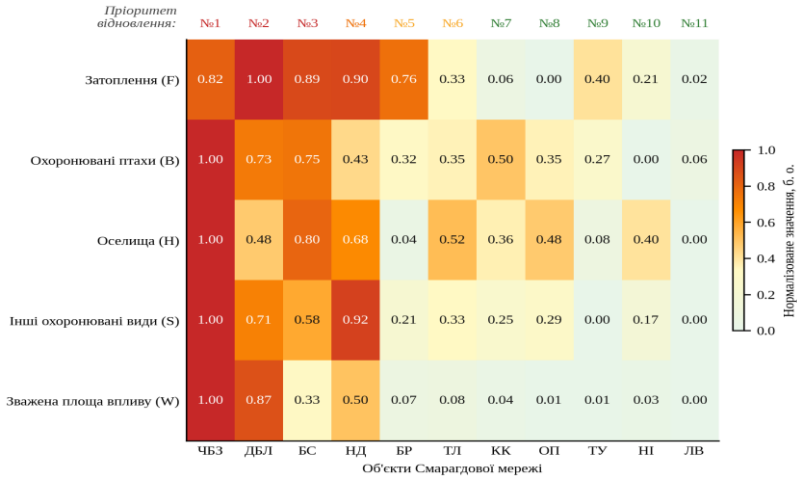


Рис. 4. Теплова карта нормалізованих компонентів ІЗБ для об'єктів Смарагдової мережі з пріоритетами відновлення

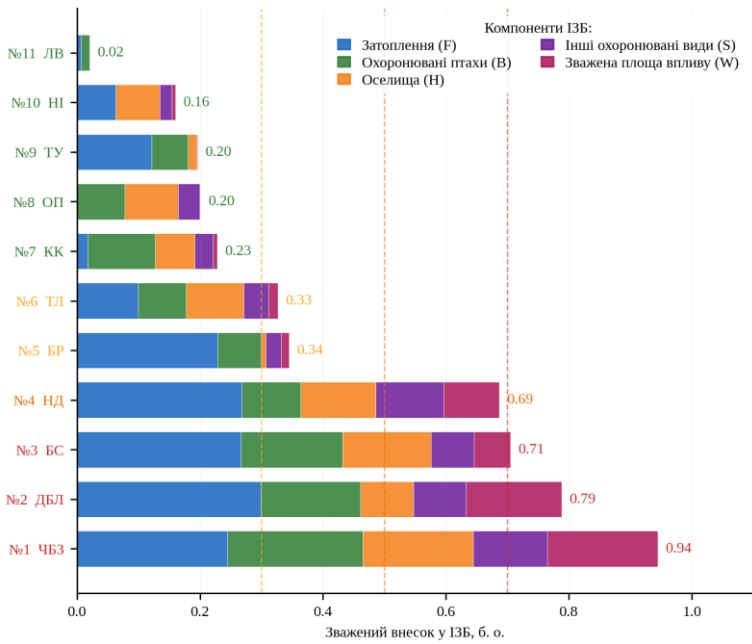


Рис. 5. Зважений внесок компонентів у ІЗБ для об'єктів Смарагдової мережі у порядку пріоритетності відновлення

Для перевірки стійкості рейтингу виконано варіювання вагових коефіцієнтів у діапазоні $\pm 10\%$ ($\Delta w = \pm 0,03$ для F; $\pm 0,02$ для B, H, S, W) при дотриманні умови $\Sigma w = 1$. Порядок перших чотирьох позицій рейтингу залишається незмінним при всіх комбінаціях варіювання. Зміни відбуваються лише в межах помірною та низького класів, що підтверджує надійність верхньої частини рейтингу. Максимальне відхилення значення ІЗБ від базового розрахунку становить 0,038 (3,8%), що є прийнятним для інструменту підтримки управлінських рішень.

Одержані результати підтверджують, що інтегральна оцінка загрози біорізноманіттю дає змістовно інший результат, ніж просте ранжування за площею або часткою затоплення. Запропонований ІЗБ дозволяє врахувати не лише фізичний масштаб ураження, а й природоохоронну цінність територій, що особливо важливо для об'єктів Смарагдової мережі з високою концентрацією охоронюваних видів і оселищ.

Результати апробації узгоджуються з висновками Gleick et al. [1] та Shumilova et al. [3] щодо системного характеру екологічних наслідків катастрофи. Пріоритетність Чорноморського заповідника, яка не є очевидною при простому аналізі площі затоплення, підтверджує необхідність інтеграції показників біорізноманіття у процедури післяварійного управління відповідно до Стратегічного плану Бернської конвенції [20].

ІЗБ може бути адаптований для інших типів катастроф (лісових пожеж, хімічних забруднень) шляхом заміни компоненти F на відповідний просторовий показник впливу. На відміну від попередніх робіт, орієнтованих переважно на загальну оцінку наслідків катастрофи, запропонований підхід формалізує відтворюваний інструмент кількісної пріоритизації об'єктів Смарагдової мережі для задач післяварійного управління. Метод є відтворюваним у будь-якому регіоні, де доступні Стандарти форми даних Бернської конвенції та супутникові знімки.

Поточна версія ІЗБ має такі обмеження: (1) компоненти B, H, S відображають потенційну присутність видів і оселищ згідно зі Стандарти формами даних, а не їх фактичний стан на момент катастрофи; (2) коефіцієнт вразливості V визначається на рівні домінуючого типу екосистеми без урахування внутрішньоділянкової гетерогенності; (3) аналіз відновлення екосистем потребує оновлення знімків 2024–2025 рр. Ці обмеження не знижують операційну придатність ІЗБ для пріоритизації в умовах дефіциту польових даних.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Розроблено Індекс загрози біорізноманіттю (ІЗБ) – п'ятикомпонентний зважений індекс для кількісної пріоритизації об'єктів Смарагдової мережі після катастрофічних подій. Методика є повністю відтворюваною та базується на загальнодоступних джерелах даних.

Апробація на 11 об'єктах Смарагдової мережі, постраждалих від руйнування Каховської ГЕС (06.06.2023), підтвердила операційну придатність ІЗБ: три об'єкти отримали критичний клас загрози ($\geq 0,70$) – Чорноморський біосферний заповідник (0,945), Дніпровсько-Бузький лиман (0,789) і НПП «Білобережжя Святослава» (0,705), тоді як об'єкт «Нижній Дніпро» (0,687) належить до високого класу загрози.

Методологічна перевага ІЗБ над простим ранжуванням за відсотком затоплення доведена на прикладі Чорноморського заповідника: при затопленні 80,5% площі він посів першу позицію завдяки найвищій концентрації охоронюваного біорізноманіття (180 ознак).

Стійкість рейтингу підтверджена аналізом чутливості: порядок перших чотирьох позицій залишається незмінним при варіюванні вагових коефіцієнтів у межах $\pm 10\%$.

Запропоновану методику доцільно застосовувати як інструмент первинної кількісної пріоритизації природоохоронних об'єктів у післяварійних умовах, насамперед за дефіциту польових даних та обмеженого доступу до території. Перспективами є адаптація ІЗБ для інших типів катастроф та перевірка на основі знімків 2024–2025 рр.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ \ REFERENCES

1. Gleick, P. H., Iceland, C., & Donnelly, K. (2023). Attacks on Ukraine's water and energy infrastructure. Pacific Institute.
2. Vyshnevskiy, V., Shevchuk, S., & Komorin, V. (2023). The Kakhovka Dam failure: an analysis of causes and consequences. *Water*, 15(18), 3275. doi: 10.3390/w15183275
3. Shumilova, O., Tockner, K., Sukhodolov, A., Khilchevskiy, V., De Meester, L., Stepanenko, S., Trokhymenko, G., Hernández-Agüero, J. A., & Gleick, P. (2023). Impact of the Russia–Ukraine armed conflict on water resources and water security. *Nature Sustainability*, 6, 578–586. doi: 10.1038/s41893-023-01068-x
4. Hartmane, D., Vinogradova, S., & Luoto, M. (2024). War-induced environmental damage in Ukraine. *Environmental Research Letters*, 19(1), 014054.
5. Pereira, P., Bašić, F., Bogunovic, I., & Barcelo, D. (2023). Russian–Ukrainian war impacts the total environment. *Science of the Total Environment*, 855, 158868.
6. Rawtani, D., Gupta, G., Khatri, N., Rao, P. K., & Hussain, C. M. (2022). Environmental damages due to war in Ukraine: a perspective. *Science of the Total Environment*, 850, 157932.
7. Tockner, K., & Stanford, J. A. (2002). Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental Conservation*, 29(3), 308–330.
8. Malmqvist, B., & Rundle, S. (2002). Threats to the running water ecosystems of the world. *Environmental Conservation*, 29(2), 134–153.
9. Arnold, J. G. (2019). Floodplain management and river restoration. *Ecological Engineering*, 128, 50–58.
10. Woodruff, J. D., Irish, J. L., & Camargo, S. J. (2013). Coastal flooding by tropical cyclones and sea-level rise. *Nature*, 504, 44–52.
11. Wang, J., He, T., Liao, M., & Zhao, Z. (2019). Dam break flood simulation. *Water*, 11(12), 2499.
12. UNOSAT. (2023). Satellite-based flood delineation in Ukraine (Kherson region). UNITAR-UNOSAT.
13. Trofymchuk, O., Kreta, D., & Myrontsov, M. (2021). Remote sensing assessment of the nature reserve fund of Ukraine. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 30(2), 392–403.
14. Tomchenko, O., Sedlerova, O., Lialko, V., Zholobak, H., Efyomenko, T., & Khodorovskiy, A. (2022). Suputnykovyi monitorynh roslynnosti [Satellite monitoring of vegetation in protected areas of Ukraine]. *Ukrainskyi zhurnal dystantsiinoho zonduvannia*, 9(2), 41–51. (in Ukrainian)
15. Hapich, H., Orlinska, O., Chushkina, I., Pavlychenko, A., Chebotarova, S., & Filatova, I. (2023). Assessment of the Kakhovka Dam destruction consequences for water security. *Journal of Water and Land Development*, 59(X–XII), 165–172.
16. Council of Europe. (2011). Resolution No. 4 (1996) listing natural habitat types requiring specific conservation measures. Bern Convention.
17. Council of Europe. (2022). Resolution No. 6 (1998) on the protection of bird species in Europe. Bern Convention.
18. Council of Europe. (2023). Standard Data Forms for Emerald Network sites in Ukraine. T-PVS/PA(2023)08.
19. Council of Europe. (2022). Strategic Plan for the Bern Convention 2030. T-PVS(2022)04.
20. Zheng, H., Song, C., & Xu, C. (2022). Remote sensing for biodiversity assessment in protected areas. *Remote Sensing*, 14(5), 1132.
21. Al-doski, J., Mansor, S. B., & Shafri, H. Z. (2014). NDVI differencing and post-classification for detecting vegetation changes. *Journal of Environmental Geography*, 7(3–4), 37–44.

22. Xu, C., Su, G., & Liu, L. (2021). Monitoring of natural protected areas using remote sensing: a review. *Remote Sensing*, 13(16), 3234.
23. CEOBS. (2023). Mapping environmental damage from the Kakhovka dam failure. Conflict and Environment Observatory.
24. Noss, R. F. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4(4), 355–364.
25. Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Y. C., Erasmus, B. F. N., de Siqueira, M. F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A. S., Midgley, G. F., Miles, L., Ortega-Huerta, M. A., Peterson, A. T., Phillips, O. L., & Williams, S. E. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature*, 427, 145–148.
26. Ricciardi, A., Hoopes, M. F., Marchetti, M. P., & Lockwood, J. L. (2013). Progress toward understanding the ecological impacts of nonnative species. *Ecological Monographs*, 83(3), 263–282.
27. Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., Lovejoy, T. E., Sexton, J. O., Austin, M. P., Collins, C. D., Cook, W. M., Damschen, E. I., Ewers, R. M., Foster, B. L., Jenkins, C. N., King, A. J., Laurance, W. F., Levey, D. J., Margules, C. R., & Townshend, J. R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 1(2), e1500052.
28. IUCN. (2022). Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 15. IUCN.
29. Grozeva, N., Zhiyanski, M., & Sokolovska, M. (2019). Assessment of conservation status of Emerald Network sites in Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, 71(3), 353–365.
30. Petrova, A., Lazarova, M., & Kolev, I. (2021). Standard Data Forms as a tool for biodiversity monitoring in the Emerald Network. *Biodiversity and Conservation*, 30, 1575–1592.

Стаття надійшла до редакції 13.02.2026, надійшла після рецензування 12.03.2026, прийнята 30.03.2026

The article was received 13.02.2026, received after revision 12.03.2026, accepted 30.03.2026

Магась Наталія Іванівна

к.т.н., доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Адреса робоча: м. Миколаїв, 54007, Проспект Героїв України, 9

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2579-1465> **e-mail:** nataly.magas@gmail.com

Томченко Ольга Володимирівна

к.т.н., старший науковий співробітник ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України»

Адреса робоча: вул. Олесь Гончара, 55-б, м. Київ, 01054, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6975-9099> **e-mail:** olhatomch@gmail.com

Загородня Сніжана Анатоліївна

к.т.н., старший науковий співробітник Інституту телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 0186, м. Київ, Чоколівський бульв., 13

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4332-4211> **e-mail:** zagorodnya.s@gmail.com

Шевякіна Наталя Анатоліївна

к.т.н., незалежна дослідниця, Київ, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5984-5580> **e-mail:** n.a.sheviakina@gmail.com