

## РОЗРОБКА ТА АПРОБАЦІЯ БАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ДЛЯ ОРНІТОФАУНИ В ЗОНІ ВПЛИВУ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Яненко В.С.

Національний університет біоресурсів і природокористування України  
вул. Героїв Оборони, 15, 03041, м. Київ  
[yanenko2028@gmail.com](mailto:yanenko2028@gmail.com)

У статті розглянуто актуальну проблему оцінки техногенного впливу вітроенергетики на орнітокомплекси в межах Північно-Західного Причорномор'я. Цей регіон визначено як стратегічно важливий через високий вітропотенціал, проте він водночас є вузловою зоною міграційних коридорів. Наукова новизна роботи полягає у розробці та апробації авторської бальної системи оцінки сумарного екологічного ризику (SR), яка інтегрує кількісні розрахунки моделі зіткнення птахів (Collision Risk Model – CRM) із якісними характеристиками біологічної та природоохоронної цінності видів.

Методологічну основу дослідження склали результати моніторингу в околицях Овідіополя на діючій та проєктованій ВЕС (2020-2021 та 2023-2024 рр.). Польові збори даних проводилися відповідно до міжнародного стандарту NatureScot (2017) на пунктах спостережень (ПС). Запропонована методика базується на чотирьох ключових компонентах, кожен з яких оцінюється за 3-бальною шкалою: розрахунковий показник смертності (CRM), природоохоронний статус виду (ЧКУ, МСОП), тривалість перебування птахів у небезпечному діапазоні висот (35-210 м) та регулярність реєстрацій виду на досліджуваній території.

Апробація системи на 24 цільових видах птахів дозволила встановити нерівномірний розподіл ризиків. Доведено, що переважна більшість таксонів (66,7%) характеризується низьким рівнем загрози (4-6 балів), що зумовлено їхньою високою маневреністю (хижі птахи) або етологічною специфікою уникнення техногенних об'єктів. Проте встановлено критично високі бали ризику для представників родини воронових: грака (*Corvus frugilegus*) – 11 балів та сороки (*Pica pica*) – 10 балів. Виявлено, що їхня вразливість зумовлена високою етологічною адаптивністю до антропогенних ландшафтів, масовістю та інтенсивним використанням повітряних потоків безпосередньо в зоні обертання роторів ВЕУ під час кормових перельотів. Результати дослідження підкреслюють, що окрім традиційних цільових видів (хижих та великих птахів), до програм моніторингу на ВЕС необхідно обов'язково включати горобцеподібних, а як показала апробація методики – першочергову увагу слід приділити представникам родини Воронових.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні стандартизованого інструменту для фахівців-екологів, що здійснюють підготовку звітів з Оцінки впливу на довкілля (ОВД). Впровадження запропонованої системи дозволяє обґрунтовано ідентифікувати «критичні групи» птахів на етапі проєктування ВЕС, оптимізувати розміщення ВЕУ та розробляти адресні заходи з мінімізації негативного впливу. *Ключові слова:* орнітофауна, вітроелектростанції, воронові, екологічний ризик, бальна оцінка, оцінка впливу на довкілля.

### Development and testing of a scoring system for environmental risk assessment of avifauna in the influence zone of wind farms. Yanenko V.

The article considers the pressing problem of assessing the anthropogenic impact of wind energy on bird assemblages within the North-Western Black Sea region. This region is strategically important due to its high wind potential, while simultaneously being a key area for migratory corridors. The scientific novelty of the work lies in the development and testing of a novel scoring system for assessing total environmental risk (SR), which integrates quantitative calculations of the Collision Risk Model (CRM) with qualitative characteristics of the biological and conservation value of species.

The methodological basis of the study consisted of monitoring results in the vicinity of Ovidiopol at the operational and planned wind farms (2020-2021 and 2023-2024). Field data collection was conducted in accordance with the international NatureScot (2017) standard at observation points (Vantage Points – VPs). The proposed methodology is based on four key components, each evaluated on a 3-point scale: calculated mortality rate (CRM), conservation status of the species (Red Book of Ukraine, IUCN), duration of birds' presence within the dangerous altitude range (35-210 m), and the regularity of species registration in the study area.

The testing of the system on 24 target bird species allowed for the identification of a non-uniform risk distribution. It is proved that the vast majority of taxa (66.7%) are characterized by a low level of threat (4-6 points), which is due to their high maneuverability (raptors) or ethological specificity in avoiding man-made objects. However, critically high risk scores were established for representatives of the Corvid family: the Rook (*Corvus frugilegus*) – 11 points and the Magpie (*Pica pica*) – 10 points. It was found that their vulnerability is caused by high ethological adaptability to anthropogenic landscapes, mass abundance, and intensive use of air currents directly in the rotor sweep zone of wind turbines during foraging flights. The research results emphasize that in addition to traditional target species (raptors and large birds), it is mandatory to include passerines in wind farm monitoring programs, and as the testing of the methodology has shown, primary attention should be paid to representatives of the Corvid family.

The practical significance of the results lies in the creation of a standardized tool for environmental specialists involved in the preparation of Environmental Impact Assessment (EIA) reports. The implementation of the proposed system allows for the evidence-based identification of «critical groups» of birds during the wind farm design stage, optimization of wind turbine placement, and the development of targeted measures to minimize negative impact. *Key words:* avifauna, wind farms, corvids, environmental risk, scoring, environmental impact assessment.



**Постановка проблеми.** Глобальний перехід до відновлюваних джерел енергії робить вітроенергетику одним із пріоритетних напрямків розвитку енергетичного сектору України. Однак експлуатація вітрових електростанцій (ВЕС) створює прямі та опосередковані загрози для біорізноманіття, зокрема для птахів і кажанів. Основними факторами негативного впливу є ризик прямого зіткнення з лопатями турбін, втрата оселищ та бар'єрний ефект [3,5]. У цьому контексті критично важливим є створення інструментів прогнозування ризиків.

**Актуальність дослідження.** Північно-Західне Причорномор'я є стратегічно важливим регіоном для розміщення ВЕС через наявність високого вітропотенціалу [7]. Водночас регіон знаходиться на перетині міграційних коридорів птахів [9]. Існуючі рекомендовані методи дослідження птахів для оцінки впливу наземних ВЕС фокусуються на всіх видах, окрім горобцеподібних, ігноруючи масові види, які відіграють ключову роль у функціонуванні екосистем [6].

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Робота виконана в межах дисертаційного дослідження «Екологічна оцінка впливу експлуатації вітрових електростанцій на орнітофауну та рукокрилих в межах Північно-Західного Причорномор'я» (спеціальність 101 «Екологія»). Результати дослідження безпосередньо корелюють із завданнями Закону України «Про оцінку впливу на довкілля».

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні методи оцінки впливу вітроенергетики базуються на прозорих алгоритмах прогнозування. Стандартизований підхід до розрахунку ризиків зіткнення, що є ключовим для наземних ВЕС. Замість «найгірших сценаріїв» рекомендується використовувати «найкращі оцінки» з аналізом невизначеності, що забезпечує наукову обґрунтованість екологічних прогнозів [1].

Математичні моделі CRM потребують доповнення біологічними параметрами. Фундаментальне обґрунтування індексу вразливості видів (SSI), що інтегрує дев'ять чинників (маневреність, статус охорони тощо) у єдиний показник для оцінки загальної біологічної стійкості популяції до техногенного впливу [2].

Поєднання існуючих методик та аналіз етології (поведінкових особливостей) птахів у наземних ландшафтах представлено у праці [4]. Доведено, що рельєф та термальні потоки визначають траєкторії польотів, тому ефективно пом'якшення впливу можливе лише за умови поєднання моделювання з тривалими польовими спостереженнями [4].

Стратегічне планування ВЕС у прибережних зонах висвітлено у матеріалах BirdLife [8]. Авторами наголошено на впровадженні карт чутливості, які враховують як імовірність зіткнення, так і якісні показники вразливості таксонів. Це є актуальним

для міграційних коридорів, зокрема у Північно-Західному Причорномор'ї.

Світовий досвід підтверджує ефективність поєднання кількісних (CRM) та якісних (SSI) інструментів. Проте в Україні бракує адаптованих бальних систем, що інтегрують національні природоохоронні списки та регіональну специфіку, що й зумовлює актуальність даного дослідження.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Незважаючи на існування загальноприйнятих математичних моделей прогнозування смертності (зокрема моделі В. Банда), в українській практиці оцінки впливу на довкілля (ОВД) досі відсутній стандартизований інструмент, який би дозволяв інтегрувати ці кількісні дані з якісними показниками вразливості видів. Більшість досліджень фокусуються виключно на рідкісних та хижих птахів, особливо тих, що занесені до Червоної книги України, практично ігноруючи масові горобцеподібні види. Це створює методичну прогалину, оскільки потенційна висока смертність фонових видів може мати значний негативний вплив на їх популяції, але залишається поза увагою фахівців.

Крім того, залишається невирішеним питання поєднання теоретичних розрахунків із реальними етологічними характеристиками птахів, такими як тривалість перебування у небезпечному діапазоні висот та регулярність використання території ВЕС. Відсутність адаптованої бальної системи для умов Північно-Західного Причорномор'я, де перетинаються потужні міграційні коридори, призводить до фрагментарності прогнозів. Це ускладнює розробку природоохоронних заходів, що потребує створення єдиної шкали ранжування ризиків для всіх видів орнітофауни.

**Наукова новизна дослідження.** Уперше розроблено та апробовано комплексну систему оцінки, де сумарний ризик (SR) визначається за формулою:

$$SR = \text{Бал (CRM)} + \text{Бал (статус)} + \text{Бал (час)} + \text{Бал (зустрічі)} \quad (1)$$

Це дозволяє поєднати розрахункову смертність з етологічними характеристиками та природоохоронною значущістю кожного виду.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Методологічне значення отриманих результатів полягає у розробці та апробації підходу до оцінки екологічних ризиків, який виходить за межі класичного кількісного прогнозування смертності. Традиційні методи, зокрема модель Банда (CRM), хоча й дозволяють отримати розрахункову кількість потенційних зіткнень, не враховують біологічну та природоохоронну цінність окремих таксонів, а також їхню поведінкову адаптивність до техногенних об'єктів [1].

Запропонована методика базується на принципах багатofакторного аналізу, де кількісні дані поєднуються з якісними показниками вразливості. Це дозволяє стандартизувати процедуру прийняття рішень

під час проведення оцінки впливу на довкілля (ОВД). Загальнонаукове значення роботи визначається можливістю застосування такої бальної системи не лише для вітроенергетики, а й для інших лінійних та висотних інфраструктурних об'єктів, що становлять загрозу для авіафауни. Впровадження трикомпонентної схеми ризику (низький, середній, високий) забезпечує об'єктивну ієрархію пріоритетності природоохоронних заходів, дозволяючи зосередити ресурси на найбільш вразливих ланках екосистеми.

**Викладення основного матеріалу.** Вихідними даними для апробації запропонованої бальної системи оцінки ризиків слугували результати власних польових спостережень, проведених протягом 2020-2021 рр. на території діючої Овідіопольської ВЕС (ТОВ «ОВІД ВІНД») та у 2023-2024 рр. – на майданчику проєктованої ВЕС (ТОВ «ОВІД НОРС»).

#### **Обґрунтування структури бальної системи оцінки ризиків**

Для проведення комплексної оцінки впливу ВЕС на орнітофауну Північно-Західного Причорномор'я нами було застосовано інтегральний показник сумарного ризику (SR). Формула розрахунку 1 враховує чотири напрямки вразливості, кожен з яких оцінюється за 3-бальною шкалою:

1. Показник CRM (бал CRM): відображає ймовірну частоту зіткнень птахів із лопатями вітроелектроустановок (ВЕУ). Максимальний бал (3) присвоюється при прогнозованій смертності понад 1 особину на рік.

2. Охоронний статус (бал статусу): інтегрує національне та міжнародне значення виду. Посаднання включення до Червоної книги України (ЧКУ) та вразливих категорій МСОП (VU, NT, CR) дає найвищий бал.

3. Поведінковий фактор (бал часу): оцінює тривалість перебування птахів у «небезпечному ешелоні» висот (35-210 м). Це критичний показник, оскільки саме на цих висотах працює ротор турбіни.

4. Частота реєстрацій (бал регулярності): характеризує стабільність перебування виду на досліджуваній території (пунктах спостереження, ПС), що дозволяє відрізнити випадкові зальоти від регулярного використання території як кормового або міграційного біотопу.

#### **Аналіз результатів оцінювання та розподіл видів за категоріями ризику**

За результатами моніторингових досліджень у 2020-2021 та 2023-2024 рр. було проаналізовано 24 ключових види птахів, що слугувало вихідними даними для розрахунку бальної оцінки (табл. 1). Встановлено, що структура розподілу ризиків є нерівномірною, що зумовлено специфікою етології та біології окремих таксонів.

Категорія високого ризику (10-12 балів). До цієї групи увійшли представники родини воронових – грак (*Corvus frugilegus*) та сорока (*Pica pica*). Високий бал грака (11) пояснюється його масовістю

в регіоні дослідження та активним використанням повітряних потоків на висотах ризику під час кормових перельотів. Сорока (10 балів) демонструє високу регулярність зустрічей та значну ймовірність зіткнення через свою осілість та особливості просторової активності в межах ділянок будівництва ВЕС. Це підтверджує тезу про необхідність включення масових видів у програми моніторингу, оскільки їхня кумулятивна смертність може суттєво впливати на локальні популяції.

Категорія середнього ризику (7-9 балів). Ця група (25,0% вибірки) представлена переважно водоплавними та навколотовидними птахами. Мартин жовтоногий (*Larus cachinnans*) та гуска сіра (*Anser anser*) отримали по 9 балів. Їхня вразливість зумовлена транзитними перельотами великими зграями на висотах, що перетинаються з робочою зоною лопатей. Цікавим є випадок пелікана рожевого (*Pelecanus onocrotalus*) (8 балів), де високий бал зумовлений передусім природоохоронним статусом (ЧКУ), попри те, що частота його реєстрацій безпосередньо над майданчиками ВЕС є помірною.

Категорія низького ризику (4-6 балів). Це найчисленніша група (66,7%). Сюди потрапили як дрібні соколоподібні (боривітер звичайний, підсоколик великий), так і великі птахи, наприклад, лелека білий. Низький ризик для хижих птахів (4 бали) пояснюється їхньою високою маневреністю та переважним полюванням на висотах нижче 30 метрів. Для рідкісних видів, як-от журавель сірий чи кібчик (5 балів), низький сумарний показник зумовлений відсутністю регулярних міграційних шляхів безпосередньо через зону ВЕС на період спостережень.

Бальна оцінка ризиків для цільових видів орнітофауни представлена в таблиці 2.

#### **Чинники впливу на формування сумарного балу**

Аналіз компонентів формули SR демонструє, що поведінкові чинники (час перебування на висоті та CRM) мають більше значення у формуванні високого ризику, ніж охоронний статус. Це свідчить про те, що навіть види, які не занесені до Червоної книги, можуть перебувати під значним тиском з боку вітроенергетики. Водночас для рідкісних таксонів розроблена система слугує додатковим запобіжним механізмом: навіть за умови низької частоти зустрічей, охоронний статус додає 2-3 бали. Це автоматично переводить вид із категорії мінімального ризику (4 бали) до вищої (5-6 балів), що зобов'язує проєктантів-екологів детально враховувати ці дані під час розроблення звітів з ОВД.

Практичне застосування запропонованої бальної системи дозволяє ідентифікувати «критичні зони» в екологічній безпеці проєкту ВЕС ще на етапі проєктування. Це дає змогу вчасно вжити превентивних заходів, як-от оптимізація мікросайтінгу (переміщення або недопущення розміщення ВЕУ в конкретних точках), або розробити мінімізаційні заходи (зокрема, встановлення систем акустичного чи візу-

Бальна оцінка ризиків для цільових видів орнітофауни

№	Наукова назва	CRM, очікувана кількість загиблих ос./рік	Природоохоронний статус		Час перебування на висоті ризику, секунд	Регулярність зустрічей на ПС, на висоті ризику
			МСОП	ЧКУ		
1	<i>Accipiter nisus</i>	0,29	LC	-	500	нерегулярно
2	<i>Anas platyrhynchos</i>	0,48	LC	-	839	нерегулярно
3	<i>Anser albifrons</i>	0,57	LC	-	1000	масовий мігрант
4	<i>Anser anser</i>	1,14	LC	-	2000	масовий мігрант
5	<i>Ardea cinerea</i>	0,29	LC	-	500	нерегулярно
6	<i>Buteo buteo</i>	0,41	LC	-	710	нерегулярно
7	<i>Ciconia ciconia</i>	0,29	LC	-	500	нерегулярно
8	<i>Circus aeruginosus</i>	0,64	LC	-	1112	нерегулярно
9	<i>Corvus corax</i>	1,44	LC	-	2526	нерегулярно
10	<i>Corvus cornix</i>	0,06	-	-	98	регулярно
11	<i>Corvus frugilegus</i>	2,54	VU	-	4453	регулярно
12	<i>Corvus monedula</i>	0,48	LC	-	844	нерегулярно
13	<i>Cygnus olor</i>	0,29	LC	-	500	нерегулярно
14	<i>Falco subbuteo</i>	0,37	LC	-	650	нерегулярно
15	<i>Falco tinnunculus</i>	0,39	LC	-	680	нерегулярно
16	<i>Falco vespertinus</i>	0,29	VU	-	500	нерегулярно
17	<i>Grus grus</i>	0,29	LC	рідкісний	500	нерегулярно
18	<i>Larus cachinnans</i>	1,8	LC	-	3145	масовий мігрант
19	<i>Larus ridibundus</i>	0,43	LC	-	761	масовий мігрант
20	<i>Pelecanus onocrotalus</i>	0,57	LC	зникаючий	1000	масовий мігрант
21	<i>Phalacrocorax carbo</i>	0,73	LC	-	1280	нерегулярно
22	<i>Pica pica</i>	1,69	LC	-	2959	регулярно
23	<i>Platalea leucorodia</i>	0,29	LC	-	500	нерегулярно
24	<i>Streptopelia turtur</i>	0,09	VU	-	162	нерегулярно

## Примітки:

– Бальна оцінка розрахункової смертності (CRM): \* 3 бали – показник > 1,0 ос./рік; 2 бали – показник від 0,5 до 0,99 ос./рік; 1 бал – показник < 0,49 ос./рік.

– Бальна оцінка природоохоронного статусу: \* 3 бали – вид одночасно занесений до ЧКУ та має категорію VU, CR або NT за МСОП; 2 бали – вид має лише один із статусів (або ЧКУ, або категорію МСОП вище LC); 1 бал – вид не занесений до ЧКУ та має статус LC (найменша загроза).

– Бальна оцінка часу перебування на висоті ризику: \* 3 бали – ≥2000 с; 2 бали – 1000-1999 с; 1 бал – ≤999 с.

– Бальна оцінка регулярності зустрічей: \* 3 бали – категорія «регулярно»; 2 бали – категорія «масовий мігрант»; 1 бал – категорія «нерегулярно».

ального відлякування) для захисту конкретних видів птахів.

**Головні висновки.** У результаті дослідження розроблено та науково обґрунтовано комплексну бальну систему оцінки екологічного ризику (SR), яка дозволяє інтегрувати кількісні показники моделі CRM із якісними характеристиками біологічної та природоохоронної цінності видів. Застосування чотирьох критеріїв (прогнозована смертність, охоронний статус, час перебування у небезпечному діапазоні висот та регулярність реєстрацій) забезпечує більш точну ієрархію вразливості видів птахів.

Апробація розробленої системи на прикладі 24 цільових видів орнітофауни Північно-Західного Причорномор'я дозволила встановити, що переважна більшість таксонів (66,7%) характеризується низьким рівнем ризику. Це свідчить про те, що за умови раціонального просторового планування нових вітропарків, негативний вплив від них на загальне біорізноманіття регіону залишиться в межах допустимих екологічних норм.

За оцінками доведено, що найбільшу загрозу експлуатація ВЕС становить для представників родини вороньох, зокрема грака (*C. frugilegus*) та сороки (*P. pica*), які отримали найвищі бали ризику (11 та 10

Таблиця 2

## Бальна оцінка ризиків для цільових видів орнітофауни

Наукова назва	Бал (CRM)	Бал (охоронний статус)	Бал (час перебування на висоті ризику)	Регулярність зустрічей на ПС, на висоті ризику	Оцінка	Ризик
<i>Accipiter nisus</i>	1	1	1	1	4	низький
<i>Anas platyrhynchos</i>	1	1	1	1	4	низький
<i>Anser albifrons</i>	2	1	2	2	7	середній
<i>Anser anser</i>	3	1	3	2	9	середній
<i>Ardea alba</i>	1	1	1	1	4	низький
<i>Ardea cinerea</i>	1	1	1	1	4	низький
<i>Buteo buteo</i>	1	1	1	1	4	низький
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	1	1	1	2	5	низький
<i>Ciconia ciconia</i>	1	1	1	1	4	низький
<i>Circus aeruginosus</i>	2	1	2	1	6	низький
<i>Corvus corax</i>	3	1	3	1	8	середній
<i>Corvus cornix</i>	1	2	1	3	7	середній
<i>Corvus frugilegus</i>	3	2	3	3	11	високий
<i>Corvus monedula</i>	1	1	1	1	4	низький
<i>Cygnus olor</i>	1	1	1	1	4	низький
<i>Falco subbuteo</i>	1	1	1	1	4	низький
<i>Falco tinnunculus</i>	1	1	1	1	4	низький
<i>Falco vespertinus</i>	1	2	1	1	5	низький
<i>Grus grus</i>	1	2	1	1	5	низький
<i>Larus cachinnans</i>	3	1	3	2	9	середній
<i>Pelecanus onocrotalus</i>	2	2	2	2	8	середній
<i>Phalacrocorax carbo</i>	2	1	2	1	6	низький
<i>Pica pica</i>	3	1	3	3	10	високий
<i>Streptopelia turtur</i>	1	2	1	1	5	низький

## Примітки:

- бальна оцінка розрахункової смертності (CRM): \* 3 бали – показник > 1,0 ос./рік; 2 бали – показник від 0,5 до 0,99 ос./рік; 1 бал – показник < 0,49 ос./рік.
- бальна оцінка природоохоронного статусу: \* 3 бали – вид одночасно занесений до ЧКУ та має категорію VU, CR або NT за МСОП; 2 бали – вид має лише один із статусів (або ЧКУ, або категорію МСОП вище LC); 1 бал – вид не занесений до ЧКУ та має статус LC (найменша загроза).
- бальна оцінка часу перебування на висоті ризику: \* 3 бали – ≥2000 с; 2 бали – 1000-1999 с; 1 бал – ≤999 с.
- бальна оцінка регулярності зустрічей: \* 3 бали – категорія «регулярно»; 2 бали – категорія «масовий мігрант»; 1 бал – категорія «нерегулярно».

відповідно). Високий рівень небезпеки для цих видів зумовлений їхньою здатністю швидко пристосовуватися до техногенних ландшафтів, масовістю та активним використанням повітряного простору саме в діапазоні роботи роторів ВЕУ (35-210 м). Це підкреслює необхідність перегляду програм моніторингу в бік посиленої уваги до фонових горбцеподібних видів, які забезпечують стабільність локальних екосистем.

Встановлено, що для рідкісних видів із високим природоохоронним статусом (кібчик червононогий, журавель сірий, пелікан рожевий) сумарний ризик залишається на низькому або середньому рівні завдяки їхній поведінковій специфіці – уникненню техногенних об'єктів або здійсненню перельотів

поза межами робочої зони лопатей. Проте наявність статусу ЧКУ автоматично підвищує бал, що виступає надійним запобіжним механізмом при прийнятті проектних рішень і потребує додаткової уваги фахівців орнітологів під час моніторингу на ВЕС.

**Перспективи використання результатів дослідження.**

Практичне впровадження запропонованої бальної системи має широкі перспективи у сфері екологічного проектування та державного нагляду. По-перше, методика може бути інтегрована у стандарти підготовки звітів з оцінки впливу на довкілля (ОВД) для об'єктів вітроенергетики. Це дозволить розробникам екологічної документації надавати

більш об'єктивне наукове обґрунтування допустимості будівництва ВЕС на конкретних територіях.

По-друге, результати ранжування видів є фундаментом для розробки програм післяпроектного моніторингу (ППМ). Виокремлення «груп ризику» дозволяє оптимізувати витрати на моніторинг, фокусуючи зусилля дослідників на найбільш вразливих таксонах та конкретних часових інтервалах їхньої активності.

По-третє, запропонований підхід може бути адаптований для оцінки впливу інших висотних об'єктів, наприклад ліній електропередач, або розширений для оцінки ризиків кажанів. У подальшому можливе вдосконалення даної моделі шляхом впровадження коефіцієнтів сезонності та врахування кліматичних чинників, що може дозволити створити динамічну систему прогнозування екологічних ризиків для різних видів птахів.

### Література

1. Band W. Using a collision risk model to assess bird collision risks for onshore wind farms : NatureScot Research Report 909. Edinburgh: NatureScot, 2024. 62 p. URL: <https://www.nature.scot/doc/naturescot-research-report-909-using-collision-risk-model-assess-bird-collision-risks-onshore-wind> (дата звернення: 15.03.2026).
2. Garthe S., Hüppop O. Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. *Journal of Applied Ecology*. 2004. Vol. 41, No. 4. P. 724–734. DOI: 10.1111/j.0021-8901.2004.00918.x.
3. Langston R. H. W., Pullan J. D. Windfarms and birds: an analysis of the effects of wind farms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues: Report T-PVS/Inf (2003) 12. Council of Europe, 2003. 115 p. URL: <https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Langston%20and%20Pullan%202003.pdf> (дата звернення: 25.12.2025).
4. May R., Åström J., Hamre Ø., Dahl E. L. Assessment of bird collision risk at wind farms: a review of methodologies and a synthesis of the current state of knowledge : NINA Report 1308. Trondheim : Norwegian Institute for Nature Research, 2017. 60 p.).
5. Morant J., Naves-Alegre L., Macías García H., Tena E., Sánchez-Navarro S., Nogueras J., Ibáñez C., Sebastián-González E., Pérez-García J. M. Mapping bird and bat assemblage vulnerability for predicting wind energy impact. *Journal of Environmental Management*. 2025. Vol. 380. 124961. DOI: 10.1016/j.jenvman.2025.124961.
6. NatureScot. Recommended bird survey methods to inform impact assessment of onshore wind farms : Guidance. Version 2. Inverness : NatureScot, 2017. 33 p. URL: <https://www.nature.scot/doc/recommended-bird-survey-methods-inform-impact-assessment-onshore-windfarms> (дата звернення: 09.01.2026).
7. Ukraine: Mapping the Energy Opportunities. Solar and Wind Energy Assessment : Report / Institute for Sustainable Futures (University of Technology Sydney) ; for Greenpeace. Hamburg : Greenpeace, 2024. 64 p. URL: <https://www.greenpeace.de/publikationen/20240411-greenpeace-report-ukraine-mapping-energy-opportunities.pdf> (дата звернення: 12.01.2026).
8. Vulcano A., Mitchell D. Partnership for nature and people: BirdLife Europe & Central Asia Summary Report / ed. by A. Piggott. Brussels : BirdLife Europe and Central Asia, 2021. 24 p. URL: [https://www.birdlife.org/wp-content/uploads/2021/09/birdlife\\_offshore\\_summary\\_report\\_digital-compressed.pdf](https://www.birdlife.org/wp-content/uploads/2021/09/birdlife_offshore_summary_report_digital-compressed.pdf) (дата звернення: 12.01.2026).
9. Мацюра О. В., Горлов П. І., Мацюра М. В. Розвиток концепції цілісних ареалів птахів: аналіз міграційних шляхів. *Біологічний вісник Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького*. 2010. № 1. С. 48–60. URL: <https://www.ujecology.com/articles/evolution-of-conception-of-integral-birds-areal-analysis-of-migratory-flyways.pdf> (дата звернення: 03.02.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 30.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026