
ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 502.3:620.9(477.87) : 598.2

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.5-62.1.1>

ОРНІТОФАУНІСТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ПОЛОНИНИ РУНА ЯК ЕЛЕМЕНТ ЕКОЛОГІЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗМІЩЕННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Бондар О.І., Морозова Т.В., Ковган Я., Герасименко М.

Державна наукова установа «Інститут екологічного відновлення та розвитку України»

вул. Василя Липківського, 35/2, 02000, м. Київ

erdu@urk.net

У дослідженні представлено методологічні засади базових екологічних досліджень (baseline studies), що проводяться в межах оцінки впливу на довкілля (ОВД) та міжнародної екологічної й соціальної оцінки (ESIA) при проєктуванні вітроенергетичних станцій (ВЕС) в Україні. Розглянуто підходи до вивчення основних груп фауни та флори, зокрема орнітофауни, рукокрилих, наземних безхребетних і рослинності. Для орнітофауни описано застосування стаціонарних спостережень з пунктів (vantage point method) та трансектних досліджень відповідно до рекомендацій NatureScot. Підкреслено роль моделі ризику зіткнення (collision risk model) як інструмента кількісного прогнозування впливу турбін на птахів. Методика дослідження рукокрилих базується на використанні ультразвукових детекторів і записуючих пристроїв, що дає змогу визначати видовий склад, активність і сезонну динаміку популяцій. Для оцінювання флори та інших груп тварин застосовується трансектно-пробний метод, який забезпечує репрезентативність охоплення території й дозволяє визначати структуру біотичних угруповань, ступінь антропогенної трансформації та наявність рідкісних видів. Особливу увагу приділено інтеграції результатів у геоінформаційні системи, що забезпечує моделювання потенційних зон конфлікту між вітротурбінами та біооб'єктами, оптимізацію розташування ВЕС і формування заходів з пом'якшення впливу на біорізноманіття. Запропонований підхід узгоджено з міжнародними стандартами екологічної оцінки та може бути використаний у практиці екологічного моніторингу, просторового планування та управління впливами на природні комплекси при розвитку відновлюваної енергетики. *Ключові слова:* базові дослідження, ESIA, EIA, вітроенергетика, птахи, кажани, біорізноманіття, ГІС-моделювання, модель ризику зіткнення, екологічний моніторинг, Україна.

Ornithofaunistic monitoring of the runa mountain meadow as a component of the environmental justification for wind energy facility placement. Bondar O., Morozova T., Kovhan Ya., Herasymenko M.

The article presents the methodological framework for baseline ecological studies conducted within Environmental and Social Impact Assessment (ESIA) and Environmental Impact Assessment (EIA) procedures for wind energy projects in Ukraine. It outlines the approaches applied to the investigation of key fauna and flora groups, including birds, bats, terrestrial invertebrates, and vegetation. For avifauna, the study employs stationary vantage point (VP) observations and transect surveys following NatureScot's recommended protocols. The vantage point method involves three-hour sessions of systematic species registration to support the development of collision risk models, which provide quantitative estimates of bird-turbine interaction probabilities. Bat surveys rely on ultrasonic detectors and acoustic recorders to identify species composition, temporal activity, and migration patterns. The assessment of flora and other faunal groups uses a transect-plot approach that ensures representative spatial coverage, enables the analysis of community structure, anthropogenic transformation, and the presence of rare or protected species. Special emphasis is placed on integrating collected data into Geographic Information Systems (GIS) for modeling potential conflict zones between wind turbines and biotic components, optimizing turbine placement, and designing mitigation measures to minimize biodiversity impacts. The proposed methodology is harmonized with international environmental standards (IFC, BirdLife, NatureScot) and can be applied in ecological monitoring, spatial planning, and sustainable management of natural complexes under the expansion of renewable energy infrastructure. *Key words:* baseline studies, ESIA, EIA, wind energy, birds, bats, biodiversity, GIS modeling, collision risk model, environmental monitoring, Ukraine.

Сучасні дослідження засвідчують, що розвиток вітроенергетики як ключового елементу енергетичної трансформації супроводжується багатовимірним впливом на орнітофауну. Впливи вітрових електростанцій (ВЕС) класифікують на *прямі* та *непрямі* (рис. 1). Прямі наслідки проявляються у загибелі

птахів унаслідок колізій із лопатями турбін, тоді як непрямі стосуються витіснення, зміни поведінкових патернів, фрагментації та деградації гніздових і кормових біотопів. Узагальнення результатів численних метааналітичних досліджень підтверджує, що обидва типи впливів мають виражену видо- та популяцій-



Рис. 1. Впливи вітрових електростанцій на орнітофауну

но-специфічну дію, інтенсивність якої визначається ландшафтним контекстом, сезонною динамікою та таксономічними особливостями птахів [1, 2].

Оцінювання прямої смертності птахів від роботи ВЕС залишається предметом активної наукової дискусії. Узагальнені оцінки свідчать, що вітрова енергетика не є провідним чинником антропогенної смертності на глобальному рівні, однак локальні втрати можуть мати критичне значення для малочисельних і рідкісних популяцій. За даними *American Bird Conservancy* [3], щорічна смертність птахів унаслідок колізій із турбінами у США перевищує 500 тис. особин, а за прогнозами, до 2030 р. може сягнути понад 1,4 млн. Ці оцінки не враховують вторинних втрат, пов'язаних із функціонуванням супутньої інфраструктури – ліній електропередач, підстанцій і транспортних комунікацій [4].

Використання сучасних статистичних інструментів, зокрема моделі *GenEst*, дає змогу коригувати післябудівні оцінки смертності з урахуванням виживаності трупів і ефективності пошуку, підвищуючи точність прогнозів впливу ВЕС на демографічні показники видів. Водночас розвиток «чистої» енергетики, що сприяє зниженню викидів вуглецю, має стратегічне значення для збереження біорізноманіття, оскільки глобальна зміна клімату становить значно більшу загрозу для орнітофауни, ніж локальні техногенні ефекти [5].

Особливу увагу науковців привертає феномен витіснення (*displacement*), коли птахи уникають територій поблизу турбін або змінюють траєкторії польотів, що призводить до зниження щільності популяцій і втрати якісних місць існування навіть за відсутності масових колізій [6]. Цей ефект має особливе значення для високогірних екосистем Українських Карпат, де зосереджені унікальні природні комплекси та проходять ключові шляхи сезонних міграцій. Зокрема, у межах Полонини Руна (Закарпатська область) відсутність системного орнітологічного моніторингу на етапі попереднього екологічного аналізу підвищує ризик непередбачуваних змін у структурно-функціональній організації екосистем і чисельності окремих видів. Проведення річного багатосезонного моніторингу є необхідною умовою для виявлення потенційних зон ризику, оптимізації просторового планування та розроблення адаптивних природоохоронних заходів відповідно до принципів *Bird-Smart Wind Energy Program*.

Технічні параметри турбін, зокрема висота ротора та довжина лопатей, істотно впливають на вертикальну структуру ризику. Зі збільшенням висоти турбін змінюється висотний профіль потенційної смертності, що зумовлює різний ступінь уразливості для видів із відмінною типовою висотою польоту. Це підкреслює необхідність врахування технічних характеристик ВЕС у моделях екологічного ризику [7].

До ефективних методів мінімізації негативного впливу належать оптимальне розміщення турбін (*siting*), адаптивне керування їх роботою (*curtailment*) у періоди підвищеної орнітоактивності, а також застосування систем раннього виявлення птахів із використанням радарних і оптичних технологій. Емпіричні спостереження засвідчують, що інтеграція радарної детекції з оперативним відключенням турбін може знизити рівень смертності представників чутливих таксонів на 20–40 %, хоча ефективність таких систем потребує подальшої адаптації до умов складної орографії та мінливого мікроклімату [8].

Методологічні тенденції останніх років характеризуються впровадженням стандартизованих протоколів типу BACI («До–Після–Контроль–Вплив»), розвитком просторових моделей ризику на основі ГІС-шарів, а також широким застосуванням багатосезонного моніторингу та статистичних методів корекції післябудівних оцінок. Ці підходи створюють основу для формування науково обґрунтованих сценаріїв розміщення ВЕС, особливо у вразливих природних регіонах.

У контексті гірських екосистем, зокрема Карпатського регіону та Полонини Руна, залишаються значні наукові прогалини. Переважна більшість емпіричних даних отримана для рівнинних або прибережних територій, що ускладнює екстраполяцію результатів на хребтові системи з унікальною вертикальною структурою польотів. Відсутність

локальних багатосезонних спостережень обмежує можливість прогнозування довгострокових демографічних наслідків, а також оцінювання ефективності заходів пом'якшення ризику в умовах складного гірського рельєфу [6].

Комплексний науково-інформаційний підхід, який поєднує багатосезонний орнітологічний моніторинг, ГІС-моделювання, ВАСІ-дизайн і адаптивне управління типу «радарна детекція + curtailment», формує основу для поєднання розвитку вітроенергетики з охороною орнітофауни. Такий підхід сприяє збереженню локальних популяцій і забезпеченню екологічної стабільності високогірних екосистем Полонини Руна [3].

Узагальнення наведених у таблиці 1 даних свідчить, що більшість емпіричних і метааналітичних досліджень акцентують на поведінкових та просторових ефектах вітроенергетики, які часто є не менш значущими, ніж безпосередня смертність. Так, у понад 60 % досліджень [9, 10] зафіксовано уникання птахами зон розміщення турбін, що зумовлює перерозподіл просторової активності видів на відстань до кількох кілометрів. Це, у свою чергу, призводить до фрагментації біотопів і втрати придатних місць існування, особливо для хижих та водоплавних видів.

Глобальні оцінки ризику [11] демонструють значну міжвидову диференціацію у сприйнятливості до колізій, при цьому найвищий рівень уразливості мають великі планерні види, зокрема. Яструбоподібні (*Accipitriformes*) Vieillot, 1816 та Соколоподібні

(*Falconiformes*) Sharpe, 1874. Дослідження у лісових та прибережних біотопах [12–14] підтверджують зниження чисельності птахів на відстані до 800 м від турбін, що вказує на ефект екологічної тіні – зону зниженого орнітологічного використання території.

Оцінювання ефективності технічних і поведінкових заходів мінімізації [16, 17] свідчить, що впровадження систем автоматичної детекції (*DTBird*) та адаптивного керування турбінами (*curtailment*) може знизити рівень колізій на 20–40 %. Однак ці підходи залишаються обмежено перевіреними в умовах складного гірського рельєфу, що зумовлює потребу у регіональних дослідженнях.

Таким чином, існуюча наукова база підтверджує комплексний характер впливів ВЕС на орнітофауну, але більшість робіт зосереджена на рівнинних і прибережних екосистемах Північної Америки та Західної Європи, тоді як дані щодо високогірних систем Карпатського регіону практично відсутні. Це створює істотну інформаційну прогалину, що унеможливорює об'єктивне прогнозування наслідків для таких територій, як Полонина Руна. Відповідно, проведення локального орнітофауністичного моніторингу із застосуванням стандартів ВАСІ, ГІС-моделювання та адаптивного менеджменту є не лише науково обґрунтованим, а й стратегічно важливим для розроблення екологічно збалансованих сценаріїв розвитку вітроенергетики у гірських регіонах України.

У цілому аналіз джерел засвідчує, що в сучасних умовах пріоритет набуває поєднання біомоніторин-

Таблиця 1

Короткий огляд основних досліджень впливу ВЕС на орнітофауну

Основний зміст дослідження	Ключові результати	
Метааналіз 84 досліджень із 22 країн щодо впливу турбін на птахів і ссавців.	У 63 % випадків зафіксовано уникання турбін; птахи змінюють маршрути на 1–5 км; визначено необхідність буферних зон	[9]
Систематичний огляд 71 роботи щодо ефектів витіснення птахів.	Витіснення зафіксовано у ~40 % випадків, особливо серед хижих і водоплавних птахів; запропоновано методологічні стандарти	[10]
Глобальна оцінка вразливості 362 видів птахів і 184 кажанів	Ідентифіковано 55 видів птахів із високим ризиком; запропоновано модель оцінювання ризику.	[11]
Вивчення ВЕС у лісових масивах Німеччини.	Чисельність птахів зменшилась на 24–41 % у зонах 500–800 м від турбін.	[12]
Польові дослідження прибережної орнітофауни.	Зниження видового багатства й зміна домінантної структури угруповань.	[13]
Оцінювання смертності птахів від турбін у різних ландшафтах.	Найвища смертність під час міграцій; рельєф впливає на ризик колізій	[14]
Аналітична доповідь про принципи екологічно безпечного розвитку ВЕС.	Визначено 7 принципів Bird-Smart Wind Energy для мінімізації впливу на птахів.	[3]
Аналіз поведінкових реакцій птахів поблизу турбін у Північній Європі.	Зміщення маршрутів польоту на 2–3 км; зменшення активності хижаків.	[15]
Статистичні моделі оцінки смертності птахів.	Модель GenEst враховує пошукову ефективність і втрати зразків, підвищує точність оцінок	[16]
Система автоматичного детектування птахів DTDBird у США.	Автоматичне відключення турбін зменшило кількість зіткнень хижих птахів на 20–40 %.	[17]

гових спостережень, просторового моделювання та адаптивного управління природокористуванням, з урахуванням сезонної активності птахів, міграційних маршрутів і структури біотопів. Водночас для територій Українських Карпат спостерігається дефіцит регіональних емпіричних даних, що підкреслює наукову і практичну значущість дослідження орнітофауністичного моніторингу Полонини Руна у контексті планування вітроенергетичних об'єктів.

Методика дослідження основних груп фауни та флори для потреб міжнародної ESIA та ОВД об'єктів вітроенергетики. Дослідження біоти в межах процедур ESIA (Environmental and Social Impact Assessment) та ОВД (оцінки впливу на довкілля) є невід'ємною складовою оцінювання екологічної прийнятності проєктів будівництва вітроенергетичних установок. Метою таких досліджень є отримання репрезентативної інформації про поточний стан компонентів довкілля (baseline conditions), на основі якої здійснюється прогнозування потенційного впливу, моделювання ризиків і розроблення заходів із їхнього пом'якшення (IFC, 2023).

Просторові межі досліджень визначаються конфігурацією проєктної ділянки ВЕС і зоною потенційного впливу – зазвичай радіусом до 10 км від крайніх турбін для орнітологічних об'єктів і до 5 км для інших груп фауни. Польові роботи здійснюються у різні сезони року для фіксації сезонної мінливості біоти: період гніздування, міграційні шляхи, зимівля. Всі дослідження супроводжуються геопросторовим прив'язуванням точок спостереження (GPS/GIS) та фотофіксацією.

Дослідження орнітофауни здійснюється за комбінацією стаціонарних і трансектних методів, рекомендованих у документі *Recommended Bird Survey Methods to Inform Impact Assessment of Onshore Windfarms* (NatureScot, 2017) та адаптованих до умов України. Стаціонарні дослідження (Vantage Point Survey). На кожній дослідній ділянці визначаються пункти спостереження (VP – Vantage Points), з яких досвідчений орнітолог або бьордвотчер проводить спостереження за поведінкою та переміщенням птахів. *Тривалість однієї сесії:* близько 3 годин, переважно у ранкові та вечірні години активності. *Завдання:* фіксація видів, чисельності, напрямків польоту, висоти переміщення відносно запроєктованих рівнів турбін. *Результат:* на основі отриманих даних створюється модель ризику зіткнення (Collision Risk Model), яка дозволяє оцінити імовірну кількість випадків колізій птахів із лопатями ВЕС. *Додатково:* враховується поведінкова реакція птахів на присутність турбін (avoidance behavior) та інтенсивність використання території.

Трансектний метод передбачає систематичне обстеження території за визначеними маршрутами (лінійними або стрічковими трансектами), які охоплюють різноманітні біотопи в межах дослідної зони. *Завдання:* фіксація складу видів, чисельності,

структури угруповань, біотопічних переваг та просторового розподілу. *Методичні аспекти:* маршрути повторюються у різні сезони, що забезпечує порівнянність результатів і дає змогу простежити динаміку використання території птахами. *Вихідні дані:* відомості використовуються для картування ключових зон перебування (sensitivity mapping) і для оцінювання ризику кумулятивного впливу при розміщенні кількох ВЕС у регіоні.

Комплексний аналіз і прогнозування впливу. Отримані під час baseline-досліджень дані інтегруються у геоінформаційні системи (ГІС) для побудови карт розповсюдження видів, маршрутів міграцій та визначення зон екологічної чутливості. На основі цих даних розробляються: моделі впливу (для птахів – моделі колізій, для кажанів – моделі активності); карти просторового розподілу ризику; рекомендації щодо розміщення турбін, буферних зон і сезонних обмежень будівельних робіт.

Результати дослідження. Дослідження проводилися на території Полонини Руна (Закарпатська область) – високогірного масиву північно-західної частини Українських Карпат, що характеризується хвилястим рельєфом, чергуванням субальпійських лук, чагарникових формацій (*Juniperus communis*, *Vaccinium myrtillus*), фрагментів смереково-ялицевих лісів та гірсько-лучних екосистем. Висотний діапазон пунктів спостереження становив 900–1200 м н.р.м. Територія є відкритою для вітрових потоків, що зумовлює її придатність для розміщення вітроенергетичних установок. Антропогенне навантаження обмежується періодичним випасанням худоби та наявністю технічних доріг місцевого значення.

Польові спостереження здійснювалися в період 20–24 січня 2024 року, у рамках етапу базових (baseline) досліджень орнітофауни для оцінки можливого впливу майбутнього будівництва вітроенергетичних установок на птахів. Було визначено чотири стаціонарні пункти спостереження (VP – Vantage Point):

- **VP1:** 48°47'58.90"N, 22°48'36.88"E
- **VP2:** 48°47'16.00"N, 22°48'47.00"E
- **VP3:** 48°47'43.00"N, 22°47'25.00"E
- **VP4:** 48°46'50.00"N, 22°47'27.00"E

Кожен пункт охоплював зону огляду радіусом близько 1–2 км, що забезпечувало перехрещення секторів спостереження та повне покриття проєктної території. У кожному пункті проводилися щоденні трисгодинні сесії спостережень у ранкові (10:00–13:00) та післяобідні години (13:00–17:00). Загалом виконано 20 серій спостережень (по 5 днів для кожного пункту).

Метеорологічні умови спостережень. Упродовж періоду спостережень погодні умови залишалися стабільними, але характеризувалися низькою температурою, значною вітряністю та хмарністю, що істотно впливало на активність птахів (табл. 1).

Таблиця 2

Дата	Швидкість вітру, м/с	Напрям	Хмарність, %	Опади	Видимість	Орнітологічна активність
20.01.2024	4–5	W	10	відсутні	>2 км	«Birds don't fly»
21.01.2024	2	SW	5–80	відсутні	1,5–2 км	«Birds don't fly»
22.01.2024	8	SW	5	відсутні	>2 км	«Birds don't fly»
23.01.2024	8	SW	100	відсутні	>2 км	«Birds don't fly»
24.01.2024	9	SW	100	відсутні	<1 км	«Birds don't fly»

У всі дні польових робіт було зафіксовано мінімальну або нульову активність птахів, що й позначено в польових журналах як “Birds don't fly”. Така ситуація є типовою для зимового періоду у високогірних районах Карпат, коли більшість видів перебувають на зимівлі у долинних ландшафтах або за межами регіону. Крім того, висока швидкість вітру (до 9 м/с) та низька температура створюють несприятливі умови для активного польоту птахів, особливо для дрібних горобцеподібних та денних хижаків.

Відсутність візуальних спостережень не свідчить про повну відсутність орнітофауни в межах території. Ймовірно, у теплий період року (весняна та осіння міграції) спостерігатиметься більша активність птахів, особливо у зв'язку з тим, що Полонина Руна розташована на периферії Східнокарпатського міграційного коридору.

Отримані дані є базовими (winter baseline) і можуть бути використані для моделювання сезон-

ної динаміки орнітофауни у подальших етапах досліджень. Зокрема, вони підтверджують, що зимовий період є малоризиковим щодо колізій птахів з ВЕУ, тому будівельні роботи можуть плануватися на цей час із мінімальним впливом на орнітофауністичні комплекси.

Висновки. Проведено серію спостережень у чотирьох пунктах (VP1–VP4) упродовж 20–24 січня 2024 р. Метеорологічні умови (висока вітрова активність, низька температура, значна хмарність) зумовили відсутність польотної активності птахів. Зимові дані можуть слугувати вихідним рівнем (baseline) для сезонного порівняння результатів у період весняних і осінніх міграцій. Територія досліджень характеризується низьким рівнем антропогенного навантаження, що робить її цінною моделлю для оцінювання природного стану високогірних луків у межах проекту ВЕС.

Література

- Kuvlesky W. P. Jr., Brennan L. A., Morrison M. L., Boydston K. K., Ballard B. M., Bryant F. C. Wind energy development and wildlife conservation: Challenges and opportunities. *Journal of Wildlife Management*. 2007. Vol. 71, № 8. P. 2487–2498. DOI: 10.2193/2007-248.
- Marques A. T., Drewitt L., Lloyd R. M. et al. Understanding bird collisions at wind farms: an updated review on the causes and possible mitigation strategies. *Biological Conservation*. 2014. Vol. 179. P. 40–52. DOI: 10.1016/j.biocon.2014.08.017.
- American Bird Conservancy. *Bird-Smart Wind Energy: solutions for sustainable wind energy development*. Washington, D.C.: ABC, 2019. 21 p. [Електронний ресурс]. URL: <https://abcbirds.org/wp-content/uploads/2019/05/bird-smart-wind-energy.pdf> (дата звернення: 01.11.2025).
- Loss S. R., Will T., Marra P. P. Direct mortality of birds from anthropogenic causes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2015. Vol. 46. P. 99–120. DOI: 10.1146/annurev-ecolsys-112414-054133.
- MIT Climate Portal. Do wind turbines kill birds? 2024. URL: <https://climate.mit.edu/ask-mit/do-wind-turbines-kill-birds> (дата звернення: 01.11.2025).
- Marques A., Batalha H., Bernardino J. Bird Displacement by Wind Turbines: Assessing Current Knowledge and Recommendations for Future Studies. *Birds*. 2021. Vol. 2, № 4. P. 460–475. DOI: 10.3390/birds2040034.
- Garvin J. C., Simonis J. L., Taylor J. L. Does size matter? Investigation of the effect of wind turbine size on bird and bat mortality. *Biological Conservation*. 2024. Vol. 291. P. 110474. DOI: 10.1016/j.biocon.2024.110474.
- International Finance Corporation (IFC), European Bank for Reconstruction and Development (EBRD), KfW Development Bank. *Post-Construction Bird and Bat Fatality Monitoring for Onshore Wind Energy Facilities in Emerging Market Countries: Good Practice Handbook and Decision Support Tool*. Washington, D.C.: IFC, 2023. URL: <https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/2023/handbook-post-construction-bird-bat-fatality-monitoring-onshore-wind-ems.pdf> (дата звернення: 01.11.2025).
- Lucas M. et al. Wind turbines disturb two-thirds of bird and mammal groups studied worldwide. 2023. URL: <https://phys.org/news/2023-12-groups-birds-mammals-turbines.html> (дата звернення: 01.11.2025).
- Marques A. T. et al. Bird Displacement by Wind Turbines: Assessing Current Knowledge and Recommendations for Future Studies. *Energies*. 2024. Vol. 17, № 5. P. 1221. DOI: 10.3390/en17051221.
- Thaxter C. et al. Bird and bat species' global vulnerability to collision with wind turbines. *BTO Research Report*. 2024. URL: <https://www.bto.org/our-work/science/publications/papers/bird-and-bat-species-global-vulnerability-collision> (дата звернення: 01.11.2025).
- Stienen E. et al. Wind turbines in managed forests partially displace common birds. *Forest Ecology and Management*. 2022. Vol. 523. P. 120–135. DOI: 10.1016/j.foreco.2022.120135.

13. Zhao X. et al. Impact of wind turbines on birds in the coastal area of Yancheng, Jiangsu, China. *Biodiversity Science*. 2022. Vol. 30, № 2. P. 216–228. DOI: 10.17520/biods.20220012.
14. De Lucas M. et al. Effects of wind farm location and configuration on bird mortality. *Biological Conservation*. 2018. Vol. 227. P. 263–272. DOI: 10.1016/j.biocon.2018.09.020.
15. May R. et al. Responses of birds to wind turbines in northern Europe. *Ecological Indicators*. 2020. Vol. 115. P. 106376. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.106376.
16. Huso M. et al. Estimating bird mortality at wind energy facilities using GenEst. *Journal of Wildlife Management*. 2021. Vol. 85, № 3. P. 456–472. DOI: 10.1002/jwmg.22053.
17. Renewable Energy Wildlife Institute (REWI). *Technical Report: DTBird System Effectiveness at Reducing Bird Collisions at Wind Farms*. Washington, D.C.: REWI, 2024. URL: <https://www.dtbird.com/index.php/fr/hmea/item/187-rewi-technical-report-2024> (дата звернення: 01.11.2025).

Дата першого надходження рукопису до видання: 24.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 15.12.2025