

## РЕЦЕНЗІЯ

доцента кафедри гідробіології та іхтіології Національного університету біоресурсів і природокористування України, кандидата біологічних наук, доцента **МИТЯЯ Івана Сергійовича** на дисертацію **ЯНЕНКА Владислава Сергійовича** на тему: «Оцінка впливу експлуатації вітрових електростанцій на орнітофауну та рукокрилих в межах Північно-Західного Причорномор'я», подану на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 101 «Екологія» галузі знань 10 «Природничі науки»

### Актуальність теми дисертації

Актуальність темп дослідження зумовлена об'єктивним протиріччям між глобальним прагненням вилучення спалення вуглеводнів з енергетичного сектору та заміни його на різні форми відновлювальної енергетики. Сучасний вектор розвитку енергетики України, орієнтований на євроінтеграцію та збільшення частки відновлюваних джерел, передбачає масштабне будівництво та експлуатацію вітрових електростанцій. Проте вітрова енергетика, яка є кліматично нейтральною, створює прямі техногенні загрози для живої природи.

Експлуатація потужних вітрогенераторів у зонах високої концентрації тварин призводить до негативних екологічних наслідків, зокрема до прямої загибелі птахів від зіткнень із лопатями та масової смертності рукокрилих внаслідок баротравм, викликаних різкими перепадами повітряного тиску біля турбін. Крім того, виникає кумулятивний ефект відлякування, що руйнує традиційні місця гніздування, годівлі та відпочинку диких тварин. Попри високі екологічні ризики, у вітчизняній науці відчувається гострий брак довгострокових моніторингових даних, які б оцінювали вплив ВЕС не лише на етапі проєктування, а саме в динаміці їхньої багаторічної експлуатації. Необхідність виконання міжнародних зобов'язань України в межах Бернської, Боннської та Рамсарської конвенцій, а також імплементація вимог Пташиної та Оселищної директив ЄС вимагають створення нових наукових підходів. Науково обґрунтована оцінка цього впливу дозволить удосконалити процедури Оцінки впливу на довкілля (ОВД) та розробити дієві практичні рекомендації для бізнес сектору, такі як інтелектуальні системи зупинки турбін під час пікових міграцій. Це забезпечить баланс між розвитком альтернативної енергетики та збереженням фауни Причорномор'я.

Особливої гостроти ця проблема набуває в межах Північно-Західного Причорномор'я, яке водночас володіє найвищим вітроенергетичним потенціалом у країні та є унікальним біогеографічним регіоном. Цей простір слугує ключовою ланкою глобального Азово-Чорноморського міграційного коридору, через який щорічно переміщуються мільйони птахів та кажанів, багато з яких занесені до Червоної книги України та міжнародних охоронних списків. Даний регіон є зоною екологічної вразливості, оскільки через нього проходять

Азово-Чорноморський, Дніпровський та широкофронтальний міграційні коридори птахів. Вибір Одеського регіону як місця дослідження зумовлено дефіцитом системних багаторічних даних щодо реакції птахів і кажанів на роботу сучасних вітроелектроустановок (ВЕУ), висота яких сягає понад 200 м (верхня межа обертання лопатей – 210 м), а також ескалацією конфлікту між економічною діяльністю та збереженням біорізноманіття поблизу об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ), зокрема НПП «Нижньодністровський» – Рамсарського угіддя міжнародного значення та важливої орнітологічної території, дельта якого забезпечує існування понад 250 видів птахів.

Вищезазначене свідчить про те, що дисертація є актуальною та своєчасною.

#### **Зв'язок дисертації з науковими програмами, планами, темами**

Дисертацію виконано здобувачем особисто під керівництвом доктора біологічних наук, професора А. В. Клепко. Робота виконана в межах науково-дослідної роботи кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності Національного університету біоресурсів і природокористування України.

#### **Наукова новизна дослідження і отриманих результатів**

Здобувачем запропоновано та апробовано комплексну бальну систему оцінки екологічного ризику для орнітофауни в зоні впливу ВЕС, яка базується на поєднанні трьох критеріїв: розрахункової смертності (CRM), тривалості перебування у висотному діапазоні ризику (35–210 м) та регулярності реєстрацій на моніторингових пунктах. Важливим є порівняльний аналіз просторово-часового розподілу та кількісної структури орнітофауни та фауни рукокрилих на суміжних територіях діючої (ТОВ «ОВІД ВІНД») та проекрованої (ТОВ «ОВІД НОРС») вітроелектростанції. Це дало можливість зіставити теоретичні прогнози із реальними показниками життєдіяльності тварин, які зустрічаються у зоні ризику зіткнень. Отримано експериментальні дані щодо реакції кажанів, зокрема вечірниці рудої (*Nyctalus noctula*), на роботу ультразвукового відлякувача вітчизняного виробництва.

Автором удосконалено методичні підходи до формування переліку цільових видів птахів для екологічного моніторингу зон впливу ВЕС. Обґрунтовано необхідність включення представників родини воронових (Corvidae) до складу цільових груп дослідження. На основі математичного прогнозування та бальної оцінки доведено, що види родини воронових характеризуються високим ступенем ризику зіткнення, попри традиційну класифікацію ряду горобцеподібних (Passeriformes) як другорядних об'єктів моніторингу з низьким рівнем вразливості.

Яненко В. С. розроблено рекомендації щодо застосування багатомодульних систем відлякувачів кажанів через їх обмежений радіус ефективної дії ультразвукового сигналу (15–20 м). Встановлено закономірності висотного розподілу польотів птахів у степових агроценозах Причорномор'я. Більшість особин цільових видів мігрують на висотах до 25 м,

тоді як у потенційно небезпечному діапазоні (35–210 м) переважають представники воронових та мартинових.

Автором доповнено наукові дані про видовий склад та чисельність авіфауни та фауни рукокрилих Одеського регіону (zareestrovano 62 цільових види птахів, зокрема 17 червонокнижних, та 8 видів кажанів). Проведені розрахунки показників потенційного біологічного вилучення (PBR) для видів, які використовують висотний діапазон ризику, дозволили встановити критичні пороги допустимої смертності для збереження їх чисельності.

Низка положень наукової новизни, що відповідають поставленим завданням і меті дослідження, представлено автором у частині «набули подальшого розвитку».

Наукову новизну проведених досліджень підтверджено довідками про впровадження результатів дослідження та пропозицій.

### **Практичне значення одержаних результатів для науки і практики**

Основним документом, який регламентує втручання людини в природу є Оцінка впливу на довкілля (ОВД). Він є специфічним для різних екосистем. У даному аспекті запропонована дисертантом бальна система оцінки екологічного ризику має важливе значення, так, як може бути використана розробниками екологічної документації для наукового обґрунтування допустимості будівництва ВЕС. Бальна оцінка дозволяє після проведення моніторингу на етапі проєктування виділити найбільш уразливі таксони та ідентифікувати «групи ризику», що потребують заходів охорони, зокрема, звернути увагу на масові види (воронові), які, зазвичай, не враховуються чинними методиками. Експериментально підтверджено ефективність ультразвукових відлякувачів вітчизняного виробництва для вечірниць рудої (*Nyctalus noctula*). Науково обґрунтовано рекомендації щодо модернізації таких систем.

На етапі експлуатації ВЕС запропоновано алгоритми управління режимами роботи турбін (curtailment) – режим вимушеного простою. Зокрема, рекомендовано впровадження порогу швидкості запуску (cut-in speed) на рівні 5,0 м/с у нічний період з серпня по вересень, що дозволить знизити смертність рукокрилих при мінімальних втратах генерації електроенергії. Для післяпроєктного моніторингу розроблено алгоритм швидкого реагування, спрямований на застосування заходів мінімізації впливів на птахів та кажанів, який має застосовуватися у разі виявлення загибелі видів, занесених до ЧКУ, або тих, для яких встановлено низький PBR.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій**

У дисертаційному дослідженні обґрунтовано теоретико-методичні засади і розроблено науково практичні рекомендації, спрямовані на мінімізацію впливу вітрових електростанцій на птахів та рукокрилих умовах Північно-Західного Причорномор'я. Дисертантом була поставлена мета – оцінка впливу вітроенергетичних об'єктів на видове різноманіття

та просторово-часову варіативність орнітофауни і фауни рукокрилих в умовах антропогенно трансформованих ландшафтів Північно-Західного Причорномор'я для наукового обґрунтування засобів мінімізації негативного впливу, яку він реалізував шляхом виконання чітко визначених завдань із застосуванням загальнонаукових і спеціальних методів дослідження, зокрема: теоретико методологічні (діалектичний, монографічний, абстрактно логічний, комплексний).

Дисертант для реалізації мети дослідження поставив низку важливих наступних завдань: встановити видовий склад, оцінити чисельність, сезонну та просторову активність птахів і кажанів на території діючої ВЕС (2020–2021 рр.) та проєктованої ВЕС (2023–2024 рр.); здійснити порівняння показників між циклами досліджень, виявити біотопічну приуроченість активності фауни рукокрилих; дослідити висотний розподіл польотів птахів на пунктах спостереження та визначити види, які потрапляють у потенційно небезпечний діапазон обертання лопатей ВЕУ (35–210 м); здійснити математичне прогнозування ймовірності зіткнення птахів із лопатями ВЕУ за моделлю CRM для цільових видів і розрахувати показники потенційного біологічного вилучення (PBR), порівнявши власні дані з регіональними оцінками для верифікації стабільності їх чисельності; експериментально перевірити та надати рекомендації виробнику щодо покращення технічних характеристик ультразвукового відлякувача рукокрилих «СуперKit-1000», встановивши оптимальні частотні режими для створення ефективного акустичного бар'єру; розробити та апробувати бальну систему оцінки сумарного ризику для орнітофауни, що інтегрує показники CRM, тривалості перебування у небезпечному діапазоні висот та регулярності реєстрацій окремих видів птахів; розробити та обґрунтувати систему управлінських заходів із мінімізації екологічних ризиків, що включає просторові регламенти розміщення ВЕУ, алгоритми регулювання режимів роботи ВЕУ або ВЕС та алгоритми екстреного реагування у разі реєстрації загибелі охоронюваних видів (ЧКУ, МСОП, Бонн, Берн) або тих, для яких CRM перевищує PBR.

Зазначені завдання є цілком обґрунтованими та відповідають поставленій меті. Справляє позитивне враження джерельна база роботи, яка свідчить про системне й повне опрацювання проблеми і високий рівень наукової підготовки автора, його наукову зрілість. Висновки і рекомендації базуються на значному експериментальному матеріалі, логічно обґрунтовані та ілюстровані.

#### **Повнота викладення матеріалів досліджень в опублікованих працях**

Основні положення дисертації опубліковано у 9 наукових працях з яких 4 статті у наукових виданнях України, включених до Переліку наукових фахових видань України, 5 тез наукових доповідей на міжнародних та всеукраїнських наукових та науково-практичних конференціях.

Таким чином, основні наукові положення, методичні розробки та результати, одержані в процесі дослідження, було представлено й отримали схвальні відгуки на конференціях різного рівня. Внесені на захист положення наукової новизни та основні результати дослідження В. С. Яненка з достатньою повнотою оприлюднено у відкритому друці. Вимоги щодо необхідної кількості статей у наукових фахових виданнях дотримано.

### **Аналіз структури і змісту дисертації**

Дисертація складається із анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, додатків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи становить 217 сторінок. Дисертація містить 22 таблиці, 65 рисунків. У списку використаних джерел 186 найменувань, з них 79 – латиницею.

У **вступі** обґрунтовано актуальність вибору теми дослідження; окреслено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; визначено мету, завдання, об'єкт, предмет і методи дослідження; розкрито наукову новизну та окреслено практичне значення одержаних результатів; представлено апробацію результатів дослідження, кількість публікацій здобувача, в яких відображено основні положення дисертаційного дослідження та структуру роботи.

У **першому розділі**, який складається з п'ятих підрозділів, здійснено літературний огляд проблеми впливу вітроелектростанцій на орнітофауну та рукокрилих в умовах зарубіжжя та Північно-Західного Причорномор'я. Розглянуто світові заходи з мінімізації впливу вітроелектростанцій на птахів і рукокрилих.

**Другий розділ** має сім підрозділів, в яких здійснено опис характеристик районів досліджень та термінів виїздів, надано картосхеми, описано методи обліку орнітофауни та досліджень рукокрилих, здійснено опис методик обробки та аналіз даних (CRM, PBR, бальна оцінка ризиків).

У **цілому** обґрунтовано комплексну методику дослідження, що поєднує польові (стаціонарні спостереження, маршрутні обліки, акустичний моніторинг, пошук решток), математичні (CRM, PBR) та експериментальні (тестування ультразвукового відлякувача) підходи, адаптовані до умов агроценозів Північно-Західного Причорномор'я. Польові методи дослідження орнітофауни базуються на міжнародних рекомендаціях Scottish Natural Heritage (NatureScot) із дотриманням нормативу не менше 72 годин спостережень на рік на кожному ПС. Фактично загальною на ПС проведено 819 годин досліджень за 44 дні; для рукокрилих застосовано акустичну реєстрацію детекторами Echo Meter Touch 2 Pro підходами СТ, МО і ТС. Для прогнозування ризиків зіткнення обрано модель CRM, доповнену розрахунком порогів PBR, що дозволяє зіставити теоретично розраховану смертність із допустимими межами для збереження чисельності птахів. Запропоновано авторську бальну систему оцінки ризику, яка об'єднує 3 критерії вразливості видів (показник CRM (%); показник регулярності

зустрічей на ПС, та показник часу перебування на висоті ризику (в секундах)). Обґрунтовано включення до переліку цільових видів масових представників родини воронових (Corvidae).

**Третій розділ** присвячено результатам досліджень, він включає три підрозділи. За результатами МО і спостережень на ПС упродовж двох циклів зареєстровано 62 цільові види птахів, з яких 16 занесено до ЧКУ. У порівнюванні календарні місяці (вересень-травень) чисельність зросла з 4440 (2020–2021 рр.) до 8837 особин (2023–2024 рр.). Кількісними домінантами залишаються мартинів з відносно стабільною чисельністю (2615 проти 2585 особин); сумарний приріст зумовлений переважно бакланом великим (зростання приблизно в 4,5 раза) та масовим прольотом гуски білолобої (до 1505 особин). Аналіз висотного розподілу польотів на ПС показав, що 72,0 % реєстрацій (1893 особин) припадає на безпечний шар до 35 м, а на потенційно небезпечний діапазон 35–210 м – 23,8 % (626 особин). Найвищу льотну активність у зоні ризику демонстрували масові види – грак, крук, мартин жовтоногий і сорока, тоді як рідкісні охоронювані види (лунь польовий, пелікани рожеві) трималися або низького приземного шару до 10 м, або пролітали поза зоною обертання роторів (вище лопатей або віддалено). Моніторинг за допомогою ультразвукових детекторів показав наявність 8 видів кажанів родини лиликових (Vespertilionidae) з домінуванням нетопира білосмугого та вечірниць рудої (сумарно понад 60 % записів). Активність чітко диференційована просторово: максимум – у селітебних ландшафтах і поблизу р. Барабой (642–915 записів на СТ), мінімум – безпосередньо на майданчиках ВЕС (30–70 записів). Сезонний пік припадає на серпень (до 326 записів на СТ і 55 – на МО), що відповідає початку міграцій. Натурні обстеження території діючої ВЕС методом регулярних піших обходів під ВЕУ протягом 2020–2021 років показали нульовий рівень фіксації фактичної смертності птахів та кажанів, оскільки за весь період моніторингу не було виявлено жодних решток загиблих тварин. Отриманий результат може свідчити про реальну відсутність або вкрай низьку частоту випадків зіткнень завдяки високій здатності авіафауни та рукокрилих до поведінкового уникнення лопатей робочих турбін через сприйняття акустичного шуму чи візуальне виявлення конструкцій ВЕУ. Водночас, нульовий показник реєстрацій не виключає ймовірності поодиноких випадків загибелі, які не були зафіксовані через ландшафтні особливості території та недооблік, зумовлений дією природних чинників швидкої утилізації решток. Висока чисельність у відкритих агроценозах наземних хижаків і падальників, зокрема шакалів та лисиць, створює умови для оперативного вилучення контрольних тушок з-під ВЕУ до моменту проведення чергового етапу обстеження. Експериментальні випробування ультразвукового відлякувача «СуперКіт-1000» дозволили встановити специфіку реакції кажанів залежно від частотних характеристик акустичного бар'єру. Базова модифікація пристрою у високочастотних діапазонах 34–37 кГц та 44–48 кГц не виявила стримувального ефекту для нетопира пігмея (це дослідження

проведено в центральній Україні) через відсутність накладання частот на його ехолокаційні сигнали в межах 56–72 кГц. Натомість технічна модернізація та переведення приладу на постійне випромінювання у діапазоні 23–30 кГц дозволили підтвердити наявність реакції вечірниць рудої, що виявилось у зниженні кількості її реєстрацій на 42 %, а саме з 12 до 7 записів сонограм (дослідження здійснено у м. Київ). Ефективний радіус дії обмежений 15–20 м, що обґрунтовує потребу встановлення потужніших багаточастотних систем безпосередньо на конструкціях БЕУ та їх поєднання з тимчасовою зупинкою БЕУ у піки активності кажанів навколо.

У **четвертому розділі**, який складається з трьох підрозділів, приводиться ймовірність зіткнення пахів та рукокрилих з лопатями БЕУ. Здійснена комплексна оцінка ризиків зіткнення птахів із БЕУ на основі даних польових спостережень та математичного моделювання за алгоритмом CRM засвідчила, що загальна ймовірність колізій є низькою для більшості зареєстрованих видів. Найвищі показники притаманні великим за розміром та менш маневровим навколоводним таксонам (лебедю-шипуну, пелікану рожевому, чаплям сірих та великій чепурі). Для дрібних і чисельних птахів цей індекс на половину менший. Основна частка прогнозованих втрат припадає на чисельні види, зокрема грака, мартина жовтоногого та сороку. Для рідкісних червонокнижних видів (наприклад, пелікана рожевого), рівень ризику оцінюється як мінімальний, оскільки їхні основні просторові траєкторії пролягають поза діапазоном висот обертання лопатей. За результатами бальної оцінки сумарного ризику (SR) для 24 цільових видів птахів встановлено, що в зоні впливу ВЕС домінує група з низькою загрозою зіткнення, яка становить половину із всієї вибірки (12 видів) і включає більшість охоронюваних таксонів. Категорію середнього ризику сформували 41,7 % видів (10 видів – переважно великі навколоводні птахи, гуси та деякі вороніві), тоді як високий ризик (8,3 %) ідентифіковано лише для двох масових видів – грака та сороки. Прогнозована смертність для вразливих таксонів (кібчика, яструба малого, пелікана рожевого, горлиці звичайної) не перевищує критичних популяційних порогів PBR, проте їхня висока екологічна цінність обґрунтовує необхідність безперервного моніторингу та дотримання алгоритмів відлякування у разі реєстрації хоча б поодиноких фактів загибелі птахів чи кажанів.

**П'ятий розділ** присвячено заходам мінімізації впливів вітроелектростанцій на птахів та рукокрилих. Показано, що базовим елементом екологічної стратегії є систематичний післяпроектний моніторинг на введених в експлуатацію ВЕС. У разі виявлення факту загибелі хоча б однієї особини, занесеної до ЧКУ, або виду, для якого встановлено низький показник PBR, адміністрація ВЕС має негайно відреагувати та вжити необхідні заходи, у відповідності науково-біологічними рекомендаціями. Мінімізація базується на просторовому розриві між БЕУ та лісосмугами (100–200 м) і безбар'єрності території

(відстань між ВЕУ щонайменше 500 м). Координація даних у межах єдиної ГІС-системи дозволить контролювати кумулятивний вплив вітропарків і зберегти цілісність міграційних коридорів Причорномор'я.

**Висновки** викладено в логічній послідовності відповідно до мети та поставлених завдань, повністю відповідають змісту власних досліджень і засвідчують досягнення дисертантом поставленої мети. Дисертація В. С. Яненка є самостійним, цілісним, логічно сформованим і завершеним науковим дослідженням, яке містить сформульовані й обґрунтовані результати, що відповідають критеріям наукової новизни і спрямовані на вирішення проблемних питань теорії та практики. У зв'язку з цим, можна стверджувати про достатній рівень науковості та обґрунтованості висловлених автором у дисертації наукових положень, висновків і рекомендацій.

### **Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності**

Дисертація та представлені наукові праці, де висвітлено основні наукові результати дисертаційного дослідження, не містять порушень академічної доброчесності, зокрема академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації, а також фальсифікації. Дисертація оформлена відповідно до нормативних вимог і відповідних стандартів щодо дотримання системного викладення матеріалу. Дисертація написана державною мовою, їй притаманний як науковий, так і літературний стиль викладення матеріалу. Безпосередньо текстова частина дисертації переважно позбавлена граматичних і орфографічних помилок, технічних недоліків. Таким чином, базові положення, висновки, пропозиції та рекомендації дисертації в цілому характеризуються завершеністю, послідовністю і аргументованістю.

### **Дискусійні положення та зауваження**

У цілому, позитивно оцінюючи актуальність, обґрунтованість, достовірність, наукову новизну, наукове та практичне значення проведеного В. С. Яненком дисертаційного дослідження, вважаємо за потрібне звернути увагу на деякі дискусійні моменти і висловити побажання щодо окремих положень роботи:

1. У розділі 3, який присвячено власним результатам досліджень, є літературні дані (с. 77, 78), які доцільно було б перенести в перший розділ, де здійснюється літературний огляд.
2. У підписах рисунків 3.23, 3.24, 3.26, 3.27 (с. 95, 96, 98,99) варто було вказати назву регіону.
3. Підрозділ 3.2 «Просторово-часова характеристика рукокрилих» за змістом більше підходить до другого розділу «Матеріал і методи досліджень».
4. У підписі під рисунком 3.39 не вказано видовий склад кого? (с. 116).
5. Підрозділ 3.3 «Випробування ультразвукового відлякувача «СуперКіт-1000» (с. 117) краще було б перенести до розділу «Матеріал і методи досліджень».



Вказані зауваження носять рекомендаційний характер та не впливають на загальну цінність роботи.

#### **Загальний висновок**

Дисертація є завершеною, самостійно підготовленою кваліфікаційною науковою працею, у якій отримано нові науково обґрунтовані та практично цінні результати, що вирішують важливе наукове завдання. Актуальність обраної теми дисертації, ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, новизна та повнота викладу в опублікованих наукових працях повністю відповідають вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» і Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року, а її автор Яненко Владислав Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії зі спеціальності 101 «Екологія» галузі знань 10 «Природничі науки».

**Рецензент доцент кафедри гідробіології та іхтіології Національного університету біоресурсів і природокористування України, кандидат біологічних наук, доцент Іван МИТЯЙ**