

УДК 598.2; 504.05/.06

**Разработка программного обеспечения для
исследования орнитокомплексов на территории
ветровых станций с использованием результатов
наблюдений методом маршрутного учёта**

Еремеев Владимир Сергеевич

Аннотация

Разработана информационная система (ИС) BIRDS2 для хранения и анализа данных, полученных при мониторинге поведения птиц на территории ветровых электростанций (ВЭС) методом маршрутного учёта. Код программы составлен на базе технологии Windows Forms в среде разработки программного обеспечения Microsoft Visual Studio Community 2019. Функционирование программы апробировано путём сравнения результатов мониторинга миграции птиц на территории ветровой электростанции «Приморск-1» с известными литературными данными. Объём анализируемой выборки зарегистрированных птиц насчитывал 8927 особей, из которых 802 относились к транзитному типу, 2511 – к кормовому, 5614 – к гнездовому. Наблюдения проводились методом маршрутного учёта, адаптированным Сιοихиным В. Д. и Горловым П. И. применительно к территории ветровых парков. В процессе мониторинга регистрировались восемь параметров: дата наблюдения, время учёта, координаты учёта на Google-карте, количество птиц, вид особи, направление полёта, тип нахождения на территории ВЭС (транзитный, кормовой, гнездовой), высота полёта. Удобный интерфейс позволяет проводить анализ поведения птиц на территории станции по всем учётным характеристикам. ИС позволяет определять количество птиц, находящихся в полёте над территорией ветрового парка в данный момент времени, находить координаты точек пересечения траектории полёта птицы с границами территории ВЭС, рассчитать длину траектории полёта птицы над площадью, занимаемой ветровым парком.

Ключові слова: ветровая электростанция; информационная система; мониторинг ветрового парка; орнитокомплекс.

Submitted:

10 August 2020

Accepted:

20 September 2020

Published online:

30 September 2020

© V. Yermieiev

This work is

licensed under a

["CC BY 4.0"](#) license.

**Development of software for the study of
ornithocomplexes on the territory of wind stations
using the results of observations by the route counting
method**

Volodymyr Yermieiev

Abstract

An information system (IS) BIRDS2 has been developed for storing and analyzing data obtained by monitoring the behavior of birds on the territory of wind power plants (WPPs) using the route accounting method. The program code is compiled on the basis of Windows Forms technology in the Microsoft Visual Studio Community 2019 software development environment. The operation of the program was tested by comparing the results of monitoring bird migration on the territory of the Primorsk-1 wind farm with known literature data. The sample size of registered birds used for analysis consisted of 8927 birds, of which 802 were of the transit type, 2511 were of the forage type, and 5614 were of the nesting type. The observations were carried out by the route counting method, adapted by V. D. Siokhin and P. I. Gorlov in relation to the territory of wind parks. During the monitoring process, eight parameters were recorded: the date of observation, the time of registration, the coordinates of the registration on the Google map, the number of birds, the species of the individual, the direction of flight, the type of location on the territory of the wind farm (transit, forage, nesting), and the flight altitude. The user-friendly interface allows you to analyze the behavior of birds on the territory of the station according to all accounting characteristics. The IS makes it possible to determine the number of birds in flight over the territory of the wind park at a given time, to find the coordinates of the points of intersection of the bird's flight path with the boundaries of the wind farm, to calculate the length of the bird's flight path over the area occupied by the wind park.

Keywords: wind power plant; information system; wind park monitoring; ornithocomplex.

ВВЕДЕНИЕ

Украина входит в пятёрку лидеров по динамике развития ветровой энергетики в Европе (Electrovesti.net, 2019). Общая мощность её ветровых электростанций (ВЭС) к началу 2020 г. достигла 1,2 ГВт, из которых половина введена в эксплуатацию в 2019 г. ([Энергореформа](#), 2020). Энергетическая стратегия Украины предусматривает производить к 2030 г. не менее 30 % возобновляемых источников энергии от всей вырабатываемой электроэнергии ([Любас](#), 2013). Интенсивное развитие ветроэнергетики оказывает влияние на экологическую ситуацию, особенно заметное в тех случаях, когда ВЭС располагаются в местах скопления орнитокомплексов. Отрицательное воздействие ветряных турбин на орнитофауну вызывает озабоченность во всем мире ([Dai, Bergot, Liang, Xiang, & Huang, 2015](#); [Sh. Wang, S. Wang, & P. Smith, 2015](#); [J. A. Smith & Dwyer, 2016](#); [Aschwanden et al., 2018](#)). Особенно актуальным является принятие мер по смягчению последствий столкновений птиц с турбинами установок ([Marques et al., 2014](#); [May, Reitan, Bevanger, Lorentsen, & Nygard, 2015](#); [J. A. Smith & Dwyer, 2016](#)). Согласно данным ([Lekuona & Ursúa, 2007](#)) на одиннадцати ВЭС на Испанской станции в Наварро погибало 20,6 грифов на одну турбину ежегодно и несколько тысяч мелких птиц. Только в двух регионах Испании в период с 1993 г. по 2016 г. количество погибших птиц 170 видов и летучих мышей составило 10017 особей ([Sebastian-Gonzalez, Perez-Garcia, Carrete, Donazar, & Sanchez-Zapata, 2018](#)). В работе ([Winkelman, 1992](#)) сообщается, что показатели гибели птиц большого размера на побережье оцениваются в 2,4–56,2, а для воробьиных в 2,1–63,8 особей/турбину в год.

На территории ВЭС в Соединенных Штатах ежегодно погибает 140000–328000 птиц ([Loss, Will, & Marra, 2013](#)) и 0,5 – 1,6 млн. летучих мышей ([Arnett & Baerwald, 2013](#)).

Большая часть проектируемых и эксплуатируемых мощностей ветроэнергетики Украины расположена на побережье Азовского и Чёрного морей. В 2020 г. энергетическая компания ДТЭК завершила строительство второй очереди Приморского ветрового парка в Запорожской области рядом с работающей 200-мегаваттной Ботиевской ВЭС. В мае 2020 г. запущена первая очередь станции, которая находится рядом с городом Приморск ([Бунецкий, 2019](#)). Миграционные орнитокомплексы Азово-Черноморского экологического коридора характеризуются большим разнообразием по видовому составу, многочисленностью, значительным количеством редких и исчезающих видов, которые охраняются Боннской Конвенцией и Соглашением об охране мигрирующих птиц на Афро-Евразийских трансконтинентальных путях ([Сіохін, Горлов та ін., 2018](#)). Поэтому мониторинг трансконтинентальных миграционных потоков является крайне важным для оценки негативного влияния ВЭС на поведение пернатых на территории ВЭС и прилегающих к ним зонам. В настоящее время проводится работа по формированию информационных систем и орнитологических баз данных по результатам учёта птиц на территории ветровых парков Приазовского региона в 2015-2020 гг. ([Анненков, Горлов, Сіохін, Сальнікова-Буденко, & Сіохін, 2014](#); [Осадчий, Еремеев, & Осадчая, 2018](#); [Сіохін, Горлов та ін., 2018](#); [Osadchyi, Siokhin, Gorlov, Yermieiev, & Osadcha, 2019](#); [Yermieiev, Osadchyi, Siokhin, & Gorlov, 2020](#)).

Основой анализа и прогноза состояния биоразнообразия птиц на исследованных территориях используются результаты многолетних наблюдений. Обработка статистического материала невозможна без применения программного обеспечения. Создание программных оболочек базируется на принципах унификации (стандартизации) информации, универсальности, комплексного использования данных. Настоящая работа посвящена созданию информационной системы, которая развивает концепции выше перечисленных работ применительно к анализу результатов наблюдений за птицами на территории ВЭС с использованием метода маршрутного учёта ([Сіохін та ін., 2018](#)).

ЦЕЛЬ И МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Основными параметрами, характеризующими жизнеспособность пернатых в различные сезоны, являются количество птиц и их видов, скорость и направление перемещения, время пребывания в опасной зоне, высота полёта, использование территории ВЭС в качестве кормовой базы и гнездования и число погибших особей. Методика прогнозирования количества соударений птиц с турбинами ВЭС изложена в рекомендациях

Фонда «Шотландское природное наследие» ([Scottish Natural Heritage, 2014](#)). Надёжность рекомендаций Фонда подтверждена многими исследователями ([Krijgsveld, Akershoek, Schenk, Dijk, & Dirksen, 2009](#); [Morinha et al., 2014](#); [Jervis, McGovern, Sweeney, & Buisson, 2017](#); [Osadchyi et al., 2019](#)). В рекомендациях Фонда предусматривается проведение мониторинга на нескольких стационарных площадках, принадлежащих территории ВЭС. Размер выбранных участков, как правило, не превышает 10-20% от общей площади ветрового парка. Альтернативным способом получения информации является метод маршрутного учёта, адаптированный Сιοихиным В. Д. и Горловым П. И. применительно к получению данных, необходимых для прогнозирования влияния ВЭС на экологическую обстановку ([Горлов & Сιοихін, 2012](#); [Сιοихін, Черничко, Сідоренко, Горлов, & Алейнікова, 2020](#)). В этом случае наблюдатели регистрируют направление миграции, высоту полёта и количество птиц наблюдаемого вида примерно на расстоянии 300-400 м слева и справа от направления перемещения по выбранному маршруту.

Схема проведения одного из маршрутных учётов, относящегося к наблюдениям 20.03.2018 и привязанного к Google-карте для северо-восточной части территории ВЭС «Приморск-1», представлена на [рис. 1](#) ([Сιοихін та ін., 2018](#)).

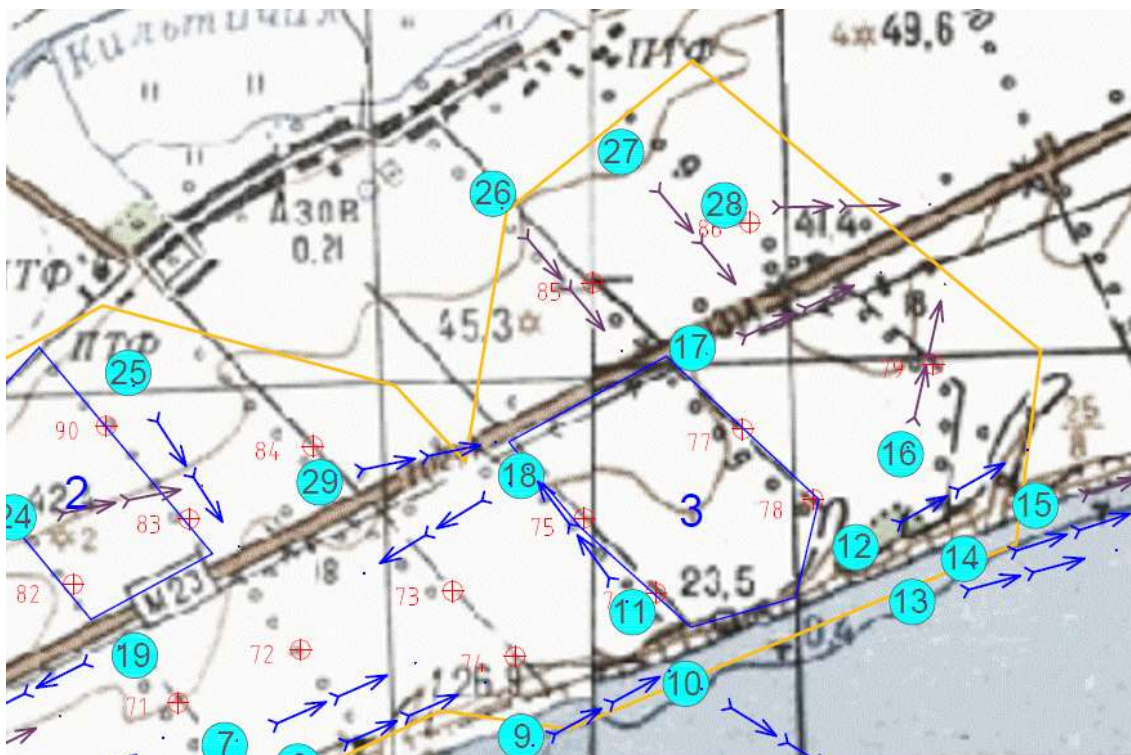


Рис. 1. Схема проведения маршрутного учёта при мониторинге птиц 20.03.2018 на территории ветрового парка «Приморск-1»

Площадь станции обведена линией жёлтого цвета. Наблюдатели перемещались по берегу моря в северо-восточном направлении. На своём пути они зарегистрировали несколько групп птиц в позициях с номерами

9 – 15, выделенных кружками. Для каждой группы особей фиксировались высота полёта, количество птиц определённого вида и направление миграции, обозначенное на карте стрелками. Например, в позиции с номером 9 в 10⁰⁰ учтено 6 особей *Podiceps cristatus*, летящих в северо-восточном направлении в кормовом режиме на высоте 10 м. Этот режим характерен для птиц, постоянно обитающих на территории ВЭС или в буферных зонах. Примерно в 500 м от восточной границы ВЭС направление маршрута изменилось сначала на северное, затем на северо-западное. Здесь в 11⁰⁰ в позиции 16 на высоте 10 м обнаружена стая из 14 особей *Motacilla alba*. Эта группа птиц пролетала в северо-восточном направлении. Далее маршрут продолжался в юго-восточном направлении, где в позициях 17 – 19 отмечались различные особи. После достижения юго-восточной части площадки ветрового парка маршрут поворачивал на север, проходил вдоль северной её части, поворачивал на юг и возвращался к её западным границам.

Маршрутные учёты охватывали около 75% территории ВЭС, что в несколько раз превышает площадь участков, которые задействованы в методе ([Scottish Natural Heritage, 2014](#)). Результаты мониторинга, полученные методом маршрутного учёта, содержали следующие данные о поведении птиц на территории станции: сезон, месяц, день и час регистрации; место учёта, привязанное к Google-карте; количество птиц; вид птиц; направление полёта; тип нахождения на территории ВЭС (транзитный, кормовой, гнездовой); высота полёта.

Цель работы состояла в создании информационной системы (ИС) для хранения результатов мониторинга территории ветрового парка с использованием метода маршрутного учёта и обработки полученных данных. ИС должна обеспечивать:

- поиск данных для определения количества птиц заданного вида, перемещающихся в заданном направлении в выбранном интервале высот в зависимости от сезона и времени суток;

- определение данных, необходимых для прогнозирования столкновения птиц с лопастями турбин на высотах от 48 до 182 м (направление полёта, координаты пересечения траектории полёта птицы с границей территории на Google-карте, длина траектории перемещения птицы над территорией ВЭС).

Пример результатов регистрации наблюдений с использованием метода маршрутного учёта представлен в [табл. 1](#).

Таблица 1. Результаты учета миграционных перемещений птиц кормового типа на территории ветрового парка «Приморск-1» 25.01.2018

№	Время	Вид	Численность	Тип миграции	Высота (м)	Румб*
1	11.00	Скворец обыкновенный (<i>Sturnus vulgaris</i>)	25	кормовой	7	СВ
2		Зимняк (<i>Buteo lagopus</i>)	1	кормовой	30	Ю

№	Время	Вид	Численность	Тип миграции	Высота (м)	Румб*
3		Хохотунья (<i>Larus cachinnans</i>)	18	кормовой	15	СВ
4	12.00	Хохотунья (<i>Larus cachinnans</i>)	21	кормовой	10	СВ
5		Зяблик (<i>Fringilla coelebs</i>)	20	кормовой	5	ЮЗ
6	14.00	Хохотунья седая (<i>Larus canus</i>)	7,3,2,2 (14)	кормовой	10	ЮЗ
7		Хохотунья седая (<i>Larus canus</i>)	1,1,5,3,4, 4 (18)	кормовой	10	ЮЗ
8	16.00	Зимняк (<i>Buteo lagopus</i>)	1	Кормовой	30	ЮЗ
Всего		5 видов	118			

По данным работы ([Сіохін та ін., 2018](#))

* СВ - северо-восток, Ю – юг, ЮЗ - юго-запад

Аналогичные таблицы содержали данные по учёту миграционных потоков птиц в различные сезоны 2018 г.

ОПИСАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Программа BIRDS2 предназначена для обеспечения хранения и обработки данных, полученных при мониторинге территории ВЭС методом маршрутного учёта. Код программы составлен на базе технологии Windows Forms в среде разработки программного обеспечения Microsoft Visual Studio Community 2019. При реализации кода использовались элементы: dataGridView, tabControl, comboBox, groupBox, button, label, checkBox.

Инициирование выполнения программы с помощью исполняемого файла «Birds2.exe» выводит на дисплей главное окно. В верхней части расположен элемент Windows Forms tabControl, который содержит три вкладки «База данных», «Розрахунки», «Запит», которые обеспечивают переключение между блоками программы. При запуске программы по умолчанию отображается вкладка «База данных», которая содержит элемент dataGridView с исходными данными ([рис. 2](#)).

Загрузка информации в таблицу осуществляется автоматически из файла базы данных Microsoft Access «birds2.mdb», который находится в папке с исполняемым файлом «Birds2.exe». Команда на выполнение загрузки имела следующий вид:

```
this.таблица1TableAdapter.Fill (this.base_mDataSet1.Таблица1)
```

При старте программы на дисплей выводится исходная информация, содержащаяся в файле данных. В левом нижнем углу таблицы отображается информация о количестве записей, содержащихся в таблице во вкладке «База данных». Данные в dataGridView доступны только для чтения. Изменение данных пользователем невозможно.

Код	Дата	№	Час	t	Вид	Чисельність	Тип міграції	Висота (м)	Швидкість (км/год)
1	2018.01.25	1	11:00	5	Шпак звичайний (Sturnus vulgaris)	25	кормова	7	44,64
2	2018.01.25	2	11:00	5	Земляк (Buteo lagopus)	1	кормова	30	38,52
3	2018.01.25	3	11:00	5	Мартин жовтоногий (Larus cachinnans)	18	кормова	15	46,08
4	2018.01.25	4	12:00	5	Мартин жовтоногий (Larus cachinnans)	21	кормова	10	46,08
5	2018.01.25	5	12:00	5	Зяблик (Fringilla coelebs)	20	кормова	5	45,2
6	2018.01.25	6	14:00	5	Мартин сірий (Larus canus)	14	кормова	10	44,22
7	2018.01.25	7	14:00	5	Мартин сірий (Larus canus)	18	кормова	10	44,22
8	2018.01.25	8	16:00	5	Земляк (Buteo lagopus)	1	кормова	30	38,52
9	2018.02.16	1	08:00	8	Шпак звичайний (Sturnus vulgaris)	33	кормова	5	44,64
10	2018.02.16	2	08:00	8	Канюк звичайний (Buteo buteo)	1	кормова	30	41,76
11	2018.02.16	3	08:00	8	Земляк (Buteo lagopus)	1	кормова	30	38,52
12	2018.02.16	4	08:00	8	Мартин жовтоногий (Larus cachinnans)	28	кормова	15	46,08

Рис. 2. Пример вывода таблицы с исходными данными

Координаты точек пересечения траектории полета птицы с границей территории ветрового парка определяются автоматически с использованием специально созданного расчётного блока.

Цвет активной (выделенной) строки определяет тип миграции: голубой указывает на тип «кормовой» или «транзитный», зеленый – на тип «гнездование».

В нижней правой части главного окна расположена кнопка «Обчислити». Нажатие этой кнопки запускает процесс подсчета количества птиц транзитного типа полета ($K_{тр}$), кормового типа полета ($K_{корм}$), типа гнездования ($K_{гніз}$) и общее количество птиц ($K_{сум}$). Индексом K обозначен параметр, который характеризует усреднённое значение количества птиц, находящихся на территории ветрового парка в данный момент времени. Значение K можно было бы получить на основании результатов фотографирования территории ветрового парка с пролетающего аппарата. Если на m фотографиях такого рода будет обнаружено M птиц, то значение параметра K равно отношению M/m . Для вычисления значения K составлен специальный блок программы. Результаты вычисления выводятся на экран в виде окна с сообщением (рис. 3).

Рядом с кнопкой «Обчислити» расположена кнопка «Карта». Она открывает новое окно, предназначенное для просмотра Google-карты с указанием границ территории ВЭС жёлтым цветом, маршрута наблюдений и местами наблюдения птиц. Для отображения карты на дисплей необходимо нажать кнопку «Выбрать файл» в верхнем правом углу окна. На экране появится диалоговое окно, в котором следует указать путь и выбрать для просмотра файл с расширением «jprg». В центре экрана появится карта (рис. 4). Под кнопкой «Выбрать файл» расположен элемент «label», отражающий координаты размещения курсора мыши на карте.

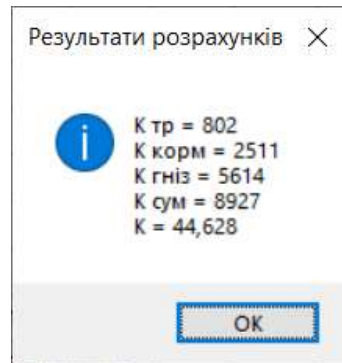


Рис. 3. Результати расчета количества птиц



Рис. 4. Google-карта территории ветрового парка «Приморск-1», выведенная в окно «Карта»

Нажатие левой кнопкой мыши на карте приводит к появлению под курсором значка в виде красного крестика. Координаты отмеченной точки отобразятся над кнопкой «Добавить координаты». Эта кнопка копирует координаты в поля «u (км)» и «v (км)» таблицы, расположенной во вкладке «База данных» главного окна. Выделенные координаты копируются в ту строку таблицы, которая является активной (выделенной). Информация в активной строке отображается в нижней части окна «Карта» (код записи, дата записи и номер, который соответствует обозначению записи на карте). Окно «карта» также используется для первичного заполнения полей «u(км)» и «v(км)».

Во второй вкладке главного окна «Розрахунки» (рис. 5) расположена таблица, отражающая данные, рассчитанные на основе записей первой таблицы во вкладке «База данных» для конкретного направления и высоты полета птиц, а именно: количество видов птиц; общее количество птиц; количество птиц кормового типа, транзитного типа и типа

гнездования; усреднённое количество птиц, находящихся на территории ветрового парка в данный момент времени.

The screenshot shows a window titled 'Birds II - Main' with three tabs: 'База даних', 'Розрахунки', and 'Запит'. The 'База даних' tab is active, displaying a table with columns for bird species and various parameters. Below the table, there are search results for dates and flight types.

	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	0-10	11-25	26-50	51-150	>150
Вид	3	9	1	4	1	6	3	1	31	1	1	0	0
К сум	12	126	5	50	4	64	18	1	997	7	1	0	0
К корм	12	80	5	23	0	64	18	1	195	7	1	0	0
К тр	0	46	0	27	4	0	0	0	77	0	0	0	0
К гнізд	0	0	0	0	0	0	0	0	725	0	0	0	0
К	0,141	2,926	0,059	0,621	0,039	1,404	0,486	0,005	5,527	0,15	0,005	0	0

Дати
Запитано: 7
2018.01.25 2018.02.16 2018.03.10 2018.03.22 2018.04.11 2018.05.05 2018.05.23

Знайдено за запитом: 7
2018.01.25 2018.03.10 2018.03.22 2018.04.11 2018.05.05 2018.05.23 2018.02.16

Знайдено за запитом для кормових та транзитних птахів: 6
2018.01.25 2018.03.10 2018.03.22 2018.04.11 2018.05.05 2018.05.23

Рис. 5. Результати вычислений части параметров, характеризующих поведение выделенной группы птиц на территории ветрового парка

В нижней части вкладки на [рис. 5](#) отображается такая информация:

- о дате или датах, которые были запрошены во вкладке «Запрос»;
- о дате или датах, которые удовлетворяют условиям запроса;
- о дате или датах, которые удовлетворяют условиям данного запроса и относятся к записям с типом полета «кормовой» и «транзитный».

Расчёты проводятся на основе запроса записей с помощью третьей вкладки «Запит», где расположены формы, обеспечивающие выполнение условий для выбора данных из таблицы из вкладки «База даних». Выбор осуществляется по четырём параметрам: вид птиц; дата полетов; направление полетов; тип полетов. Инициирование запроса выводит на дисплей таблицу, состоящую из четырёх столбцов ([рис. 6](#)).

The screenshot shows the 'Запит' (Query) form with four main sections: 'Вид' (Species), 'Дата' (Date), 'Напря' (Direction), and 'Тип' (Type). Each section has a dropdown menu and a list of items with checkboxes.

Вид: <Всі значення> (dropdown). List: Passerinae spp., Баклан великий (Phalacrocorax carbo), Бджолоїдка звичайна (Merops apiaster), Боривітер звичайний (Falco tinnunculus), Вальдшнеп (Scolopax rusticola), Вивільга (Oriolus oriolus), Вісянка звичайна (Emberiza citrinella), Вівчарик весняний (Phylloscopus trochilus), Вівчарик-ковалик (Phylloscopus collybita), Вільшанка (Erithacus rubecula).

Дата: Вибірково (dropdown). List: 2018.01.25, 2018.02.16, 2018.03.10, 2018.03.22, 2018.04.11, 2018.05.05, 2018.05.23, 2018.09.15, 2018.09.29, 2018.10.13.

Напря: Вибірково (dropdown). List: Гніздування, Пн, ПнС, С, ПдС, Пд, ПдЗ, З, ПнЗ.

Тип: Вибірково (dropdown). List: гніздування, кормова, транзитна.

Рис. 6. Пример выбора параметров, по которым будет проводиться анализ поведения птиц на территории ветрового парка

Запрос на [рис. 6](#) обеспечивает выбор из всех зарегистрированных птиц на территории ВЭС в весенний период 15.09.2018 для особей транзитного типа, пролетевших в западном направлении. Выбор исходных данных осуществляется с помощью форм в заголовках «Всі значення» или «Вибірково». Режим «Вибірково» определяет список выбираемых параметров из существующих вариантов. Допускается установка одного или несколько произвольных вариантов.

После установки необходимого запроса необходимо покинуть вкладку «Запит» и перейти к вкладке «База даних» или «Розрахунки». Программа автоматически выполняет все действия в соответствии с запросом. Информация из базы данных, которые удовлетворяют установленному запросу, отображаются во вкладке «База даних», а количество птиц выводятся в правом нижнем углу этой вкладки. После того, как пользователь покидает вкладку «Запит», данные из вкладки «Розрахунки» автоматически пересчитываются в соответствии с новой информацией из вкладки «База даних».

АПРОБАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ И ОБСУЖДЕНИЕ ДАННЫХ

Проверка функционирования ИС проводилась путём сравнения исходных таблиц, заполняемых в процессе наблюдений, с результатами анализа, полученными с использованием разработанной программы. Рассмотрим выполнение запроса, представленного на [рис. 6](#), по всем птицам транзитной группы, пролетавшим через территорию ВЭС 19.09.2018 в западном направлении. Часть результатов выполнения программы, приведена на [рис. 7](#).

Код	Дата	№	Час	t	Вид	Чисельність	Тип міграції	Висота (м)	Швидк (км/год)
113	2018.09.15	3	09:00	7	Бджолоїдка звичайна (Merops apiaster)	18	транзитна	40	70,92
115	2018.09.15	5	10:00	7	Бджолоїдка звичайна (Merops apiaster)	109	транзитна	250	70,92
118	2018.09.15	8	11:00	7	Бджолоїдка звичайна (Merops apiaster)	38	транзитна	40	70,92
128	2018.09.15	18	14:00	7	Бджолоїдка звичайна (Merops apiaster)	33	транзитна	400	70,92

Рис. 7. Вывод информации по всем птицам транзитной группы, пролетавшим через территорию ВЭС в западном направлении 19.09.2018

Согласно [рис. 7](#) в западном направлении 19.09.2018 зафиксированы четыре стаи птиц *Merops apiaster*. Две группы численностью 18 и 38 особей пролетели ниже кромки ветроколеса на высоте 40 м. Ещё две группы из 109 и 33 птиц пролетели выше турбин ВЭС на высотах, соответственно, 250 и 400 м. Эти данные соответствуют исходной информации, зарегистрированной в одном из журналов маршрутного учёта.

В качестве примера использования разработанной ИС проведём общий анализ результатов мониторинга птиц на территории ветрового парка «Приморск-1» по данным наблюдений ([Сіохін та ін., 2018](#))

с использованием метода маршрутного учёта. Мониторинг территории проводился зимой (25.01.2018, 16.02.2018), в сезон весенней миграции (10.03.2018, 20.03.2018, 11.04.2018), в гнездовой период (05.05.2018, 23.05.2018) и в осенний сезон миграции (15.09.2018, 29.09.2018, 13.10.2018). Общее количество зарегистрированных птиц составило 8927 особей, из которых 802 особи относились к транзитному типу, 2511 – к кормовому, 5614 – к гнездовому. В зоне риска столкновения с турбинами находилось 8 птиц *Buteo buteo*. Количественная характеристика птиц различного типа миграции приведена в [табл. 2](#).

Таблица 2. Распределение птиц по типам миграции (результаты получены методом маршрутного учёта на территории ветрового парка «Приморск-1» в 2018 г.)

Тип миграции	Зимний сезон	Весенняя миграция	Гнездовой сезон	Осенняя миграция	Всего по типам
Транзитный	0	128	53	621	802 (9,0%)
Кормовой	277	375	162	1697	2511 (28,0%)
Гнездовой	317	592	564	4141	5614 (63,0%)

Из [табл. 2](#) видно, что наибольшая активность птиц проявляется в осенний сезон миграции, когда на долю транзитной группы приходится 77% от всех годовых транзитных перелётов. Доля птиц кормового и гнездового типов, учтённых осенью, составляет соответственно 68% и 74% от общего количества птиц, зарегистрированных осенью.

Результаты анализа поведения птиц в зимний период (25.01.2018 и 16.02.2018) представлены в [табл. 3](#). Все учтённые птицы (277 особей семи видов) принадлежали кормовой группе и пролетали на высотах до 50 м: 66% на высоте до 10 м, в интервале высот 11-25 м – 32%, в интервале высот 26-50 м – 2%. В зоне риска столкновения с турбинами птицы отсутствовали.

Таблица 3. Зависимость числа видов и количества всех зарегистрированных птиц *N* кормового типа в зимний период от направления полёта

Направление	Число видов	<i>N</i>
север	1	2
северо-восток	3	130
восток	1	1
юго-восток	5	0
юг	1	1
юго-запад	5	143
запад	0	0
северо-запад	0	0

Преимущественными направлениями полёта в зимний период являются северо-восточное (130 особей или 47%) и юго-западное (143 особи или 52%). На северо-восточном направлении зарегистрированы

три вида: *Larus cachinnans*, *Larus canus* и *Sturnus vulgaris*. На юго-восточном направлении обнаружено 122 особи того же вида и дополнительно ещё 20 птиц двух видов *Fringilla coelebs* и одна птица *Buteo lagopus*. Имеются все основания считать, что основная масса птиц трёх видов *Larus cachinnans*, *Larus canus* и *Sturnus vulgaris* утром летели к месту кормёжки, а вечером возвращались назад. Выявленные преимущественные направления согласуются с результатами зимних наблюдений, проведённых на стационарных площадках (Сіохін та ін., 2018). Однако имеется и серьёзное отличие – при мониторинге на стационарных площадках обнаружено значительное количество птиц транзитного типа.

Весенний миграционный период отличался более высоким разнообразием видов. В табл. 4 и табл. 5 представлены данные по кормовой (375 птиц) и транзитной (128 птиц) группам. В зоне риска на высоте 100 м обнаружены две птицы *Buteo buteo* кормового типа. В интервале высот 26-50 м учтена одна птица, в интервале высот 11-25 м – 40 (8%) птиц, остальные 460 (91%) особей пролетели на высоте до 10 м.

Таблица 4. Зависимость числа видов и количества зарегистрированных птиц *N* кормового типа от направления перемещения в период весенней миграции 10.03.2018, 20.03.2018 и 11.04.2018

Направление	Число видов	<i>N</i>
север	3	12
северо-восток	13	169
восток	4	31
юго-восток	5	56
юг	3	5
юго-запад	6	82
запад	3	18
северо-запад	1	2

Таблица 5. Зависимость числа видов и количества учтённых птиц *N* транзитного типа от направления перемещения в период весенней миграции

Направление	Число видов	<i>N</i>
север	0	0
северо-восток	5	96
восток	1	1
юго-восток	2	27
юг	1	4
юго-запад	0	0
запад	0	0
северо-запад	0	0

Основные направления перемещения птиц кормового типа при весенней миграции и в зимний период совпадают. В северо-восточном направлении зафиксировано 169 (45%) особей 13 видов, в юго-

западном направлении пролетело 82 (22%) особи 6 видов. Значительная часть птиц перемещалась в юго-восточном направлении – 56 (15%) особей 5 видов.

Основными направлениями перемещения птиц транзитного типа при весенней миграции являются северо-восточное (96 или 75% особей пяти видов) и юго-восточное 27 (21%) особей двух видов. Большая часть птиц (98%) зафиксирована на высоте до 10 м, две птицы (около 2%) пролетели в интервале высот 11-25 м. В зоне риска столкновения с турбинами птицы отсутствовали. Выявленные преимущественные направления согласуются с результатами, которые получены на стационарных площадках для весенней миграции ([Сіохін та ін., 2018](#)).

В [табл. 6](#) и [табл. 7](#) представлены данные по кормовой (162 птиц) и транзитной (53 птиц) группам в гнездовой период. В зоне риска птиц не обнаружено. На высоте до 10 м пролетели 134 (62%) птицы, в интервале высот 11-25 м – 40 (8%), в интервале высот 26-50 м – 70 (32,5%) особей.

Таблица 6. Зависимость числа видов и количества птиц кормового типа N от направления перемещения в гнездовой период

Направление	Число видов	N
север	2	4
северо-восток	7	101
восток	1	7
юго-восток	0	0
юг	3	3
юго-запад	6	43
запад	3	3
северо-запад	1	1

Таблица 7. Зависимость числа видов и количества птиц N транзитного типа от направления перемещения в гнездовой период 25.01.2018 и 16.02.2018

Направление	Число видов	N
север	0	0
северо-восток	1	37
восток	1	7
юго-восток	0	0
юг	0	0
юго-запад	1	9
запад	0	0
северо-запад	0	0

Основными направлениями перемещения птиц кормового типа в гнездовой период являются северо-восточное (101 особь или 62% семи видов) и юго-западное (43 особи или 27% шести видов). В зоне риска столкновения с турбинами птицы отсутствовали. В интервале высот 26 – 50 м учтена одна птица, в интервале высот 11 – 25 м 40 (8%) птиц, остальные 460 (91%) особей пролетели на высоте до 10 м.

Основным направлением перемещения птиц транзитного типа в гнездовой период было северо-восточное (37 особей *L. melanocephalus* или 70%). В восточном и юго-западном направлениях перемещалось соответственно 7 и 9 особей того же вида: 7,5% зафиксировано на высоте до 10 м, 75,5% – в интервале высот 11 – 25 м, 17% – в интервале высот 26 – 50 м. Выявленные преимущественные направления согласуются с результатами, полученными для стационарных площадок в гнездовой период (Сіохін та ін., 2018). В зоне риска столкновения птиц с турбинами отсутствовали.

Данные по миграционным процессам осенью 15.09.2018, 29.09.2018 и 13.10.2018 приведены в табл. 8 и табл. 9. Общее количество птиц составило 6459. Из них 1697 особей относилось к кормовой группе, 621 особь – к транзитной, остальные 4141 особь – к гнездовой группе. В зоне риска на высоте 100 м обнаружены две птицы *Buteo buteo* кормового типа. На высоте до 10 м пролетели 5732 (89%) птицы, в интервале высот 11 – 25 м 173 (2,7%) птицы, в интервале высот 26 – 50 м 350 (5,3%) особей, выше 150 м 202 (3%) особи.

Таблица 8. Зависимость числа видов и количества птиц *N* кормового типа от направления перемещения в период осенней миграции

Направление	Число видов	<i>N</i>
север	4	23
северо-восток	8	163
восток	2	15
юго-восток	4	47
юг	3	24
юго-запад	7	118
запад	2	1270
северо-запад	2	37

Таблица 9. Зависимость числа видов и количества всех зарегистрированных птиц *N* транзитного типа от направления перемещения в период осенней миграции 25.01.2018 и 16.02.2018

Направление	Число видов	<i>N</i>
север	0	0
северо-восток	5	48
восток	1	26
юго-восток	0	0
юг	1	277
юго-запад	1	12
запад	2	210
северо-запад	1	48

Основным направлением перемещения птиц кормового типа в осенний сезон было западное 1270 особей или 75% четырёх видов, из которых 1243 (98%) птиц относились к одному виду *Hirunde rustica*. На северо-

восточное и юго-западное направления приходилось, соответственно, 163 (10%) особи 8 видов и 118 (7%) особей 7 видов. На высоте до 10 м зафиксировано 90% особей, в интервале высот 10 – 25 м 9% особей. В интервале высот 25 – 50 м пролетело 17 птиц (1%). В зоне риска столкновения с турбинами птицы отсутствовали. Выявленные преимущественные направления согласуются с данными, которые получены на стационарных площадках в осенний период ([Сіохін та ін., 2018](#)).

Большая часть птиц в количестве 277 (45%) особей одного вида *Larus cachinans* пролетали в южном направлении. В западном направлении учтено 210 (34%) особей из двух видов *Merops apiaster* и *Motacilla alba*.

На высоте до 10 м зафиксировано 59 (9,5%) птиц. В интервале высот 11 – 25 м находилось 25 (4%) птиц, в интервале высот 26 – 50 м 333 (53,6%) птицы, выше 150 м пролетело 202 (32,5%) птицы. В зоне риска столкновения с турбинами обнаружены две птицы *Buteo buteo*. Выявленные преимущественные направления согласуются с результатами, которые получены на стационарных площадках в осенний период ([Сіохін та ін., 2018](#)).

Данные по числу видов и количеству птиц гнездового типа в различное время 2018 года приведены в [табл. 10](#).

Таблица 10. Зависимость числа видов и количества птиц N гнездового типа в различные сезоны

Сезон	Зимний сезон	Весенняя миграция	Гнездовой период	Осенняя миграция
Число видов	13	25	35	43
N	317	592	564	4141

Общее количество птиц гнездового типа учтено в количестве 5614 особей. Наибольшая часть птиц относится к периоду осенней миграции (4141 особь или 74%), меньше всего выявлено в зимний сезон (317 птиц или 5,6%).

Таким образом, апробация ИС путём сравнения исходных таблиц, заполняемых в процессе мониторинга территории ВЭС, с данными, полученными с использованием разработанной программы, свидетельствует о надёжности функционирования её модулей. В пользу этого вывода свидетельствуют также результаты общего анализа поведения птиц на территории ветрового парка «Приморск-1» с ранее проведёнными исследованиями на стационарных площадках в работе ([Сіохін та ін., 2018](#)), полученными с использованием рекомендаций Фонда «Шотландское природное наследие» ([Scottish Natural Heritage, 2014](#)).

Отличительной чертой разработанной программы от созданных ранее информационных систем в работах ([Анненков та ін., 2014](#); [Osadchyi et al., 2019](#)) является возможность определять ряд характеристик птиц

транзитного типа, которые необходимы для прогнозирования их столкновения с лопастями турбин:

- координаты точек пересечения траектории полета птицы с периметром территории ветрового парка,
- длина траектории полёта птицы над территорией ветрового парка,
- усреднённое количество птиц, находящихся в полёте над территорией ветрового парка в данный момент времени.

Выводы и перспективы дальнейших исследований

Новые проекты по созданию ВЭС создают определённые экологические угрозы, которые обсуждались на климатической конференции ООН в Бонне. Особую тревогу вызывает возможность столкновения птиц с лопастями турбин, поэтому изучение гибели птиц на территории ветрового парка является актуальной задачей. Многие исследователи для её решения обращаются к математическим методам. Применение моделей для прогноза количества столкновений пернатых с турбинами предполагает наличие обширного статистического материала по наблюдениям за птицами на территории ВЭС. Одна из наиболее часто используемых методик мониторинга ветровых парков, предложенная в рекомендациях Фонда «Шотландское природное наследие», предполагает проведение регистрации птиц на стационарных площадках. Альтернативный способ мониторинга методом маршрутного учёта, адаптированного Сихиным В. Д. и Горловым П. И. к условиям наблюдений на территории ВЭС, отличается от рекомендаций Фонда более широким охватом территории ветрового парка и меньшей трудоёмкостью.

Реализация любого метода требует проведения большого числа наблюдений, обработка которых без привлечения современных информационных технологий невозможна. Подходы к формированию баз данных должны базироваться на принципах унификации информации, универсальности и комплексности использования данных, а пространственный характер размещения и перемещения птиц требует привлечения географических информационных систем. Обработка материалов в исследованиях Приазовского региона проводилась на основе компьютерного моделирования и расчетов с использованием программных платформ «WebBirds», «BIRDS FLY», «EasyBirds», «BIRDS1». Перечисленные наработки создали основу для применения новых форм проведения комплексных исследований с целью получения рекомендаций по уменьшению воздействия площадок ВЭС на миграционные процессы орнитокомплексов и обеспечению их сохранности.

Созданная в настоящей работе ИС «BIRDS2» расширяет возможности анализа статистического материала, полученного методом маршрутного учёта. Тестирование ИС показало надёжность её использования

при изучении орнитокомплексов. Результаты наблюдений территории ветрового парка «Приморск-1» на достаточно большой выборке, которая состояла из 8927 особей, хорошо согласуются с данными мониторинга с использованием стационарных площадок.

Математические модели прогнозирования взаимодействия птиц с турбинами ориентируются на результаты мониторинга, который осуществляется в соответствии с рекомендациями Фонда «Шотландское природное наследие». Программа «BIRDS2» позволяет получать аналогичную информацию методом маршрутного учёта. С её использованием можно определить количество птиц, находящихся в полёте на территории ветрового парка в данный момент времени, определить координаты точек пересечения траектории полёта птицы с границами территории ВЭС, рассчитать длину траектории полёта птицы над площадью, занимаемой ветровым парком. За последние десять лет накоплен огромный фактический материал о поведении птиц на территории ВЭС в Приазовском регионе, в частности, на Ботиевской станции. Обработка этого материала с использованием имеющихся информационных платформ, в том числе ИС «BIRDS2», расширяет возможности для выработки рекомендаций по уменьшению негативного воздействия ВЭС на орнитокомплексы Азово-Черноморского региона.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает большую благодарность Сіохину В. Д. и Горлову П. И. за разностороннюю помощь при проведении работы и бесценную информацию по результатам мониторинга территории ВЭС «Приморск-1» методом маршрутного учёта, профессору Осадчему В. В. за предложенную тему настоящей работы и полезное обсуждение полученных результатов, Сечину А. В. за помощь при составлении программы, Крашенинник И. В. за корректировку текстового материала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Анненков, О. Б., Горлов, П. И., Сіохін, В. Д., Сальнікова-Буденко, І. Б., & Сіохін, Є. В. (2014). Методика використання Веб додатку «WebBirds» для моніторингу сезонних орнітокомплексів і комп'ютерного моделювання оцінки впливу ВЕС. У *Науково-методичні основи охорони та оцінки впливу на навколишнє природне середовище під час проектування, будівництва, експлуатації вітрових та сонячних електростанцій, ліній електромереж: методичний посібник* (с. 93-107). Мелітополь: МДПУ імені Б. Хмельницького.
- Бунецкий, Д. (2019). В Украине заработала одна из крупнейших ветряных электростанций. *Delo.ua*. Взято с <https://delo.ua/business/v-ukraine-zarabotala-odna-iz-krupnejshih-vetrjan-359989/>.
- Горлов, П. И., & Сіохін, В. Д. (2012). Аналіз міжнародного досвіду вивчення впливу вітрових електростанцій на птахів. *Біологічний Вісник Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького*, (1), 37–47.

- Любас, Д. (2013). Ветроэнергетика Украины: потенциал и перспективы развития. *Электрик. Международный электротехнический журнал*. Взято с <http://electrician.com.ua/posts/1280>.
- Осадчий, В. В., Еремеев, В. С., & Осадчая, К. П. (2018). Программное обеспечение для анализа возможности столкновения птиц с роторами ветровых электроустановок. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*, 6(4), 1-18. <https://doi.org/10.32919/uesit.2018.04.01>.
- Сіохін, В. Д., Горлов, П. І., Поліщук, І. К., Подорожний, С. М., Долинна, О. М., Сальникова-Буденко, І. Б. та ін. (2018). *Проведення сучасних моніторингових досліджень та розробка експертного висновку і наукового звіту щодо впливу будівництва ВЕС на природні комплекси довкілля, орнітологічні комплекси та мігруючих птахів, кажанів у межах Приморського району Запорізької області*. Мелітополь: Науково-виробниче підприємство «Екоресурс і моніторинг».
- Сіохін, В. Д., Черничко, Й. І., Сідоренко, А. І., Горлов, П. І., & Алейнікова, К. Г. (2020). Кумулятивна оцінка впливу вітрових станцій на природні комплекси в межах техногенних територій північно-західного Приазов'я. Повідомлення 2. Сезонні комплекси птахів. В *Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні : Прикладні аспекти моніторингу та охорони біорізноманіття*. Серія: «Conservation Biology in Ukraine», 3(16) (с. 152-167). Київ; Чернівці: Друк Арт.
- Энергореформа. (2020). *Суммарная установленная мощность ВЭС в Украине на начало 2020 года достигла 1,2 ГВт – УВЭА*. Взято с <http://reform.energy/news/summarnaya-ustanovlennaya-moshchnost-ves-v-ukraine-na-nachalo-2020-goda-dostigla-12-gvt-uvea-14661>.
- Electrovesti.net. (2019). Украина вошла в ТОП-5 лидеров Европы по ветроэнергетике. Retrieved from https://elektrovesti.net/67440_ukraina-voshla-v-top-5-liderov-evropy-po-vetroenergetike.
- Arnett, E. B., & Baerwald, E. F. (2013). Impacts of Wind Energy Development on Bats: Implications for Conservation. In R. Adams, S. Pedersen (Eds.), *Bat Evolution, Ecology, and Conservation* (pp. 435-456). Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7397-8_21.
- Aschwanden, J., Stark, H., Peter, D., Steuri, Th., Schmid, B., & Liechti, F. (2018). Bird collisions at wind turbines in a mountainous area related to bird movement intensities measured by radar. *Biological Conservation*, 220, 228–236. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.01.005>.
- Dai, K., Bergot, A., Liang, C., Xiang, W.-N., & Huang, Z. (2015). Environmental issues associated with wind energy – A review. *Renewable Energy*, 75, 911–921. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.074>.
- Jervis, L., McGovern, S., Sweeney, S., & Buisson, R. (2017). *Offshore Ornithology – Collision Risk Modelling Report*, 4, Annex 4-2. London: Vattenfall Wind Power Ltd. Retrieved from <https://corporate.vattenfall.co.uk/globalassets/uk/projects/thanet-ext/peir-nov-2017/volume-4/vol4ann4-2-ornithologycrm.pdf>.
- Krijgsveld, K. L., Akershoek, K., Schenk, F., Dijk, F., & Dirksen, S. (2009). Collision risk of birds with modern large wind turbines. *Ardea*, 97(3), 357–366.
- Lekuona, J. M., & Ursúa, C. (2007). Avian mortality in wind power plants of Navarra (northern Spain). In De Lucas, M., Janss, G. F. E., & Ferrer, M. (Eds.), *Birds and Wind Power: risk assessment and mitigation* (pp. 177-192). Madrid: Quercus Editions. Retrieved from <http://www.vliz.be/en/imis?module=ref&refid=111975&printversion=1&dropIMIStitle=1>.
- Loss, S. R., Will, T., & Marra, P. P. (2013). Estimates of bird collision mortality at wind farms in the contiguous United States. *Biological Conservation*, 168, 201–209. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.10.007>.
- Marques, A. T., Batalha, H., Rodrigues, S., Costa, H., Pereira, M. J. R., Fonseca, C., Mascarenhas, M., & Bernardino, J. (2014). Understanding bird collisions at wind farms: An

- updated review on the causes and possible mitigation strategies. *Biological Conservation*, 179, 40–52. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.08.017>.
- May, R., Reitan, O., Bevanger, K., Lorentsen, S. H., & Nygard, T. (2015). Mitigating windturbine induced avian mortality: Sensory, aerodynamic and cognitive constraints and options. *Renew. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 170–181. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.002>.
- Morinha, F., Travassos, P., Seixas, F., Martins, A., Bastos, R., Carvalho, D., Magalhães, P., Santos, M., Bastos, E., & Cabral, J. A. (2014). Differential mortality of birds killed at wind farms in Northern Portugal. *Bird Study*, 61(2), 255–259. <https://doi.org/10.1080/00063657.2014.883357>.
- Osadchyi, V., Siokhin, V., Gorlov, P., Yermieiev, V., & Osadcha, K. (2019). Development of the information system for forecasting collision between birds and wind power farms. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(2), 29–40. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174398>.
- Scottish Natural Heritage. (2014). *Guidance. Recommended bird survey methods to inform impact assessment of onshore wind farms*. Retrieved from <https://www.nature.scot/sites/default/files/2017-09/Guidance%20note%20-%20Recommended%20bird%20survey%20methods%20to%20inform%20impact%20assessment%20of%20onshore%20windfarms.pdf>.
- Sebastian-Gonzalez, E., Perez-Garcia, J. M., Carrete, M., Donazar, J. A., & Sanchez-Zapata, J. A. (2018). Using network analysis to identify indicator species and reduce collision fatalities at wind farms. *Biological Conservation*, 224, 209–212. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.06.003>.
- Smith, J. A., & Dwyer, J. F. (2016). Avian interactions with renewable energy infrastructure: An update. *The Condor*, 118(2), 411–423. <https://doi.org/10.1650/CONDOR-15-61.1>.
- Yermieiev, V., Osadchyi, V., Siokhin, V., & Gorlov, P. (2020). Methodology for calculating the number of migratory birds in the territory of the wind farms of the Azov region using ICT. *E3S Web of Conferences*, 166, Article 01003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016601003>.
- Wang, Sh., Wang, S., & Smith, P. (2015). Ecological impacts of wind farms on birds: questions, hypotheses, and research needs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 599–607. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.031>.
- Winkelman, J. E. (1992). *De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels, 1: aanvaringsslachtoffers*. RIN-rapport 92/2. Arnhem, Netherlands: DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek.

REFERENCES

- Annenkov, O. B., Horlov, P. I., Siokhin, V. D., Salnikova-Budenko, I. B., & Siokhin, Ye. V. (2014). Methodology for using the web-based application "WebBirds" to monitor seasonal ornithomplexes and computer simulation of the wind power plants impact. In *Naukovo-metodychni osnovy okhorony ta otsinky vplyvu na navkolyshnie pryrodne seredovyshe pid chas proektuvannia, budivnytstva, ekspluatatsii vitrovykh ta soniachnykh elektrostantsii, linii elektromerezh: metodychnyi posibnyk* (p. 93–107). Melitopol: Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University. (in Ukrainian)
- Bunetskiy, D. (2019). One of the largest wind power plants has been put into operation in Ukraine. *Delo.ua*. Retrieved from <https://delo.ua/business/v-ukraine-zarabotala-odna-iz-krupnejshih-vetrjan-359989/>. (in Russian)
- Horlov, P. I., & Siokhin, V. D. (2012). Analysis of international experience in studying the influence of wind power plants on birds. *Biologichnyi Visnyk Melitopolskoho derzhavnogo pedahohichnoho universytetu imeni Bohdana Khmelnytskoho*, (1), 37–47. (in Ukrainian)

- Lyubas, D. (2013). Wind energy in Ukraine: potential and development prospects. *Elektrik. Mezhdunarodnyiy elektrotehnicheskii zhurnal*. Retrieved from <http://electrician.com.ua/posts/1280>. (in Russian)
- Osadchiiy, V. V., Ereemeev, V. S., & Osadchaya, K. P. (2018). Software for analyzing the probability of collisions of birds with rotors of wind electrical installations. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*, 6(4), 1-18. <https://doi.org/10.32919/uesit.2018.04.01>. (in Russian)
- Siokhin, V. D., Horlov, P. I., Polishchuk, I. K., Podorozhnyi, S. M., Dolynna, O. M., Salnykova-Budenko, I. B., et al. (2018). *Conducting modern monitoring studies and developing an expert opinion and scientific report on the impact of wind farm construction on natural environmental complexes, ornithological complexes and migratory birds, bats within the Primorsky district of Zaporizhzhia region*. Melitopol: Naukovo-vyrobnyche pidpriemstvo "Ekoresurs i monitorynh". (in Ukrainian)
- Siokhin, V. D., Chernychko, Y. I., Sidorenko, A. I., Horlov, P. I., & Aleinikova, K. H. (2020). Cumulative assessment of the impact of wind farms on natural complexes within the man-made areas of the north-western Azov Sea. Message 2. Seasonal bird complexes. In *Biodiversity Monitoring and Protection in Ukraine: Applied Aspects of Biodiversity Monitoring and Protection. Series "Conservation Biology in Ukraine"*, 3(16) (pp. 152-167). Kyiv; Chernivtsi: Druk Art. (in Ukrainian)
- Energoreforma. (2020). *The total installed capacity of wind farms in Ukraine at the beginning of 2020 reached 1.2 GW – UWEA*. Retrieved from <http://reform.energy/news/summarnaya-ustanovlennaya-moshchnost-ves-v-ukraine-na-nachalo-2020-goda-dostigla-12-gvt-uvea-14661>. (in Russian)
- Electrovesti.net. (2019). Ukraine entered the TOP-5 leaders of Europe in wind energy. Retrieved from https://elektrovesti.net/67440_ukraina-voshla-v-top-5-liderov-evropy-po-vetroenergetike. (in Russian)
- Arnett, E. B., & Baerwald, E. F. (2013). Impacts of Wind Energy Development on Bats: Implications for Conservation. In R. Adams, S. Pedersen (Eds.), *Bat Evolution, Ecology, and Conservation* (pp. 435-456). Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7397-8_21. (in English)
- Aschwanden, J., Stark, H., Peter, D., Steuri, Th., Schmid, B., & Liechti, F. (2018). Bird collisions at wind turbines in a mountainous area related to bird movement intensities measured by radar. *Biological Conservation*, 220, 228–236. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.01.005>. (in English)
- Dai, K., Bergot, A., Liang, C., Xiang, W.-N., & Huang, Z. (2015). Environmental issues associated with wind energy – A review. *Renewable Energy*, 75, 911–921. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.074>. (in English)
- Jervis, L., McGovern, S., Sweeney, S., & Buisson, R. (2017). *Offshore Ornithology – Collision Risk Modelling Report*, 4, Annex 4-2. London: Vattenfall Wind Power Ltd. Retrieved from <https://corporate.vattenfall.co.uk/globalassets/uk/projects/thanet-ext/peir-nov-2017/volume-4/vol4ann4-2-ornithologycrm.pdf>. (in English)
- Krijgsveld, K. L., Akershoek, K., Schenk, F., Dijk, F., & Dirksen, S. (2009). Collision risk of birds with modern large wind turbines. *Ardea*, 97(3), 357–366. (in English)
- Lekuona, J. M., & Ursúa, C. (2007). Avian mortality in wind power plants of Navarra (northern Spain). In De Lucas, M., Janss, G. F. E., & Ferrer, M. (Eds.), *Birds and Wind Power: risk assessment and mitigation* (pp. 177-192). Madrid: Quercus Editions. Retrieved from <http://www.vliz.be/en/imis?module=ref&refid=111975&printversion=1&dropIMIStitle=1>. (in English)
- Loss, S. R., Will, T., & Marra, P. P. (2013). Estimates of bird collision mortality at wind farms in the contiguous United States. *Biological Conservation*, 168, 201–209. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.10.007>. (in English)

- Marques, A. T., Batalha, H., Rodrigues, S., Costa, H., Pereira, M. J. R., Fonseca, C., Mascarenhas, M., & Bernardino, J. (2014). Understanding bird collisions at wind farms: An updated review on the causes and possible mitigation strategies. *Biological Conservation*, 179, 40–52. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.08.017>. (in English)
- May, R., Reitan, O., Bevanger, K., Lorentsen, S. H., & Nygard, T. (2015). Mitigating windturbine induced avian mortality: Sensory, aerodynamic and cognitive constraints and options. *Renew. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 170–181. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.002>. (in English)
- Morinha, F., Travassos, P., Seixas, F., Martins, A., Bastos, R., Carvalho, D., Magalhães, P., Santos, M., Bastos, E., & Cabral, J. A. (2014). Differential mortality of birds killed at wind farms in Northern Portugal. *Bird Study*, 61(2), 255–259. <https://doi.org/10.1080/00063657.2014.883357>. (in English)
- Osadchyi, V., Siokhin, V., Gorlov, P., Yermieiev, V., & Osadcha, K. (2019). Development of the information system for forecasting collision between birds and wind power farms. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(2), 29–40. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174398>. (in English)
- Scottish Natural Heritage. (2014). *Guidance. Recommended bird survey methods to inform impact assessment of onshore wind farms*. Retrieved from <https://www.nature.scot/sites/default/files/2017-09/Guidance%20note%20-%20Recommended%20bird%20survey%20methods%20to%20inform%20impact%20assessment%20of%20onshore%20windfarms.pdf>. (in English)
- Sebastian-Gonzalez, E., Perez-Garcia, J. M., Carrete, M., Donazar, J. A., & Sanchez-Zapata, J. A. (2018). Using network analysis to identify indicator species and reduce collision fatalities at wind farms. *Biological Conservation*, 224, 209–212. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.06.003>. (in English)
- Smith, J. A., & Dwyer, J. F. (2016). Avian interactions with renewable energy infrastructure: An update. *The Condor*, 118(2), 411–423. <https://doi.org/10.1650/CONDOR-15-61.1>. (in English)
- Yermieiev, V., Osadchyi, V., Siokhin, V., & Gorlov, P. (2020). Methodology for calculating the number of migratory birds in the territory of the wind farms of the Azov region using ICT. *E3S Web of Conferences*, 166, Article 01003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016601003>. (in English)
- Wang, Sh., Wang, S., & Smith, P. (2015). Ecological impacts of wind farms on birds: questions, hypotheses, and research needs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 599–607. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.031>. (in English)
- Winkelman, J. E. (1992). *De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels, 1: aanvaringslachtoffers*. RIN-rapport 92/2. Arnhem, Netherlands: DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek. (in Dutch)

Об авторе:

Еремеев Владимир Сергеевич, кафедра інформатики і кібернетики, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, Мелітополь, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0131-0049>. evs1938@gmail.com

About the author:

Volodymyr S. Yermieiev, Department of Informatics and Cybernetics, Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Melitopol, Ukraine. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0131-0049>. evs1938@gmail.com