



УДК 591.543.43:621.311.245(477.64-37)

**СЕЗОННЫЕ МИГРАЦИИ ПТИЦ В МЕЖДУРЕЧЬЕ ДОМУЗЛЫ И КОРСАКА  
 (ПРИАЗОВСКИЙ Р-ОН, ЗАПОРОЖСКАЯ ОБЛ.) В СВЕТЕ РАСПОЛОЖЕННОЙ  
 ЗДЕСЬ ВЕТРОВОЙ СТАНЦИИ: НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СЛУЖБЕ  
 У ПОЛЕВОЙ ОРНИТОЛОГИИ**

**П.И. Горлов, А.Б. Анненков, В.Д. Сиохин, А.И. Сидоренко**

*Научно-исследовательский институт биологического разнообразия наземных и  
 водных экосистем Украины*

e-mail: [petrgorlow@gmail.com](mailto:petrgorlow@gmail.com)

**Ключевые слова:** миграции птиц, ветровые парки, оценка угроз, новые технологии.



**Seasonal migrations of birds in the interfluvium of the Domuzla and the Korsak Rivers (Pryazovske District, Zaporizhzhia Region) due to the wind power farm located there: new technologies in the service of field ornithology.** P.I. Gorlov, A.B. Annenkov, V.D. Siokhin, A.I. Sidorenko. Biodiversity Research Institute, Melitopol.

*The results of field observations of spring and autumn bird migrations in the interfluvium of the Domuzla River and the*

*Korsak River in 2010-2016 have been analyzed. The work has been carried out as a part of a planned monitoring of the ornithological situation in the vicinity of the Botievo wind power plant (Pryazovske District, Zaporizhzhia Region). During 55 trips with a total duration 245 days, information about the spring (28 trips 120 days) and autumn (27 trips 125 days) migrants has been collected. The taxonomic composition of the ornithocomplex, phenology of migration, height and direction of the migration by seasons and months have been*

characterized. New methods of data collection, storage and processing have been proposed, including mapping, server storage and data processing with the help of two web-applications. For the purpose of detailed characterization of migration processes on the local territory, vector mathematics methods and computer vision algorithms have been used. The result of the analysis was a map of the gradients of the concentration of seasonal bird migrations, which allows for a differential approach to the assessment of threats for birds from working wind power units. The influence of the Botievo wind power plant on birds during seasonal migrations is estimated as low.

**Keywords:** bird migrations, wind farm, threat assessment, new technologies.

**Сезонні міграції птахів в межиріччі Домузли та Корсака (Приазовський р-он, Запорізька обл.) у світлі розташованої тут вітрової станції: нові технології на службі у польовій орнітології.** – П. І. Горлов, О. Б. Анненков, В. Д. Сіохін, А. І. Сидоренко. Науково-дослідний інститут біологічного різноманіття наземних та водних екосистем України.

*Проаналізовані результати польових спостережень весняної та осінньої міграції птахів в межиріччі Домузли і Корсака за 2010-2016 рр. Роботи виконані в рамках планового моніторингу орнітологічної ситуації в районі розташування Ботієвської вітрової станції (Приазовський р-он, Запорізька обл.). Всього за 55 експедиційних виїздів, загальною тривалістю 245 днів, зібрана інформація про весняних (28 виїздів 120 днів) і осінніх (27 виїздів 125 днів) мігрантів. Охарактеризовано таксономічний склад орнітокомплексу, фенологію прольоту, висоти і напрямки міграції за сезонами та місяцями. Запропоновано нові методики збору, зберігання і обробки інформації, що включають картування, серверне накопичення і обробку даних за допомогою двох веб-додатків. З метою детальної характеристики міграційних процесів на локальній території використані методи векторної математики, а також алгоритми комп'ютерного зору. Результатом проведеного аналізу стала карта градієнтів концентрації сезонних міграцій птахів, що дозволяє диференційовано підійти до оцінки загроз для птахів від працюючих вітроагрегатів. Вплив Ботієвської вітростанції на птахів в період сезонних міграцій оцінено як низький.*

**Ключові слова:** міграції птахів, вітрові парки, оцінка загроз, новітні технології.

Неоднозначное отношение к развитию ветровой энергетики, особенно обсуждаемое в среде орнитологов, вынуждает критически изучить разносторонние аспекты взаимодействия работающих ветровых установок и птиц (Андрющенко, Попенко, 2012; Горлов, Сіохін, 2012). Очевидно, что классическая схема описания орнітокомплексов, при которой базовыми параметрами являются распространение и численность, должна быть адаптирована под практические цели изучения условий существования птиц на конкретной территории ветрового парка, что в совокупности с характерной разнообразных факторов угроз, позволит объективно оценить для птиц степень



риска столкновений с работающими ветряками. Целью нашего исследования являлось применение современных компьютерных технологий и математических методов анализа к данным о миграциях птиц, собранным в районе исследований традиционными визуальными наблюдениями.

### Материал и методика

Сбор информации о ходе весенней и осенней миграций птиц осуществлен на территории Ботиевской ветровой станции (ВЭС) в Приазовском р-не Запорожской обл., а также на прилегающем к ней Тубальском лимане, образованном слиянием рек Большая и Малая Домузла и Акчокрак и в устье р. Корсак (рис. 1).



**Рис. 1.** Район исследований (1 – Тубальский лиман; 2 – Ботиевская ВЭС; 3 – устье р. Корсак; ○ – ветроагрегаты; △ – ветроизмерительные вышки; 🏠 – офис Ботиевской ВЭС).

**Fig. 1.** Area of research (1 – Tubalskyi Liman; 2 – Botievo WPP; 3 – mouth of the Korsak River; ○ – wind turbines; △ – wind power towers; 🏠 – Botievo WPP office).

Исследования проведены в 2010-2016 г.г., когда за 55 экспедиционных выездов, общей продолжительностью 245 дней собрана информация о весенних (28 выездов 120 дней) и осенних (27 выездов 125 дней) мигрантах (табл. 1).

Методами сбора информации были пешеходные и автомобильные учеты, а также наблюдения на специальных стационарных пунктах (рис. 2).

Высота пролета птичьих стай определялась лазерным дальномером-высотометром Nikon Forestry 550. Характеристики высотомера не всегда позволяли фиксировать высоту для птиц, мельче голубя, поэтому вокруг стационарного пункта наблюдений были

**Таблица 1.** Характеристика экспедиционных выездов в район исследований.

**Table 1.** Characteristics of expedition trips to the research area.

Год Year	Выездов / Дней Trips / Days		Всего Total
	В	О	
2010	2 / 10	2 / 10	4 / 20
2011	2 / 6	2 / 6	4 / 12
2012	2 / 7	2 / 7	4 / 14
2013	5 / 26	5 / 22	10 / 48
2014	6 / 31	6 / 28	12 / 59
2015	6 / 25	5 / 27	11 / 52
2016	5 / 15	5 / 25	10 / 40
Всего Total	28 / 120	27 / 125	55 / 245

**Примечания:** В – весенняя миграция; О – осенняя миграция.

**Notes:** В –spring migration; О – autumn migration.

ской визуализации, треки в виде kmz файлов импортировались в программу Google Earth, обладающую инструментом для их анализа.

Статистическая обработка материала осуществлена в программе Microsoft Office Excel 2007.

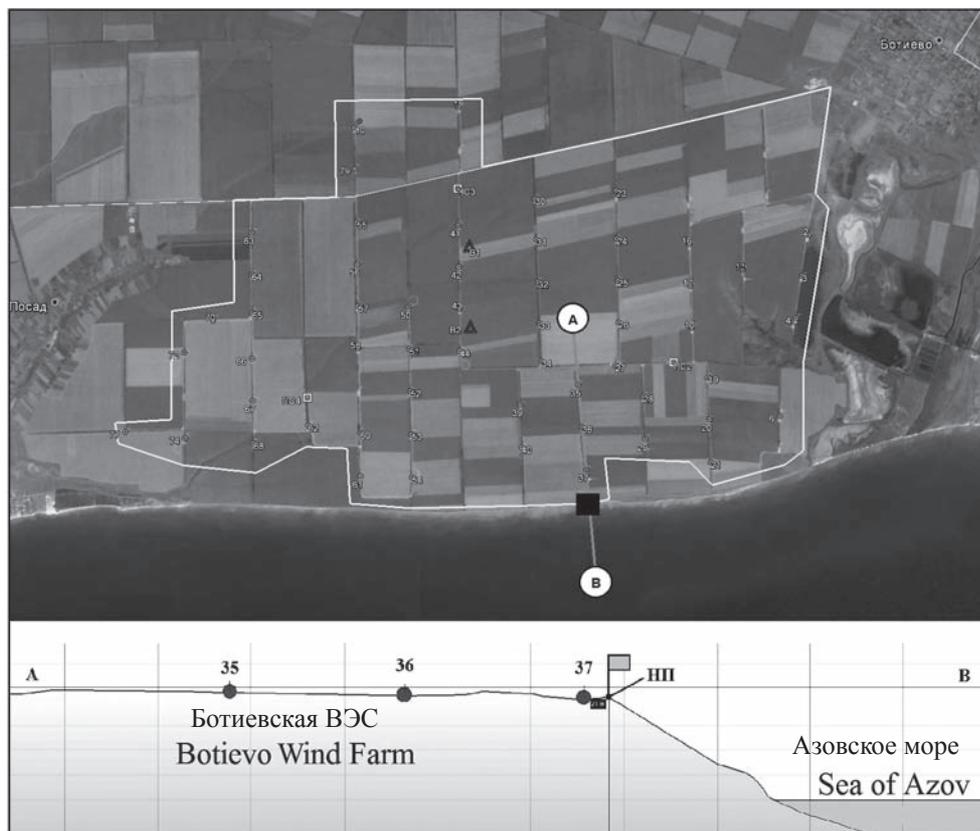
Кроме того, общепринятые методики адаптированы нами под конкретные территории ветропарка, где исследования необходимы для оценки степени воздействия работающих ветровых установок на птиц (Горлов, Сіюхін, Долинний, 2014; Горлов та ін., 2014; Горлов, Сидоренко, Сіюхін, 2016; Горлов и др., 2016; Gorlov et al., 2016).

Накопление и хранение полевого материала осуществлено в специально разработанной базе данных созданного для этих целей сервера (Сіюхін та ін., 2015). Для определения степени влияния ветропарка на птиц, эта база интегрировалась в приложение «WebBirds», оперирующее кроме основных характеристик (дата, время, вид, численность, высота, направление), данными о координатах встречи каждой стаи (особи) с построением карт орнитологической обстановки. Такой анализ, информативный для конкретного временного среза, к сожалению, не рассматривает процесс в сезонной и многолетней динамике. Для решения этой проблемы, в пределах конкретной территории (в нашем случае междуречье Домузлы и Корсака) и с учетом картографически оформленных данных многолетнего мониторинга, нами использованы методы векторной математики, а также алгоритмы компьютерного зрения.

Геометрический смысл вектора - отрезок прямой, для которого заданы граничные точки и направление, что соответствует понятию миграции птиц. Поскольку процесс миграции непосредственно связан с картографическими данными, а также исследуется в некоторой географической области, то инструменты компьютерного зрения, такие как свертка изображений, их фильтрация и определение границ градиентов позволяют анализировать критически важные участки карты.

промерены высоты неподвижных объектов (деревья в лесополосе, ветроагрегаты, опоры линий электросети, строения), по которым затем соотносились высоты пролета птичьих стай. Учитывая необходимость показать распределение высот для различных групп птиц, в районе НП, за нулевую отметку принималось нахождение наблюдателя, который стоял на морском обрыве высотой 19 м (рис. 2). В дальнейшем показатели высоты со знаком минус означают, что птицы зарегистрированы ниже наблюдателя – над поверхностью Азовской акватории (соответственно ниже всех инфраструктурных элементов Ботиевской ВЭС).

Маршруты передвижений, замеры расстояний и картирование интересных в орнитологическом плане явлений осуществлены с помощью навигатора Garmin GPSMap 78S, а встроенный в него компас позволял по восьми румбам определять направление перелетов птиц. Для географиче-



**Рис. 2.** Месторасположение стационарного пункта наблюдений (■ - НП) и геоморфологический профиль по линии А-В на Ботиевской ВЭС.

**Fig. 2.** Location of the stationary observation point (■ - OP) and the geomorphologic profile along the A-B line at the Botievo WPP.

Метод анализа, представленный в данной работе, можно определить как исследование градиентов концентрации миграционных потоков птиц для оценки их безопасности. Алгоритм модели, оформленной в виде веб-приложения «BirdFly», можно определить следующим образом:

1. Представление множества наблюдений за миграцией птицы или стаи в виде множества векторов.
2. Расчет базисов полученных векторов и определение весовых коэффициентов.
3. Построение градиентов концентрации каждого вектора.
4. Свертка географической карты.
5. Наложение полученных градиентов на карту с последующей аккумуляцией значений.

6. Фильтрация незначимых значений градиента.
7. Определение зон повышенной концентрации градиентов векторов.
8. Проведение дифференциального анализа каждой зоны для выявления её весовой характеристики.
9. Интерпретация весовой характеристики на миграции птиц, проходящие в этой зоне.

Таким образом, объединение классических полевых наблюдений и серверного накопления данных многолетнего орнитологического мониторинга на конкретной территории с возможностями двух веб-приложений не только детально характеризуют состояние птиц в миграционные периоды, но и объективно оценивают влияние ветрового парка на орнитокомплексы (Анненков та ін., 2014а, 2014б; Горлов, Сіохін, 2014; Сіохин, Горлов, Анненков, 2014; Сіохін та ін., 2015; Осадчий та ін., 2015а).

## Результаты и обсуждение

До недавнего времени орнитологические исследования в междуречье Домузлы и Корсака практически отсутствовали. Первая сводка о птицах Корсака опубликована И. И. Черничко и А. Н. Фалько (1999). В связи с планами строительства здесь Ботиевской ВЭС, начиная с 2010 г. авторами организовываются предварительные исследования, а после начала строительства и введения ветропарка в эксплуатацию (2012-2013) ежесезонный орнитологический мониторинг, результаты которого частично опубликованы (Горлов та ін., 2014; Горлов, Сидоренко, Сіохін, 2015; 2016).

### Видовой состав и численность орнитокомплекса

По данным Черничко И.И. и Фалько А.Н. (1999) и результатам собственных исследований, видовой состав птиц в междуречье Домузлы и Корсака колеблется в пределах 220-235 видов. В период весенней миграции нами зарегистрировано 128 видов, а осенью - 130 видов.

Отметим, что в силу бедности биотопов в пределах Ботиевского ветропарка, которые представлены в основном сельхозполями, видовое разнообразие птиц здесь еще меньше и весной составило 68, а осенью – 75 видов.

Более детальная характеристика видового состава и численности птиц в районе исследований представлена в таблицах 2–5.

**Таблица 2.** Таксономическая характеристика орнитокомплекса в период весенней миграции в 2013-2016 гг. в районе исследований (видовое разнообразие).

**Table 2.** Taxonomic characteristics of the ornithocomplex during the period of spring migration in 2013-2016 in the area of research (species diversity).

Таксон Taxon	2013		2014		2015		2016		2013 - 2016			
	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	Σ	%
<i>Podicipediformes</i>	-	1	1	-	2	2	1	2	2	2	3	2.3
<i>Pelecaniformes</i>	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	0.8
<i>Ciconiiformes</i>	1	1	-	-	-	2	-	2	1	2	3	2.3
<i>Anseriformes</i>	-	12	3	10	4	11	2	16	5	16	17	13.3



Продолжение таблицы 2.

Таксон Taxon	2013		2014		2015		2016		2013 - 2016			
	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	Σ	%
<i>Falconiformes</i>	2	2	3	1	2	3	5	5	7	7	9	7.1
<i>Galliformes</i>	1	2	1	-	1	-	2	-	2	2	3	2.3
<i>Gruiformes</i>	-	1	-	1	1	-	1	1	2	1	3	2.3
<i>Charadriiformes</i>	8	9	7	10	6	12	5	17	8	22	25	19.5
<i>Columbiformes</i>	1	1	2	-	3	-	1	2	4	2	5	3.9
<i>Cuculiformes</i>	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	1	0.8
<i>Strigiformes</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	0.8
<i>Caprimulgiformes</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	0.8
<i>Apodiformes</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	0.8
<i>Coraciiformes</i>	-	-	2	1	-	-	-	-	2	1	2	1.6
<i>Upupiformes</i>	-	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	0.8
<i>Piciformes</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	0.8
<i>Passeriformes</i>	13	8	16	9	21	15	18	18	31	26	51	39.8
Всего / Total	27	38	39	33	42	48	37	65	68	85	128	100

**Примечание к табл. 2-5:** ВЭС – территория Ботиевской ветровой станции; ПТ – прилегающие территории Тубальского лимана и устья р. Корсак.

**Note to Tables 2-5:** ВЭС – the territory of the Botievo wind power plant; ПТ – adjacent territories of Tubalsky Liman and the mouth of the Korsak River

**Таблица 3.** Таксономическая характеристика орнитокомплекса и численность птиц в период весенней миграции в 2013-2016 гг. в районе исследований.

**Table 3.** Taxonomic characteristics of the ornithocomplex and number of birds during the period of spring migration in 2013-2016 in the area of research.

Таксон Taxon	2013		2014		2015		2016		2013 - 2016			
	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	Σ	%
<i>Podicipediformes</i>	-	60	101	-	463	34	114	271	678	365	1043	1.1
<i>Pelecaniformes</i>	87	-	65	-	7625	-	4110	-	11887	-	11887	12.5
<i>Ciconiiformes</i>	11	4	-	-	-	11	-	31	11	46	57	0.1
<i>Anseriformes</i>	18	4869	291	1874	151	6247	274	10803	734	23793	24527	25.8
<i>Falconiformes</i>	9	12	68	2	27	4	26	14	130	32	162	0.2
<i>Galliformes</i>	15	10	6	-	17	-	11	-	49	10	59	0.1
<i>Gruiformes</i>	-	402	-	142	12	-	232	3233	244	3777	4021	4.2
<i>Charadriiformes</i>	293	10919	1711	1600	2247	1020	1740	10469	5991	24008	29999	31.5
<i>Columbiformes</i>	7	2	25	-	35	-	22	2	89	4	93	0.1
<i>Cuculiformes</i>	-	-	-	-	-	1	-	1	-	2	2	0.0..
<i>Strigiformes</i>	-	-	2	-	-	-	-	-	2	-	2	0.0..
<i>Caprimulgiformes</i>	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	2	0.0..
<i>Apodiformes</i>	-	-	252	-	-	-	-	-	252	-	252	0.3
<i>Coraciiformes</i>	-	-	105	81	-	-	-	-	105	81	186	0.2
<i>Upupiformes</i>	-	2	1	2	18	3	9	-	28	7	35	0.0..
<i>Piciformes</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	0.0..
<i>Passeriformes</i>	2868	150	4186	244	5702	1205	6321	2042	19077	3641	22718	23.9
Всего / Total	3308	16430	6813	3945	16297	8526	12859	26868	39277	55769	95046	100

**Таблица 4.** Таксономическая характеристика орнитокомплекса в период осенней миграции в 2013-2016 гг. в районе исследований (видовое разнообразие).

**Table 4.** Taxonomic characteristics of the ornithocomplex during the period of autumn migration in 2013-2016 in the area of research (species diversity).

Таксон Taxon	2013		2014		2015		2016		2013 - 2016			
	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	Σ	%
<i>Gaviiformes</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	0.76
<i>Podicipediformes</i>	-	-	1	1	1	3	1	1	1	3	3	2.3
<i>Pelecaniformes</i>	1	1	1	1	-	-	1	1	1	1	1	0.76
<i>Ciconiiformes</i>	2	3	-	2	-	2	-	1	2	3	4	3.1
<i>Anseriformes</i>	5	6	1	6	-	7	6	13	7	15	19	14.6
<i>Falconiformes</i>	5	5	3	5	3	4	8	5	10	7	13	10
<i>Galliformes</i>	1	-	1	-	1	-	2	1	2	1	3	2.3
<i>Gruiformes</i>	1	1	2	1	-	1	-	1	2	1	3	2.3
<i>Charadriiformes</i>	7	14	4	11	2	12	3	12	7	19	21	16.2
<i>Columbiformes</i>	3	-	2	-	1	-	1	1	4	1	4	3.1
<i>Strigiformes</i>	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	0.76
<i>Coraciiformes</i>	2	1	2	1	2	-	-	-	2	1	2	1.5
<i>Upupiformes</i>	1	1	1	1	-	-	-	-	1	1	1	0.76
<i>Piciformes</i>	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	0.76
<i>Passeriformes</i>	22	12	17	12	15	9	26	13	34	22	53	40.8
Всего / Total	51	44	36	41	25	39	49	50	75	77	130	100

**Таблица 5.** Таксономическая характеристика орнитокомплекса и численность птиц в период осенней миграции в 2013-2016 гг. в районе исследований.

**Table 5.** Taxonomic characteristics of the ornithocomplex and number of birds during the period of autumn migration in 2013-2016 in the area of research.

Таксон Taxon	2013		2014		2015		2016		2013 - 2016			
	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	ВЭС	ПТ	Σ	%
<i>Gaviiformes</i>	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	2	0
<i>Podicipediformes</i>	-	-	25	6	275	59	1274	2	1574	67	1641	1.5
<i>Pelecaniformes</i>	21	1	62	4	-	-	251	57	334	62	396	0.4
<i>Ciconiiformes</i>	2	17	-	52	-	13	-	25	2	107	109	0.1
<i>Anseriformes</i>	127	1520	248	2843	-	1634	292	5053	667	11050	11717	11
<i>Falconiformes</i>	115	23	83	35	10	6	35	11	243	75	318	0.3
<i>Galliformes</i>	49	-	31	-	9	-	49	6	138	6	144	0.1
<i>Gruiformes</i>	22	260	17	140	-	345	-	2486	39	3231	3270	3.1
<i>Charadriiformes</i>	6692	32735	6785	5005	326	2265	2067	6731	15870	46736	62606	58.8
<i>Columbiformes</i>	13	-	5	-	29	-	12	25	59	25	84	0.1
<i>Strigiformes</i>	2	-	1	-	-	-	-	-	3	-	3	0.0..
<i>Coraciiformes</i>	8	86	105	81	138	-	-	-	251	167	418	0.4
<i>Upupiformes</i>	2	2	1	5	-	-	-	-	3	7	10	0.0..
<i>Piciformes</i>	-	-	-	-	-	-	2	1	2	1	3	0.0..
<i>Passeriformes</i>	3489	1456	2710	712	468	797	12189	3966	18856	6931	25787	24.2
Всего / Total	10542	36100	10073	8883	1255	5121	16171	18363	38041	68467	106508	100

Неизменное ядро ежегодно встречающихся птиц составляет 60 видов (не менее 70% от общего количества видов) и характеризует орнитокомплекс как достаточно



динамичный, что определяется погодными условиями сезона, степенью обводненности водоемов, севооборотом на сельхозполях, антропогенной нагрузкой охотничьего сезона.

Наибольшее видовое разнообразие у представителей Воробьинообразных (Passeriformes) – 51 вид (38.9% от всех видов) весной и 53 (40.8%) – осенью, однако численность большинства из них даже в периоды сезонных миграций невысока. Исключение составляют грач (*Corvus frugilegus*), полевой жаворонок (*Alauda arvensis*), скворец (*Sturnus vulgaris*), которые в миграционных скоплениях насчитывают по нескольку сотен особей.

Учитывая географическое положение района исследований, включающего водно-болотные угодья (лиман, устье реки, акватория моря), объяснимо численное доминирование гидрофильных видов (58 видов, 71687 ос. или 75.4% от общей численности весной; 59 видов, 80091 ос. или 75.2% осенью).

Птиц Красной книги Украины (2009) за все годы наблюдений зарегистрировано 44 вида, однако постоянно встречаются 17-19 видов. Численность подавляющего большинства раритетов не превышает десятков и лишь для серого журавля (*Grus grus*), ходулочника (*Himantopus himantopus*) и шилоклювки (*Recurvirostra avosetta*) может достигать нескольких сотен.

### **Картирование наблюдаемых птиц и стай**

Одним из методов исследования птиц в периоды сезонных миграций является картирование их перемещений в виде векторов. С точки зрения характеристики транс-континентальных перелетов фиксирование на местности места встречи отдельной стаи возможно и не является определяющим, однако, преследуя практические цели оценки факторов, влияющих на миграцию в пределах локальной территории, без создания карт орнитологической обстановки не обойтись.

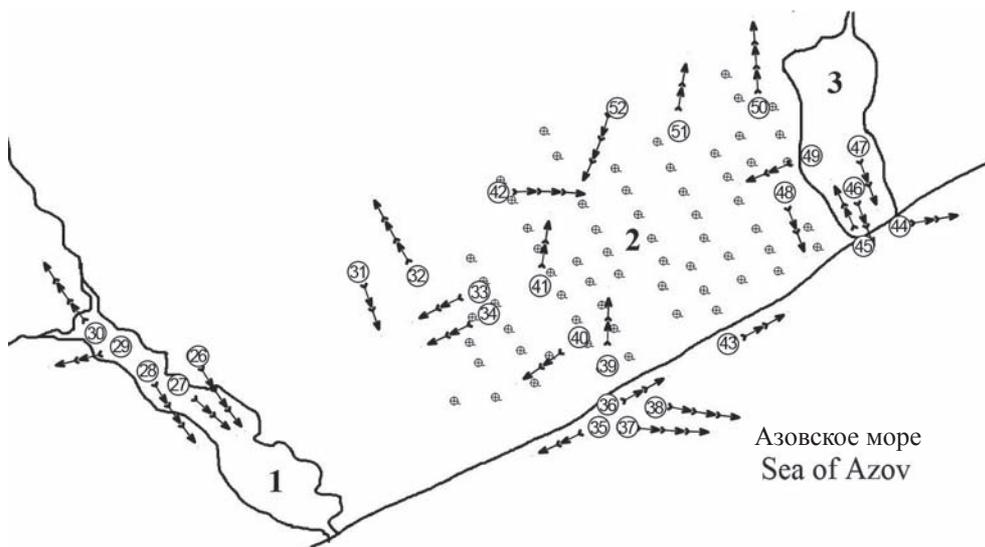
Для наших целей мы использовали двухкилометровую топографическую карту, на которую в полевых условиях наносили информацию, позже переносимую в приложения WebBirds и BirdFly. Оформленные в программе AutoCad, эти карты несли послойную информацию о различных аспектах пролета, наиболее интересным из которых являлась привязка к конкретной дате наблюдений (рис. 3).

### **Направления пролета**

В наших исследованиях фиксировались все летящие стаи (особи), принадлежавшие как к транзитным мигрантам, так и к местным птицам. В общем анализе направлений перелетов мы не разделяли эти группы, поскольку с точки зрения риска столкновения с ветроагрегатами обе категории птиц равноправны.

Анализ направлений перелетов птиц показывает, что 55.8% от общего числа зарегистрированных птиц весной придерживались северо-восточного и восточного направлений, а 61.7% летели на юго-запад и запад осенью (рис. 4).

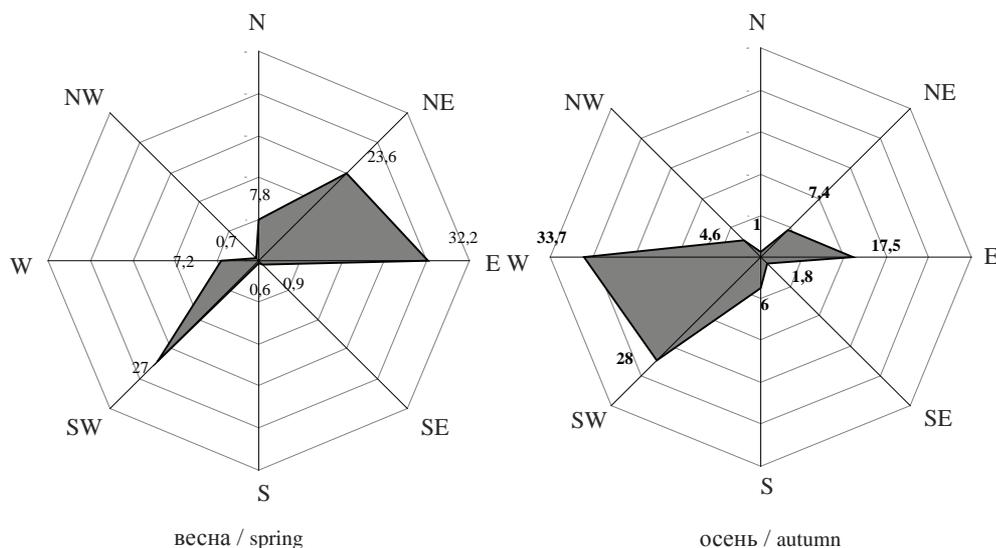
Достаточно ожидаемой была картина пролета, характеризующаяся по месяцам. Так, доля птиц для основных направлений по сезонам в марте (78.0%) и в сентябре (65.5%) повышалась, отражая доминирование транзитных миграций над локальными перелетами (Горлов, Сидоренко, Сіохін, 2016).



**Рис. 3.** Карта орнитологической обстановки 11.03.2016 г. на топографической основе (верхняя) и без нее (нижняя):

1 – Тубальский лиман; 2 – Ботиевская ВЭС; 3 – устье р. Корсак; ⊕ – ветроагрегаты; ⊕ → – место встречи птицы (стаи) и вектор миграции

**Fig. 3.** Map of the ornithological situation 11.03.2016 on topographic basis (upper) and without it (lower): 1 – Tubalskyi Liman; 2 – Botievo WPP; 3 – mouth of the Korsak River; ⊕ – wind turbines; ⊕ → – place of observation of birds (flocks) and vector of migration.



**Рис. 4.** Направления перелетов птиц в районе исследований в периоды весенней и осенней миграции 2013-2016 гг.

**Fig. 4.** Directions of birds flights in the research area in the periods of spring and autumn migrations during 2013-2016

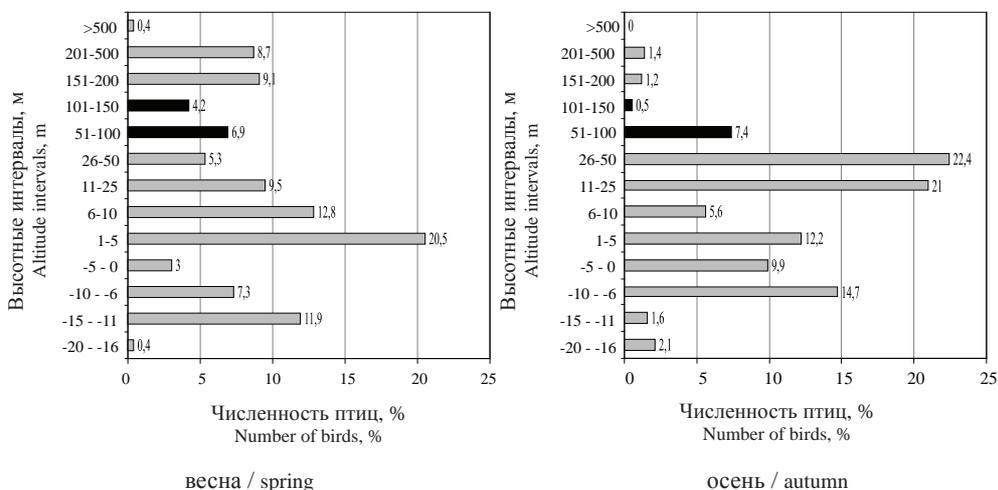
### Высоты пролета

Появившиеся в арсенале орнитолога инструментальные методы определения высоты пролета птичьих стай позволили минимизировать неизбежную ошибку субъективного восприятия этого явления, а необходимость дать характеристику перелетов для различных групп птиц обусловила потребность ранжировать полученные данные по высотным интервалам.

Напомним, за нулевую отметку принята точка расположения наблюдательного пункта (19 м над акваторией Азовского моря), что дает возможность взвешенной оценки той части мигрантов, которые предпочитают летать над водой (поганки, бакланы, чайки, крачки), т.е. ниже наблюдателя (рис. 2). Характеристика этих высот, отраженная на рис. 5, имеет отрицательные значения.

Анализ высоты перелетов птиц показал, что в марте птицы летели выше, чем в другие весенние месяцы, что связано с пролетом транзитных мигрантов (гуси, утки, журавли, грачи). В марте на высотах свыше 150 м зарегистрировано 39.4% от всех мигрантов, а в апреле эти высотные интервалы использовали лишь 8.8% стай. Осенью такая тенденция была еще более выражена. В сентябре не зарегистрировано ни одной стаи выше 150 м (массовый пролет низко летящих мелких воробьиных видов птиц), в октябре же их доля составила 4.1% (появление в регионе первых дальних мигрантов, встречающихся в районе наблюдений на транзитном пролете).

Интересным оказался анализ данных по птицам, летевшим в районе наблюдательного пункта ниже наблюдателя (над водой). Так, весной доля таких птиц составила 22.6%, а осенью 28.3% от общего числа мигрантов.



**Рис. 5.** Характеристика высот перелетов птиц в районе стационарного пункта наблюдений в пределах Ботиевского ветропарка в 2016 г.

(■ – потенциально опасные высоты вращающегося ветроколеса)

**Fig. 5.** Characteristics of heights of birds flights around the stationary observation point within the Botievo wind farm in 2016.

(■ – potentially dangerous heights of the rotating wind wheel)

Учитывая технические характеристики ветроагрегатов, имеющих диаметр вращающегося ветроколеса в 112 м, с осью, поднятой на высоту в 100 м, констатируем, что потенциально опасным высотным интервалом для птиц будет 44-156 м. Для всего периода наблюдений отметим, что эти высоты использовали 11.1% всех зарегистрированных птиц весной и 7.9% - осенью (рис. 5).

### Зонирование территории исследований

Принимая во внимание нелинейность и дисперсность процесса миграции, а также наше желание выявить места концентрации миграционных потоков даже в пределах сравнительно небольшой территории, мы, используя методы картирования летящих птиц, провели зонирование местности на функциональные зоны. С учетом расположенной в районе исследований ветровой станции, а также имея предварительное представление о характере перемещений птиц, на стационарном пункте наблюдений были выделены зоны, показанные на рис. 6, а их характеристика по результатам наблюдений в 2016 г. представлена в табл. 6.

Основной принцип разделения пространства на функциональные зоны - степень потенциального риска для птиц во время перелетов. Таким образом, определены следующие зоны (рис. 6):

- №1 включает территорию ветропарка, в пределах видимости наблюдателя на НП;
- №2 включает береговую полосу шириной 100 м (по 50 м материка и акватории Азовского моря);



**Таблица 6.** Характеристика функциональных зон, видового разнообразия, численности и плотности летевших в них птиц в районе стационарного пункта наблюдений в пределах Ботиевской ВЭС в 2016 г.

**Table 6.** Characteristics of functional zones, species diversity, abundance and density of birds, flying in them, in the area of a stationary observation point within the Botievo WPP in 2016

Зоны Zones	S*	Количество видов Number of species				Численность птиц Number of birds						Плотность особей / га Density individuals / ha			R
		III	IV	Всего Total		III		IV		Всего Total		III	IV	Всего Total	
Весенние месяцы / Spring months															
					N	%	N	%	N	%					
1 – ветропарк 1 – wind farm	410	27	38	47	2622	47.1	4073	32.3	6695	36.8	6.4	9.9	16.3	3	
2 – береговая полоса 2 – coastline	70	30	38	62	1738	31.2	3677	29.2	5415	29.8	24.8	52.5	77.3	1	
3 – акватория 1 км 3 – water area 1 km	260	13	21	26	1208	21.7	4026	31.9	5234	28.8	4.6	15.5	20.1	2	
4 – акватория 2 км 4 – water area 2 km	210	0	11	11	0	0	832	6.6	832	4.6	0	4.0	4.0	4	
<b>Всего. весна Total. spring</b>	<b>950</b>	<b>42</b>	<b>56</b>	<b>70</b>	<b>5568</b>	<b>100</b>	<b>12608</b>	<b>100</b>	<b>18176</b>	<b>100.0</b>	<b>5.9</b>	<b>13.3</b>	<b>19.1</b>		
Осенние месяцы / Autumn months															
		IX	X	Всего Total	IX		X		Всего Total		IX	X	Всего Total		
					N	%	N	%	N	%					
1 – ветропарк 1 – wind farm	410	18	24	30	769	19.3	1533	21.4	2302	20.6	1.9	3.7	5.6	3	
2 – береговая полоса 2 – coastline	70	23	29	38	1557	39.0	2811	39.3	4368	39.2	22.2	40.2	62.4	1	
3 – акватория 1 км 3 – water area 1 km	260	10	13	17	1648	41.3	2290	32.0	3938	35.3	6.3	8.8	15.2	2	
4 – акватория 2 км 4 – water area 2 km	210	1	4	4	16	0.4	527	7.4	543	4.9	0.1	2.5	2.6	4	
<b>Всего. осень Total. autumn</b>	<b>950</b>	<b>32</b>	<b>38</b>	<b>49</b>	<b>3990</b>	<b>100</b>	<b>7161</b>	<b>100</b>	<b>11151</b>	<b>100.0</b>	<b>4.2</b>	<b>7.5</b>	<b>11.7</b>		
2016 г.															
1 – ветропарк 1 – wind farm	410			49					8997	30.7			21.9	3	
2 – береговая полоса 2 – coastline	70			71					9783	33.3			139.8	1	
3 – акватория 1 км 3 – water area 1 km	260			27					9172	31.3			35.3	2	
4 – акватория 2 км 4 – water area 2 km	210			11					1375	4.7			6.5	4	
<b>Всего 2016 г. Total 2016</b>	<b>950</b>			<b>117</b>					<b>29327</b>	<b>100.0</b>			<b>30.9</b>		

**Примечание:** \* – площади зон (S, га) рассчитаны с помощью онлайн сервиса для карт Google (Калькулятор...); R – ранжирование показателя плотности для различных функциональных зон  
**Note:** \* – Areas of zones (S, ha) are calculated using the online service for Google maps (Калькулятор...); R – density index ranking for different functional zones

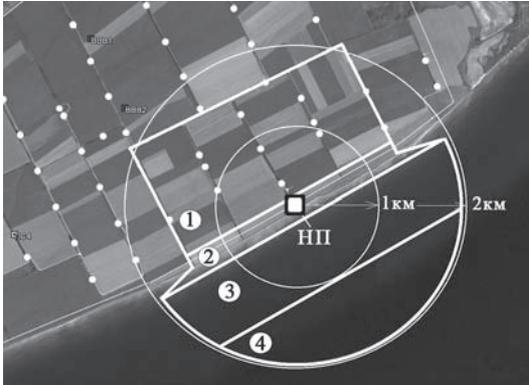


Рис. 6. Зонирование территории миграционных наблюдений в районе НП

(□ – НП; ○ – ветроагрегаты;



– границы видимого пространства для функциональных зон).

Fig. 6. Zoning of the territory of migration observations in the area of observation point

(□ – observation point; ○ – wind turbines;



– boundaries of visible space for functional areas).

- № 3 включает акваторию Азовского моря в пределах 1 км от НП;

- № 4 включает акваторию Азовского моря в пределах 2 км от НП.

Анализ данных табл. 6 показывает, что в оба сезона наиболее посещаемой была вторая зона береговой полосы (по 50 м материка и акватории от уреза воды), где зарегистрированы наивысшие показатели видового разнообразия (71 вид), численности (33.3% от общей численности) и плотности птиц (139.8 ос./га). Наименее привлекательной для мигрантов была первая зона (ветропарк) и четвертая (двухкилометровая полоса акватории моря). Относительно четвертой зоны отметим факт недоучета птиц в силу сложностей наблюдений, которым зачастую мешали погодные явления (туман над морем) и условия освещенности (утренние и вечерние сумерки).

### Использование новых технологий

Большое количество исходного материала, а также скрытые зависимости, которые можно определить только при интеграции данных в единую картину, диктуют необходимость привлекать для их обработки компьютерные технологии (Осадчий и др., 2015б). Развитие компьютерных наук с опорой на математические методы анализа данных, позволяет не только легко и удобно оперировать данными, реализуя их сбор, сохранение, преобразование, но и выполнять сложные процессы анализа и поиска закономерностей на основе существующих и разработанных алгоритмов.

Любой процесс миграции можно рассматривать:

1) На микроуровне.

Оценка каждой миграции, её протяженности, высоты, особенности полета вида птицы, её взаимодействие со спецификой территории (например, территорией ВЭС). Это позволяет выявить самые опасные ситуации, определить их количество, участвующие в них виды птиц. Кроме этого, можно установить, какие именно параметры миграции или территории определяют её небезопасность.

2) На макроуровне.

Оценка взаимодействия миграционных перемещений между собой, их концентрации, протяженности, удаленности друг от друга. Анализ частотных характеристик миграций. Это позволяет выявить наиболее важные территории с точки зрения миграционных процессов, проанализировать их «поведение» в географических и временных измерениях.



### 3) На мета-уровне.

Оценка комплекса миграционных процессов, их сезонность, цель и результаты. Определение миграционного пути от начала и до конца, его компонентов и закономерностей, погодные и географические факторы, влияющие на миграционный путь. Это позволяет проводить комплексный анализ пути миграции, его взаимодействия с другими миграционными и не миграционными процессами.

Поскольку разные уровни абстракции анализа ставят перед собой различные цели, то и программное обеспечение, которое реализует данный анализ различно. Однако, есть общий набор данных, оперируя которыми становится возможным проведение необходимых расчетов (рис. 7).



Рис. 7. Структура исходных данных

Fig 7. Source data structure

Проведение анализа на микроуровне заключается в расчете коэффициента риска (М) для каждой конкретной мигрирующей птицы или стаи с последующим обобщением и экстраполяцией данных на вид птиц или на сценарий в целом. Коэффициент риска миграции рассчитывается на основе характеристик конкретной миграции и параметров фильтрационной среды (ветропарка), над которой проходит миграция (рис. 8).

Расчет коэффициента риска для миграции происходит по следующей формуле (Анненков, Сиохин, Горлов, 2014а):

$$M = K \cdot \bar{U} \cdot \Delta_H = \frac{|\bar{V}_{migr}| \cdot N}{2 \cdot R_v \cdot (1 + e^{-10 \cdot (L_v - H_v - H_{migr})}) \cdot \min\{W_v\}}$$

Где

М – Коэффициент риска для миграции

К – Коэффициент фильтрации

$\bar{U}$  – Интенсивность потока

$\Delta_H$  – Разница высот

$H_v$  – Высота ветряного агрегата

$R_v$  – Расстояние между ветряками

$L_v$  – Длина лопасти ветряного агрегата

$W_v$  – Ширина коридора площадки ВЭС, через которую проходит миграция

N – Количество птиц при миграции

$|\bar{V}_{migr}|$  – Длина миграционного пути по территории ВЭС

$H_{migr}$  – Высота полета данного вида птиц

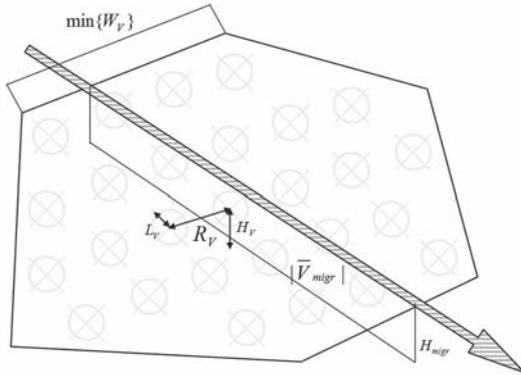


Рис. 8. Схема миграционного пути над территорией ВЭС.

Fig. 8. Scheme of the migration route over the territory of the wind farm.

Для проведения расчетов можно использовать табличный процессор Excel. Однако процесс вычисления для каждой миграции кропотлив и занимает много времени для ввода и анализа данных (рис. 9).

Для автоматического анализа, а также для интегрированного анализа всего миграционного процесса разработано и используется веб-приложение WebBirds (<http://webbirds.pp.ua/>).

Для проведения анализа на макроуровне можно использовать веб-приложение BirdsFly (<http://birdsfly.pp.ua/>). Эта программная система позволяет делать кросс-анализ миграционных процессов, используя векторную математическую модель процесса (рис. 10).

Вид птицы	Фаза	Коэффициент Численности (КЧ)				Коэффициент миграционного потока $\vec{U}$						ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЭС	
		Численность популяции	Численность в регионе	Численность при наблюдении	Коэффициент численности	Длина миграции по территории ВЭС	Коэффициент фильтрации	Количество миграций	Интенсивность процесса миграции	Коэффициент миграционного потока	Средняя высота миграции	Коэффициент миграции	СРЕДНЯЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ
Турухтан	Зимовка	1500000	5000	60	0.0081	2530	0.1745	40	0.0055	0.0010	50	0.50	0.0000
	Весенняя миграция			2080	0.1114	156080	10.7641	320	0.0441	0.4751	60	1.00	0.0529
	Выгул птенцов			1560	0.0898	54070	3.7290	112	0.0154	0.0576	15	0.00	0.0000
	Осенняя миграция			1181	0.0729	230150	15.8724	324	0.0447	0.7093	60	1.00	0.0517
Озёрная чайка	Зимовка	69620	6000	20	0.0184	1590	0.1097	44	0.0061	0.0007	20	0.00	0.0000
	Весенняя миграция			2170	0.2326	356250	24.5690	322	0.0444	1.0912	70	1.00	0.2539
	Выгул птенцов			3000	0.2943	245640	16.9407	304	0.0419	0.7103	10	0.00	0.0000
	Осенняя миграция			4250	0.3798	545330	37.6090	248	0.0342	1.2865	75	1.00	0.4886
Грач	Зимовка	75800	50000	100	0.0696	6350	0.4379	72	0.0099	0.0043	15	0.00	0.0000
	Весенняя миграция			1200	0.1379	136060	9.3834	416	0.0574	0.5384	45	0.00	0.0000
	Выгул птенцов			420	0.1016	16560	1.1421	88	0.0121	0.0139	20	0.00	0.0000
	Осенняя миграция			1080	0.1335	156530	10.7952	398	0.0549	0.5926	48	0.02	0.0014

$$K_{CH} = \sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2} \quad \text{где } x_i > 0 \quad \sum_{i=1}^n x_i = 1$$

$$K_{\text{фильтрация}} = |\vec{V}| \cdot \rho_{\text{ВЭС}}$$

$$dN = \frac{dN}{dS} \cdot dS$$

$$I_{\text{влияние}} = I_{\text{фильтрация}} \cdot I_{\text{ветрозащита}}$$

$$\Delta_{\text{влияние}} = \frac{1}{1 + e^{-10(I_{\text{влияние}} - I_{\text{порог}})}}$$

$$M = K_{\text{фильтрация}} \cdot I_{\text{ветрозащита}} \cdot \Delta_{\text{влияние}}$$

Рис. 9. Расчет коэффициента риска для миграции в табличном процессоре Excel

Fig. 9. Calculation of the risk coefficient in Excel table processor.

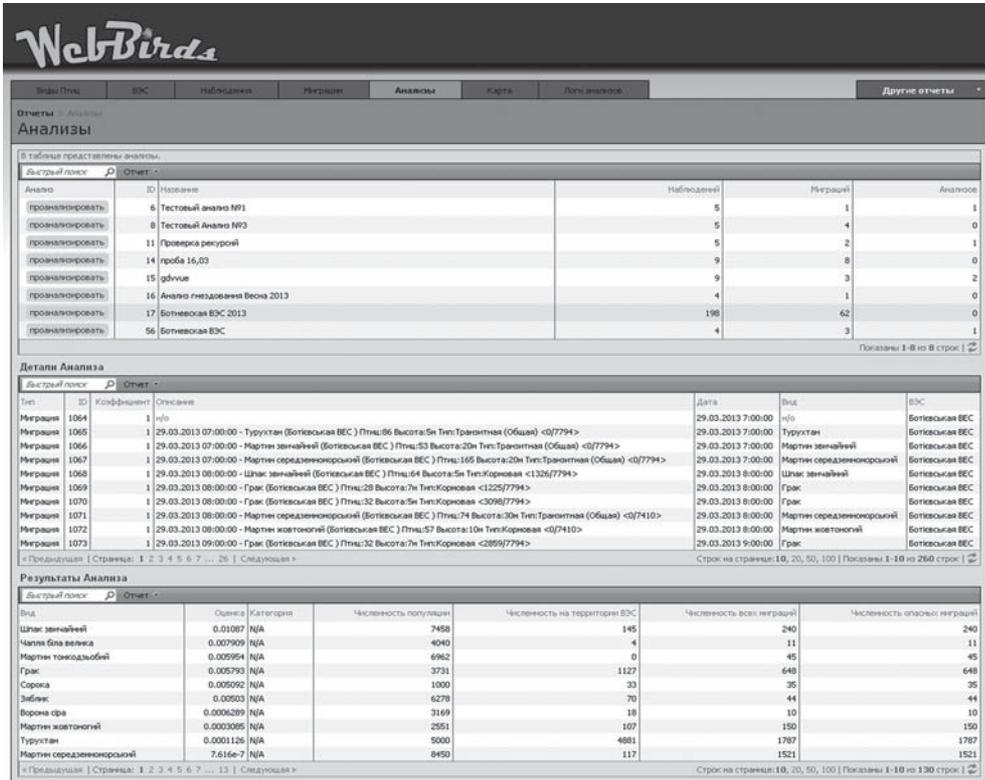


Рис. 10. Расчет коэффициента риска для миграции в веб-приложении BirdsFly

Fig. 10. Calculation of the risk coefficient for migrations in BirdsFly web application.

Для этого программная система переводит картографические данные в декартовую плоскость и накладывает данные о векторах миграций. Далее строится градиент концентрации для каждого вектора.

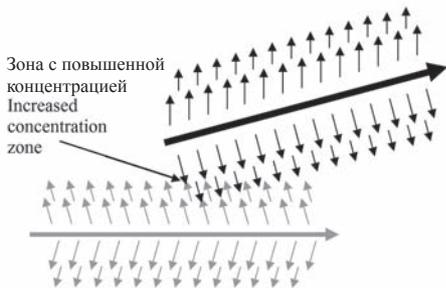


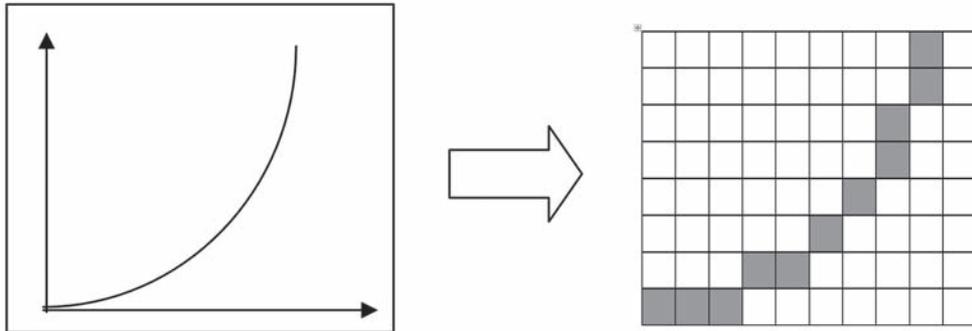
Рис. 11. Градиенты концентрации векторов

Fig. 11. Gradients of the concentration of vectors

Градиент концентрации – это вектора, исходящие от источника (миграционного пути) в сторону распространения влияния этого вектора. Значение концентрационного градиента равно отношению скалярного значения (уровня концентрации) к длине градиента (рис. 11).

Следовательно, чем дальше от вектора распространяется его градиент концентрации, тем меньше его влияние. И соответственно зона между двумя векторами с большим скалярным значением обладает суммой градиентов концентрации этих векторов.

После построения градиентов концентрации, необходимо провести их сведение. Для этого сначала необходимо выполнить свертку векторов и их градиентов к дискретному состоянию (рис. 12).



**Рис. 12.** Свертка математической функции в матрицу  $8*10$

**Fig. 12.** Convolution of a mathematical function into a matrix  $8*10$

Свертка предполагает создание конечной двумерной матрицы, значения которой будут соответствовать значению математической модели.

Использование современных компьютерных средств позволяет подбирать такой размер результирующей матрицы, чтобы погрешность не влияла на процесс расчета.

После свертки производится сведение градиентов концентрации, что соответствует среднему арифметическому всех градиентов, проходящих в окрестностях вычисляемой координаты.

В результате сведения появляются зоны с повышенной концентрацией.

Миграция может быть представлена в виде вектора, имеющего координаты начала и направление.

Скалярным значением вектора может выступать:

- Количество птиц, совершающих миграцию.
- Числовой коэффициент, отражающий взаимосвязь между численностью популяции и численностью при миграции.
- Результат микроанализа процесса миграции.

В зависимости от скалярного значения вектора (миграции), зоны повышенной концентрации градиентов могут формироваться группой векторов или образовываться вокруг единичной миграции с большим скалярным значением (рис. 13).



**Рис. 13.** Варианты образования зон с повышенной концентрацией птиц

**Fig. 13.** Variants of formation of zones with a high concentration of birds

Зоны с повышенным градиентом концентрации отражают наиболее влиятельные области миграционной картины. Они указывают на места, в которых проходят особо сильные миграционные процессы, либо на места их большого скопления.



Именно в таких зонах особенно важно проводить наблюдения и мониторинг. Кроме того, наличие в данных местах заградительных объектов (ВЭС, ЛЭП, зданий) может отрицательно сказаться на миграционном процессе в целом.

Для выделения данных участков рекомендуется использовать фильтр Габор.

$$G(x) = \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \cdot \cos(2\pi\theta x)$$

Он позволяет распознать границы объектов, и впоследствии выделить сам объект, в нашем случае зоны повышенной концентрации градиентов.

Для проведения мета-анализа миграций, локальных наблюдений недостаточно. Нужно проводить мониторинг в различных точках или подключать международные сетевые базы данных, такие как e-birds.

Для этого программные продукты предоставляют интерфейсы программного взаимодействия (API), благодаря чему программные среды могут предоставлять доступ к публичным данным, а также предоставлять инструменты анализа.

Таким образом, можно анализировать информацию о миграциях не только на исследуемых участках, а глобально по всей планете. Кроме того, в анализах можно использовать информацию о погоде или времени восхода и заката в исследуемом регионе.

#### **Применение метода градиентов концентрации для анализа миграций.**

Проанализируем миграции с помощью градиентов концентрации, используя веб-приложение BirdsFly.

Для этого, в качестве исходных данных, возьмем миграции, проходящие на территории наших исследований, зафиксированные с 2012 по 2016 год.

Анализ был проведен отдельно для весеннего и осеннего периодов.

После проведения анализа были получены данные, для весенней и осенней миграции отраженные на рис. 14.



**Рис. 14.** Результаты анализа весенних (слева) и осенних (справа) миграций на территории исследований в 2012–2016 гг. на основе метода градиентов концентрации (⬡ – территория Ботиевской ВЭС)

**Fig. 14.** The results of the analysis of the spring (left) and autumn (right) migrations in the research area in 2012-2016 on the basis of the concentration gradient method (⬡ – the territory of Botievo WPP)

Отраженная на рисунках картина пролета показывает сгущение миграционных потоков в определенных зонах, а известная характеристика высот и направлений пролета по сезонам даст нам основание для объективной оценки воздействия ветропарка на птиц.

### **Оценка воздействия ВЭС на птиц**

Применительно к задачам оценки влияния ветрового парка на летящих через него птиц, описанная выше характеристика процесса позволяет разделить весь орнитокомплекс на птиц, не испытывающих на себе никакого воздействия от ветряков, птиц, угроза для которых вероятна, и находящихся в группе риска.

Обратившись к таблицам 3 и 5, имеем данные об абсолютных значениях учтенных птиц в пределах ветрового парка в 2013-2016 гг.: 39277 ос. – весной и 38041 ос. – осенью. Как отмечалось выше, опасные для птиц высоты за описываемый период использовали 11.1% (4360 ос.) весной и 7.9% (3005 ос.) осенью или 1090 ос. и 751 ос. за сезон соответственно.

Для расчета барьерного влияния установленных ветровых агрегатов, нами проанализированы основные направления миграций, которые для всего региона исследований характеризуются восточным и северо-восточным направлениями весной (55.8% от всех мигрантов), а также западным и юго-западным (61.7%) осенью (рис. 4). На Ботиевской ВЭС на пути перелетов по этим направлениям расположен ветропарк максимальной длиной 8.3 км, давая нам полосу пространства на опасных высотах в 93 га (8300 м x 112 м). Максимальное количество ветровых агрегатов на этой линии - 11, диаметр подвижного ветроколеса составляет 112 м (или 0.99 га), что дает нам опасную площадь в 10.89 га, или 11.7% от упомянутой выше полосы.

Карты градиентов концентрации летящих птиц в районе исследований показывают отсутствие высоких показателей плотности в пределах ветрового парка (рис. 14).

Таким образом, отфильтровав от общего числа зарегистрированных птиц (77318 ос.) тех, кто использовал опасные высоты (7365 ос.) и учитывая мозаичность барьерного расположения ветроагрегатов (500-750 м друг от друга в линии и 950-1300 м между линиями), где лишь около 11.7% перфорированного пространства заняты вращающимися лопастями (862 ос.), в этой зоне констатируем ежегодное (2013-2016 гг.) число птиц из группы риска в 216 ос., что составляет по 108 ос. (0.14% от общего) за каждый сезон миграции и позволяет нам говорить о крайне низком влиянии ВЭС на мигрирующих птиц.

Отметим также, что за все годы наблюдений фактов гибели птиц от столкновений с ветроагрегатами не зафиксировано.

### **Выводы**

На основании специальных наблюдений сезонных миграций птиц в междуречье Домузлы и Корсака, проведенных в 2010-2016 гг. с применением современных компьютерных технологий и математических методов анализа, сделаны следующие выводы.

1. Разнообразие птиц в районе исследований составило 68 видов весной и 75 осенью.



2. Общая численность птиц на территории Ботиевской ВЭС по результатам орнитологического мониторинга в 2013-2016 гг. составила 39277 ос. весной и 38041 ос. осенью. Доминировали представители Воробьинообразных и Ржанкообразных.

3. Анализ направлений перелетов птиц показывает, что 55.8% от общего числа зарегистрированных птиц весной придерживались северо-восточного и восточного направлений, а 61.7% летели на юго-запад и запад осенью.

4. В период сезонных миграций высотные интервалы до 50 м использовали 70.7% от общего числа учтенных птиц весной и 89.5% - осенью.

Учитывая технические характеристики ветроагрегатов, потенциально опасным высотным интервалом для птиц будет 44-156 м. Эти высоты использовали 11.1% всех зарегистрированных птиц весной и 7.9% - осенью.

5. На основании данных визуальных наблюдений, картирования встреченных птиц и стай, зонирования территории на функциональные зоны, а также применив новые технологии расчета коэффициента риска для мигрантов, были построены карты градиента концентрации, позволившие локализовать участки сгущения миграционного потока птиц.

6. Комплексная оценка воздействия ветрового парка на мигрирующих птиц показала, что в группу риска попало менее 1% от всего орнитокомплекса, что позволяет говорить о крайне низком влиянии ВЭС на мигрантов.

## Литература

- Андрющенко Ю.А., Попенко В.М. Орнитологические проблемы развития ветровой энергетики на юге Украины // Природоохоронні аспекти використання відновлювальних джерел енергії в Україні. - Миколаїв, 2012. – С. 9-13.
- Анненков О.Б., Сіохін В.Д., Горлов П.И. Комп'ютерна програма «Веб додаток для обробки та аналізу даних при орнітологічних спостереженнях «WebBirds» (Веб додаток «WebBirds») - Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №55698 від 21.07.2014а.
- Анненков О.Б., Горлов П.И., Сіохін В.Д., Сальнікова-Буденко І.Б., Сіохін С.В. Методика використання Веб додатку «WebBirds» для моніторингу сезонних орнітокомплексів і комп'ютерного моделювання оцінки впливу ВЕС // Науково-методичні основи охорони та оцінки впливу на навколишнє природне середовище під час проектування, будівництва, експлуатації вітрових та сонячних електростанцій, ліній електромереж : методичний посібник / В.Д. Сіохін, П.И. Горлов, Ю.О. Андрющенко, А.М. Волох та ін. – Мелітополь : МДПУ імені Б. Хмельницького, 2014б. – С. 93-107.
- Горлов П. И., Сіохін В. Д. Аналіз міжнародного досвіду вивчення впливу вітрових електростанцій на птахів // Біологічний Вісник Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького. – Мелітополь, 2012. – № 1. – С. 37–47.
- Горлов П. И., Сіохін В. Д. Методика розрахунку ступеня впливу і схеми формування прогностичної моделі та порівняльної оцінки впливу будівництва і експлуатації ВЕС на сезонні комплекси птахів // Науково-методичні основи охорони та оцінки впливу на навколишнє природне середовище під час проектування, будівництва, експлуатації вітрових та сонячних електростанцій, ліній електромереж : методичний посібник. – Мелітополь : МДПУ імені Б. Хмельницького, 2014. – С. 108–131.

- Горлов П. И., Сіохін В. Д., Долинний В. І. Методики проведення профільних досліджень з характеристики домінуючих природних комплексів: Сезонні орнітокомплекси (за результатами виконання проектів з ТОВ «Вінд-крафт Україна», ТОВ «ВІНД ПАУЕР», ТОВ «ВКН Україна») // Науково-методичні основи охорони та оцінки впливу на навколишнє природне середовище під час проектування, будівництва, експлуатації вітрових та сонячних електростанцій, ліній електромереж : методичний посібник. – Мелітополь: МДПУ імені Б. Хмельницького, 2014. – С. 26-49.
- Горлов П. И., Сидоренко А. И., Сіохін В. Д. Орнітофауна ландшафтного заказника «Гирло річки Корсак» // Мелітопольські краєзнавчі читання : мат. II регіон. наук.-практ. конф. (11 грудня 2014 р., м. Мелітополь). – Мелітополь, 2015. – С. 19–26.
- Горлов П. И., Сіохін В. Д., Долинний В. І. [та ін.] Сезонні орнітологічні особливості території Ботієвського вітропарку (Запорізька область) за результатами спостережень у весняні періоди 2013–2014 років // Бранта: сборник научных трудов Азово-Черноморской орнитологической станции. – 2014. – Вып. 17. Специальный выпуск. – С. 19–38.
- Горлов П.И., Сіохін В.Д., Долинна О.М., Сіохін Є.В., Сидоренко А.И. Концептуальні та структурні підходи до організації та проведення моніторингу природних комплексів на площадках ВЕС, СЕС та ліній електромереж // Науково-методичні основи охорони та оцінки впливу на навколишнє природне середовище під час проектування, будівництва, експлуатації вітрових та сонячних електростанцій, ліній електромереж : методичний посібник / В.Д. Сіохін, П.И. Горлов, Ю.О. Андрющенко, А.М. Волох та ін. – Мелітополь : МДПУ імені Б. Хмельницького, 2014. – С. 65-73.
- Горлов П.И., Сидоренко А.И., Сіохін В.Д. Багаторічний орнітологічний моніторинг на Ботієвській вітровій станції як об'єктивна складова оцінки впливу вітропарку на птахів // Вісті Біосферного заповідника «Асканія-Нова». – 2016. – Т.18. – С. 116-130.
- Горлов, П.И., Сіохин, В.Д., Осадчий, В.В., Васильев, В.М., Мацюра А.В. Методики изучения миграций птиц на территориях ветровых электростанций. Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого. – 2016. – 6 (1). – С. 8-28. <http://dx.doi.org/10.7905/bbmspu.v6i1.971>
- Осадчий В. В., Єремєєв В.С., Сіохін В.Д., Горлов П.И., Сердюк І.М., Васильєв В.М. Проектування WEB порталу формування інформаційної бази даних з міграції птахів в Азово-Чорноморському регіоні України // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ «ХПІ» – 2015а. – № 46 (1155) – С. 98-103.
- Осадчий В.В., Єремєєв В.С., Конохов С.Л., Печерський П.И., Васильєв В.М. Аналіз програмних засобів для створення інформаційної системи обліку та моніторингу міграцій птахів // Система обробки інформації : збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2015б. – Вип. 11. (136). – С. 93-96.
- Сіохин В.Д., Горлов П.И., Анненков А.Б. Методы использования программного обеспечения для мониторинга сезонных орнитологических комплексов и оценки влияния ветровых станций // Бранта: Сборник научных трудов Азово-



- Черноморской орнитологической станции. – 2014. – Вып. 17. Специальный выпуск. – С. 161-167.
- Сіохін В.Д., Горлов П.И., Осадчий В.В., Васильєв В.М., Печерський П.И. Комп'ютерна програма «WEB портал формування інформаційної бази даних з міграції птахів в Азово-Чорноморському регіоні України». – Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 62480 від 12.11.2015.
- Черничко И.И., Фалько А.Н. Птицы устьевой зоны р. Корсак // Збірник наукових статей. – Одеса: Астропринт; Мелітополь: Бранта, 1999. – С. 137-157.
- Gorlov, P.I., Siokhin, V.D., Matsyura, A.V. Assessment of potential threats of wind farms for migratory birds in the South of Ukraine. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*. – 2016. – 6 (3). – P.175–186. <http://dx.doi.org/10.15421/201685>

### Интернет-источники

- Калькулятор для расчета площадей, длины и расстояний по картам Google – Режим доступа <http://3planeta.com/googlemaps/google-maps-calculator-ploschadei.html>
- Веб-приложение «WebBirds». – Режим доступа: <http://webbirds.pp.ua/>
- Система анализа миграционных процессов BirdsFly. – Режим доступа: <http://birdsfly.pp.ua/>

### References

- Andryushchenko, Yu. A., & Popenko, V. M. (2012). Ornithological issues in the development of wind energy in the south of Ukraine. In Yu. A. Andryushchenko, V. M. Popenko (Eds.), *Conservations aspects of use of renewable sources of energy of Ukraine* (pp. 9-13). Mykolaiv. [in Russian]
- Annenkov, O.B., Siokhin, V. D., & Gorlov, P. I. (2014a). *Computer program “Web application for the procession and analysis of ornithological observation data “WebBirds” (Web application “WebBirds”)*. Author’s Certificate No 55698 of 21.07.2014. [in Ukrainian]
- Annenkov, O. B., Gorlov, P. I., Siokhin, V. D., & Salnikova-Burdenko, E. V. (2014b). The procedure for using “WebBirds” web application for monitoring of seasonal bird communities and computer modeling of impact assessment of wind farms. In *Scientific-methodical basis of conservation and environmental impact assessment during design, construction and exploitation of wind and solar farms and power lines*. Practical guide (pp. 93-107). Melitopol: B.Khmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University. [in Ukrainian]
- Calculator to estimate the area, length and distance in Google maps. Retrieved from <http://3planeta.com/googlemaps/google-maps-calculator-ploschadei.html>
- Chernichko, I.I., & Falko, A.N. (1999). *Birds of the Korsak River Mouth*. Collection of scientific papers (pp. 137-157). Odesa: Astroprint; Melitopol: Branta. [in Russian]
- Gorlov, P. I. & Siokhin, V. D. (2012). Analysis of international experience of studies on the impact of wind farms on birds. *Newsletter of B. Khmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*, 1, 37-47. [in Ukrainian]
- Gorlov, P. I. & Siokhin, V. D. (2014). A technique to calculate the impact and framework of the development of a projection model and comparative assessment of the impact of construction and exploitation of wind farms on seasonal bird communities. In *Scientific-methodical basis of conservation and environmental impact assessment during design, construction and exploitation of wind and solar farms and power lines*. Practical guide (pp. 108-131). Melitopol: B.Khmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University. [in Ukrainian]
- Gorlov, P. I. Siokhin, V. D., & Dolynnyi, V. I. (2014). Techniques to carry out target studies on characteristics of dominating natural communities: seasonal bird communities (results of the

- projects with Ltd “Windcraft Ukraine”, Ltd “Wind Power”, Ltd “VKN Ukraine”). In *Scientific-methodical basis of conservation and environmental impact assessment during design, construction and exploitation of wind and solar farms and power lines*. Practical guide (pp. 26-49). Melitopol: B.Khmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University. [in Ukrainian]
- Gorlov, P. I., Sydorenko, A. I. & Siokhin, V. D. (2015). Ornithofauna of the landscape reserve “Korsak River Mouth”. In *Melitopol Local History Readings*. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> scientific-practical conference (pp. 19-26). Melitopol. [in Ukrainian]
- Gorlov, P. I., Siokhin, V. D., Dolynnyi, V. I., & Sydorenko, A.I. (2014). Seasonal ornithological characteristics of the territory of Botievo wind farm based on spring observations in the period 2013-2014. *Branta: Transactions of the Azov-Black Sea Ornithological Station*, 17, 19-38 (Special issue). [in Ukrainian]
- Gorlov, P. I. Siokhin, V. D., & Dolynna, O. M., Siokhin, E. V., & Sydorenko, A.I. (2014). Conceptual and structural approaches to the organization and implementation of monitoring of natural communities in territories of wind and solar farms and power lines. In *Scientific-methodical basis of conservation and environmental impact assessment during design, construction and exploitation of wind and solar farms and power lines*. Practical guide (pp. 65-73). Melitopol: B.Khmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University. [in Ukrainian]
- Gorlov, P.I., Siokhin, V.D., & Matsyura, A.V. (2016). Assessment of potential threats of wind farms for migratory birds in the South of Ukraine. *Biological Bulletin of Bogdan Khmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*, 6 (3), 175–186. <http://dx.doi.org/10.15421/201685>
- Gorlov, P. I., Sydorenko, A. I. & Siokhin, V. D. (2016). Long-term ornithological monitoring in Botievo wind farm as an objective component for the impact assessment of wind farms on birds. *Newsletter of Askania Nova Biosphere Reserve*, 18, 116-130. [in Ukrainian]
- Gorlov, P. I., Siokhin, V. D., Osadchy, V. V., Vasilyev, V. M., & Matsiura, A. B. (2016). Techniques on studying bird migrations in the territory of wind power farms. *Biological Newsletter of B.Khmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*, 6 (1), 8-28. <http://dx.doi.org/10.7905/bbmspu.v6i1.971> [in Russian]
- Osadchy, V. V., Yermeev, V. S., Siokhin, V. D., Gorlov, P. I., Serdiuk, I. M., & Vasylev, V. M. (2015a). Designing web portal for the information database on bird migrations in the Azov-Black Sea region of Ukraine. *Newsletter of National Technical University “Kharkiv Politechnical University”*. *Collection of scientific papers*, 46 (1155), 98-103. (Series: New solutions in modern technologies). [in Ukrainian]
- Osadchy, V. V., Yermeev, V. S., Koniukhov, S. L., Gorlov, P. I., Pecherskyi, P. I., & Vasylev, V. M. (2015b). Analysis of program tools to develop information system of census and monitoring of bird migrations. *System of information treatment. Collection of scientific papers*, 11 (136), 93-96. [Ukrainian]
- Siokhin, V.D., Gorlov, P.I., & Annenkov, A.B. (2014). Methods of the use of software for monitoring of seasonal ornithological complexes and estimation of influence of the wind farm. *Branta: Transactions of the Azov-Black Sea Ornithological Station*, 17, 161-167. [Russian]
- Siokhin, V. D., Gorlov, P. I., Osadchy V.V., Vasylev, V.M., & Pecherskyi, P.I. (2015). *Computer program “Web portal for the development of database on bird migration in the Azov-Black Sea Region of Ukraine*. Author’s Certificate No 62480 of 12.11.2015. [in Ukrainian]
- System of analysis of migration processes “BirdsFly”. – Retrieved from <http://birdsfly.pp.ua/>
- WEB-application «WebBirds. Retrieved from <http://webbirds.pp.ua/>