

УДК 598.2:574.58(476-25)

Факторы, влияющие на различие сообществ водно-болотных птиц г. Минска

К. В. Гомель

ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» (г. Минск, Беларусь)

Factors Influencing Dissimilarity among Wetland Bird Communities in Minsk. — Homel, K. V. — The ordination method (canonical-correlation analysis done in CAP) was used to estimate the influence of water bodies' morphometric properties (area, shape) on the dissimilarity among wetland bird communities. The method was also applied to estimate the influence of such properties on the level of overgrowth of riparian and aquatic vegetation, also on the habitat diversity, and the level of anthropogenic pressure affecting the littoral and riparian zones of water bodies within Minsk city. The research was conducted in summer (June–July) during 2011–2013. The Bray-Curtis dissimilarity index was used to measure the differences among the studied bird communities. It was established that wetland bird communities inhabiting the studied water bodies within the city differ reliably. It was shown that all species included into the research (*Anas platyrhynchos*, *Aythya ferina*, *Aythya fuligula*, *Cygnus olor*, *Fulica atra*, *Larus argentatus/cachinnans*, *Larus canus*, *Chroicocephalus ridibundus*, *Podiceps cristatus*, *Sterna hirundo*) contribute to the communities' separation by the impact of the selected factors. Factors influencing the distribution of the discussed species in water bodies of Minsk were determined, and the most favorable water bodies were indicated as well.

Key words: wetland bird communities, urbanized landscape, environmental factors, ordination, Belarus, Minsk.

Введение

Исследование сообществ водно-болотных птиц в урбанизированном ландшафте необходимо для понимания особенностей их функционирования в условиях сильного антропогенного пресса (Авилова и др., 1994; Скільський, 1999; Фридман, 2006; Avilova, 2009; Traut, 2003). Кроме того, являясь активным компонентом урбосреды, сообщества водно-болотных птиц играют важную роль в разного рода экологических взаимодействиях. Одним из таких видов взаимодействий являются паразито-хозяйинные взаимоотношения. В условиях мегаполиса это имеет первостепенное значение для человека (Бээр и др., 2007).

Определение факторов, лежащих в основе распределения водно-болотных птиц по водным объектам города, представляет собой важную задачу, решение которой поможет контролировать и прогнозировать состояние их группировок в урбосреде. Последнее может оказаться значимым для решения ряда практических задач, в том числе связанных с обеспечением экологической безопасности.

Изученность птиц водно-болотного комплекса в условиях урболандшафта как на территории г. Минска (Гомель, 2010; Юрко, 2004), как и в других городах Беларуси (Шелякин, 2000; Ясевич и др., 1998), является неполной. При этом исследования сообществ водно-болотных птиц носят скорее описательный характер (Юрко, 2004), нежели аналитический, направлены на оценку зимовочных скоплений (Шокало и др., 1998; Kozulin et al., 2001), пролетных видов (Юрко, 2000) и в меньшей степени посвящены оценке факторов, обуславливающих их функционирование в условиях города (Козулин, 1986; Вязович, 1989). Таким образом, актуальность настоящей работы заключается в установлении факторов, оказывающих влияние на различие сообществ водно-болотных птиц г. Минска, что, в свою очередь, может быть использовано для определения благоприятности водных объектов города в качестве мест обитания птиц рассматриваемой группы.

Corresponding author address: State Research and Production Association Scientific and Practical Center for Bioresources, National Academy of Sciences of Belarus; Academic St. 27, Minsk, 220072 Republic of Belarus; e-mail: ural-science@yandex.by

Материал и методы

В основу работы легли результаты учетов водно-болотных птиц города Минска, полученные в период с июня по июль включительно в 2011–2013 гг. Для исследования выбраны следующие водные объекты: водохранилища Дрозды, Цнянское, Чижовское, ТЭЦ-2 и пруд в заказнике «Лебяжий».

Рассматриваемые водоемы расположены в разных частях города (рис. 1). Водоохранилище Дрозды расположено в верхнем течении реки Свислочь и является русловым, Цнянское водохранилище — наливное, вода в него подается из вдхр. Дрозды (Водоохранилища..., 2005). Водоохранилища ТЭЦ-2 и Чижовское — русловые, расположены в нижнем течении р. Свислочь. По уровню загрязнения воды водохранилища Дрозды и Цнянское можно охарактеризовать как относительно благополучные. Для этих водоемов отмечено низкое содержание биогенных веществ (Состояние..., 2001; Охрана..., 2005).

Качество воды водохранилища Чижовское за период 1996–1997 гг. отнесено к категории умеренно загрязненной. В воде водохранилища отмечены превышения санитарных норм по органическим веществам, соединениям азота, тяжелым металлам, нефтепродуктам (Состояние..., 2001). Дополнительный вклад в загрязнение вдхр. Чижовское вносит р. Лошица, которая по индексу загрязнения воды относится к категории загрязненной (Охрана..., 2005). О загрязнении воды в вдхр. ТЭЦ-2 можно судить по общему состоянию воды в р. Свислочь в пределах городской черты. На участке реки в пределах городской территории формируется поток биогенных веществ, обуславливающий рост водорослевых обрастаний и приводящий к «цветению» водохранилищ (Охрана..., 2005). Данных по состоянию воды в пруду в заказнике «Лебяжий» нет. Однако можно предполагать, что вода в нем относительно слабо загрязнена. Защиту воды от загрязнения с окрестных территорий выполняют заболоченные кустарниковые ивняки, тянущиеся почти по всему периметру пруда.

Отличаются водоемы и по уровню рекреационной значимости и антропогенной нагрузки. Водоохранилища Дрозды и Цнянское играют роль зон рекреации, активно используются населением для отдыха, купания, любительского рыболовства, проведения тренировок по байдарочному спорту (вдхр. Дрозды). На берегу водохранилища Дрозды расположен санаторий «Белорусочка» на 300 мест, развито дачное строительство (Логинова, 1999). Водоохранилище ТЭЦ-2 расположено в центре города, является техническим и на нем запрещено купание. Водоем используется для любительского рыболовства, специально оборудованных пляжных зон нет, однако прибрежная зона является для местных жителей местом отдыха, в непосредственной близости от водоема проходит велотрасса. Чижовское водохранилище предназначено

для теплоэнергетики, промышленного водоснабжения и рекреации. Купание в водоеме запрещено. Водоохранилище используется как место любительского рыболовства и тренировок по байдарочному спорту. Пруд в заказнике «Лебяжий» в наименьшей степени подвержен непосредственному влиянию со стороны человека, так как на территории заказника запрещена несанкционированная хозяйственная деятельность, выпас скота, рыболовство. Однако рыболовство и выпас скота периодически отмечаются.

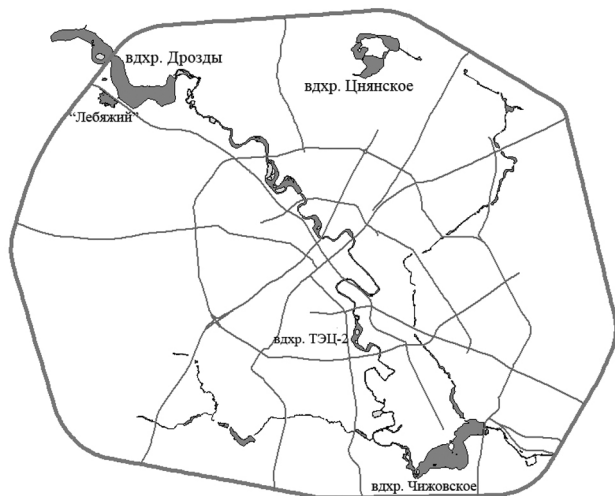


Рис. 1. Водная система города Минска.

Fig. 1. Minsk city hydrographic network.

По возрастанию антропогенного воздействия на береговую линию (процент преобразованной части береговой линии в 20-метровой зоне) водоемы можно ранжировать следующим образом: пруд в заказнике «Лебяжий», Чижовское вдхр., вдхр. Дрозды, вдхр. Цнянское, вдхр. ТЭЦ-2 (табл. 1).

Относительно морфометрических различий водоемов также можно говорить об их вариативности (табл. 1). Наибольшая площадь — у водохранилища Дрозды (2,23 км²), а наименьшая — у пруда в заказнике «Лебяжий» (0,15 км²). Наибольший периметр также характерен для вдхр. Дрозды (12,3 км), а наименьший — для пруда в заказнике «Лебяжий» (1,9 км). По форме водоемы варьируют от близких к кругу (пруд в заказнике «Лебяжий») до сложной формы (Цнянское вдхр.). Водоемы можно ранжировать в порядке уменьшения значения средней глубины: Дрозды, Цнянское, Чижовское, ТЭЦ-2.

Наибольшие показатели зарастания прибрежно-водной растительностью характерны для Чижовского вдхр. (9,07 %) и пруда в заказнике «Лебяжий» (8,38 %), а наименьшие — для водохранилищ Дрозды (0,42 %) и Цнянское (1,45 %) (табл. 1). Наоборот, сильная и хорошая проточность отмечено для водохранилищ Дрозды и Цнянское соответственно, а очень низкая проточность — для Чижовского вдхр. Наибольшая степень зарастания водоема водной растительностью характерна для Чижовского вдхр. (7,3 %), далее по этому показателю растений данной формации идет вдхр. ТЭЦ-2 (2,26 %); на остальных водоемах водная растительность выражена слабо (Цнянское вдхр.) или отсутствует (вдхр. Дрозды, пруд в заказнике «Лебяжий»).

Можно предполагать, что наблюдаемые различия по приведенным характеристикам (табл. 1) влияют на гетерогенность условий обитания. Последнее, в свою очередь, должно приводить к различиям в видовом составе и обилии населяющих водоемы живых организмов, в том числе и водно-болотных птиц. Можно ожидать, что сообщества водно-болотных птиц будут различаться также. Отличительные особенности водоемов положены в основу выбора факторов, которые могут влиять на различия сообществ водно-болотных птиц:

- *area* — площадь водного объекта (км²);
- *pc* (*perimetral complexity*) — форма водного объекта (для водного объекта в форме круга $pc = 1,0$, все другие формы предполагают более высокие значения индекса);
- *project_subm* — зарастание водоема водной растительностью (%); данный показатель рассчитывался как отношение площади водной растительности к площади водного зеркала водоема;
- *quagmire* — доля сплавин от общей площади водоема (%);
- *ovgrow_gen* — степень зарастания водоема прибрежно-водной растительностью (%); *степень зарастания* — отношение суммарной площади прибрежной (в пределах внешних границ водоема) и водной растительности, а для Чижовского водохранилища дополнительно и площади островов надводной (воздушно-водной) растительности, к площади водного объекта (площадь водного зеркала плюс площадь прибрежной растительности в пределах внешней границы водоема), выраженное в процентах (A guide..., 1998);
- *ovgrow_c* — зарастание берега прибрежной растительностью по периметру (%);
- *area_isldmrg* — наличие островов надводной растительности (%); рассчитывалось как отношение площади островов к площади водоема; острова надводной растительности характерны только для Чижовского вдхр.;
- *biotops* — количество разных биотопов (далее по тексту — богатство биотопов), отмеченных для конкретного водного объекта (сообщества прибрежно-водных растений, пляжи, древесно-кустарниковая растительность, сплавины); сообщества прибрежно-водных растений выделялись на основе упрощенной схемы: за сообщество принималась совокупность совместно произрастающих видов растений с долевым участием не ниже 5 % (проективное покрытие) от общей площади участка, который они занимали; название сообщества строилось на использовании видовых имен растений в порядке убывания их долевого участия, например, «тростник обыкновенный (90 %) — осока острая (10 %)»; для включения в дальнейший анализ число биотопов, выделенное на водоеме, делили на его периметр в целях стандартизации данного фактора;

- *dev_c* (%) — процент преобразованной части береговой линии в 20-метровой зоне (%); к преобразованным береговым линиям относили любые полосы береговой линии длиннее 100 м (20 м шириной от края воды), идущие параллельно краю водного объекта, которые имеют минимум 50 % продолжительного изменения местообитания (расчищенная земля, газон, благоустроенный участок (наличие беседок, плиточных, деревянных дорожек и др.), постройки и дороги, пляжные участки, чрезмерно вытоптанная и скошенная травянистая растительность, бетонирование) (Traut, 2003);
- *beach* (%) — доля пляжных участков в 20-метровой береговой зоне (%).

Таблица 1. Параметры и характеристики исследуемых водоемов

Table 1. Parameters and characteristics of investigated water bodies

Характеристика	Водоем				
	вдхр. Дрозды	вдхр. Цнянское	вдхр. Чижовское	вдхр. ТЭЦ-2	пруд в заказнике «Лебяжий»
Площадь (км ²), <i>area</i>	2,23*	0,86	1,46	0,23	0,15
Площадь водного зеркала (км ²)	2,21*	0,85	1,43	0,22	0,14
Периметр (км)	12,3*	10,9	8,1	4,1	1,9
Форма водоема, <i>pc</i>	2,3*	3,3	1,9	2,4	1,4
Средняя глубина (м)	2,7 (Состояние..., 2001)	2,4 (Логинова, 1999)	2 (Логинова, 1999; Состояние..., 2001)	1,2 (Минск, 1980)	нд
Макс. глубина (м)	6,0 (Состояние..., 2001)	7,5 (Логинова, 1999)	4,7 (Логинова, 1999; Состояние..., 2001)	2,3 (Минск, 1980)	2,2 (Заповедные..., 2008)
Проточность	сильная (Состояние..., 2001)	хорошая (Логинова, 1999)	очень низкая (Логинова, 1999; Состояние..., 2001)	нд	нд
Зарастание водной растительностью (%), <i>project_subm</i>	0	0,65	7,3	2,26	0
Доля славин от общей площади водоема (%), <i>quagmire</i>	0	0	2,1	0	3,9
Степень зарастания водоема прибрежно-водной растительностью (%), <i>ovgrow_gen</i>	0,42	1,45	9,07	3,07	8,38
Зарастание берега прибрежной растительностью по периметру (%), <i>ovgrow_c</i>	24	18	38	54	94
Тип зарастания водоема (классификация по К. Starmach, 1954 (Садчиков и др., 2004))	неравномерное	неравномерное	неравномерное и островное	неравномерное	неравномерное
Количество биотопов на 1 км берега, <i>biotops</i>	2,76	3,76	3,70	3,66	3,68
Процент преобразованной части береговой линии в 20-метровой зоне (%), <i>dev_c</i>	48,9	64,5	41,8	100	0
Доля пляжных участков в 20-метровой береговой зоне (%), <i>beach</i>	12,2	18,3	5,2	0	0

Примечание: * — параметры для первых двух крупных плесов, нд — нет данных.

Определение периметра, площади водоема, площади водного зеркала, площади островов надводной растительности проводили с помощью спутниковых снимков в программе OziExplorer v. 3.95.5 п. На основании значений периметра и площади водоема рассчитывали форму водного объекта по формуле, предложенной ранее (Paracuellos, 2004). Данные для расчета факторов *project_subm*, *quagmire*, *ovgrow_c*, *ovgrow_gen*, *area_isldmarg* и частично для *biotops* (данные по сообществам растений) получены в результате исследования прибрежно-водной растительности на рассматриваемых водоемах в период с июля по август в 2012 г.

Для этого проведено описание множества отдельных участков прибрежно-водной растительности на каждом водоеме, которое включало следующие параметры: ширина участка (м), длина участка (м), общая площадь участка (м²), упрощенное флористическое описание с выделением фоновых видов, расчет для последних их проективного покрытия (%). Отнесение вида к прибрежным (воздушно-водным) или водным растениям делали в соответствии с делением, предложенным Папченковым В. Г. (1985) (Садчиков, 2004). Определение параметров и описание участков водной растительности делали на основе визуальной оценки с берега. Такие оценки вызывали меньшие трудности для описания зарослей кубышки желтой (*Nuphar lutea*) на Чижевском вдхр., горца земноводного (*Persicaria amphibia*) на Цнянском вдхр., рдеста блестящего (*Potamogeton lucens*) на вдхр. ТЭЦ-2. Описания участков с другими видами водной растительности (урути колосистой (*Myriophyllum spicatum*), рдеста курчавого (*Potamogeton crispus*), рдеста гребенчатого (*Stuckenia pectinata*) могли содержать ошибки из-за погруженности растений в воду. Однако последнее не повлияло на оценку относительной выраженности водной растительности по водоемам. Так, можно с уверенностью говорить о наилучшей развитости растений данной формации на Чижевском вдхр., далее идет вдхр. ТЭЦ-2, тогда как на вдхр. Дрозды и на пруду в заказнике «Лебяжий» данный тип растительности развит крайне слабо и приравнен к нулю. Факторы *dev_c* и *beach* определяли на основе спутниковых снимков в программе OziExplorer v. 3.95.5 п, а также на основании прямых наблюдений (состояние береговой линии, виды деятельности, осуществляющиеся в ее непосредственной близости и т. д.).

Факторы *area* и *pc* отражают морфометрические различия водоемов; фактор *biotops* используется для оценки влияния гетерогенности местообитаний на различия сообществ водно-болотных птиц; факторы *project_submarg*, *quagmire*, *ovgrow_c*, *ovgrow_gen* и *area_isldmarg* отражают различия водоемов по развитости прибрежно-водной растительности и, соответственно, в обеспечении защитных свойств, гнездопригодных биотопов, указывают на трофность водоемов и косвенно на антропогенное воздействие на береговую линию (*ovgrow_c*); факторы *dev_c* и *beach* отражают уровень непосредственного антропогенного воздействия на прибрежную зону водоема.

За исследуемый период произведено по 7 учетов на всех водоемах: в 2011 г. произведено 3 учета, в 2012 г. и 2013 г. — по 2 учета на всех водоемах. Сроки проведения учетов: первый учет в 2011–2013 гг. выполнен на всех водоемах в период с 04.06 по 14.06, второй учет в 2011–2013 гг. — с 13.07 по 23.07, дополнительный учет в 2011 г. — с 26.06 по 03.07.

Учетные маршруты проходили вдоль береговой линии. На водохранилище Цнянское учет проходил по правому берегу (начальное направление северо-запад), длина маршрута — 6,4 км. На водохранилище Дрозды учет проходил по левому берегу (направление северо-запад), длина маршрута — 6,6 км. На пруду в заказнике «Лебяжий» учет проходил по правому берегу (направление северо-запад), длина маршрута — 0,56 км. На Чижевском водохранилище учет проходил по правому берегу (направление северо-восток), длина маршрута — 3,1 км. На вдхр. ТЭЦ-2 учет проходил по правому берегу (направление юго-восток), длина маршрута — 2,1 км.

Учетами охватывали всю площадь водоемов. В учет включали всех птиц (находящихся на поверхности воды, питающихся в зоне береговой линии, летающих над водой в поисках пищи), за исключением ювенильных особей. Подсчеты птиц в очень больших скоплениях

повторяли несколько раз, чтобы как можно более точно определить их количество. Наблюдения вели с помощью бинокля (ЮКОН 12х60). Птицы, отмеченные на водоеме, но не гнездящиеся на нем, были отнесены к летующим.

Для включения полученных данных по учетам в дальнейший анализ численность каждого вида делили на площадь водоема (км²). Данные по видовому составу и плотности видов водно-болотных птиц на изученных водоемах представлены в табл. 2.

Всего в анализ включено 9 видов птиц (*Anas platyrhynchos*, *Aythya ferina*, *Aythya fuligula*, *Cygnus olor*, *Fulica atra*, *Larus canus*, *Chroicocephalus ridibundus*, *Podiceps cristatus*, *Sterna hirundo*) и один видовой комплекс — (*Larus argentatus/cachinnans*). Систематическое название для озерной чайки (*Chroicocephalus ridibundus*) приведено в соответствии с работой Свенссона (Svensson, 2009).

Таблица 2. Видовой состав и плотность (ос./1 км²) водно-болотных птиц, включенных в исследование
Table 2. Species composition and density (number of individuals per 1 km²) of wetland birds included into the research

Вид	Средняя плотность видов водно-болотных птиц				
	вдхр. Дрозды M ± SE	вдхр. Цнянское M ± SE	вдхр. Чижевское M ± SE	вдхр. ТЭЦ-2 M ± SE	пруд в заказнике «Лебяжий» M ± SE
<i>Anas platyrhynchos</i>	25,81 ± 4,9	106,59 ± 13,7	32,86 ± 7,0	329,76 ± 26,7	27,73 ± 12,0
<i>Aythya ferina</i>	0	0	5,41 ± 1,3	0	11,76 ± 3,6
<i>Aythya fuligula</i>	0	2,22 ± 1,7	6,53 ± 1,7	1,79 ± 1,79	10,08 ± 2,8
<i>Cygnus olor</i>	0,26 ± 0,26	3,93 ± 3,18	0,41 ± 0,26	0	8,4 ± 2,2
<i>Fulica atra</i>	0	21,21 ± 5,21	43,37 ± 12,47	0	0
<i>Larus argentatus/ cachinnans</i>	0,65 ± 0,37	11,29 ± 9,14	29,08 ± 15,6	0	1,68 ± 1,68
<i>Larus canus</i>	8,86 ± 5,1	34,05 ± 15,7	16,12 ± 6,9	3,57 ± 2,5	0,84 ± 0,84
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	14,88 ± 4,0	65,18 ± 18,4	215,2 ± 46,1	19,05 ± 4,6	64,71 ± 36,5
<i>Podiceps cristatus</i>	1,62 ± 0,4	27,54 ± 3,8	18,98 ± 2,4	23,21 ± 5,4	14,29 ± 4,0
<i>Sterna hirundo</i>	2,72 ± 0,54	6,5 ± 1,7	8,57 ± 3,3	20,83 ± 3,4	41,17 ± 9,9

Примечание: M (mean) — среднее значение, SE (standard error) — стандартная ошибка среднего

Перед анализом влияния факторов на различия сообществ проводили оценку наличия данного разделения с помощью метода ординации — дискриминантного анализа (generalized discriminant analysis), реализованного в программе CAP (Anderson, 2004). Дополнительную проверку на наличие разделения сообществ водно-болотных птиц исследуемых водных объектов проводили с помощью непараметрического многомерного дисперсионного анализа (NPMANOVA) в программе PAST (Hammer et al., 2001). В обоих тестах использовали данные по плотности птиц (матрица по всем учетам, в которой ряд — выборка, а колонка — вид) на исследуемых водоемах, трансформированные по $\log_{10}(x + 1)$, а в качестве меры различия использован индекс Брея-Кертиса (Bray-Curtis).

Анализ влияния факторов на различие сообществ водно-болотных птиц проводили с использованием метода ординации — канонического корреляционного анализа (canonical correlation analysis), также реализованного в программе CAP. Использовали те же данные, трансформация и мера различия, что и для дискриминантного анализа и NPMANOVA. Перед проведением канонического корреляционного анализа все выделенные факторы проверены на мультиколлинеарность и при ее наличии не использовались в одном и том же анализе. Также с помощью корреляции по Пирсону (r) проверено наличие статистически достоверной связи ($p < 0,05$) между факторами и плотностью видов птиц. После проведения ординации в целях установления силы связи между факторами, осями ординации и плотностью птиц использовали корреляцию по Пирсону. В дальнейшее описание включали статистически достоверные ($p < 0,05$) связи с абсолютной корреляцией $|r| \geq 0,30$.

Результаты

Результаты дискриминантного анализа сообществ водно-болотных птиц (рис. 2) позволяют говорить о наличии достоверных различий между их сообществами на исследуемых водных объектах г. Минска в летний период. В ходе этого анализа три оси объяснили 81,43 % изменчивости внутри исходных данных (различие видового состава и плотности птиц на водоемах по индексу Брея-Кертиса). Точность разделения сообществ составила 91 %. Достоверность проведенного разделения высока ($p=0,0001$). Различия между сообществами подтверждает тест NPMANOVA ($F=13,07$, $p=0,0001$).

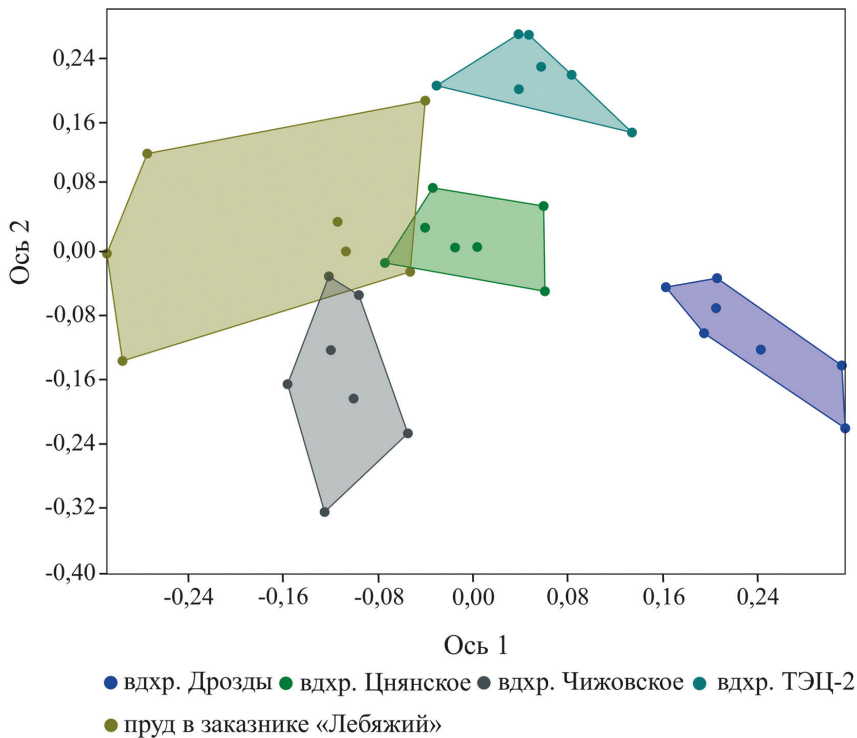


Рис. 2. Разделение сообществ водно-болотных птиц г. Минска на основе дискриминантного анализа.

Fig. 2. Distribution of Minsk city's wetland bird communities according to discriminant analysis.

Проверка на мультиколлинеарность показала наличие корреляции между рядом факторов. В связи с последним проведено шесть канонических корреляционных анализов с группами факторов, не коррелирующих между собой. Факторы для этих анализов сгруппированы следующим образом: 1) *area*, *dev_c*, *project_subm*; 2) *ovgrows_c*, *area_isldmerg*; 3) *beach*; 4) *ovgrows_gen*; 5) *biotops*, *pc*; 6) *quagmire*. По результатам такого анализа все факторы показали достоверную связь с каноническими осями ($p < 0,05$). Во всех случаях первые две оси кумулятивно объясняли 67,7 % изменчивости в исходных данных (матрица сообществ). Все виды птиц, включенные в исследование, участвовали в определении различий между сообществами.

Результаты связи видов птиц с факторами отражены в табл. 3. С наибольшим числом факторов (7) показали связь виды *A. ferina*, *A. fuligula* и *S. hirundo*. С наименьшим числом факторов (2) показали связь птицы комплекса *L. argentatus/cachinnans* и *C. ridibundus*. Все остальные виды показали связь примерно с одинаковым числом факторов, от 3 до 5.

В дальнейшем обсуждении влияния факторов на распределение водно-болотных птиц по исследуемым водоемам не берутся во внимание данные по речной крачке, а из факторов — по форме водоема (*pc*), так как установленные связи для указанного вида и фактора не поддаются корректной интерпретации.

Таблица 3. Связь (r2) плотности популяций водно-болотных птиц с факторами

Table 3. Relations (r2) of the population density of wetland birds with factors

Факторы	<i>A. platyrhynchos</i>	<i>A. ferina</i>	<i>A. fuligula</i>	<i>C. olor</i>	<i>F. atra</i>	<i>L. arg/cach</i>	<i>L. canus</i>	<i>C. ridibundus</i>	<i>P. crtatus</i>	<i>S. hirundo</i>
area	-	-	-	0,11	-	-	-	-	0,25	0,50
dev_c	0,60	0,43	0,22	0,27	-	-	-	-	-	-
beach	-	0,20	-	-	0,19	-	0,17	-	-	0,39
ovgrow_c	-	0,30	0,17	0,20	0,23	-	0,20	-	-	0,50
ovgrow_gen	0,14	0,63	0,43	-	-	-	-	-	-	0,17
pc	0,27	0,45	0,19	-	0,11	-	0,12	-	-	0,17
biotops	-	-	0,17	-	-	-	-	-	0,57	0,21
project_subm	-	-	-	-	0,40	0,16	-	0,32	0,11	-
area_isldmerg	-	0,20	0,15	-	0,46	0,21	-	0,33	-	-
quagmire	0,31	0,63	0,39	0,26	-	-	-	-	-	0,22
Итого	4	7	7	4	5	2	3	2	3	7

Обсуждение

Кряква. Плотность *A. platyrhynchos* на исследуемых водоемах г. Минска показала положительную связь с фактором «процент преобразованной части береговой линии в 20-метровой зоне». Отрицательную связь плотность данного вида показала с факторами «общее зарастание водоема прибрежно-водной растительностью» и «доля сплавин от общей площади водоема». Наиболее значимыми факторами ($r^2 \geq 0,20$) с точки зрения объяснения ими наблюдаемой изменчивости в распределении плотности вида по водоемам оказались следующие (табл. 3): процент преобразованной части береговой линии в 20-метровой зоне (0,60), доля сплавин от общей площади водоема (0,31), тогда как фактор общего зарастания водоема прибрежно-водной растительностью оказался менее значим (0,14). Таким образом, на водоемах с выраженным зарастанием, о чем свидетельствует относительно хорошее развитие сплавин (Чижовское вдхр., пруд в заказнике «Лебяжий»), наблюдаются более низкие значения плотности кряквы. Напротив, на водоемах, испытывающих сильное антропогенное давление на прибрежную зону, наблюдаются наибольшие показатели плотности вида (вдхр. ТЭЦ-2, вдхр. Цнянское). Последнюю ситуацию можно объяснить тем, что увеличение преобразования береговой линии ведет к уменьшению зарастания водоема, что приводит к улучшению условий для добычи корма и отдыха. Кроме того, открытые участки береговой зоны, появляющиеся в частности за счет ее преобразования, являются местами подкормки крякв городским населением. С учетом выраженности рассмотренных факторов (табл. 1), а также принимая во внимание показатели плотности вида, можно говорить, что наиболее благоприятными водоемами (среди рассмотренных) для кряквы выступают вдхр. ТЭЦ-2 и Цнянское вдхр.

Красноголовая чернеть. Положительную связь плотность *A. ferina* на исследуемых водоемах г. Минска показала со следующими факторами: доля сплавин от общей площади водоема, наличие островов надводной растительности, степень зарастания водоема прибрежно-водной растительностью, зарастание берега прибрежной растительностью по периметру. Отрицательную связь плотность вида показала с такими факторами, как доля пляжных участков в 20-метровой береговой зоне, доля преобразованной части береговой линии в 20-метровой зоне. Наиболее значимыми факторами оказались: общее зарастание водоема прибрежно-водной растительностью (0,63), доля сплавин от общей площади водоема (0,63), процент преобразованной части береговой линии в 20-метровой зоне (0,43), зарастание берега прибрежной растительностью по периметру (0,30). К менее значимым факторам можно отнести: доля пляжных участков в 20-метровой береговой зоне (0,20), наличие островов надводной растительности (0,20). На основании полученных данных, можно говорить о положительной зависимости между плотностью *A. ferina* и факторами, связанными с развитостью прибрежно-водной растительности. Данные факторы указывают на наличие благоприятных условий

для гнездования и на выраженность защитных свойств водоемов, а также свидетельствуют об их высокой трофности (Чижовское вдхр.), обеспечивающей достаточную кормовую базу. С другой стороны, увеличение антропогенной нагрузки на водоемы (на его прибрежную и береговую зоны) приводит к снижению плотности вида. С учетом выраженности указанных факторов и значений плотности красноголовой чернети, благоприятными водоемами для ее обитания являются Чижовское вдхр. и пруд в заказнике «Лебяжий». Следует отметить, что роль последнего водоема для обитания красноголовой чернети гораздо меньшая (несмотря на ее более высокую плотность здесь), так как данный вид на пруду не гнезвился, а отмеченные особи относятся к летующим.

Хохлатая чернеть. Положительную связь плотность *A. fuligula* на исследуемых водоемах г. Минска показала со следующими факторами: доля сплавин от общей площади водоема, наличие островов надводной растительности, богатство биотопов, степень зарастания водоема прибрежно-водной растительностью, зарастание берега прибрежной растительностью по периметру. Отрицательную связь плотность хохлатой чернети показала с фактором — процент преобразованной части береговой линии в 20-метровой зоне. Наиболее значимыми факторами оказались: степень зарастания водоема прибрежно-водной растительностью (0,43), доля сплавин от общей площади водоема (0,39), процент преобразованной части береговой линии в 20-метровой зоне (0,22). Все остальные факторы оказались менее значимыми. Интерпретация связи плотности вида с указанными факторами такая же, как и для красноголовой чернети. Учитывая выраженность факторов и значения плотности хохлатой чернети, к благоприятным водоемам для ее обитания можно отнести Чижовское вдхр. и пруд в заказнике «Лебяжий». Пруд в заказнике «Лебяжий» имеет меньшую значимость для обитания хохлатой чернети по тем же причинам, что были указаны для красноголовой чернети.

Лебедь-шипун. Положительную связь плотность *S. olor* на исследуемых водоемах г. Минска показала с двумя факторами: долей сплавин от общей площади водоема и зарастанием берега прибрежной растительностью по периметру. Отрицательную связь плотность вида также показала с двумя факторами: процентом преобразованной части береговой линии в 20-метровой зоне и площадью водоема. Все факторы имели примерно равную значимость, кроме площади водоема — фактор имел низкую значимость и в обсуждении не участвует, так как его нельзя корректно интерпретировать. Как и в случае с чернетями, можно видеть, что хорошее развитие прибрежной растительности приводит к увеличению плотности вида на водоеме, тогда как возрастание антропогенного воздействия на береговую линию приводит к снижению плотности лебедя-шипуна, что, возможно, связано с уменьшением пригодных биотопов для гнездования и усилением беспокойства со стороны человека. Наличие высокой плотности вида на Цнянском вдхр., водоеме с высоким уровнем антропогенного воздействия на береговую линию, связано с регистрацией летующих особей. С учетом выраженности рассматриваемых факторов и значений плотности вида, наилучшим водоемом для обитания лебедя-шипуна можно назвать пруд в заказнике «Лебяжий».

Лысуха. Положительную связь плотность *F. atra* на исследуемых водоемах показала со следующими факторами: наличие островов надводной растительности, зарастание водоема водной растительностью, доля пляжных участков в 20-метровой береговой зоне. Отрицательную связь плотность лысухи на водоемах показала с фактором «зарастание берега прибрежной растительностью по периметру». Наиболее значимыми факторами оказались: наличие островов надводной растительности (0,46) и зарастание водоема водной растительностью (0,40). Менее значимыми факторами выступили: зарастание берега прибрежной растительностью по периметру (0,23) и доля пляжных участков в 20-метровой береговой зоне (0,19). Последний фактор не поддается корректной интерпретации. На основании полученных данных можно сделать вывод, что наличие богатой кормовой базы (водная растительность), дополнительных

гнездовых биотопов (острова надводной растительности) и отсутствие выраженного зарастания прибрежной растительностью обеспечивает подходящие условия обитания для лысухи. С учетом приведенных характеристик и плотности вида наилучшим водоемом для обитания лысухи выступает Чижовское вдхр., а за ним идет Цнянское вдхр.

Комплекс чаек серебристая/хохотунья. Плотность птиц данного комплекса показала положительную связь с двумя факторами: наличие островов надводной растительности, зарастание водоема водной растительностью. Первый фактор оказался более значим (0,21), чем второй (0,16). Указанные факторы в наибольшей степени выражены на Чижовском вдхр., где также отмечается наибольшая плотность птиц данного комплекса. В данном случае факторы играют косвенную роль: указывают на высокую трофность водоема. Однако нужно заметить, что высокая плотность чаек данной группы на Чижовском вдхр. связана, скорее всего, и с относительно близким расположением гнездовой колонии в пос. Гатово, а также гнездовых колоний в промышленной зоне на территории г. Минска. Относительно высокая плотность чаек на Цнянском вдхр. связана, видимо, с наличием достаточной кормовой базы и площади для отдыха.

Сизая чайка. Положительную связь плотность *L. canus* на исследуемых водоемах показала с фактором «доля пляжных участков в 20-метровой береговой зоне,» а отрицательную с фактором зарастание берега прибрежной растительностью по периметру. С первым фактором связь была слабее (0,17), чем со вторым (0,20). На основании наблюдаемых зависимостей между плотностью сизой чайки и исследуемыми факторами можно сделать вывод, что чем меньше зарастание береговой и прибрежной зон водоемов, и чем больше доля пляжей, тем лучше условия для обитания, в частности, кормления, поскольку вид питается на мелководье и на берегу. Кроме того, меньшая степень зарастания водоемов прибрежной растительностью характерна для больших по площади водоемов, что косвенно указывает на положительную роль больших водоемов для данного вида (места кормления, отдыха). С учетом всех факторов и плотности вида, благоприятными водоемами для обитания сизой чайки можно назвать Цнянское вдхр., Чижовское вдхр. и вдхр. Дрозды.

Озерная чайка. Положительную связь плотность *C. ridibundus* на исследуемых водоемах показала с двумя факторами: наличием островов надводной растительности и зарастанием водоема водной растительностью. Оба фактора имели примерно равную значимость. Наибольшие значения факторов и наибольшая плотность озерной чайки отмечены для Чижовского вдхр. Высокие значения данных факторов указывают на наличие на водоеме подходящих гнездовых биотопов (острова надводной растительности) и хорошую трофность водоема. Примерно одинаковые значения плотности вида отмечены для Цнянского вдхр. и пруда в заказнике «Лебяжий». Цнянское вдхр. используется озерной чайкой как место отдыха и кормежки в период послегнездовых кочевок. На пруду в заказнике вид гнезвился, однако в силу сильного зарастания водоема его роль как места обитания для озерной чайки невелика.

Чомга. Положительную связь плотность *P. cristatus* на исследуемых водоемах показала с двумя факторами: зарастание водоема водной растительностью и богатство биотопов. Отрицательную связь плотность чомги показала с фактором «площадь водоема». Значимыми оказались два фактора из трех: богатство биотопов (0,57) и площадь водоема (0,25). Интерпретация связи с последним фактором затруднительна. С учетом полученных данных можно говорить, что высокое разнообразие биотопов приводит к росту плотности вида на водоеме, что, вероятно, связано с улучшением условий для гнездования (появление подходящих биотопов для гнездования). Так, показатели данного фактора высоки на всех водоемах, кроме вдхр. Дрозды. На последнем водоеме плотность чомги самая низкая. С учетом выраженности рассматриваемого фактора и плотности чомги, к благоприятным водоемам для обитания вида относятся: вдхр. Цнянское, вдхр. ТЭЦ-2 и Чижовское вдхр.

Выводы

1. Сообщества водно-болотных птиц исследованных водных объектов г. Минска в летний период (июнь–июль) достоверно различаются. Различие определяется наличием локальных особенностей, выражающихся в разной степени гетерогенности местообитаний (степени зарастания прибрежно-водной растительностью, богатстве биотопов, степени антропогенной нагрузки на прибрежную и береговую зону водоемов), которые, в свою очередь, создают благоприятные условия обитания для вида или группы видов.

2. К основным факторам, показавшим связь ($r^2 \geq 0,20$) как минимум с тремя видами, можно отнести процент преобразованной части береговой линии в 20-метровой зоне, зарастание берега прибрежной растительностью по периметру, наличие островов надводной растительности, доля сплавины от общей площади водоема.

3. С учетом значений факторов и плотности благоприятными водоемами (среди рассмотренных) для обитания кряквы выступают вдхр. ТЭЦ-2 и вдхр. Цнянское, для чернетей — Чижовское вдхр. и пруд в заказнике «Лебяжий», для лебедя-шипуна — пруд в заказнике «Лебяжий», для лысухи — Чижовское вдхр. и Цнянское вдхр., для чаек комплекса серебристая/хотунья — Чижовское вдхр. и Цнянское вдхр., для сизой чайки — Цнянское вдхр., Чижовское вдхр. и вдхр. Дрозды, для озерной чайки — Чижовское вдхр., для чомги — вдхр. Цнянское, вдхр. ТЭЦ-2 и Чижовское вдхр.

4. Полученные данные по факторам среды являются основой для проведения дальнейших работ по выявлению более детальных факторов, которые могут быть использованы для прямого контроля популяций видов, представляющих наибольший интерес в рамках вопросов, связанных с обеспечением экологической безопасности и поддержанием видовой разнообразия.

Литература

- Авилова, И. В., Корбут, В. В., Фокин, С. Ю. Урбанизированная популяция водоплавающих (*Anas platyrhynchos*) г. Москвы. — Москва, 1994. — 175 с.
- Безр, С. А., Воронин, М. В. Церкариозы в урбанизированных экосистемах. — Москва : Наука, 2007. — 240 с.
- Водохранилища Беларуси: справочник / М. Ю. Калинин [и др.]; под общей ред. д.т.н. М. Ю. Калинина. — Минск : ОАО «Полиграфкомбинат им. Я. Коласа», 2005. — 183 с.
- Вязович, Ю. А. Поведение утиных птиц в гнездовой период в условиях различной степени антропогенного беспокойства // Динамика зооценозов, проблемы охраны и рационального использования животного мира Белоруссии: Тез. докл. VI зоол. конф. (19–21 сент. 1989 г.), Витебск / Редкол. : Ю. А. Вязович (отв. ред.) [и др.]. — Минск : Наука и техника, 1989. — С. 233–234.
- Гомель, К. В. Пространственная структура населения птиц города Минска: дис. ... маг. биол. наук: 1-31 80 01. — Минск, 2010. — 74 с.
- Заповедные территории Беларуси / Сост. П. И. Лобанок. — Минск : Беларуская Энцыклапедыя, 2008. — 413 с.
- Козулин, А. В. Динамика бюджета времени и энергии крякв зимующих в условиях Белоруссии // Изучение птиц СССР, их охрана и рациональное использование : Тез. докл. I съезда Всесоюз. орнитол. о-ва и IX Всесоюз. орнитол. конф., 16–20 дек. 1986 г. / [Отв. ред. Р. Л. Потапов]. — Ленинград : ЗИН, 1986. — С. 303–304.
- Логинова, Е. В. Эколого-географическая оценка состояния поверхностных вод Минской городской агломерации (МГА) : дис. ... канд. геогр. наук. — Минск, 1999. — 120 с.
- Минск : энциклопедический справочник / Л. В. Аржаева [и др.]; под общ. ред. П. У. Бровки. — Минск : Главная редакция БелСЭ, 1980. — 423 с.
- Охрана окружающей среды и природопользование города Минска / Мин. гор. ком. природ. ресурсов и охраны окружающей среды, Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды / Редкол. : Г. М. Тишиков (отв. ред.) [и др.]. — Минск : Белорусский государственный университет, 2005. — 100 с.
- Садчиков, А. П., Кудряшов, М. А. Экология прибрежно-водной растительности (учебное пособие для студентов вузов). — Москва : Изд-во НИИ-Природа, РЭФИА, 2004. — 220 с.
- Скільський, І. В. Урбанізація як фактор зміни регіональної орнітофауни (на прикладі м. Чернівці та Прут-Дністровського межиріччя і Покутсько-Буковинського Передкарпаття) // Беркут. — 1999. — Том 8, Вип. 1. — С. 1–8.

- Состояние окружающей среды и природопользование в городе Минске: Сб. ст. / Мин. гор. ком. природ. ресурсов и охраны окружающей среды, Бел. науч.-исслед. центр «Экология» / Редкол. : А. Н. Боровикова (отв. ред.) [и др.]. — Минск : БелНИЦ «Экология», 2001. — 198 с.
- Фридман, В. С., Ерёмкин, Г. С., Захарова-Кубарева, Н. Ю. Специализированные городские популяции птиц: формы и механизмы устойчивости в урбосреде. Сообщение 1. Урбанизация как переход популяционной системы вида в состоянии наибольшей устойчивости в нестабильной, изменчивой и гетерогенной среде // Беркут — 2006. — Том 15, Вып. 1–2. — С. 1–54.
- Шелякин, И. А. Птицы зеленой зоны города Гомеля // Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий: материалы II Международной научно-практической конференции, Гомель, октябрь 2000 года / А. Н. Кусенков (отв. ред.) [и др.]. — Гомель : ГГУ, 2000. — С. 189–191.
- Шокало, С. И., Шокало, Б. И. Зимующие водоплавающие на реках Западного Буга и Мухавец в районе города Бреста // Subbuteo. — 1998. — Том 1, № 1. — С. 32–35.
- Юрко, В. В. Видовой состав, статус и сроки миграции куликов города Минска // Фауна и экология птиц бассейна реки Западная Двина Fauna and ecology of birds of the Western Dvina river basin: Материалы междунар. науч. конф., 5–7 дек. 2000 г., г. Витебск / Редкол. : А. М. Дорофеев (отв. ред.) и др. — Витебск : Изд-во ВГУ, 2000. — С. 103–106.
- Юрко, В. В. Структура населения водоплавающих и околоводных птиц искусственных водоемов Беларуси // Динамика биологического разнообразия фауны, проблемы и перспективы устойчивого использования и охраны животного мира Беларуси: тезисы докладов IX Зоологической научной конференции / Редкол. : М. Е. Никифоров (отв. ред.) [и др.]. — Минск : Мэджик Бук, 2004. — С. 124–126.
- Ясевич, А. М., Винчевский, Д. Е. О встрече ходулочника (*Himantopus himantopus*) в окрестностях города Гродно // Subbuteo. — 1998. — Том 1, № 1. — С. 37–38.
- A guide to the methods of the National Pond Survey / J. Biggs, G. Fox, N. Pascale [et al.]. — Oxford : Pond Action, 1998. — 22 p.
- Anderson, M. J. CAP: a FORTRAN computer program for canonical analysis of principal coordinates. — New Zealand : Department of Statistics, University of Auckland, 2004. — 14 p.
- Avilova, K. The Urban Waterfowl Fauna of Moscow in comparison with some other European cities // Avocetta. — 2009. — Vol. 33. — P. 191–198.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., Ryan, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // Palaeontologia Electronica. — 2001. — Vol. 4, № 1. — 9 p.
- Kozulin, A., Schokalo, S., Natikanets, V. et al. Numbers and distribution of wintering waterfowl in Belarus // Acta Zool. Lit. — 2001. — Vol. 11, № 3. — P. 260–265.
- Paracuellos, M., Telleria, J. L. Factors affecting the distribution of a waterbird community: the role of habitat configuration and bird abundance // Waterbirds. — 2004. — Vol. 27, № 4. — P. 446–453.
- Svensson, L., Mullarney, K., Zetterström, D. Collins Bird Guide: The most complete guide to the birds of Britain and Europe (2nd ed.). — Stockholm : Bonnier Fakta, 2009. — 445 p.
- Traut, A. H. Urban lakes and waterbirds: effects of development on distribution and behaviour : dis. mast. biol. science. — Florida, 2003. — 111 p.

Фактори, що впливають на відмінності угруповань водно-болотних птахів м. Мінська. — Гомель, К. В. — За допомогою метода ординації (канонічного кореляційного аналізу, реалізованого у програмі CAP) проведено оцінку впливу на відмінність угруповань птахів водно-болотного комплексу морфометричних особливостей водойм (площі, форми), ступеня їх заростання прибережно-водною рослинністю, багатства біотопів та рівня антропогенного навантаження на прибережну та берегову зону водойм міста Мінська у літній період (червень-липень) 2011–2013 гг. У якості міри відмінності угруповань використовували індекс відмінності Брея-Кертиса. З'ясовано, що угруповання водно-болотних птахів на досліджуваних територіях міста достовірно відрізняються. Показано, що всі види, залучені у дослідження (*Anas platyrhynchos*, *Aythya ferina*, *Aythya fuligula*, *Cygnus olor*, *Fulica atra*, *Larus argentatus/cachinnans*, *Larus canus*, *Chroicocephalus ridibundus*, *Podiceps cristatus*, *Sterna hirundo*), сприяють розділенню угруповань за рахунок впливу обраних факторів. Для досліджуваних видів встановлені фактори, що впливають на розподілення по водним об'єктам Мінська, та відмічені водойми, сприятливі для їх перебування.

Ключові слова: угруповання водно-болотних птахів, урболандшафт, фактори середовища, ординація, Білорусь, Мінськ.

Адрес для связи: ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», ул. Академическая 27, Минск, 220072 Беларусь; e-mail: ural-science@yandex.by