

УДК 598.288.6(476-25)

К.В. Гомель,
аспірант кафедры зоолагіі БГПУ

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СООБЩЕСТВ ВОДНО-БОЛОТНЫХ ПТИЦ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА МИНСКА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД С ПОМОЩЬЮ ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА

Введение. Выявление особенностей распределения сообществ животных или растений является неотъемлемой частью экологических исследований [1–3]. Изучая закономерности распределения сообществ, мы можем выяснить, какие факторы обуславливают их распределение. Последнее представляет собой ценную информацию, необходимую для прогнозирования состояния окружающей среды и непосредственного контроля над сообществами животных и растений.

В данной статье выявление особенностей распределения сообществ птиц водно-болотной группы г. Минска в летний период осуществляется с помощью метода канонической ординации – дискриминантного анализа –

в программе CAP (canonical analysis of principal coordinates, CAP) [3–4].

Материал и методы исследования. Данные для анализа были получены в результате учетов птиц в летний период 2011–2012 гг. на следующих водных объектах г. Минска: вдхр. Чижовское, вдхр. Цнянское, вдхр. Дрозды, пруд в заказнике «Лебяжий» и река Свислочь в пределах городской черты. Учеты проводились маршрутным методом с последующим расчетом плотности на 10 км [5]. За указанный период было произведено 35 учетов (по 7 на каждом водном объекте). В анализ не были включены залетные и транзитные виды. Данные по исследуемым сообществам представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сообщества водно-болотных птиц г. Минска в летний период 2011–2012 гг.

Участок Вид	Anas_plat	Larus_rid	Larus_can	Pod_crist	Sterna_hir	Ayth_ful	Cygnus_ol	Larus_ar/ca	Ayth_fer	Actitis_hypol	Fulica_at	Ixob_min	Gall_chi	Char_dub	Larus_fus	Sternula_alb
Dr	19,7	54,5	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dr	54,5	21,2	0	4,5	1,5	0	0	1,5	0	3,0	0	0	0	0	0	0
Dr	68,2	84,8	3,0	3,0	10,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dr	130,3	78,8	115,2	9,1	7,6	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0
Dr	80,3	87,9	22,7	9,1	12,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dr	83,3	25,8	166,7	9,1	3,0	0	0	9,1	0	1,5	0	0	0	0	0	0
Dr	48,5	72,7	147,0	7,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leb	0	375,0	0	89,3	17,9	53,6	35,7	0	71,4	0	0	0	0	0	0	0
Leb	17,9	0	0	17,9	160,7	53,6	35,7	0	53,6	0	0	0	0	0	0	0
Leb	89,3	785,7	0	53,6	35,7	35,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leb	35,7	0	0	0	232,1	0	35,7	0	0	0	0	17,9	0	0	0	0
Leb	53,6	0	0	71,4	160,7	35,7	35,7	0	17,9	0	0	0	0	0	0	0
Leb	0	0	17,9	17,9	0	0	71,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leb	35,7	0	0	89,3	0	53,6	89,3	0	0	0	0	17,9	0	0	0	0
Chij	138,7	1554,8	38,7	48,4	6,5	29,0	0	0	12,9	0	74,2	0	0	9,7	0	0
Chij	29,0	819,4	51,6	48,4	12,9	16,1	6,5	61,3	51,6	0	64,5	0	0	0	0	0
Chij	106,5	1483,9	64,5	90,3	16,1	41,9	0	0	16,1	0	319,4	0	0	0	3,2	0
Chij	190,3	348,4	22,6	119,4	32,3	6,5	6,5	200	38,7	0	448,4	0	6,5	0	0	0
Chij	154,8	500	248,4	77,4	122,6	38,7	0	0	9,7	0	203,2	3,2	0	0	0	3,2

Участок Вид	Anas_plat	Larus_rid	Larus_can	Pod_crist	Sterna_hir	Ayth_ful	Cygnus_ol	Larus_ar/ca	Ayth_fer	Actitis_hypol	Fulica_at	Ixob_min	Gall_chl	Char_dub	Larus_fus	Sternula_alb
Chij	22,6	54,8	912,9	132,3	64,5	3,2	0	61,3	19,4	0	196,8	0	0	0	6,5	0
Chij	125,8	87,1	61,3	154,8	58,1	54,8	0	0	3,2	3,2	445,2	0	9,7	0	0	0
Cna	103,1	29,7	7,8	15,6	0	0	4,7	0	0	0	31,3	0	0	0	0	0
Cna	59,4	10,9	0	28,1	6,3	0	29,7	6,3	0	0	7,8	0	0	0	0	0
Cna	142,2	103,1	20,3	37,5	6,3	15,6	1,6	0	0	0	39,1	0	0	0	0	0
Cna	198,4	162,5	100	39,1	12,5	3,1	0	4,7	0	9,4	32,8	0	0	0	0	0
Cna	184,4	131,3	45,3	42,2	18,8	1,6	0	0	0	0	57,8	0	0	0	0	0
Cna	265,6	15,6	0	34,4	0	0	0	0	15,6	0	64,1	0	0	0	0	0
Cna	167,2	100	348,4	42,2	6,3	0	0	0	0	3,1	65,6	0	0	0	0	0
Reka	256,1	20,5	0,4	1,9	16,7	1,1	0,8	0	0,8	0	4,2	0	0	0	0	0
Reka	221,2	42,8	0	3,0	14,8	0	0	1,5	0	0	4,5	0	0	0	0	0
Reka	244,7	35,6	0	4,2	21,6	2,7	0	0	0,8	0	12,5	0	0	0	0	0
Reka	233,0	29,5	16,7	5,7	21,6	1,5	0,8	1,1	0,8	1,5	15,2	0	0	0	0	0
Reka	218,2	16,7	9,5	4,2	20,5	2,3	1,9	0	0,8	0	13,6	0	0	0	0	0
Reka	343,9	18,6	92,0	6,4	0	0,8	0	0	1,1	0,8	2,3	0	0	0	0	0
Reka	270,5	18,9	23,1	7,6	0,8	1,5	1,9	0	0	0,8	11,0	0	0	0	0	0

Примечание. Dr – вдхр. Дрозды, Leb – пруд в заказнике «Лебяжий», Chij – вдхр. Чижовское, Can – вдхр. Цнянское, Reka – река Свислочь в черте города; Anas_plat – Anas platyrhynchos, Larus_rid – Larus ridibundus, Larus_can – Larus canus, Pod_crist – Podiceps cristatus, Sterna_hir – Sterna hirundo, Ayth_ful – Aythya fuligula, Cygnus_ol – Cygnus olor, Larus_ar/ca – комплекс Larus argentatus/cachinnans, Ayth_fer – Aythya ferina, Actitis_hypol – Actitis hypoleucos, Fulica_at – Fulica atra, Ixob_min – Ixobrychus minutus, Gall_chl – Gallinula chloropus, Char_dub – Charadrius dubius, Larus_fus – Larus fuscus, Sternula_alb – Sternula albifrons.

Непосредственный анализ проводился с помощью программы CAP [4]. В качестве меры различия сообществ водно-болотных птиц на основе обилия был выбран индекс Брея-Кертиса (Bray-Curtis dissimilarities) (1).

$$BCd = 1 - d_{jk}; d_{jk} = 2 \frac{\sum \min(x_{ji}, x_{ki})}{\sum (x_{ji} + x_{ki})} \quad (1)$$

где, BCd – индекс различия Брея-Кертиса, d_{jk} – индекс сходства Брея-Кертиса для данных обилия.

До начала анализа данные обилия птиц были трансформированы ($\log_{10}(x+1)$). Уровень значимости (P) и корреляция по Пирсону (r) были рассчитаны на основании 9999 перестановок оригинальных данных. Построе-

ние графика ординации, а также проверка статистической значимости различий сообществ с помощью непараметрического многомерного дисперсионного теста (npMANOVA) выполнено в программе PAST [6].

В качестве гипотезы была выдвинута следующая: сообщества водно-болотных птиц г. Минска будут различаться вследствие неравнозначности условий обитания для птиц доминантного комплекса на исследуемых водных объектах.

Результаты и их обсуждение. Первые четыре оси ординации объяснили 92,3 % изменчивости в оригинальной матрице различий сообществ (таблица 2).

Таблица 2 – Процент объясненной дисперсии четырьмя осями ординации

Ось	Доля объясненной дисперсии осью, %	Суммарная доля объясненной дисперсии, %
1	38,002	38,002
2	24,350	62,353
3	20,361	82,714
4	9,588	92,301

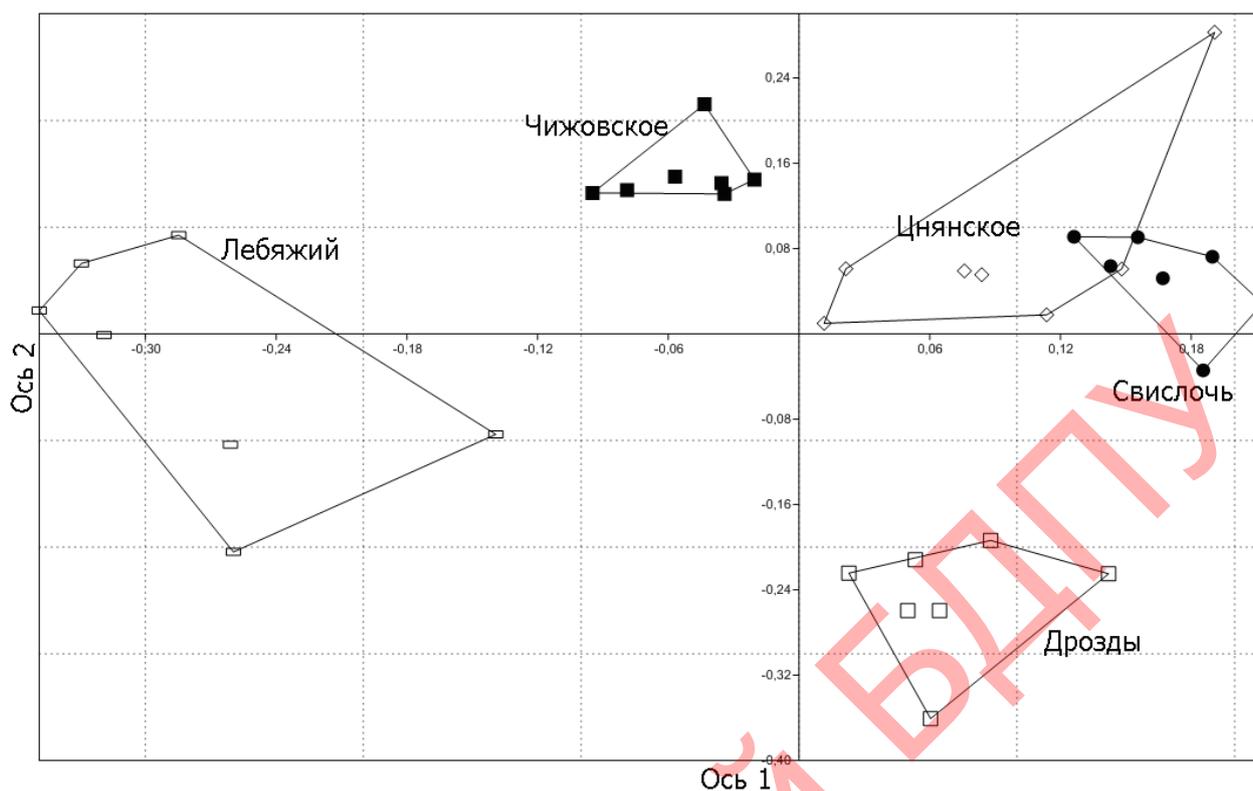


Рисунок – Результат ординации сообществ птиц водно-болотной группы на водных объектах г. Минска по данным за летний сезон 2011–2012 гг.

Результат ординации сообществ водоплавающих и околоводных птиц (таблица 1) на основании данных обилия (ос. /10 км) представлен на рисунке.

Как видно из рисунка, сообщества птиц водно-болотной группы на водных объектах г. Минска хорошо различимы и соответствуют водным объектам. Полученное разделение сообществ определяется изменчивостью обилия птиц доминантного комплекса на исследуемых водных объектах. Высокая достоверность различий подтверждается непарамет-

рическим многомерным дисперсионным тестом (прMANOVA, $P = 0,0001$), а также непосредственно ординационным тестом ($P = 0,0001$). Корреляционный анализ между данными обилия птиц и каноническими ординационными осями дает возможность объяснить некоторые закономерности различий между сообществами птиц на исследуемых водных объектах г. Минска (таблица 3). В таблицу не включены виды с абсолютной корреляцией $|r| < 2,0$.

Таблица 3 – Корреляция (r) обилия отдельных видов водно-болотных птиц с канонической ординационной осью 1

Вид	Ось 1 r
Anas platyrhynchos	0,7190 ***
Podiceps cristatus	-0,3980*
Sterna hirundo	-0,4031*
Aythya fuligula	-0,6184***
Cygnus olor	-0,7516***
Aythya ferina	-0,4473**
Ixobrychus minutus	-0,4477**

Примечание. $P \leq 0,05^*$, $P \leq 0,01^{**}$, $P \leq 0,0001^{***}$.

Выбор оси 1 для интерпретации корреляции обусловлен полученным наибольшим значением квадрата канонической корреляции $\delta^2 = 0,92$ ($P = 0,0001$). Для второй, третьей и четвертой осей данное значение равно 0,81, 0,48 и 0,04 соответственно. Интерпретация четвертой оси не требуется из-за ее низкой информативности. Интерпретация второй и третьей осей выходит за рамки статьи.

Положительную корреляцию с осью 1 имеет только кряква (*Anas platyrhynchos*). Все остальные виды имеют отрицательную корреляцию. Положительную корреляцию кряквы можно объяснить увеличением ее обилия в ряду пруд Лебяжий, вдхр. Дрозды, вдхр. Чижовское, вдхр. Цнянское, река. Наибольшие значения обилия характерны для Цнянского вдхр. (160,04 ос. /10 км) и реки (255,36 ос. /10 км). Последнее вызвано скоплением холостых самцов на данных водных объектах, активной подкормкой птиц. Что касается вдхр. Дрозды, то обилие кряквы на нем занимает промежуточное положение между прудом Лебяжим и остальными водными объектами. Отрицательная корреляция обилия чомги с осью 1 связана с уменьшением плотности в ряду Чижовское вдхр. (95,85 ос. /10 км), Цнянское вдхр. (34,15 ос. /10 км), вдхр. Дрозды (6,06 ос. /10 км), река (4,71 ос. /10 км). Это обусловлено уменьшением доли водной растительности, а также зарослей надводной растительности, подходящих для гнездования. Нужно отметить, что большее обилие чомги на вдхр. Дрозды в сравнении с рекой обусловлено скоплением мигрирующих особей. Уменьшение обилия речной крачки в ряду пруд Лебяжий, вдхр. Чижовское, река, вдхр. Цнянское, вдхр. Дрозды объясняет ее отрицательную корреляцию с осью 1. Это связано с уменьшением доли сплавин и островков. Отдельно нужно отметить пруд Лебяжий, где обилие речной крачки увеличилось с появлением плавучих платформ, установленных сотрудниками АПБ. Сходное с речной крачкой распределение наблюдается для хохлатой чернети. Однако высокое обилие на пруду Лебяжий (33,16 ос. /10 км) и на Чижовском вдхр. (27,19 ос. /10 км) можно объяснить скоплением холостых особей. Отрицательную корреляцию обилия лебедя-шипуна (*Cygnus olor*) можно объяснить ее уменьшением в ряду пруд Лебяжий, вдхр. Чижовское, река, вдхр. Цнянское. Это, в основном, вызвано различием обилия лебедя-шипуна на пруду и на остальных водных объектах за счет его постоянного здесь присутствия и легкости обнаружения, что обеспечивается как небольшим размером пруда, так и наличием подхо-

дящих условий для гнездования. Снижение обилия красноглазого чернети (*Aythya ferina*) на всех водных объектах в сравнении с прудом Лебяжий и Чижовским вдхр. объясняет ее отрицательную корреляцию с осью 1. Одним из факторов уменьшения ее обилия может быть повышение фактора беспокойства. Отметим, что основную долю в обилии красноглазого чернети на пруду Лебяжий и на Чижовском вдхр. вносят холостые особи. Обилие малой выпи (*Ixobrychus minutus*) отрицательно коррелирует с осью 1 за счет его снижения от пруда Лебяжьего к вдхр. Чижовскому. Причина кроется в увеличении трудности обнаружения.

Заключение. Таким образом, с помощью дискриминантного анализа были наглядно продемонстрированы особенности распределения сообществ птиц водно-болотной группы по исследуемым водным объектам г. Минска в летний период. Главными факторами, ответственными за наблюдаемое разграничение сообществ, являются различие условий обитания для доминантных и широко распространенных видов птиц и степень гетерогенности условий обитания. Гетерогенность условий обитания определяет видовое богатство и видовой состав.

Наблюдаемое разграничение сообществ водоплавающих и околоводных птиц по результатам ординации определяется, в первую очередь, сильно отличающимся распределением обилия доминантных видов. На Цнянском вдхр. и, в особенности, на реке Свислочь наблюдается наибольшее скопление кряквы. Скопления чомги характерны для Чижовского и Цнянского водохранилищ. Наибольшее обилие речной крачки отмечено на пруду Лебяжем, Чижовском вдхр. и на реке. Обитание лебедя-шипуна приурочено, главным образом, к пруду в заказнике Лебяжий. Определенный вклад в разграничение сообществ вносит малочисленный и редкий вид малая выпь, обитающая на Чижовском вдхр. и в заказнике Лебяжий. Водохранилище Дрозды занимает промежуточное положение, играя, в основном, роль местообитания для кряквы, а также для чаек во время их кочевков и летующих птиц, например, чомги.

Не указанные в данном анализе такие доминантные виды, как озерная чайка, сизая чайка и лысуха, несомненно, также могут определять различие сообществ. Последнее, скорее всего, было бы видно при анализе второй и третьей осей ординации. Кроме того, стоит отметить, что для более детального раскрытия факторов, лежащих в основе выше-

описанного распределения сообществ водноболотных птиц, необходим дальнейший как многомерный, так и одномерный анализ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шитиков, В.К. Макроэкология речных сообществ: концепции, методы, модели / В.К. Шитиков, Т.Д. Зинченко, Г.С. Розенберг. – Тольятти: Кассандра, 2011. – 255 с.
2. Cintra, R. Ecological gradients influencing waterbird communities in Black Water Lakes in the Anavilhanas Archipelago, Central Amazonia / R. Cintra // International Journal of Ecology. – 2012. – P. 1–21.
3. Anderson, M.J. (2003). Canonical analysis of principal coordinates: a useful method of constrained ordination for ecology / M.J. Anderson, T.J. Willis // Ecology. – 2003. – Vol. 84. – P. 511–524.
4. Anderson, M.J. CAP: a FORTRAN computer program for canonical analysis of principal coordinates / M.J. Anderson. – New Zealand: Department of Statistics, University of Auckland, 2004. – 14 p.
5. Хлебосолов, Е.И. Единая методика учета водоплавающих и околоводных птиц на территории трехстороннего национального парка «Пасвик-Инари» / Е.И. Хлебосолов. – Рязань, 2007. – 9 с.
6. Hammer, Ø. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis / Ø. Hammer, D.A.T. Harper, P.D. Ryan // Palaeontologia Electronica. – 2001. – Vol. 4, № 1. – 9 p.

SUMMARY

The article gives description of the results of communities' ordination of waterfowls and waders of Minsk at the summer season 2011–2012 years. For ordination the canonical analysis of principal coordinates (CAP) have been taken.

Поступила в редакцию 16.01.2014 г.

Рэпазіторый БДІС