

Таким образом, выяснено, что все исследованные концентрации вызывали значимый ($p=0,95$) эффект ингибирования темпов роста *Lemna minor* L. в сравнении с контролем. Уменьшение средней удельной скорости роста растений в случае воздействия ионами меди происходит на уровне предельно допустимых концентраций и ниже (0,002 мг/л и 0,004 мг/л), что говорит о высокой чувствительности растений *Lemna minor* L. к содержанию ионов меди в воде.

При концентрации цинка 0,16 мг/л и выше наблюдается уменьшение урожайности ряски в 2 раза и выше. Кроме того, у растений, культивированных в воде с добавлением цинка в концентрациях 0,16 мг/л, 0,32 мг/л и 0,64 мг/л наблюдалось обесцвечивание молодых пластинок. Следовательно, нами предлагается рассматривать концентрацию цинка в воде 0,16 мг/л как максимальную концентрацию цинка, в которой способно существовать растение *L. minor*, перспективное с точки зрения использования его в фиторемедиации объектов окружающей среды.

При культивировании *Lemna minor* L. в водной среде с различными концентрациями меди не наблюдалось видимых признаков изменения окраски молодых пластинок растений. Максимальное уменьшение урожайности и ингибирование темпа роста изменялось в пределах $44,5 \pm 4,1$ % и $23,8 \pm 8,7$ % соответственно. Максимальная концентрация меди, в которой способно существовать растение *L. minor* не было достигнуто. Для решения данной задачи требуется проведение дальнейших экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Combination of aquatic species and safeners improves the remediation of copper polluted water / I. Panfili [et al.] // The Science of the Total Environment – 2017. – Vol. 601–602. – P. 1263–1270.
2. Ольшевская, Л.Н. Извлечение металлов из вод фитосорбентом рясковой малой (*Lemna minor*) / Л.Н. Ольшевская, Н.А. Собгайда // Техногенная и природная безопасность: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Саратов, 20–21 апреля 2017 г. / Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. – 2017. – С. 77–80.
3. Парфенов В. И. Определитель высших растений Беларуси / В.И. Парфенов. – 1999. – С. 471.
4. Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Испытание ряски на угнетение роста : ГОСТ 32426-2013 ; введ. Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 05.11.2013 № 61-П) – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2013. – 20 с.
5. Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов : Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 30.03.2015 № 13 ; Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь : 25.04.2015, 8/29808. – 17 с.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОКРАСОЧНОГО ПОЛИМОРФИЗМА СИНАНТРОПНОГО СИЗОГО ГОЛУБЯ (*Columba livia* L.) В Г. МИНСКЕ

CURRENT STATUS OF PAINTING POLYMORPHISM THE SYNANTHROPIC ROCK DOVE (*Columba livia* L.) IN THE CITY OF MINSK

И. М. Хандогий^{1,2}

I. Khandohiy^{1,2}

¹Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь
gebeg@iseu.by, handogiy@mail.ru

¹Belarusian State University, BSU, Minsk, Republic of Belarus

²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

В статье рассматриваются особенности окрасочного полиморфизма сизого голубя в условиях разнотипных городских ландшафтов разных административных центров г. Минска. Анализ экологии синантропного сизого голубя урбанизированных территорий столицы позволил выявить пространственную структуру по отношению к жилищным городским кварталам, зависящей от этажности жилой и времени жилой застройки, а также ярко выраженное доминирование черно-чеканной морфы. Делается вывод, что в городе Минске представлены основные окрасочные морфы сизого голубя. Отмечено абсолютное доминирование темноокрашенных особей (черно-чеканные – 65 %, черные – 5 %), далее по убыванию номинальная сизая окраска – 30 %, коричневые – 5 % и пегие – 6 % учтенных особей. Выявлено абсолютное преобладание во всех административных районах черно-чеканных особей, которые максимально представлены в Заводском и Фрунзенском районах – 71 и 69 % соответственно.

The article discusses the features of the color polymorphism of the rock dove in the conditions of diverse urban landscapes of different administrative centers of Minsk. An analysis of the ecology of the synanthropic rock dove in the urbanized areas of the capital made it possible to reveal the spatial structure in relation to residential urban areas, depending on the number of storeys of the residential area and the time of residential development, as well as the pronounced dominance of the black-chased morph. It is concluded that the main coloring morphs of the rock dove are represented in the city of Minsk. The absolute dominance of dark-colored individuals was noted (black-chased – 65 %, black – 5 %), then in descending order the nominal gray color – 30 %, brown – 5 % and piebald – 6 % of the registered individuals. The absolute predominance of black-chased individuals was revealed in all administrative districts, which are maximally represented in Zavodskoy and Frunzensky districts – 71 and 69 %, respectively.

Ключевые слова: сизый голубь, синантропный вид, окрасочный полиморфизм, морфотип, морфа, биоиндикация, биомониторинг.

Keywords: rock dove, synanthropic species, color polymorphism, morphotype, morph, bioindication, biomonitoring.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-193-197>

Введение. Вовлеченные в глобальный процесс антропогенного преобразования экосистем, птицы, как их составные, неизбежно вступают в процессы синантропизации и урбанизации, приобретая ряд особенностей. Урбанизация – это синантропизация в условиях города, т.е. процесс проникновения птиц из естественных ландшафтов в городской и приспособление их к обитанию в нем [1]. Синантропный вид – это вид, который может жить по соседству с человеком. Приспособление птиц к жизни в антропогенных ландшафтах – проблема общебиологическая [2]. Наиболее эффективное использование ресурсов, приводящее к увеличению численности вида, требует медленного изменения поведения и деталей экологии.

Детальным изучением окраса оперения сизого голубя занимались многие российские орнитологи [3, 4, 5, 6, 7, 8] и др. Исходный тип окраса сохраняется лишь в «диких» популяциях, а в окрасе оперения синантропного сизого голубя наблюдается полиморфизм. Среди причин дестабилизации норм окраски сизого голубя называют скрещивание с домашними породами, скрещивание *Columba livia* и *Columba intermedia*, обитающего в Туркменистане, Индии и Цейлоне, изменения, вызванные особенностями питания и ненаправленной дестабилизацией онтогенеза в городской среде, следствие адаптации к антропогенной среде. Механизмом поддержания полиморфизма в природных популяциях является преимущество гетерокариотипов [2].

Количество меланизированных особей увеличивается с возрастанием степени урбанизации, общая для всех городов тенденция – усиление степени меланизации от окраин города к центру. Отмечено предпочтение гнездовыми партнерами особей своей окрасочной морфы при образовании пар.

Соотношение морф специфично для каждой конкретной популяции и может изменяться в разных колониях: крупные (взрослые) колонии имеют устоявшийся состав морфотипов, в них меньше «феумеланистов» и альбиносов [9].

По данным Ваничевой Л.К. [10], синантропные сизые голуби, как постоянные обитатели загрязненной среды, используются в целях биоиндикации и биомониторинга. Однако, в отличие от дикой формы, популяции синантропных голубей гетерогенны по цветовым морфам, и это дает основание для использования показателей гетерогенности в качестве маркеров состояния среды их обитания. Возникают вопросы, в какой мере эта неоднородность связана с воздействием факторов среды их обитания и какой отпечаток она накладывает на использование вида при мониторинге популяции.

Разнообразие форм в природе встречается у довольно большого числа видов животных, в том числе у синантропной формы сизого голубя. У голубей, обитающих в населенных пунктах, наблюдается полиморфизм по различным морфологическим признакам, особенностям питания и некоторым другим биологическим характеристикам, но наиболее резко выраженным является полиморфизм окраски. В «диких» природных популяциях полиморфизм, характерный для городских птиц, не сильно выражен. Именно этот факт требует более глубокого изучения явления полиморфизма. Является ли полиморфизм адаптивным признаком, и если да, то по отношению к каким именно факторам среды или скорее, это патология, которая проявляется только в специфических условиях города? Данная работа представляет попытку систематизировать имеющиеся данные по окрасочному полиморфизму сизого голубя (*Columba livia*) и оценить популяции птиц по данному признаку в рамках крупного мегаполиса – города Минска.

Цель исследования – установить основные закономерности пространственного распространения различных морф окрасочного полиморфизма синантропного сизого голубя в г. Минске в зависимости от особенностей городской застройки различных административных районов.

Материал и методика. Материалом для настоящей работы послужили собственные полевые исследования, проведенные в 2015-2022 гг. по изучению экологии и пространственного распространения сизого голубя на территории 9-ти административных районов г. Минска. Основные исследования проводились в экологических условиях городской среды обитания г. Минска, который включал городские кварталы городской застройки, парки, скверы и частные индивидуальные дома. Всего для этих исследований было подобрано 39 стационаров. Учет окрасочного полиморфизма сизого голубя проводился в соответствии с особенностями окраски анатомических

фрагментов оперенья. С этой целью в работе мы использовали методику выделения окрасочных морф голубей, описанную в работе российских орнитологов [5, 10], с некоторыми изменениями и дополнениями. Окрас оперенья определяли визуально на заложенных стационарах для учета численности, маршрутах и на отдельных группах популяций сизых синантропных голубей. Для регистрации окрасочных морф в выбранных точках наблюдений скопления птиц фотографировали, морфы высоко сидящих особей уточняли в бинокль. Морфы выделяли согласно классификации, предложенной Л.К. Ваничевой и А.С. Ксенц: сизые, черные, черно-чеканные, коричневые и пегие [3, 10]. Для привлечения голубей с целью более точного определения окрасочных морф голубей использовались подсолнечные семечки.

Некоторые исследователи всех синантропных голубей по признаку окраски оперенья подразделяют на три группы: сизые (с окраской дикого типа), чёрно-чеканные и «абберранты» (Ваничева, 1997). «Абберранты» обладают необычными и относительно редкими расцветками оперенья. Они похожи по окраске на голубей домашних пород. К «абберрантам» мы относили птиц красной, меланистической, пегой морф и особи с очень редко встречающимися вариантами окраски (прочие).

Изучение полиморфизма голубей проводилось пешком. Для более мобильного учета мест их массовых скоплений и плотности населения голубя сизого использовался общественный транспорт (метро) и велосипед. Навыки определения полиморфизма сизого голубя приобретались в городских условиях при проведении учетов численности и пространственного распределения голубя сизого в условиях городской среды обитания этих птиц. Полиморфизм населения сизого голубя изучались нами круглогодично во все поры года – зима, весна, лето и осень. На основании полученных полевых данных делались расчеты динамики численности и полиморфизма.

Результаты. По нашим данным анализ численности различных морфотипов в различных административных районах г. Минска показал (табл. 1), что у синантропного сизого голубя четко выделяется наличие 5-ти морфотипов – коричневый, черный, пегий, сизый и черно-чеканный.

При сравнении средних значений показателей между морфами установлено, что численность коричневого морфотипа более неравномерно распределена по учетным площадкам г. Минска, чем другие морфотипы. Таким образом, достоверность морфотипов синантропного сизого голубя не выявлена.

Общеизвестно, что коэффициент вариации характеризует изменчивость признака. Чем меньше коэффициент вариации, тем менее изменчив признак. В однородном биологическом материале коэффициент вариации чаще всего бывает 5-10%.

Проведенный анализ отличительных особенностей морфотипов по 9-ти административных районах г. Минска показал следующую картину.

В Первомайском административном районе доминирующей окрасочной морфой является черно-чеканная – $72 \pm 41,5\%$, субдоминантной – сизая – $35 \pm 16,7\%$. Все остальные морфы – коричневая, пегая и черная незначительны и составляют $8 \pm 4,7$, $6 \pm 3,0$ и $5 \pm 3,0\%$ соответственно.

Таблица 1 – Численность различных морфотипов сизого голубя в различных административных районах г. Минска

Морфотип	N Число пробных площадок	Численность на пробной площадке			с.в.,%
		Средняя $\pm s.d$	минимальная	максимальная	
Коричневый	190	$5 \pm 4,8$	31	279	103,9
Меланисты	190	$5 \pm 4,2$	43	225	84,3
Пегий	190	$5 \pm 4,2$	43	225	84,5
Сизый	190	$6 \pm 4,8$	58	235	82,0
Черно-чеканный	190	$30 \pm 22,2$	22	700	75,1
	190	$65 \pm 55,7$	26	470	85,7

* *s.d.* – стандартное отклонение, *с.в.* – коэффициент вариации.

В данном случае, можно сделать вывод, что распределение голубей сизого и пегого морфотипов в Первомайском районе более однородно по сравнению с другими морфотипами, коэффициенты вариации которых имеют близкое значение (57,6–60,0 %).

В Центральном районе выделяется неравномерным распределением в особенности коричневый морфотип, а также меланисты. Как видно из табл.2, доминирующей морфой в этом административном районе является черно-чеканная – $67 \pm 33,7\%$. Примерно в три раза меньше сизой морфы – $25 \pm 13,2\%$. Доля остальных морф – коричневой, пегой и меланистов колеблется от $4 \pm 3,0\%$ до $7 \pm 4,0$ и $7 \pm 4,4\%$ соответственно.

Для Советского района большей величиной агрегации отличается черно-чеканный морфотип и меланисты. Для других морфотипов характерно более равномерное распределение (коэффициенты вариации находятся в пределах 45,4–52,9 %).

В Заводском районе наименее агрегированные скопления характерны для сизого и коричневого морфотипов.

Фрунзенский район отличается от других крайне неравномерным распределением всех морфотипов диких голубей, где особо выделяется коричневая морфа (коэффициент вариации равен 146,9 %).

Сравнительный анализ окрасочного полиморфизма сизого голубя в административных районах г. Минска показал, что по величине коэффициентов вариации общее распределение всех морфотипов голубей в Первомайском и Центральном районах относительно равномерно. Советский район занимает промежуточное положение. Неравномерное распределение наблюдается в Заводском районе, а также во Фрунзенском с образованием отдельных громоздких скоплений дикого голубя.

Сравнительно с другими морфотипами сизый морфотип имеет более равномерное распределение во всех районах г. Минска за исключением Фрунзенского района.

Как видно из табл. 2, максимальное количество голубей черно-чеканной формы зафиксировано во всех районах Минска. Второе место по численности занимает сизый морфотип. Величины их численности статистически достоверно отличаются. Меньшее количество голубей характерно для коричневого, пегого морфотипов и меланистов. Их численно статистически значимо отличается от черно-чеканного и сизого морфотипов.

Внутри каждого районов наблюдается такое же соотношение численности морфотипов.

Таблица 2 – Общая численность морфотипов сизого голубя в административных районах г. Минска

Район	N Число пробных площадок	n количество экземпляров	Численность на пробной площадке			с.в.,%
			Средняя $\pm s.d$	минимальная	максимальная	
Первомайский	34	588	125 \pm 61,4	31	279	48,7
Центральный	23	502	109 \pm 51,5	43	225	47,3
Советский	9	289	178 \pm 98,6	58	235	55,4
Заводской	21	468	166 \pm 172,4	22	700	105,4
Фрунзенский	91	1244	90 \pm 84,1	26	470	93,8
Ленинский	4	134	147 \pm 49,6	87	190	33,6
Московский	4	97	67 \pm 32,9	18	86	48,9
Октябрьский	4	126	69 \pm 14,6	49	84	21,2
г. Минск	190	3448	111 \pm 94,2	18	700	84,5

* *s.d.* – стандартное отклонение, *с.в.* – коэффициент вариации.

В Первомайском районе среди трех морфотипов с низкой численностью статистически достоверно выше численность коричневого морфотипа.

В Советском районе численность данных морфотипов статистически не различается.

В Центральном районе коричневый морфотип имеет самую низкую численность (его величина достоверно отличается от пегого морфотипа и меланистов).

В Заводском районе среди этих трех морфотипов достоверно выше численность пегой морфы.

В Фрунзенском районе также самая низкая численность характерно для коричневого, пегого морфотипов и меланистов. Величина их численности имеет близкие значения и достоверно не различается.

Вывод. Таким образом, в городе Минске представлены основные окрасочные морфы сизого голубя. Отмечено абсолютное доминирование темноокрашенных особей (черно-чеканные – 65 %, черные – 5 %), далее по убыванию номинальная сизая окраска – 30 %, коричневые – 5 % и пегие – 6 % учтенных особей. Выявлено абсолютное преобладание во всех административных районах черно-чеканных особей, которые максимально представлены в Заводском и Фрунзенском районах – 71 и 69 % соответственно. Сизая морфа представлена во всех районах, максимально в Первомайском – 35 %, минимально в Заводском – 27%. Коричневая морфа встречается минимально во всех административных районах (3–7 %).

ЛИТЕРАТУРА

1. Аринина, А.В. Адаптивные особенности сизого голубя (*Columba livia* L.) в условиях урбанизированной среды: на примере города Казани / А.В. Аринина: автореф. дисс. канд. биол. наук: 03.00.16 – экология. – Казань, 2007. – 20 с.
2. Рахимов, И.И. Преадаптации сизого голубя к заселению урбанизированной среды / И.И. Рахимов, А.В. Аринина // Экологический вестник Чувашской республики: мат-лы Всероссийской науч.-практ. конф. «Изучение птиц Волжско-Камского края» 24-26 марта 2007 г., Чебоксары Чувашской республики. – Чебоксары, 2007. – С. 283–285.
3. Ксенц, А.С. Структура полиморфных популяций сизого голубя и вопросы его эстетико - хозяйственного значения / А.С. Ксенц: автореф. дисс. канд. биол. наук: 03.00.08 – зоология. – Томск, 1982. – 22 с.
4. Москвитин, С.С. О различии основных окрасочных морф синантропных *Columba livia* Gm. по ряду эстетических и интерьерных характеристик / С.С. Москвитин, А.С. Ксенц // Экология. – № 5. – 1982. – С. 72–73.
5. Обухова, Н.Ю. Изменчивость окраски в городских популяциях сизых голубей (*Columba livia*). Возможные механизмы поддержания полиморфизма / Н.Ю. Обухова, А.Г. Креславский // Зоологический журнал. – М.: Наука, 1985. – Том 64. – № 11. – С. 1685–1694.

6. Пономарев, В.А. Особенности окраски сизых голубей в урбанизированных популяциях / В.А. Пономарев // Природа и человек. Антропогенное воздействие на окружающую среду: IV научн.- практ. конф. 23–24 нояб. 2005 г. – Иваново, 2005. – С. 68–70.
7. Салимов, Р.М. Окрасочный полиморфизм синантропных сизых голубей Урала и сопредельных территорий / Р. М. Салимов: автореф. дисс. канд. биол. наук: 03.10.08 – зоология. – Екатеринбург, 2008. – 21 с.
8. Obukhova, N.Y. Geographic Variation of Color in the Synanthropic Blue Rock Pigeon / N.Y. Obukhova // Russian Journal of Genetics. – М.: Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation), 2001. – Том 31. – № 6. – Р. 649–658.
9. Хандогий, И.М. Особенности окрасочного полиморфизма сизого голубя (*Columba livia*) в районных административных центрах Минской области / И.М. Хандогий // XVI Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы экологии» (22-24 сентября 2021 года, г. Гродно). – Гродно: ГрГУ, 2021. – С. 345–347.
10. Ваничева, Л.К. Синантропные популяции сизых голубей и их использование при мониторинге тяжелых металлов промышленных центрах Западной Сибири / Л.К. Ваничева: автореф. дисс. канд. биол. наук: 03.00.08 – зоология. – Новосибирск, 1997. – 19 с.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ЭКОЛОГИЯ ПТИЦ ПАРКОВЫХ ЗОН Г. МИНСКА BIODIVERSITY AND ECOLOGY OF BIRDS IN THE PARK ZONES OF MINSK

**А. В. Хандогий^{1,2}, Е. К. Свистун^{1,2}, И. В. Губич⁴, В. В. Гнилозуб⁴,
Н. А. Анищенко⁴, А. Д. Петкевич⁴, А. А. Неверко⁴, М. П. Шачонок³, А. А. Грачок³,
И. Д. Василевский³, П. А. Требеко³, Д. И. Запотьлок^{1,2}, М. А. Богачева^{1,2}
A. V. Khandogiy^{1,2}, E. K. Svistun^{1,2}, I. V. Gubich⁴, V. V. Rottooth⁴, N. A. Anishchenko⁴,
A. D. Petkevich⁴, A. A. Neverko⁴, M. P. Shachonok³, A. A. Grachok³, I. D. Vasilevsky³,
P. A. Trebeko³, D. I. Zapotylok^{1,2}, M. A. Bogacheva^{1,2}**

¹Белорусский государственный университет, БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

handogiy@mail.ru; svistyn.alena@yandex.by; potolok.d@mail.ru; net7749@mail.ru

³Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка, г. Минск, Республика Беларусь

m.shachi@mail.ru; anteges@yandex.by; vasilevskiy@mail.ru; trubeko04@mail.ru

⁴Государственное учреждение образования «Средняя школа № 196 г. Минска», г. Минск, Республика Беларусь

igor-1995-1@mail.ru; alublumajnkraft66@gmail.com; petkevich.alinka@gmail.com; gnizozubvalera1@gmail.com; mr.nikitanikita83@gmail.com

¹Belarusian State University, BSU, Minsk, Republic of Belarus

²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

³Belarusian State Pedagogical University M. Tanka, Minsk, Republic of Belarus

⁴State Educational Institution "Secondary School No. 196 in Minsk" Minsk, Republic of Belarus

В статье рассматриваются особенности экологии птиц в парках г. Минска. Определена территориальная неоднородность количественных показателей населения птиц. Выявлены факторы, угрожающие птицам в урбанизированной местности. Предлагаются меры по сохранению видового разнообразия орнитофауны и улучшению экологических условий местообитаний в парках столицы, такие как создание специальных зон отдыха людей на окраинах парковых территорий, сохранение древесных пород, посадка деревьев и кустарников, сохранение лесной подстилки, установка штучных гнездовий и кормушек, использование для ночного освещения более современных осветительных приборов, пропаганда охраны и сохранения орнитофауны, воспитание у граждан гуманного и бережного отношения к животному миру. Делается вывод, что сохранение биоразнообразия птиц должно решаться комплексно, в зависимости от экологической специфики того или иного вида птиц и конкретного парка.

The article discusses the features of the ecology of birds in the parks of Minsk. The territorial heterogeneity of quantitative indicators of the bird population was determined. Factors that threaten birds in urban areas have