

УДК 598.21.9:504.74.054

ХАРАКТЕРИСТИКА РЕПРОДУКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПТИЦ-ДУПЛОГНЕЗДНИКОВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

© 1995 г. Е. А. Бельский, В. С. Безель, А. Г. Ляхов

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Поступила в редакцию 07.04.94 г.

Изучали влияние выбросов медеплавильного завода на репродуктивные параметры большой синицы, московки и мухоловки-пеструшки. С ростом токсической нагрузки, определяемой по уровню тяжелых металлов в желудочно-кишечном тракте и фекалиях, достоверно снижаются успешность гнездования и количество слетков на гнездо. Успешность выкармливания падает лишь у мухоловки-пеструшки, испытывающей наибольшую среди изученных видов нагрузку. Показатели роста и развития птенцов перед вылетом из гнезда (масса тела, длина крыла, хвоста) отрицательно коррелируют с накоплением тяжелых металлов в скелете.

Благополучие популяций птиц в условиях техногенного загрязнения природной среды в значительной мере определяется интенсивностью процессов их воспроизводства. Этот важнейший популяционный показатель представляет собой несколько последовательных этапов, характеризующихся размером кладки, количеством вылупившихся птенцов, процессами выкармливания, роста и развития птенцов, а также количеством слетков на размножавшуюся пару. Значимость данных этапов для оценки репродуктивных параметров популяции при воздействии антропогенных факторов заключается не только в высокой чувствительности к токсическому воздействию ранних стадий онтогенеза, но и в том, что последующие стадии пререпродуктивного периода у молодых птиц характеризуются значительной дисперсией даже у оседлых видов. Именно методическая доступность гнездового периода позволяет вскрыть механизмы токсического воздействия поллютантов на процессы воспроизводства у птиц.

Ранее мы рассмотрели влияние атмосферных выбросов медеплавильного производства на ранние стадии гнездового периода птиц-дуплогнездников (размер кладки, параметры яиц, успешность инкубации) (Бельский и др., 1995). В настоящей работе речь идет о последующих этапах периода гнездования, до момента вылета птенцов из гнезда¹

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В 1989 - 1993 гг. изучали успешность гнездования лесных дуплогнездников в окрестностях ме-

деплавильного завода на Среднем Урале. Исследования были проведены на большой синице (*Parus major*), московке (*Parus ater*) и мухоловке-пеструшке (*Ficedula hypoleuca*).

Искусственные гнездовья были вывешены в одном коренном типе леса (пихто-ельник с примесью сосны и мелколиственных пород), в импактной (1 - 2.5 км от завода), буферной (4 - 4.5 км) и фоновой (20 км) зонах. При посещениях гнезд отмечали размер кладки и количество птенцов. У большой синицы учитывали только первые кладки.

Успешность гнездования определяли как долю слетков от числа яиц в гнезде для всех начатых кладок любой дальнейшей судьбы. Однако из анализа исключали все случаи гибели гнезд, явно не связанные с техногенным загрязнением: разоренные дятлами, погибшие при лесном пожаре и т.п. Этот показатель включает в себя процесс эмбриогенеза, который в значительной мере определяется состоянием репродуктивных функций родительской пары и оценивается количеством вылупившихся птенцов. Вместе с тем в последующий период выкармливания птенцов усиливается непосредственное воздействие на их организм токсикантов, поступающих с кормом. Эффективность этого этапа (успешность выкармливания) характеризовали долей слетков от количества вылупившихся птенцов.

Накануне вылета из гнезда (во второй половине дня) птенцов взвешивали на чашечных весах с точностью до 0.1 г. Измеряли длину крыла с точностью до 0.5 мм и хвоста с точностью до 0.1 мм. Возраст птенцов к моменту замеров составлял у мухоловки-пеструшки 14 сут, московки - 15 сут, большой синицы - 16 сут. Так как масса птенцов часто зависит от размера выводка, для сравнения по зонам нагрузки брали средние и большие

¹ Работа выполнена при содействии Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 94-04-12866-а.

выводки (у большой синицы 8 - 12 птенцов в гнезде, москочки - 5 - 10, мухоловки-пеструшки - 4 - 7).

При посещениях гнезд для химического анализа собирали свежие фекалии, трупы птенцов, а также забирали часть птенцов накануне их вылета из гнезда. В фекалиях, содержащем желудочно-кишечного тракта (жкт), скелете птенцов методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии определяли концентрации тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Zn).

Показателем реальной токсической нагрузки на организм птиц мы считаем поступление загрязнителей с кормом. Из широкого спектра поллютантов, выбрасываемых медеплавильным заводом (тяжелые металлы, двуокись, серы, фториды), в качестве маркеров загрязнения мы рассматриваем тяжелые металлы (Pb, Cu, Cd, Zn). Содержание токсикантов в корме коррелирует с уровнями их в жкт и фекалиях животных. Поскольку состав корма гнездовых птенцов и их родителей в значительной мере совпадает (Иноземцев, 1978), то представляется возможным нагрузку, определяемую по уровням загрязнителей в фекалиях птенцов, распространять и на взрослых птиц. Суммарную токсическую нагрузку определяли в каждой выделенной зоне как среднее превышение концентраций тяжелых металлов над фоновым уровнем:

$$S = \frac{1}{n} \sum \frac{C_{ij}}{C_{if}}$$

где суммирование ведется по n токсическим элементам; C_{ij} - концентрация i -го элемента в фекалиях и жкт птенцов в зоне j ; C_{if} - концентрация того же элемента в фекалиях из фоновой зоны. В качестве C_{if} приняты показатели большой синицы, поскольку абсолютные концентрации тяжелых металлов на контрольном участке у этого вида меньше, чем у мухоловки-пеструшки.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Величины токсической нагрузки на локальные популяции мухоловки-пеструшки и большой синицы в разных зонах загрязнения приведены в табл. 1. Содержание тяжелых металлов в скелете птенцов перед вылетом из гнезда возрастает в зонах загрязнения. Достоверное превышение фоновых уровней в скелете птенцов из импактной зоны отмечено у всех трех видов по свинцу (в 1.3 - 2.9 раза), причем самое большое увеличение концентрации (в 2.9 раза), зарегистрировано у большой синицы в импактной зоне. У других видов содержание свинца в скелете в буферной зоне также достоверно превышает значения с контрольного участка. Диапазон изменения концентраций цинка был гораздо уже (накопление этого элемента у всех видов не превышало 1.2-кратно-

Таблица 1. Суммарная токсическая нагрузка и концентрации тяжелых металлов в скелете птенцов дуплогнездников в разных зонах загрязнения

Вид и металл	Зона нагрузки		
	импактная	буферная	фоновая
Токсическая нагрузка, отн. ед.			
Мухоловка-пеструшка	9.97	5.76	2.18
Большая синица	3.81	1.68	1.00
Металлы в скелете, мкг/г воздушно-сухой массы			
Мухоловка-пеструшка			
Pb	20.9 ± 2.4*	34.9 ± 2.1*	14.8 ± 0.9
Cu	2.8 ± 0.1*	2.2 ± 0.1	2.3 ± 0.1
Cd	0.9 ± 0.1	1.1 ± 0.1	0.9 ± 0.1
Zn	260.0 ± 5.8*	228.5 ± 5.9	220.6 ± 5.1
n	4	16	22
Большая синица			
Pb	21.6 ± 2.2*	-	7.4 ± 1.0
Cu	3.6 ± 0.2*	-	2.6 ± 0.1
Cd	0.7 ± 0.1	-	0.7 ± 0.1
Zn	233.9 ± 12.5*	-	196.4 ± 7.4
n	14	-	12
Москочка			
Pb	23.7 ± 1.4*	26.8 ± 2.5*	18.6 ± 1.8
Cu	4.1 ± 0.1	3.8 ± 0.1	4.0 ± 0.2
Cd	0.9 ± 0.1	1.3 ± 0.2	0.9 ± 0.1
Zn	290.7 ± 8.4*	235.3 ± 7.8	240.1 ± 7.9
n	6	7	6

* Достоверные отличия ($p < 0.05$) от фонового уровня.

го), различия достоверны у всех рассматриваемых дуплогнездников. Содержание меди в скелете птенцов большой синицы и мухоловки-пеструшки в импактной зоне также достоверно выше фонового (в 1.2 и 1.4 раза соответственно). Уровни кадмия в скелете птенцов всех видов практически не зависели от уровня токсической нагрузки.

Успешность выкармливания птенцов в импактной зоне достоверно отличается от фоновых значений только у мухоловки-пеструшки (табл. 2) - у нее этот показатель снизился в 1.2 раза. Успешность выкармливания у синиц практически не зависела от уровня нагрузки.

Успешность гнездования у всех обсуждаемых видов достоверно падает в зоне наибольшего

Таблица 2. Количество вылупившихся птенцов на гнездо (над чертой) и успешность выкармливания (% – под чертой) у дуплогнездников в разных зонах нагрузки (в скобках – количество гнезд)

Вид	Зона нагрузки		
	импактная	буферная	фоновая
Мухоловка-пеструшка	$2.91 \pm 0.40^*$ (22)	$4.75 \pm 0.51^*$ (16)	5.86 ± 0.15 (92)
	$76.9 \pm 7.9^*$ (18)	95.2 ± 3.1 (13)	92.9 ± 2.0 (77)
Большая синица	8.43 ± 0.68 (21)	9.33 ± 0.51 (6)	9.50 ± 0.39 (6)
	90.9 ± 4.0 (19)	79.1 ± 8.5 (5)	95.0 ± 4.6 (6)
Московка	6.63 ± 0.83 (8)	8.38 ± 0.39 (13)	8.30 ± 0.38 (10)
	90.5 ± 5.0 (7)	89.2 ± 7.3 (13)	85.3 ± 8.2 (9)

* Достоверные отличия ($p < 0.05$) от фонового уровня.

Таблица 3. Успешность гнездования (% – над чертой) и количество слетков на гнездо (под чертой) дуплогнездников в разных зонах нагрузки (в скобках – количество гнезд)

Вид	Зона нагрузки		
	импактная	буферная	фоновая
Мухоловка-пеструшка	$34.4 \pm 6.2^*$ (28)	$59.1 \pm 8.6^*$ (19)	78.7 ± 3.3 (79)
	$1.50 \pm 0.29^*$ (28)	$3.89 \pm 0.57^*$ (19)	5.10 ± 0.21 (83)
Большая синица	$49.4 \pm 7.7^*$ (28)	$47.3 \pm 12.1^*$ (9)	84.9 ± 5.0 (7)
	$5.13 \pm 0.81^*$ (30)	$4.89 \pm 1.26^*$ (9)	9.00 ± 0.45 (7)
Московка	$50.2 \pm 10.4^*$ (14)	81.2 ± 7.6 (13)	81.8 ± 7.4 (9)
	$4.20 \pm 0.91^*$ (15)	7.38 ± 0.72 (13)	7.10 ± 0.70 (10)

* Достоверные отличия ($p < 0.05$) от фонового уровня.

загрязнения (табл. 3). У большой синицы этот показатель в импактной зоне снизился по сравнению с контролем в 1.7 раза, а в буферной – в 1.4 раза; у мухоловки-пеструшки соответственно в 2.3 и 1.3 раза ниже фонового уровня. У московки резкие отличия от фоновых значений (в 1.5 раза) наблюдаются лишь в импактной зоне.

В целом количество слетков на гнездо (включая неуспешные гнезда) достоверно падает в импактной зоне у всех изученных видов. Наиболее резко по сравнению с фоновой территорией этот показатель снизился у мухоловки-пеструшки: в 3.4 раза – в импактной зоне и в 2.6 раза – в буферной. Соответствующее снижение у большой синицы составило в импактной зоне 1.8 раза, а в буферной – 1.4 раза. Количество слетков на гнездо у московки в импактной зоне меньше контрольного уровня в 1.5 раза.

Пониженная масса тела птенцов перед вылетом из гнезда отмечена в импактной зоне у всех

изучаемых видов, однако достоверно – лишь у синиц (табл. 4). Масса тела слетков большой синицы в импактной зоне составила 91.4% от фонового уровня, московки – 90.2%. У мухоловки-пеструшки и большой синицы эти показатели в буферной и фоновой зонах практически совпадают, в то время как у московки описываемый параметр в буферной зоне также достоверно меньше контрольного.

Длина крыла и хвоста, как показатели развития, характеризующие готовность птенцов к самостоятельной жизни, были измерены у двух видов (см. табл. 4). Птенцы мухоловки-пеструшки и большой синицы в буферной и фоновой зонах практически не различались по длине крыла. Этот показатель для слетков обоих видов в импактной зоне был достоверно ниже фонового. Средняя длина хвоста слетков этих же видов в импактной зоне достоверно меньше контрольного показателя.

ОБСУЖДЕНИЕ

На процесс выкармливания птенцов на загрязненной территории оказывают влияние два противоположно направленных фактора. С одной стороны, на результативности инкубации и выкармливания птенцов в гнезде сказывается прямое токсическое воздействие загрязнителей. С другой стороны, уменьшение числа вылупившихся птенцов на гнездо ведет к увеличению количества корма, приходящегося на каждого птенца в гнезде на загрязненной территории, что должно повышать эффективность выкармливания.

Рассматриваемый показатель успешности выкармливания интегрирует действие упомянутых факторов, отражая некоторый суммарный эффект. Так, несмотря на то, что у мухоловки-пеструшки исходный размер выводка на фоновой территории примерно в 2 раза больше, чем на импактной, успешность выкармливания у этого вида на контрольном участке в 1.2. раза выше (см. табл. 2). Вероятно, снижение последнего показателя в зоне максимального загрязнения объясняется как возможным изменением качества корма, так и нарушением физиологических процессов у птенцов вследствие интоксикации. Так, у некоторых живых и погибших птенцов этого вида в импактной зоне мы отмечали размягчение костей конечностей и их переломы, не наблюдавшиеся на контрольном участке.

У большой синицы уменьшение исходного размера выводка и успешности выкармливания птенцов на территории с сильным загрязнением выражено не столь четко. Небольшое снижение количества птенцов на гнездо (с 9.50 на фоновой территории до 8.43 в импактной зоне) сопровождается практически равным их выживанием в последующий период.

Отметим еще одно обстоятельство, влияющее на успешность гнездования и прямо связанное с состоянием птиц-родителей. Речь идет об оставлении самками незаконченных кладок. Их доля в импактной зоне составила у мухоловки-пеструшки 31.0% при 3.9% на фоновой территории, у большой синицы и московки 29.0 и 31.3% соответственно (при отсутствии брошенных кладок в контроле). В основе этого явления, вероятно, лежит нарушение поведения размножающихся самок вследствие воздействия токсикантов. Усиление пресса хищников в импактной зоне маловероятно, так как мы не наблюдали увеличения обилия орнитофагов вблизи завода.

Если из расчетов эффективности гнездования исключить брошенные кладки, то и в этом случае снижение успешности гнездования у мухоловки-пеструшки в импактной зоне останется достоверным: 45.9% при 82.9% на контрольном участке. Учет этого фактора у синиц показывает, что ус-

Таблица 4. Масса тела, длина крыла и хвоста птенцов дуплогнездников перед вылетом из гнезда в разных зонах нагрузки (в скобках – объем выборки)

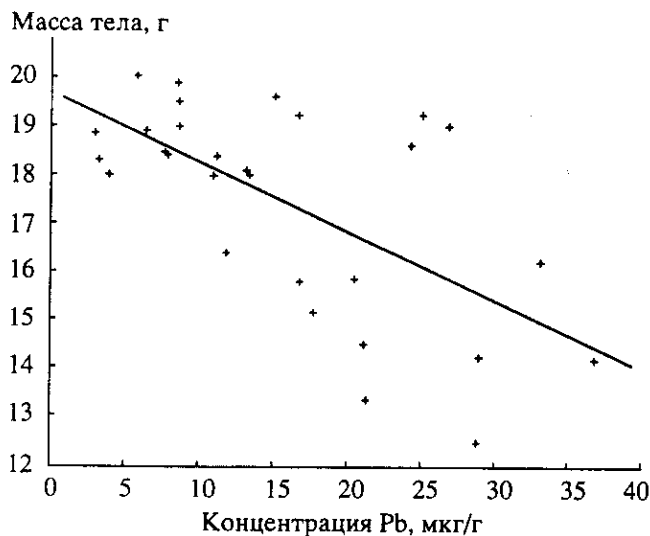
Вид	Зона нагрузки		
	импактная	буферная	фоновая
Масса, г			
Мухоловка-пеструшка	13.35 ± 0.45 (16)	13.92 ± 0.11 (63)	13.95 ± 0.07 (311)
Большая синица	16.93 ± 0.18*	18.27 ± 0.21 (18)	18.52 ± 0.18 (54)
Московка	9.17 ± 0.16*	9.65 ± 0.09*	10.17 ± 0.10 (41)
Длина крыла, мм			
Мухоловка-пеструшка	53.8 ± 0.6*	55.5 ± 0.3 (61)	55.2 ± 0.2 (267)
Большая синица	56.6 ± 0.3*	58.4 ± 0.2 (18)	58.6 ± 0.4 (44)
Длина хвоста, мм			
Мухоловка-пеструшка	16.1 ± 0.5*	19.1 ± 0.3*	17.9 ± 0.2 (248)
Большая синица	29.2 ± 0.3*	30.7 ± 0.4*	32.0 ± 0.5 (44)

* Достоверные отличия ($p < 0.05$) от фонового уровня.

пешность гнездования практически не зависит от степени загрязненности территории.

В качестве интегральной оценки процессов воспроизводства в популяциях птиц, учитывающей все перечисленные проявления токсического действия, можно принять количество слетков на каждую попытку размножения. Этот показатель однозначно уменьшается у всех рассматриваемых видов птиц в градиенте нагрузки (см. табл. 3).

Наши данные согласуются с данными других авторов по большой синице. В окрестностях завода минеральных удобрений (Книстаутас, 1983) средняя величина выводка (6.47 ± 0.38) достоверно ниже фонового уровня (9.55 ± 0.27). В черте крупного города в ФРГ (Schmidt et al., 1983) на пару больших синиц приходится 2.92 слетка против 6.26 в лесу. Авторы делают вывод, что при такой успешности гнездования группировка этого вида на данной территории не воспроизводит себя и существует за счет иммиграции. Изучаемая нами локальная популяция больших синиц в импактной зоне, по-видимому, не переступила за этот порог. В то же время



Зависимость массы тела птенцов большой синицы перед вылетом из гнезда от концентрации свинца в скелете.

у мухоловки-пеструшки количество слетков на гнездо явно недостаточно для воспроизводства их группировки в зоне максимального загрязнения.

Таким образом, рассматривая успешность выкармливания и гнездования в качестве показателя состояния репродуктивных функций птиц, отметим, что наиболее чувствительным видом является мухоловка-пеструшка, в наибольшей степени подверженная токсической нагрузке (см. табл. 1). Большая синица оказалась более резистентным видом, воздействие загрязнителей на который в наибольшей степени реализуется прежде всего через токсические проявления у птиц-родителей (увеличение числа брошенных незавершенных кладок и некоторое уменьшение количества вылупившихся птенцов).

С нашей точки зрения, важнейшим экодиагностическим признаком является мера вариативности рассматриваемых выше параметров. По этому показателю все обсуждаемые характеристики процесса воспроизводства однозначно указывают на наличие токсического воздействия на репродуктивные функции птиц. Так, по показателю успешности гнездования значительное увеличение коэффициента вариации в импактной зоне отмечено у мухоловки-пеструшки (с 36.8% на контрольном участке до 95.9%), большой синицы (с 15.7 до 82.0%) и москочки (с 27.2 до 77.6%).

Аналогично возрастает и вариативность количества слетков на каждое гнездо: у мухоловки-пеструшки – с 37.1 до 101.6%, у большой синицы – с 13.2 до 85.9%, у москочки – с 31.2 до 83.5%. А.Ю. Кнισταутас (1983) отметил, что в ок-

рестностях завода минеральных удобрений в Литве коэффициент вариации размера выводка у большой синицы возрастает с 13.2 до 22.5%.

Наблюдаемый нами рост вариативности всех репродуктивных показателей в импактной зоне (в 2 - 6 раз), несомненно, свидетельствует о наличии в локальных популяциях птиц стрессорирующих факторов, связанных с загрязнением среды обитания.

Обсуждая судьбу группировок птиц в зоне интенсивного техногенного загрязнения, необходимо учитывать не только упомянутые выше формальные показатели количества потомства. Выживание молодых в период перехода к самостоятельной жизни определяется степенью развития слетков, их физиологическим и функциональным состоянием к моменту вылета из гнезда.

К важнейшим характеристикам принадлежит масса птенцов накануне вылета из гнезда, характеризующая энергоресурсы слетков и обуславливающая их выживаемость в первый год жизни (Perrins, 1965). Этот показатель у изученных нами видов уменьшается при увеличении токсической нагрузки. Следовательно, можно полагать, что птенцы из гнезд в загрязненных зонах имеют меньше шансов на выживание в первый период самостоятельной жизни. Недостовверное снижение массы птенцов мухоловки-пеструшки в импактной зоне, вероятно, связано с меньшими размерами выводков в зоне максимального загрязнения. Токсическое воздействие поллютантов на рост птенцов здесь, по-видимому, компенсируется увеличением количества корма, приходящегося на каждого птенца.

Наши результаты согласуются с данными других авторов. Так, описано (Bettessem et al., 1983) уменьшение массы птенцов большой синицы в городской черте по сравнению с лесным районом, хотя размер выводков в городе был ниже. При этом коэффициент вариации массы птенцов увеличивался с 12.0 до 22.1%. В качестве причины указанные авторы рассматривают изменение кормовых условий, но вероятно также роль загрязнения: у птиц во Франкфурте наблюдаются повышенные концентрации тяжелых металлов в оперении (Breitschwerdt et al., 1987).

Важным аргументом в пользу токсической обусловленности наблюдаемых отклонений в развитии птенцов является наличие корреляционной связи этих показателей с уровнями накапливаемых ими токсических элементов. Мы проанализировали содержание тяжелых металлов в скелетах птенцов (см. табл. 1). Увеличение токсической нагрузки приводит к повышенному накоплению металлов в скелете. Для большой синицы отмечена сильная положительная связь между содержанием металлов в ЖКТ и скелете: коэффициент

линейной корреляции для свинца $r = 0.74$, для меди $r = 0.56$ ($n = 25$).

Отмечена также сильная отрицательная связь между содержанием металлов в скелете и массой птенцов перед вылетом из гнезда. У большой синицы коэффициент линейной корреляции для свинца составил $r = -0.61$ (см. рисунок), для меди $r = -0.65$, для цинка $r = -0.82$, для кадмия $r = -0.35$ ($n = 29$). У мухоловки-пеструшки наблюдается достаточно тесная связь массы с концентрацией в скелете лишь меди: $r = -0.49$ ($n = 41$). Три птенца большой синицы с максимальными уровнями металлов в скелете (меди 9.0 - 10.1, цинка 350.0 - 405.6, кадмия 1.2 - 1.3 и свинца 17.7 - 21.3 мкг/г) обладали пониженной массой тела (13.4 - 15.2 г) и погибли в гнезде, не сумев вылететь. Можно полагать, что их истощение, приведшее к гибели, – результат токсического действия этих элементов.

Помимо большой синицы, для оценки предельных уровней накопления тяжелых металлов в скелете воробьиных исследовали птенцов горихвостки (*Phoenicurus phoenicurus*). Птицы этого вида кормятся в основном на земле, реже схватывают добычу в воздухе и мало обследуют листья растений (Menzel, 1971). Наряду с чешуекрылыми, которые характерны для рациона большой синицы, в корме горихвостки доминируют пауки, жуки, муравьи и двукрылые (Птушенко, Иноземцев, 1968; Menzel, 1971). По данным ряда авторов (см. обзор Покаржевский, 1985; Бутовский, 1990), вторичные консументы, к которым принадлежат многие представители вышеперечисленных групп, содержат в целом больше тяжелых металлов (в особенности свинца), чем первичные консументы (чешуекрылые). В связи со спецификой рациона у горихвостки следовало ожидать более высоких уровней накопления токсикантов, чем у большой синицы. В скелете семи птенцов горихвостки, погибших перед вылетом из гнезда, обнаружены значительные концентрации металлов: свинца 94.2 - 129.7, меди 10.9 - 58.3, кадмия 1.5 - 5.7, цинка 300.5 - 484.2 мкг/г воздушно-сухой массы. Увеличение концентраций, регистрируемое по всем обсуждаемым элементам, в наибольшей степени проявляется для свинца и меди: в 5 - 8 раз по сравнению с наблюдаемыми уровнями для других видов-дуплогнездников в импактной зоне. Несомненно, что гибель этих птенцов обусловлена отравлением.

Развитие оперения – процесс более консервативный, чем рост тела (изменение массы), и в меньшей степени зависит от внешних условий (Зимин, 1988). Тем не менее мы отметили достоверное уменьшение длины крыла и хвоста птенцов мухоловки-пеструшки и большой синицы в импактной зоне (см. табл. 4). Длина крыла птенцов большой синицы отрицательно коррелирует с содержанием в скелете свинца ($r = -0.34$), меди

($r = -0.41$) и цинка ($r = -0.63$; $n = 26$), а длина хвоста – с накоплением в костях свинца ($r = -0.33$), меди ($r = -0.47$), цинка ($r = -0.63$). Подобной корреляции у птенцов мухоловки-пеструшки почти не отмечается. Наблюдаемое снижение локомоторных качеств птенцов в импактной зоне вследствие меньшего развития оперения может привести к меньшей (по сравнению с контролем) их выживаемости.

ВЫВОДЫ

1. Изучение видов птиц-дуплогнездников, обитающих в условиях загрязнения природной среды техногенными поллютантами, показало, что в одних и тех же стациях величина токсической нагрузки, определяемой поступлением тяжелых металлов с кормом, может существенно различаться у разных видов. Максимальное токсическое воздействие испытывают мухоловка-пеструшка и, возможно, горихвостка, наименьшее – большая синица.

2. В соответствии с высоким уровнем техногенной нагрузки у всех видов в импактной зоне отмечено достоверное превышение фоновых уровней свинца, меди и цинка в скелете птенцов перед вылетом из гнезда.

3. Успешность выкармливания только у мухоловки-пеструшки достоверно снижалась с увеличением нагрузки. Успешность гнездования и количество слетков на попытку размножения у всех изученных видов достоверно снижались в градиенте загрязнения.

4. Показатели роста и развития птенцов отрицательно коррелируют с накоплением тяжелых металлов в скелете. Масса тела птенцов перед вылетом из гнезда достоверно уменьшалась в зоне максимального загрязнения у московки и большой синицы. У последней и у мухоловки-пеструшки наблюдается аналогичное сокращение длины крыла и хвоста птенцов, испытывающих наибольшую нагрузку.

5. Среди рассмотренных показателей состояния репродуктивных функций птиц наибольшей резистентностью по отношению к техногенному загрязнению обладает показатель успешности выкармливания, характеризующий долю слетков от количества вылупившихся птенцов. Наиболее сильно в градиенте токсической нагрузки изменяется показатель успешности гнездования и количества слетков на гнездо.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бельский Е.А., Безель В.С., Поленц Э.А. Ранние стадии гнездового периода птиц-дуплогнездников в условиях техногенного загрязнения // Экология. 1995. № 1.
Бутовский Р.О. Автотранспортное загрязнение и энтомофауна // Агрехимия. 1990. № 4. С. 139 - 150.

- Зимин В.Б.* Экология воробьиных птиц Северо-Запада СССР. Л.: Наука, 1988. 184 с.
- Иноземцев А.А.* Роль насекомоядных птиц в лесных биоценозах. Л.: Изд. ЛГУ, 1978. 264 с.
- Книстаутас А.Ю.* Гнездование большой синицы в условиях загрязненной воздушной среды // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1983. Т. 88. Вып. 2. С. 17 - 21.
- Покаржевский А.Д.* Геохимическая экология наземных животных. М.: Наука, 1985. 300 с.
- Птушенко Е.С., Иноземцев А.А.* Биология и хозяйственное значение птиц Московской области и сопредельных территорий. М.: Изд. МГУ, 1968. 462 с.
- Berressem K.G., Berressem H., Schmidt K.-H.* Vergleich der Brutbiologie von Höhlenbrütern in innerstädtischen und stadtfernen Biotopen // J. Ornithol. 1983. 124. № 4. S. 431 - 445.
- Breitschwerdt G., Schmidt K.-H.* Populationskologische Ergebnisse aus Biomonitoruntersuchungen bei der Kohlmeise (*Parus major*) // J. Ornithol. 1987. 128. № 1. S. 111 - 113.
- Menzel H.* Der Gartenrotschwanz *Phoenicurus phoenicurus*. Wittenberg Lutherstadt: A. Ziemsen Verlag, 1971. 123 s.
- Perrins C.M.* Population fluctuations and clutch-size in the great tit, *Parus major* L. // J. Anim. Ecol. 1965. 34. № 3. P. 601 - 647.
- Schmidt K.-H., Steinbach J.* Niedriger Bruterfolg der Kohlmeise (*Parus major*) in städtischen Parks und Friedhofen // J. Ornithol. 1983. 124. S. 81 - 83.