

V Всероссийская  
научно-практическая конференция  
**Биологические системы:  
устойчивость, принципы  
и механизмы функционирования**



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Нижнетагильский государственный  
социально-педагогический институт (филиал)  
ФГАОУ ВО «Российский государственный  
профессионально-педагогический университет»

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ:  
УСТОЙЧИВОСТЬ, ПРИНЦИПЫ И МЕХАНИЗМЫ  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

Сборник статей  
V Всероссийской научно-практической конференции  
1–4 марта 2017 года

Нижний Тагил  
2017

УДК 574(063)  
ББК 20.1я431  
Б633

Печатается по решению Ученого совета НТГСПИ (протокол № 4 от 22.12.2016)

**Биологические системы: устойчивость, принципы и механизмы функционирования** : материалы V Всерос. науч.-практ. конф. Нижний Тагил, 1–4 марта 2017 г. / отв. ред. Т. В. Жуйкова. – Нижний Тагил: Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал) ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2017. – 384 с.

ISBN 978-5-8299-0343-5

Рецензенты:

*В. С. Безель*, д-р биол. наук, профессор, ФГБУН «Институт экологии растений и животных»;

*М. М. Ишмуратова*, д-р биол. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет».

В сборнике представлены материалы V Всероссийской научно-практической конференции, проходившей на базе Нижнетагильского государственного социально-педагогического института (филиала) ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет» 1–4 марта 2017 г. Работы посвящены исследованию биологических систем организменного и надорганизменного уровней, проблемам экологической геохимии, вопросам устойчивости биологических систем к техногенному воздействию, экологическим проблемам антропогенно нарушенных биотопов и особо охраняемых природных территорий, методологическим подходам в исследованиях биологических систем разного уровня и биогеохимического мониторинга, современным проблемам экологии человека.

Материалы сборника представляют интерес для биологов, экологов, географов и химиков широкого профиля, научных сотрудников, молодых исследователей, преподавателей и студентов биологическо-химических и эколого-географических специальностей высшей школы.

ISBN 978-5-8299-0343-5

© Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал) ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2017;  
© Авторы статей, 2017

УДК 57.045

*Бельский Е. А., Бельская Е. А.*

*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*

**ВОСПРОИЗВОДСТВО МУХОЛОВКИ-ПЕСТРУШКИ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ РАЗМНОЖЕНИЯ И СЕЗОННОЙ  
ДИНАМИКИ ОБИЛИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В ОКРЕСТНОСТЯХ  
СРЕДНЕУРАЛЬСКОГО МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ЗАВОДА**

Проанализирована зависимость репродуктивных показателей мухоловки-пеструшки от сроков размножения на участках с высоким уровнем загрязнения и на фоновой территории. В зоне загрязнения гнездование птиц начинается в среднем позже, чем на незагрязненной территории. Отмечено ухудшение репродуктивных показателей по мере увеличения даты начала кладки. Синхронизация периода размножения птиц с сезонной динамикой обилия беспозвоночных-фитофагов рассматривается как один из механизмов календарного эффекта.

*Ключевые слова:* *Ficedula hypoleuca*, сроки размножения, успех размножения, беспозвоночные-филлофаги, промышленное загрязнение.

*Belskii E. A., Belskaya E. A.*

*Institute of Plant and Animal Ecology,*

*Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg*

**BREEDING SUCCESS OF FICEDULA HYPOLEUCA IN RELATION  
TO THE TIMING OF BREEDING AND SEASONAL DYNAMICS  
OF ABUNDANCE OF INVERTEBRATES IN VICINITIES  
OF THE MIDDLE URAL COPPER SMELTER**

Breeding success of *Ficedula hypoleuca* was analyzed in relation to the timing of breeding in the heavily polluted and unpolluted areas. Birds start breeding in polluted territory on average later than in unpolluted area. Reproductive parameters decrease as the season progresses. Match/mismatch of the breeding pe-

riod of birds with the seasonal dynamics of leaf-eating invertebrates is one of the mechanisms of the temporal effect.

**Keywords:** *Ficedula hypoleuca*, timing of breeding, breeding success, leaf-eating invertebrates, industrial pollution.

Известно, что эффективность размножения птиц зависит от сроков гнездования. Чем позже птицы приступают к размножению, тем меньше (в среднем) количество яиц в кладке и слетков на гнездо (Lundberg, Alatalo, 1992; Артемьев, 2008). Сроки размножения во многом зависят от качества местообитания. В оптимальных биотопах гнездование начинается раньше. Выбросы металлургических предприятий приводят к деградации лесных экосистем, вызывая усыхание и разреживание древостоя, уменьшение разнообразия и продуктивности растительных сообществ. Таким образом, на сильно загрязненной территории складываются пессимальные условия для лесных видов.

Цель работы – анализ зависимости репродуктивных показателей мухоловки-пеструшки (*Ficedula hypoleuca*, МП) от даты начала размножения на территориях с разным уровнем промышленного загрязнения и поиск возможных механизмов такой зависимости. Проанализированы многолетние (1996–2015 гг.) данные по эффективности размножения МП в осиново-березовом лесу в окрестностях Среднеуральского медеплавильного завода. Искусственные гнездовья размещены на двух участках в зоне сильного загрязнения и на двух участках на фоновой территории (условно незагрязненной). Под наблюдением ежегодно находилось в среднем около 100 гнездовий на каждой из сравниваемых территорий. Проверяли гипотезу о том, что вблизи завода птицы приступают к гнездованию позже, а количество слетков на гнездо меньше.

Медиана даты начала гнездования МП (откладки первого яйца) на фоновой территории составила 25 мая ( $n = 20$  лет), вблизи завода 31 мая, разница 6 дней. Средняя величина кладки равна, соответственно,  $6.4 \pm 0.05$  и  $4.6 \pm 0.2$  яиц, а количество слетков на гнездо  $5.5 \pm 0.1$  и  $3.2 \pm 0.2$ . Анализ показал значимую отрицательную зависимость величины кладки от даты откладки первого яйца. С каждым днем задержки начала кладки количество яиц в гнезде уменьшается на фоновой территории на  $0.06 \pm 0.003$  яиц ( $df = 943$ ,  $t = -19.04$ ,  $p < 0.001$ ), а на загрязненной на  $0.08 \pm 0.01$  яиц ( $df = 253$ ,  $t = -8.01$ ,  $p < 0.001$ ). Угловой коэффициент для количества слетков на гнездо равен  $-0.08 \pm 0.01$  ( $df = 826$ ,  $t = -11.98$ ,  $p < 0.001$ ) на фоновой территории и  $-0.12 \pm 0.01$  ( $df = 256$ ,  $t = -9.08$ ,  $p < 0.001$ ) в зоне загрязнения. Однако запаздывание размножения вблизи завода не объясняет полностью различий репродуктивных показателей на сравниваемых территориях.

Эффективность воспроизводства и выживаемость потомства животных зависит от синхронизации периода размножения с сезонной динамикой кормовых объектов (Visser et al., 2006; Charmantier, Gienapp, 2014). Учитыв-

вая запаздывание сроков размножения МП на загрязненной территории, проверяли гипотезу о расхождении сроков выкармливания птенцов с периодом наибольшего обилия корма вблизи завода. Если гипотеза верна, смертность птенцов МП от недокорма на загрязненной территории должна быть выше, чем на фоновой. Работа проведена в 2011 и 2015 гг. в осиново-березовом лесу на двух участках с искусственными гнездовьями на фоновой территории и двух участках вблизи завода. Обилие беспозвоночных, питающихся листьями берез (в основном это личинки чешуекрылых), учитывали по экскрементам, масса которых отражает биомассу филофагов и их трофическую активность (Tinbergen, Dietz, 1994). Для учета экскрементов использовали опадоуловители – открытые фанерные ящики  $37 \times 37$  см<sup>2</sup>, высланные водонепроницаемой тканью. Опадоуловители (10 шт. на каждый из четырех участков) были установлены под кронами берез в 10–20 м от гнездовий, интервал между ящиками 50–200 м. Сбор экскрементов проводили каждые 5 дней со второй половины мая до середины августа в 2011 г. и конца июля в 2015 г. Оба года различаются по погодным условиям: в 2015 г. весна теплее, а лето холоднее и более дождливое, чем в 2011 г.

Кривые сезонной динамики массы экскрементов имели две вершины, которые в 2011 г. приходились на конец июня – начало июля и на середину августа, а в 2015 г. на первую половину июня и на конец июля. Для птиц важен первый пик, поскольку выкармливание птенцов МП приходится на вторую половину июня – начало июля. Масса экскрементов филофагов положительно коррелировала с температурой воздуха. Более ранний пик обилия филофагов в 2015 г. объясняется теплой весной. Однако биомасса корма в период выкармливания птенцов в 2015 г. меньше, чем в 2011 г. ввиду более холодной и дождливой погоды в июне и июле. Кривые динамики массы экскрементов в течение одного сезона на разных участках похожи.

Откладка яиц и выкармливание птенцов вблизи завода приходились на более поздние сроки по сравнению с фоновыми участками в оба года. В 2011 г. пик потребности птиц в корме (возраст птенцов 10–15 дней) совпадал с периодом обилия корма на всех участках. В 2015 г. пик потребности птиц в корме отставал от пика его обилия на 5–9 дней на фоновой территории и на 11–15 дней вблизи завода. Средняя величина кладки в 2015 г. несколько больше, чем в 2011 г., год с более холодной весной. Напротив, количество слетков на гнездо в 2011 г., год совпадения периодов выкармливания и обилия корма, больше, чем в 2015 г., год расхождения этих периодов. Уменьшение количества слетков на гнездо в 2015 г. связано с увеличением смертности птенцов. Доля гнезд, в которых погиб хотя бы один птенец, в 2015 г. составила  $0.35 \pm 0.06$ , а в 2011 г. –  $0.13 \pm 0.04$ . Увеличение смертности птенцов, вероятнее всего, связано с ухудшением кормовых условий.

Проанализировали частоту гибели птенцов в гнездах МП в годы с разными погодными условиями. Выделяли гнезда, где погиб хотя бы один птенец, и гнезда, где все птенцы благополучно вылетели. Используются

обобщенные линейные модели с биномиальным распределением и логит-функцией связи. Независимые переменные: интервал (в сутках) между пиком потребности в корме и пиком его обилия, величина выводка (количество вылупившихся птенцов в гнезде) и участок. В 2011 г. (год совпадения периодов выкармливания птенцов и обилия корма) ни одна из переменных не влияла значимо на частоту гибели птенцов. В 2015 г. (год несовпадения периодов выкармливания и обилия корма) на частоту гибели значимо влияли временной интервал после пика обилия корма (чем позже, тем больше гнезд с погибшими птенцами), и величина выводка (гибель чаще в более крупных выводках).

Таким образом, синхронизация периода размножения птиц с сезонной динамикой обилия корма существенно влияет на эффективность размножения. Увеличение разрыва между сроками размножения в поздних гнездах и периодом обилия корма может рассматриваться как один из механизмов ухудшения репродуктивных показателей птиц в течение сезона.

Работа завершена при финансовой поддержке Комплексной программы УрО РАН (проект 15-12-4-26).

#### ПРИМЕЧАНИЯ

*Артёмьев А. В.* Популяционная экология мухоловки-пеструшки в северной зоне ареала. М.: Наука, 2008. 267 с.

*Lundberg A., Alatalo R. V.* The Pied Flycatcher. London: T & A. D. Poyser, 1992. 267 p.

*Visser M. E., Holleman L. J. M., Gienapp P.* Shifts in caterpillar biomass phenology due to climate change and its impact on the breeding biology of an insectivorous bird // *Oecologia*. 2006. Vol. 147. № 1. P. 164–172.

*Charmantier A., Gienapp P.* Climate change and timing of avian breeding and migration: evolutionary versus plastic changes // *Evolutionary Applications*. 2014. Vol. 7. P. 15–28.

*Tinbergen J. M., Dietz M. W.* Parental energy expenditure during brood rearing in the great tit (*Parus major*) in relation to body mass, temperature, food availability and clutch size // *Functional Ecology*. 1994. Vol. 8. № 5. P. 563–572.