Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского
Биология. Химия. Том 8 (74). 2022. № 1. С. 64–75.

УДК 57.034

ФЕНОМЕН КРАТНОСТИ 12 СУТКАМ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РЕПРОДУКТИВНОГО ПЕРИОДА У НЕСКОЛЬКИХ ВИДОВ ВОРОБЬИНЫХ ПТИЦ

Диатроптов М. Е.[1,2]

[1]***ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва, Россия***
[2]***ФГБНУ Научно-исследовательский институт ревматологии им. В. А. Насоновой, Москва, Россия***
E-mail: diatrom@inbox.ru

Проведено исследование продолжительности репродуктивного периода самок обыкновенного скворца *Sturnus vulgaris*, большой синицы *Parus major* и полевого воробья *Passer montanus*, отловленных в период насиживания яиц первой кладки. Показано, что у скворца период от начала синтеза яиц до начала линьки стабилен и равен 47–48 сут. У больших синиц он дискретен и составляет 47–48, 60 и 72–73 сут, а у полевых воробьев – 60–61, 72–74, 85–86, 96–97 и 108 сут. Таким образом, у трех исследованных видов птиц, отличающихся количеством циклов размножения, выявлена кратность продолжительности репродуктивного периода 12-ти суткам. Предполагается, что это связано с механизмом отсчета организмом временных отрезков порядка 1–3 месяцев, а возможно и около годового эндогенного цикла.
Ключевые слова: инфрадианный ритм, репродуктивный период, воробьиные птицы.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что время начала линьки у большинства воробьиных птиц определяется еще весной, при достижении птицей готовности к размножению [1]. Временной интервал от готовности к размножению до начала линьки называют репродуктивным периодом. Для самок оседлых видов, в том числе обыкновенного поползня (*Sitta Europaea*), начало синтеза яиц является тем моментом, от которого начинается свободный отсчет времени до начала линьки [2]. Следовательно, именно период начала синтеза яиц, когда у самки наблюдается возрастание уровня метаболизма, необходимого для продукции яйца, и увеличение до максимальных в году концентраций половых гормонов, является основной точкой синхронизации ее эндогенного годового цикла. Нужно отметить, что эндогенный около годовой цикл, наблюдаемый в лабораторных условиях при постоянном фотопериоде и температуре среды, наблюдается не только у птиц, но и у зимоспящих млекопитающих [3–5]. Наличие внутренней системы отчета временных интервалов обеспечивает организму заблаговременную подготовку организма к изменяющимся условиям среды. Это утверждение справедливо как для циркадианных ритмов, генетические механизмы которых хорошо изучены [6, 7], так и для многосуточных ритмов, принцип функционирования которых не ясен.

Гормоны щитовидной железы играют важную роль в механизме координации окончания размножения и начала линьки. Удаление щитовидной железы приводит к пролонгации репродуктивного периода у скворцов [8], и напротив, введение больших доз тироксина вызывает преждевременное прекращение размножения и начало послебрачной линьки у зябликов [9].

Ранее нами была выявлена связь начала роста новых первостепенных маховых перьев с 3-суточным ритмом концентрации в крови тироксина [10]. Помимо этого биоритма известен 4-суточный инфрадианный ритм концентрации глюкокортикоидных гормонов [11–13]. В динамике пролиферативной активности эпителия пищевода у млекопитающих и птиц, помимо около 4-суточного, нами был выявлен 12-суточный ритм [14]. Повышенный уровень глюкокортикоидных гормонов может препятствовать началу линьки [15, 16], а инициацию роста пера, являющегося производным эпителия, может определять инфрадианный ритм пролиферативной активности эпителия. Предполагая, что на время начала линьки влияет фаза этих биоритмов, мы провели исследование по сопоставлению дат начала линьки у воробьиных птиц с фазой инфрадианных биоритмов. Связь времени начала линьки с определенной фазой 4- и 12-суточного, предположительно экзогенного, ритма отсутствовала.

В природных условиях было установлено, что продолжительность периода от момента откладки первого яйца до начала линьки у разных особей больших синиц различается на величину кратную 12-и суткам и составляет в 43–44, 56, 68–69 и 81 сут [17]. Этот факт, на наш взгляд, крайне интересен: его нельзя объяснить какими либо аналогичными ритмами жизнедеятельности этого вида птиц. Создается впечатление, что гормональные механизмы окончания репродуктивного периода и начала линьки срабатываю только каждые 12-е сутки. В природных условиях могут быть неучтенные сдерживающие начало линьки факторы, связанные с насиживанием и интенсивным выкармливанием птенцов. В лабораторных условиях, где эти условия нивелируются, такого исследования не проводилось, тогда как, выявление факта дискретного характера продолжительности репродуктивного периода у птиц является ценным в плане дальнейшего выявления механизма отсчета биологическими объектами временных отрезков порядка 1-3 месяцев. По предположению А. М. Оловникова [18] отсчет биологического времени организмами осуществляется не суточными интервалами, а около двухнедельными отрезками времени.

В качестве объектов исследования целесообразно было выбрать виды оседлых воробьиных птиц, различающихся числом кладок (большая синица – 1 или 2 кладки, и полевой воробей – 2 или 3 кладки) и ближнего мигранта (обыкновенный скворец – 1 кладка). У дальних мигрантов эндогенный годовой цикл очень стабилен и его синхронизация, возможно, не связана с моментом началом синтеза яиц.

Цель – выявление в лабораторных условиях закономерностей продолжительности репродуктивного периода у нескольких видов воробьиных птиц, различающихся числом кладок.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования провели на самках большой синицы *Parus major* (n=17), обыкновенного скворца *Sturnus vulgaris* (n=11) и полевого воробья *Passer montanus* (n=17). Птицы были пойманы на гнездах в период насиживания яиц первой кладки. Отловленные птицы содержались в индивидуальных клетках размером 30x40x30 см при естественном освещении. Большие синицы получали мучного червя, скворцы – сырой корм «Whiskas», полевые воробьи – зерновую смесь «РИО» для амадин. При работе с экспериментальными животными руководствовались Европейской Конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или других научных целей (Страсбург, 1986 г.). Процедура эксперимента одобрена комиссией по биоэтике ИПЭЭ РАН № 14 от 15.01.2018.

Возраст больших синиц и полевых воробьев не выявляли. Экспериментальная группа самок скворцов состояла из особей в возрасте более 1 года, что определяли по длине иризирующего участка пера на горле [19].

Моментом начала линьки считали день появления пигментированного зачатка 10-го первостепенного махового пера (нумерация с дистального конца крыла). Выпадение старого пера наблюдается через три дня после появления пигментированного зачатка, когда длина трубочки нового пера составит ½ от глубины перьевой сумки. Следовательно, представленные в статье моменты начала линьки на три дня опережают даты общепринятого определения начала линьки по выпадению 10-го первостепенного махового пера.

Оценку статистической значимости выявленной дискретности репродуктивного периода, кратной 12 суткам, проводили по z-тесту для оценки двух выборочных долей (SigmaStat). Различия считали статистически значимыми при $p<0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Продолжительность временного интервала от снесения первого яйца до начала линьки у самок больших синиц составила: 43, 43, 43, 44, 44, 44, 44, 44, 49, 56, 56, 56, 57, 62, 68, 69 и 69 суток (Табл. 1). В величине исследуемых временных интервалов наблюдаются группировки с медианами в 43–44 суток, 56 суток, 68–69 суток, т.е. дискретность с периодом 12 сут. Исключением из этого правила являются две птицы № 4 и № 11. Оценка доли вероятности случайности такого кратного 12-и распределения продолжительности репродуктивного периода составляет $p=0.015$ ($z=2.45$).

У 10 из 11 самок скворцов, продолжительность периода от откладки первого до начала линьки составила 42–44 сут, а у одной 32 сут, что на 11–12 суток короче основного периода – 43–44 сут (Табл. 2).

Таблица 1

Сроки начала гнездования и линьки самок большой синицы в 2019 г

№	Дата снесения первого яйца	Кол-во яиц в кладке, шт	Дата отлова	Дата начала линьки	Продолжительность временного интервала от снесения первого яйца до начала линьки, сут
1	21 апреля	11	6 мая	28 июня	68
2	21 апреля	10	6 мая	29 июня	69
3	21 апреля	8	6 мая	3 июня	43
4	22 апреля	8	6 мая	10 июня	49
5	24 апреля	9	6 мая	6 июня	43
6	25 апреля	8	6 мая	8 июня	44
7	25 апреля	8	6 мая	8 июня	44
8	25 апреля	8	6 мая	8 июня	44
9	26 апреля	7	6 мая	9 июня	44
10	22 апреля	14	10 мая	17 июня	56
11	22 апреля	11	10 мая	23 июня	62
12	24 апреля	14	10 мая	2 июля	69
13	25 апреля	14	10 мая	21 июня	57
14	25 апреля	12	10 мая	20 июня	56
15	25 апреля	12	10 мая	20 июня	56
16	27 апреля	8	10 мая	10 июня	44
17	28 апреля	8	10 мая	10 июня	43

Таблица 2

Сроки начала гнездования и линьки самок обыкновенного скворца в 2019 г

№	Дата снесения первого яйца	Кол-во яиц в кладке, шт	Дата отлова	Дата начала линьки	Продолжительность временного интервала от снесения первого яйца до начала линьки, сут
1	17 апр.	5	2 мая	30 мая	43
2	17 апр.	6	2 мая	31 мая	44
3	19 апр.	5	2 мая	2 июня	44
4	20 апр.	5	2 мая	2 июня	43
5	24 апр.	6	4 мая	5 июня	42
6	24 апр.	6	4 мая	6 июня	43
7	25 апр.	5	4 мая	27 мая	32
8	25 апр.	6	4 мая	6 июня	42
9	26 апр.	5	4 мая	8 июня	43
10	27 апр.	4	4 мая	10 июня	44
11	29 апр.	4	4 мая	11 июня	43

Продолжительность временного интервала от даты откладки первого яйца первой кладки до начала линьки у самок полевого воробья также составила дискретный временной ряд: 56–57, 68–70, 81–82 , 92–93 и 104 сут (Табл. 3). Все эти длины периодов также отличаются между собой на 11–12 суток. В природе большинство особей полевых воробьев имеют 3 цикла размножения. Таким образом, у полевых воробьев как в естественных условия, так и в эксперименте, выявляется самый длинный репродуктивный период.

Таблица 3

Сроки начала гнездования и линьки самок полевого воробья в 2015–2021 гг

№	Дата снесения первого яйца	Год	Дата отлова	Дата начала линьки	Продолжительность временного интервала от снесения первого яйца до начала линьки, сут
1	21 апреля	2015	30 апр.	29 июля	69
2	26 апреля	2015	10 июня	8 августа	104
3	28 апреля	2015	11 мая	6 июля	69
4	30 апреля	2015	10 июня	9 июля	70
5	25 апреля	2019	10 мая	15 июля	81
6	25 апреля	2019	10 мая	16 июля	82
7	25 апреля	2019	10 мая	26 июля	92
8	27 апреля	2019	10 мая	17 июля	81
9	28 апреля	2019	10 мая	5 июля	68
10	28 апреля	2019	10 мая	18 июля	81
11	29 апреля	2019	10 мая	7 июля	69
12	5 мая	2021	18 мая	24 июля	80
13	5 мая	2021	18 мая	6 августа	93
14	6 мая	2021	18 мая	14 июля	69
15	8 мая	2021	22 мая	3 июля	56
16	8 мая	2021	22 мая	4 июля	57
17	8 мая	2021	22 мая	19 июля	72

На рисунке 1 представлено распределение величины продолжительности временного периода от откладки первого яйца до начала линьки у самок обыкновенного скворца, больших синиц и полевых воробьев. Обращает на себя внимание, что наблюдаются группировки в области 43–44, 56–57, 68–69 и 81 суток, что различается между собой на 12 суток.

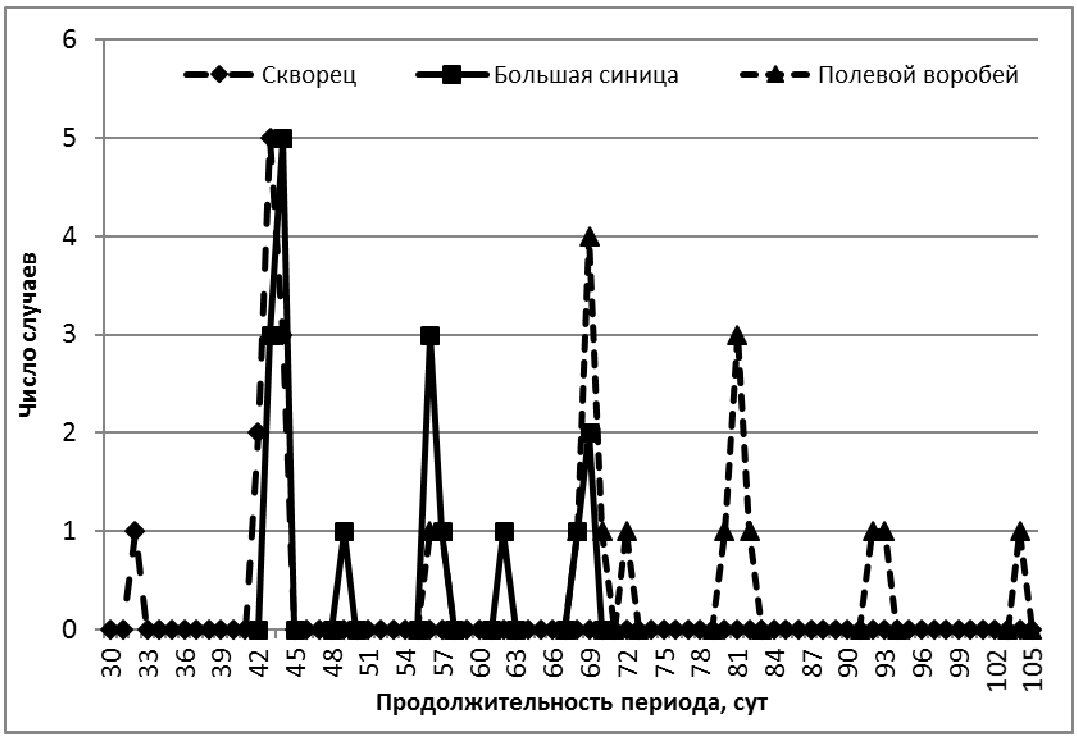

Рис. 1. Продолжительность временного периода от откладки первого яйца до начала линьки у самок воробьиных птиц, отловленных в период насиживания яиц первой кладки и содержавшихся в индивидуальных клетка при естественном освещении.

С целью наглядного представления кратности продолжительности репродуктивного периода 12 суткам мы распределили все полученные значения продолжительности временного периода от откладки первого яйца до начала линьки по дням 12-суточного периода (Рис. 2). Выявлено статистически значимое различие доли случаев, приходящихся на 8-й день произвольно выбранного 12-суточного периода по сравнению со средним уровнем ($z=3.125$; $p=0.002$).

Представленные в настоящей работе исследования проводились при погодных условиях благоприятных для синтеза яиц. При нормальных погодных условиях у мелких воробьиных птиц период от начала синтеза яиц до снесения первого яйца составляет 4 суток [20]. Таким образом, у больших синиц продолжительность временного интервала от начала синтеза яиц до начала линьки составляет 47–48, 60 и 72–73 суток, скворцов – 47–48 суток и полевых воробьев – 60–61, 72–74, 85–86, 96–97 и 108 суток. При анализе полученных данных у этих трех видов выявляется закономерность: продолжительности репродуктивного периода кратны 12-ти суткам. У скворцов этот период стабилен и равен 47–48 сут, у больших синиц и полевых воробьев он дискретен, но отдельные его значения совпадают у разных

видов: 47–48 суток у скворцов и больших синиц, 60–61 и 72–74 сут у больших синиц и полевых воробьев.

Рис. 2. Распределение всех полученных в эксперименте у скворцов, больших синиц и полевых воробьев продолжительностей временного периода от откладки первого яйца до начала линьки по дням 12-суточного периода.

Нужно отметить, что дискретный характер репродуктивного периода можно было бы попытаться объяснить несколькими циклами размножения. Однако, продолжительность интервала между первой и второй кладкой у больших синиц и полевых воробьев разная (около 44 и 38 сут соответственно), тем не менее, у обоих видов птиц дискретность репродуктивного периода имеет 12-суточную периодичность.

Факт кратности репродуктивного периода 12 суткам указывает на то, что в основе системы временного отсчета этого периода лежит 12-суточный ритм. Ритм с таким периодом выявлен нами ранее в пролиферативной активности эпителия пищевода у японского перепела и самцов крыс Вистар [14]. Важно отметить, что фаза этого биоритма совпадает между группами исследуемых млекопитающих и птиц, эволюционно разошедшихся между собой около 310 млн лет назад [21]. Этот факт, по нашему мнению, указывает на существование внешних синхронизаторов этого биоритма. Выявление внешнего фактора синхронизации инфрадианных биоритмов перспективно не только в области регуляции гормональных циклов и коррекции ряда патологических состояний, но и в управлении биологическим временем.

Установленная в настоящей статье 12-суточная ритмичность не связана с определенными календарными датами и не синхронна между разными особями, а

отсчитывается от индивидуального для каждой птицы момента начала синтеза яиц. Иными словами, каждые 12-е сутки от момента начала синтеза яиц у самок повышается вероятность начала линьки. У видов птиц, которым характерен одним цикл размножения, продолжительность репродуктивного периода в лабораторных условиях наиболее короткая и сроки начала линьки наиболее стабильны. Для видов с двумя и тремя циклами размножения характерна растянутость временных сроков начала линьки, но при этом наблюдается четкая закономерность кратности продолжительности репродуктивного периода 12-ти суткам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные в статье данные указывают на способность птиц отсчитывать двух–трех месячные периоды с точностью до 1–2 суток. Продолжительность репродуктивного периода птиц можно рассматривать как модель для исследования механизмов отсчета временных интервалов порядка 30–100 сут. Наиболее удобным в этом плане являются самки скворца в возрасте старше 1 года, репродуктивный период у которых очень стабилен и равен 47–48 сут. Необходимо отметить, что наблюдаются единичные исключения из этого правила, следовательно, используя модель отсчета времени, основанную на определении длины репродуктивного цикла птиц, необходимо проводить наблюдения за группой особей. Также нужно помнить, что неблагоприятные погодные условия в период синтеза яиц могут затянуть откладку первого яйца и, следовательно, сократить временной интервал от откладки первого яйца до начала линьки, который при синтезе яиц в нормальных погодных условиях у скворцов составляет 43–44 сут.

Список литературы

1. Носков Г. А. Регуляция параметров годового цикла и ее роль в микроэволюционном процессе у птиц / Г. А. Носков, Т. А. Рымкевич // Успехи современной биологии. – 2010. – Т. 130, № 4. – С. 346–359.
2. Диатроптов Е. В. Связь сроков начала послебрачной линьки с основными этапами размножения у поползня *Sitta europaea* / Е. В. Диатроптов, М. Е. Диатроптов // Русский орнитологический журнал. – 2016. – Т. 25, № 1344. – С. 3663–3672.
3. Davis D. E. Hibernation and circannual rhythms of food consumption in marmots and ground squirrels / D. E. Davis // The Quarterly Review of Biology. – 1976. – Vol. 51, № 4. – P. 477–514.
4. Ward J. M. Jr. Circannual rhythms of food consumption, body mass, and metabolism in yellow-bellied marmots / J. M. Jr. Ward, K. B. Armitage // Comparative Biochemistry and Physiology. Part A: Physiology. – 1981. – Vol. 69, № 4. – P. 621–626.
5. Gwinner E. Circannual rhythms in birds / E. Gwinner // Current Opinion in Neurobiology. – 2003. – Vol. 13, Issue 6. – P. 770–777.
6. Dunlap J. C. Molecular bases for circadian clocks / J. C. Dunlap // Cell. – 1999. – Vol. 96. – P. 271–290.
7. Kondratov R. V. Circadian proteins in the regulation of cell cycle and genotoxic stress responses / R. V. Kondratov, M. P. Antoch // TRENDS in Cell Biology. – 2007. – V. 17, N 7. – P. 311–316.
8. Wieselthier A. S. The effect of thyroidectomy on testicular size and on the photorefractory period in the starling (*Sturnus vulgaris* L.) / A. S. Wieselthier, A. Van Tienhoven // Journal of Experimental Zoology. – 1972. – Vol. 179. – P. 331–338.
9. Дольник В. Р. Популяционная экология зяблика / В. Р. Дольник, Н. В. Виноградова, В. М. Гаврилов, Т. А. Ильина, Д. С. Люлеева – Л.: Наука, 1982. – 301 с.

10. Диатроптов М. Е. Инфрадианный ритм изменения уровня тироксина и связанная с ним периодичность смены пера во время линьки у воробьиных птиц / М. Е. Диатроптов // Журнал общей биологии. – 2013. – Т. 74, № 5. – С. 379–385.
11. Диатроптов М. Е. Инфрадианные ритмы митотической активности эпителия пищевода и уровня кортикостерона и тироксина у японских перепелов (Coturnix japonica) / М. Е. Диатроптов // Цитология. – 2013. – Т. 55, № 5. – С. 333–337.
12. Jozsa R. Circadian and extracircadian exploration during daytime hours of circulating corticosterone and other endocrine chronomes / R. Jozsa, A. Olah, G. Cornélissen, V. Csernus, K. Otsuka, M. Zeman, G. Nagy, J. Kaszaki, K. Stebelova, N. Csokas, W. Pan, M. Herold, E. E. Bakken, F. Halberg // Biomedicine & Pharmacotherapy. – 2005. – Vol. 59. – P. 109–116.
13. Maschke C. Chronoecoepidemiology of “strain”: infradian chronomics of urinary cortisol and catecholamines during nightly exposure to noise / C. Maschke, J. Harder, G. Cornélissen, K. Hecht, K. Otsuka, F. Halberg // Biomedicine & Pharmacotherapy. – 2003. – Vol. 57. – P. 126–135.
14. Диатроптов М. Е. Закономерности инфрадианных биоритмов митотической активности эпителия пищевода у японских перепелов (Coturnix japonica) и крыс Вистар / М. Е. Диатроптов, О. В. Макарова, М. А. Диатроптова // Геофизические процессы и биосфера. – 2014. – Т.13, № 4. – С. 82–96.
15. Péczely P. Role of gonadal and adrenal steroids and thyroid hormones in the regulation of molting in domestic goose / P. Péczely, F. Bogenfürst, M. Kulcsár, B. Polgár // Acta biologica Hungarica. – 2011. – Vol. 62, № 1. – P. 1–21.
16. Romero L. M. Corticosterone inhibits feather growth: potential mechanism explaining seasonal down regulation of corticosterone during molt / L. M. Romero, D. Strochlic, J. C. Wingfield // Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology. – 2005. – Vol. 142, № 1. – P. 65–73.
17. Диатроптов М. Е. Влияние сроков начальных стадий размножения на время начала послебрачной линьки у большой синицы Parus major / М. Е. Диатроптов // Русский орнитологический журнал. – 2017. – Т. 26, № 1416. – С. 967–973.
18. Оловников А. М. Редусомная гипотеза старения и контроля биологического времени в индивидуальном развитии / А. М. Оловников // Биохимия. – 2003. – Т. 68, вып. 1. – С. 7–41.
19. Нумеров А. Д. Полевые исследования наземных позвоночных: учебное пособие / А. Д. Нумеров, А. С. Климов, Е. И. Труфанова – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2010. – 301 с.
20. Дольник В. Р. Ресурсы энергии и времени у птиц в природе / В. Р. Дольник – СПб: Наука, 1995. – 360 с.
21. Kumar S. A molecular timescale for vertebrate evolution / S. Kumar, S. B. Hedges // Nature. – 1998. – Vol. 392, № 6679. – P. 917–920.

PHENOMENON OF 12 DAYS MULTIPLICITY OF REPRODUCTIVE PERIOD DURATION IN SEVERAL SPECIES OF PASSERINE BIRDS

***Diatroptov M. E.*[1,2]**

[1]Institute of Ecology and Evolution A. N. Severtsov Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
[2]V. A. Nasonova Research Institute of Rheumatology, Moscow, Russian Federation
E-mail: diatrom@inbox.ru

It is known that the time of the onset of molting in most passerine birds is determined as early as in spring, when the bird reaches breeding readiness [1]. The time interval from readiness for breeding to the start of molting is called the reproductive period. For female passerine birds, the beginning of egg synthesis is the moment from which the free

countdown to the start of molting begins [2]. Consequently, it is the period of the beginning of egg synthesis, when the female has an increase in the level of metabolism necessary for egg production, and an increase in the concentrations of sex hormones to the maximum in a year, which is the main point of synchronization of her endogenous annual cycle. It should be noted that the endogenous near-annual cycle, observed under laboratory conditions at a constant photoperiod and environmental temperature, is observed not only in birds, but also in hibernating mammals [3–5]. The presence of an internal system for reporting time intervals provides the body with advance preparation of the body for changing environmental conditions. This statement is true both for circadian rhythms, the genetic mechanisms of which are well studied [6, 7], and for multi-day rhythms, the functioning principle of which is not clear.

Under natural conditions, it was found that the duration of the period from the moment of laying the first egg to the beginning of molting in different individuals of great tits differs by a multiple of 12 days and is 43–44, 56, 68–69, and 81 days [17]. This fact, in our opinion, is extremely interesting: it cannot be explained by any similar rhythms of the life activity of this bird species. It seems that the hormonal mechanisms of the end of the reproductive period and the beginning of molting work only every 12 days. Under natural conditions, there may be unaccounted factors that hinder the onset of molting associated with incubation and intensive feeding of chicks. In laboratory conditions, where these conditions are leveled, such a study has not been carried out, while revealing the fact of the discrete nature of the duration of the reproductive period in birds is valuable in terms of further identifying the mechanism for counting time intervals of the order of 1–3 months by biological objects. According to A.M. Olovnikov [18], biological time is counted by organisms not by daily intervals, but by about two-week time intervals.

As objects of study, it was advisable to choose species of sedentary passerine birds that differ in the number of clutches (great tit – 1 or 2 clutches, and tree sparrow – 2 or 3 clutches) and a nearby migrant (common starling – 1 clutch).

The goal is to identify patterns in the duration of the reproductive period in several species of passerine birds, differing in the number of clutches, under laboratory conditions.

The duration of the time interval from the laying of the first egg to the start of molting in female great tits was: 43, 43, 43, 44, 44, 44, 44, 44, 49, 56, 56, 56, 57, 62, 68, 69 and 69 days (Table 1). Groupings with medians of 43–44 days, 56 days, and 68–69 days are observed in the magnitude of the studied time intervals, i.e. discreteness with a period of 12 days. Estimation of the share of chance of such a multiple of 12 distribution of the duration of the reproductive period is $p=0.015$ ($z=2.45$). In 10 out of 11 female starlings, the duration of the period from the laying of the first to the beginning of the molt was 42–44 days, and in one, 32 days, which is 11–12 days shorter than the main period, 43–44 days. The duration of the time interval from the date of laying the first egg of the first clutch to the beginning of molting in females of the tree sparrow also amounted to a discrete time series: 56–57, 68–70, 81–82, 92–93, and 104 days. All these period lengths also differ from each other by 11–12 days. In nature, most individuals of field sparrows have 3 breeding cycles. Thus, field sparrows, both in natural conditions and in the experiment, have the longest reproductive period.

The studies presented in this paper were carried out under weather conditions favorable for egg synthesis. Under normal weather conditions, in small passerine birds, the period from the beginning of egg synthesis to the laying of the first egg is 4 days [20]. Thus, in great tits, the duration of the time interval from the beginning of egg synthesis to the beginning of molting is 47–48, 60, and 72–73 days, in starlings, 47–48 days, and in sparrows, 60–61, 72–74, 85–86, 96–97 and 108 days. When analyzing the data obtained in these three species, a regularity is revealed: the duration of the reproductive period is a multiple of 12 days. In starlings, this period is stable and equals 47–48 days; in great tits and field sparrows it is discrete, but its individual values coincide in different species: 47–48 days for starlings and great tits, 60–61 and 72–74 days for great tits and field sparrows.

It should be noted that the discrete nature of the reproductive period could be explained by several cycles of reproduction. However, the duration of the interval between the first and second clutches in great tits and tree sparrows is different (about 44 and 38 days, respectively), nevertheless, in both species of birds, the discreteness of the reproductive period has a 12-day periodicity.

The fact that the reproductive period is 12 days indicates that the system of time reference of this period is based on a 12-day rhythm. We have previously identified such a rhythm with such a period in the proliferative activity of the esophageal epithelium in Japanese quail and male Wistar rats [14]. It is important to note that the phase of this biorhythm coincides between the groups of studied mammals and birds that evolved apart about 310 million years ago [21]. This fact, in our opinion, indicates the existence of external synchronizers of this biorhythm. Identification of the external factor of synchronization of infradian biorhythms is promising not only in the field of regulation of hormonal cycles and correction of a number of pathological conditions, but also in the management of biological time.

The data presented in the article indicate the ability of birds to count two to three monthly periods with an accuracy of 1–2 days. The duration of the reproductive period of birds can be considered as a model for studying the mechanisms for counting time intervals of the order of 30–100 days. The most convenient in this regard are female starlings over the age of 1 year, whose reproductive period is very stable and equal to 47–48 days. It should be noted that there are single exceptions to this rule, therefore, using a time reference model based on determining the length of the reproductive cycle of birds, it is necessary to conduct observations over a group of individuals. It should also be remembered that unfavorable weather conditions during the period of egg synthesis can delay the laying of the first egg and, therefore, reduce the time interval from the laying of the first egg to the onset of molting, which is 43–44 days during egg synthesis under normal weather conditions in starlings.

***Keywords*:** infradian rhythm, reproductive period, passerine birds.

References

1. Noskov G. A., Rymkevitch T. A. Regulation of annual cycle parameters and its role in microevolutionary process in birds. *Uspekhi Sovremennoj Biologii.* **130(4)**, 346 (2010). (In Russian)

2. Diatroptov E. V., Diatroptov M. E. Connection between dates of the onset of post-nuptial moulting and main stages of reproduction in nuthatch *Sitta europaea. Russian Ornitholgy Journal.* **25(1344)**, 3663 (2016) (In Russian)
3. Davis D. E. Hibernation and circannual rhythms of food consumption in marmots and ground squirrels. *The Quarterly Review of Biology*. **51(4)**, 477 (1976).
4. Ward J. M. Jr., Armitage K. B. Circannual rhythms of food consumption, body mass, and metabolism in yellow-bellied marmots. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A: Physiology*. **69(4)**, 621 (1981).
5. Gwinner E. Circannual rhythms in birds. *Current Opinion in Neurobiology.* **13(6)**, 770 (2003).
6. Dunlap J. C. Molecular bases for circadian clocks. *Cell*. **96**, 271 (1999).
7. Kondratov R. V., Antoch M. P. Circadian proteins in the regulation of cell cycle and genotoxic stress responses. *TRENDS in Cell Biology*. **17(7)**, 311 (2007).
8. Wieselthier A. S., Van Tienhoven A. The effect of thyroidectomy on testicular size and on the photorefractory period in the starling (Sturnus vulgaris L.). *Journal of Experimental Zoology*. **179**, 331 (1972).
9. Dolnik V. R., Vinogradova N. V., Gavrilov V. M., Ilyina T. A., Lyuleeva D. S. *Population ecology of the finch* (L.: Nauka, 1982) 301 pp. (In Russian)
10. Diatroptov M. E. The infradian rhythm in changes of thyroxine level and related periodicity of feather replacement during the molting in passerine birds. *Zhurnal obshchei biologii.* **74(5)**, 379 (2013).
11. Diatroptov M. E. Infradian rhythms of mitotic activity in cells of esophagus epithelium, and levels of corticosterone and thyroxine in Japanese quails (*Coturnix japonica*), *Cytology.* **55(5)**, 333 (2013).
12. Jozsa R., Olah A., Cornélissen G. Csernus V., Otsuka K., Zeman M., Nagy G., Kaszaki J., Stebelova K., Csokas N., Pan W., Herold M., Bakken E. E., Halberg F. Circadian and extracircadian exploration during daytime hours of circulating corticosterone and other endocrine chronomes. *Biomedicine & Pharmacotherapy.* **59**, 109 (2005).
13. Maschke C., Harder J., Cornélissen G. Hecht K., Otsuka K., Halberg F. Chronoecoepidemiology of "strain": infradian chronomics of urinary cortisol and catecholamines during nightly exposure to noise. *Biomedicine & Pharmacotherapy.* **57**, 126 (2003).
14. Diatroptov M. E., Makarova O. V., Diatroptova M. A. Patterns of infradian biorhythms of mitotic activity of esophageal epithelium in Japanese quails (Coturnix japonica) and Wistar rats. *Geophysical processes and biosphere*. **13(4)**, 82 (2014). (In Russian)
15. Péczely P., Bogenfürst F., Kulcsár M., Polgár B. Role of gonadal and adrenal steroids and thyroid hormones in the regulation of molting in domestic goose. *Acta biologica Hungarica*. **62(1)**, 1 (2011).
16. Romero L. M., Strochlic D., Wingfi eld J. C. Corticosterone inhibits feather growth: potential mechanism explaining seasonal down regulation of corticosterone during molt. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology.* **142(1)**, 65 (2005).
17. Diatroptov M. E. Influence of dates of initial stages of reproduction on the onset of post-nuptial moulting in great tit. *Russian Ornitholgy Journal.* **26(1416)**, 967 (2017). (In Russian)
18. Olovnikov A. M. Redusomic theory of aging and control of biological time in individual development. *Biochemistry.* **68(1)**, 7 (2003). (In Russian)
19. Numerov A. D., Klimov A. C., Trufanova E. I. *Field studies of terrestrial animals: tutorial* (Voronez, IPTs VGU, 2010) 301 pp. (In Russian)
20. Dolnik V. R. *Resources of energy and time in birds in nature* (St. Petersburg. Nauka, 1995) 360 pp. (In Russian)
21. Kumar S., Hedges S. B. A molecular timescale for vertebrate evolution. *Nature.* **392(6679)**, 917 (1998).