

УДК 598.243.8:591.5

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ЯИЦ ПТИЦ ПОДСЕМЕЙСТВА STERNINAE

О. А. Назарчук

ассистент кафедры биологии УО МГПУ им. И. П. Шамякина

Сравнительный анализ ооморфологических параметров двух модельных видов крачек, гнездящихся в местообитаниях с различной степенью антропогенной трансформации, выявил статистически значимые отличия формы яиц. Форма яиц является информативным параметром, который целесообразно использовать в биоиндикационных исследованиях.

Введение

Изучение оологических параметров птиц вызывает повышенный интерес у орнитологов разных стран с начала XX века. Особую актуальность приобрело выделение наиболее важных оологических параметров птиц, которые могут быть применены при решении общебиологических и экологических вопросов. Такими параметрами могут быть параметры формы и размеров яиц модельных видов птиц.

Регион и методы исследований. Исследования проводились на территории юго-востока Беларуси в весенне-летний период 2005–2007 года. В качестве стационаров был выбран участок поймы реки Припять на территории Житковичского и Мозырского районов, а также участок агробиоценоза на территории Ветковского района.

В основу типологической характеристики местообитаний птиц семейства *Laridae* были положены следующие формы воздействия на территории, прилегающие к изучаемым поселениям: сельскохозяйственная освоенность территорий, а также выполнение хозяйственных работ; загрязнение территорий, прилегающих к поселениям крачек, органикой сельскохозяйственных животных и фактор беспокойства.

Учитывая интенсивность воздействия отмеченных факторов, было выделено три типа местообитаний: слабоизмененные, измененные и сильноизмененные. Установлено гнездование белокрылой крачки в местообитаниях трех типов, для речной крачки выделено два типа местообитаний.

За период исследования было описано 571 яйцо речной крачки (*Sterna hirundo*) и 335 яиц белокрылой крачки (*Chlidonias leucopterus*).

Для выполнения работы применялась методика оценки яйца, предложенная в 1988 году эстонским орнитологом Райво Мяндо [1]. На основании снятых с яиц промеров определялись: линейные размеры, объем, параметры формы (индекс округленности (*Sph*), индекс оvoidности (*Ov*), индекс грушевидности (*Psh*), индекс конусовидности (*Con*), индекс выпуклости (*Bec*), индекс заостренности (*Sec*), индекс полноты (*Pmp*).

Статистический анализ данных произведен с использованием пакета прикладных статистических программ STATISTICA 6.0.

Результаты исследования и их обсуждение

Сравнительный анализ линейных размеров и объема яиц речной крачки двух исследуемых местообитаний с различным уровнем антропогенной нагрузки выявил незначительное уменьшение длины, наибольшего диаметра и объема яиц в сильноизмененном местообитании (таблица 1).

Таблица 1 – Линейные размеры и объем яиц речной крачки (Kruskal–Wallis Test, $p > 0,05$)

Местообитание	N	Длина, мм	Наибольший диаметр, мм	Объем, мм ³
слабоизмененное	223	41,43 ± 0,11	30,66 ± 0,07	19,90 ± 0,12
сильноизмененное	348	41,30 ± 0,11	30,61 ± 0,05	19,77 ± 0,10

В сильноизмененном местообитании изучаемого вида степень изменчивости данного параметра яиц больше ($\sigma = 2,00$), чем в слабоизмененном местообитании ($\sigma = 1,69$). Размах, отражающий пределы изменчивости длины яиц, почти в два раза выше в местообитании, испытывающем повышенную антропогенную нагрузку. В сильноизмененном местообитании речной крачки $R = 16,00$, в то время как в слабоизмененном – $R = 9,00$. В местообитании, испытывающем повышенную антропогенную нагрузку, отмечается увеличение доли яиц речной крачки с наибольшей длиной. На это указывает отрицательная асимметрия длины яиц речной крачки ($As = -0,23$). В слабоизмененном местообитании наблюдается обратное ($As = 0,31$). Значимый крутовершинный эксцесс длины яиц речной крачки, гнездящейся в сильноизмененном местообитании, свидетельствует о повышенном накоплении частот длины яиц со средними значениями параметра ($Ex = 1,89$). В слабоизмененном местообитании эксцесс длины яиц речной крачки незначительный плосковершинный ($Ex = -0,05$). При изменчивых условиях среды наблюдается большая вариабельность длины яиц речной крачки.

Диаметр оказывает наиболее существенное влияние на величину объема и форму яйца. Вариабельность наибольшего диаметра яиц речной крачки в двух исследуемых местообитаниях незначительна. Так, в местообитании, испытывающем наибольшую антропогенную нагрузку, размах (R) распределения частот данного параметра составляет 6,00, а в слабоизмененном местообитании – $R = 5,00$. Величина среднего квадратического отклонения наибольшего диаметра практически одинакова в двух исследуемых местообитаниях (в сильноизмененном местообитании – $\sigma = 1,03$, в слабоизмененном местообитании – $\sigma = 1,04$).

Объем яиц напрямую зависит от длины и диаметра. Степень изменчивости объема яиц речной крачки выше в местообитании, испытывающем повышенную антропогенную нагрузку ($R = 11,24$; $\sigma = 1,85$) по сравнению со слабоизмененным местообитанием ($R = 9,80$; $\sigma = 1,77$).

Таким образом, все количественные показатели яиц речной крачки проявляют невысокую степень изменчивости. Однако сравнительный анализ показал, что степень изменчивости наибольшего диаметра яиц меньше по сравнению с длиной и объемом яиц. Это может свидетельствовать о том, что данный параметр контролируется отбором и генетически запрограммирован. Сравнивая степень изменчивости изучаемых параметров яиц речной крачки между двумя местообитаниями, можно отметить, что вариабельность длины, наибольшего диаметра и объема яиц изучаемого вида больше в сильноизмененном местообитании.

Для анализа формы яиц речной крачки были рассчитаны индексы округленности, овоидности, грушевидности, конусовидности, выпуклости, заостренности и полноты. Форма яиц эволюционировала от типично овоидной у палеорнисов в сторону увеличения доли каплевидной у паранеорнисов и неорнисов [2]. Для отряда Ржанкообразные (*Charadriiformes*), к которому относятся птицы семейства *Laridae*, характерна каплевидная форма яиц.

Подавляющее большинство рассматриваемых индексов формы яиц речной крачки, гнездящейся в местообитаниях с различной степенью антропогенной нагрузки, не имеет статически значимых отличий (Kruskal–Wallis Test, $p > 0,05$). Исключение составляет только индекс овоидности, который имеет наибольшее значение для яиц речной крачки, гнездящейся в сильноизмененном местообитании (таблица 2).

Таблица 2 – Форма яиц речной крачки

Индекс	Слабоизмененное	Сильноизмененное
	М ± m	М ± m
округленности (Sph)	74,11 ± 0,22	74,26 ± 0,21
овоидности (Ov)	0,75 ± 0,008	1,08 ± 0,02
грушевидности (Psh)	5,21 ± 0,24	5,20 ± 0,20
конусовидности (Con)	4,55 ± 0,22	4,51 ± 0,17
выпуклости (Vec)	0,72 ± 0,004	0,72 ± 0,003
заостренности (Sec)	0,63 ± 0,004	0,62 ± 0,003
полноты (Pmp)	0,29 ± 0,001	0,29 ± 0,0008

Самки речной крачки, гнездящиеся в местообитаниях с повышенной степенью антропогенной нагрузки, откладывают яйца, имеющие больший индекс овоидности ($Ov = 1,08 \pm 0,02$), чем в слабоизмененных местообитаниях ($Ov = 0,75 \pm 0,008$). Данные отличия имеют высокую степень статистической значимости (Kruskal–Wallis Test, $H = 107,22$ $p = 0,0001$).

Сравнительный анализ длины яиц белокрылой крачки выявил незначительное увеличение данного показателя по мере повышения антропогенной нагрузки на местообитания птиц (таблица 3).

Таблица 3 – Линейные размеры и объем яиц белокрылой крачки (Kruskal–Wallis Test, $p > 0,05$)

Местообитание	N	Длина, мм	Наибольший диаметр, мм	Объем, мм ³
слабоизмененное	147	35,23 ± 0,14	25,89 ± 0,08	12,07 ± 0,10
измененное	92	35,29 ± 0,15	25,85 ± 0,09	12,05 ± 0,12
сильноизмененное	96	35,54 ± 0,13	25,78 ± 0,09	12,06 ± 0,10

Величина наибольшего диаметра яиц, наоборот, уменьшается в направлении сильноизмененного местообитания. Для объема яиц белокрылой крачки, гнездящейся в местообитаниях с разной степенью антропогенной нагрузки, отличий не выявлено.

Степень изменчивости ооморфологических параметров белокрылой крачки различна. Наибольшей изменчивостью характеризуется длина яиц. Кроме того, величина изменчивости данного параметра яиц несколько отличается в трех исследуемых местообитаниях белокрылой крачки. В слабоизмененном местообитании размах распределения длины яиц белокрылой крачки, интерквартильная широта и среднее квадратическое отклонение данного параметра имеют максимальные значения ($R = 10,00$; $Qr = 2,00$; $\sigma = 1,66$). В измененном местообитании белокрылой крачки показатели степени изменчивости длины яиц ниже ($R = 7,00$; $Qr = 2,00$; $\sigma = 1,43$). В сильноизмененном местообитании изучаемого вида размах распределения частот длины яиц не имеет отличий по сравнению с измененным местообитанием ($R = 7,00$). Область повышенного накопления частот длины яиц белокрылой крачки в сильноизмененном местообитании ниже по сравнению с другими рассматриваемыми местообитаниями ($Qr = 1,45$). Величина среднего квадратического отклонения также минимальна ($\sigma = 1,32$). Обобщив вышесказанное, можно отметить, что с повышением антропогенного воздействия на местообитания белокрылой крачки происходит уменьшение длины их яиц.

Наибольший диаметр яиц белокрылой крачки менее вариабелен по сравнению с длиной яиц. В рассматриваемых местообитаниях изучаемого вида степень изменчивости данного параметра имеет незначительные отличия. В слабоизмененном местообитании $\sigma = 0,95$, в измененном – $\sigma = 0,88$, в сильноизмененном – $\sigma = 0,85$. Величина размаха наибольшего диаметра яиц белокрылой крачки имеет одинаковые значения в слабоизмененном и сильноизмененном местообитаниях ($R = 5,00$). Несколько меньше данный показатель ($R = 4,00$) – в измененном местообитании белокрылой крачки. Область максимального накопления частот (Qr) наибольшего диаметра яиц белокрылой крачки в слабоизмененном местообитании составляет 2,00. В сильноизмененном местообитании данный показатель ниже ($Qr = 1,20$) и незначительно отличается между измененным местообитанием ($Qr = 1,00$).

Объем яиц белокрылой крачки в трех рассматриваемых местообитаниях одинаков, при этом степень изменчивости данного параметра имеет некоторые отличия. Наименьшая вариабельность объема яиц белокрылой крачки отмечена в местообитании, испытывающем повышенную антропогенную нагрузку ($R = 4,79$; $Qr = 1,36$; $\sigma = 0,98$). В измененном местообитании степень изменчивости объема яиц белокрылой крачки несколько выше ($R = 5,50$; $Qr = 1,37$; $\sigma = 1,13$). Наибольшая вариабельность объема яиц белокрылой крачки отмечена в слабоизмененном местообитании ($R = 5,62$; $Qr = 1,60$; $\sigma = 1,17$).

Таким образом, из рассмотренных ооморфологических параметров белокрылой крачки менее вариабельным, а значит, более стабильным параметром яиц является наибольший диаметр. Кроме того, установлено, что в местообитании, испытывающем повышенную антропогенную нагрузку, степень изменчивости наибольшего диаметра, а также длины и объема яиц минимальны.

Оценивая форму яиц белокрылой крачки, можно отметить, что в направлении сильноизмененного местообитания, испытывающего наибольшее антропогенное воздействие, индекс округленности яиц уменьшается (Kruskal–Wallis Test, $H = 6,00$ $p = 0,04$). В слабоизмененном местообитании индекс округленности (Sph) яиц белокрылой крачки составляет $73,61 \pm 0,31$, в измененном – $Sph = 73,31 \pm 0,30$, в сильноизмененном местообитании – $Sph = 72,61 \pm 0,34$ (таблица 4).

Таблица 4 – Форма яиц белокрылой крачки

Индекс	Слабоизмененное	Измененное	Сильноизмененное
	М ± m	М ± m	М ± m
округленности (Sph)	73,61 ± 0,31	73,31 ± 0,30	72,61 ± 0,34
овоидности (Ov)	0,99 ± 0,03	1,03 ± 0,04	1,17 ± 0,04
грушевидности (Psh)	6,24 ± 0,36	6,29 ± 0,56	7,81 ± 0,38
конусовидности (Con)	5,71 ± 0,33	5,49 ± 0,48	6,78 ± 0,34
выпуклости (Bec)	0,72 ± 0,006	0,71 ± 0,008	0,72 ± 0,007
заостренности (Sec)	0,60 ± 0,006	0,60 ± 0,008	0,58 ± 0,007
полноты (Pmp)	0,29 ± 0,001	0,29 ± 0,002	0,30 ± 0,002

Индекс овоидности яиц белокрылой крачки увеличивается в направлении сильноизмененного местообитания (Kruskal–Wallis Test, $H = 15,04$ $p = 0,0005$). В слабоизмененном местообитании индекс овоидности яиц белокрылой крачки минимальный ($Ov = 0,99 \pm 0,03$). В измененном местообитании данный показатель несколько выше ($Ov = 1,03 \pm 0,04$). Максимальная величина данного индекса выявлена для яиц белокрылой крачки, гнездящейся в сильноизмененном местообитании ($Ov = 1,17 \pm 0,04$).

Индексы грушевидности (Psh) и конусовидности (Con) характеризуют уменьшение клоакальной зоны яиц по сравнению с инфундибулярной зоной. Индекс грушевидности яиц белокрылой крачки в слабоизмененном и измененном местообитаниях практически одинаков и составляет соответственно $Psh = 6,24 \pm 0,36$ и $Psh = 6,29 \pm 0,56$. В местообитании, испытывающем повышенную антропогенную нагрузку, индекс грушевидности яиц белокрылой крачки максимальный ($Psh = 7,81 \pm 0,38$) (Kruskal–Wallis Test, $H = 10,07$ $p = 0,006$). Наименьшее значение индекса конусовидности установлено для яиц белокрылой крачки измененного местообитания ($Con = 5,49 \pm 0,48$). Несколько больше величина данного индекса в слабоизмененном местообитании белокрылой крачки ($Con = 5,71 \pm 0,33$). Максимальное значение индекса конусовидности установлено для яиц белокрылой крачки, гнездящейся в местообитании с повышенной степенью антропогенной трансформации ($Con = 6,78 \pm 0,34$) (Kruskal–Wallis Test, $H = 7,53$ $p = 0,02$). Индексы грушевидности и конусовидности характеризуют каплевидную форму яиц. Увеличение доли яиц каплевидной формы имеет важное адаптивное значение. Такая форма яиц обеспечивает компактность укладки и не позволяет яйцам раскатываться от центра гнезда. Это позволяет расположить большое количество яиц либо яиц более крупных размеров под наседным пятном. Увеличение индекса грушевидности способствует более эффективному прохождению яиц по яйцеводу.

Индексы выпуклости (Bec), заостренности (Sec) и полноты (Pmp) яиц белокрылой крачки не имеют статистически значимых отличий между рассматриваемыми местообитаниями (Kruskal–Wallis Test, $p > 0,05$).

Выводы

Сравнительный анализ ооморфологических параметров речной и белокрылой крачек, гнездящихся в местообитаниях с различной степенью антропогенной трансформации, не выявил статистически значимых отличий таких параметров, как длина, наибольший диаметр и объем яиц. В виду этого длина, наибольший диаметр и объем яиц, выбранных в качестве модельных видов птиц, не может быть использован в целях биоиндикации (Kruskal–Wallis Test, $p > 0,05$).

В биоиндикационных исследованиях целесообразно использовать такой параметр, как форма яиц. В частности, для речной крачки информативным является индекс овоидности яиц. В местообитаниях, испытывающих повышенную антропогенную нагрузку, индекс овоидности яиц выше, чем в местообитаниях, характеризующихся относительным антропогенным покоем (Kruskal–Wallis Test, $H = 107,22$ $p = 0,0001$). Для белокрылой крачки в биоиндикационных исследованиях могут быть использованы индексы округленности, овоидности, грушевидности и конусовидности. Наиболее информативными являются индексы грушевидности и конусовидности яиц. В местообитаниях, характеризующихся повышенной антропогенной трансформацией, значения индексов грушевидности (Kruskal–Wallis Test, $H = 10,07$ $p = 0,006$) и конусовидности (Kruskal–Wallis Test, $H = 7,53$ $p = 0,02$) выше, чем в местообитаниях, характеризующихся слабой и умеренной антропогенной нагрузкой.

Литература

1. Мянд, Р. Внутрипопуляционная изменчивость птичьих яиц / Р. Мянд. – Таллинн : Валгус, 1988. – 193 с.
2. Климов, С. М. Эколого-эволюционные аспекты изменчивости ооморфологических показателей птиц / С. М. Климов ; под ред. В. М. Константинова. – Липецк : Липецк. гос. пед. ун-т, 2003. – 208 с.

Summary

The comparative analysis of oomorphological parameters of two modeling types of the morwennols nesting in habitats with various extent of anthropogenous transformation, revealed statistically significant differences of a form of eggs. The form of eggs is informative parameter which is expedient for using in bioindicator researches.

Поступила в редакцию 03.08.12.