

УДК 598.2.639.1.034

## КОСВЕННЫЙ МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ ОБЪЕМА ЯИЦ У КОЛОНИАЛЬНО ГНЕЗДЯЩИХСЯ РЖАНКООБРАЗНЫХ ПТИЦ

**Черничко И.И., Чичкин В.Н.**

Азово-Черноморская орнитологическая станция  
Украинский научный центр экологии моря, Одесса.

**Indirect method of calculating egg volume in colonially breeding Charadriidae.** Chernichko I.I., Chichkin V.N. Azov-Black Sea Ornithological station, Ukrainian Scientific Centre of Sea Ecology, Odessa. *Specific volume indices were determined based on direct measurements of linear dimensions ( $n = \text{over } 1000$ ) and volume ( $n = \text{over } 700$ ) of eggs. The data concern 16 species among which colonial Charadriidae predominate. Due to the time limit during a visit to a large colony it is often possible to take only linear measurements of eggs. Volume of eggs can be further determined (Barth, 1953; Hoyt, 1979 and others) using average index 0.509. To take into account species dependant and local variability of this coefficient we undertook a special analysis (table 1). For the majority of Charadriidae with pear-shaped eggs usage of the averaged index resulted in errors varying in the range of 10-18%. Overall error decreases if it is replaced by species specific indices. Such more precise indirect estimates of egg volume help to determine the incubation stage and hatching date in eggs with known mass (Table 2). Options in application of volume index as a mathematical interpretation of egg shape are also discussed. Deviation of the egg volume which was measured directly from one calculated on the basis of species specific indices and linear dimensions can be expressed as variation in egg volume indices. According to our observations the index reflected even the smallest fluctuations in their shape and volume which were likely to be the function of feeding conditions, breeding terms, age of female, or position of nest in the colony.*

Материалом для данного сообщения послужили линейные и объемные промеры яиц в кладках 16 видов, преимущественно колониально гнездящихся ржанкообразных птиц, а также сопутствующих видов околоводных птиц. Проанализировано около 1000 линейных и 700 объемных промеров яиц в первых и повторных, в успешных и неуспешных кладках на Тилигульском и Куяльницком лиманах Черного моря, и на Сиваше, полученных в 1981 - 1983. Для шилоклювки (*Recurvirostra avosetta* L.), речной (*Sterna hirundo* L.) и малой (*Sterna albifrons* Pall.) крачек прослежено изменение удельного веса яиц по мере инкубации. Объем яйца измерялся специальным прибором, который по принципу действия не отличался от описанного в литературе (Болотников,

Тарасов, 1977), но был изготовлен из ветеринарного шприца, диаметром 40 мм. Поршень выточен сферически, а в шток вставлена микробюретка для отсчета десятых и сотых долей миллилитра вытесненной яйцом воды в полости шприца. Ошибка при разовом измерении объема могла достигать 2%, а средние величины были вычислены достаточно точно ( $C_s=0.36\%$ ). Статистическая обработка материала проведена с использованием условных сокращений по Г.Ф.Лакину (1980).

Прямой метод измерения объема яйца самый надежный, но его применение в полевых условиях ограничено из-за отсутствия удобных приборов, но чаще всего из-за длительности обработки каждого гнезда, что в колониях ржанкообразных птиц недопустимо. Даже заменяя на время кладку макетами яиц, исследователь вынужден многократно заходить в колонию и тревожить ее. Для таких случаев мы рекомендуем использовать косвенный метод вычисления объема яиц, основанный на видоспецифичных индексах. Этот метод также необходим исследователю, когда в его распоряжении имеется только информация о линейных промерах и нет другой возможности определить реальный объем яйца.

Наиболее приближенные вычисления объема яйца ( $V$ ) производят по формуле  $V=K \cdot L \cdot B^2$ , где  $K$  - коэффициент объема, равный 0.51,  $L$  - длина, а  $B$  - максимальный диаметр яйца (Barth, 1953; Stonehouse, 1966; McNicholl, 1973; Preston, 1974). Позднее по аналогичной формуле стали рассчитывать и массу свежеснесенных яиц, используя другие коэффициенты (Hoyt, 1979; Wooler, Dunlop, 1980; Сыроечковский, Литвин, 1985). Косвенным методом оценки объема пользовались также для расчета изменения удельного веса яиц в ходе инкубации и определения даты вылупления птенцов у разных видов (Dunn et al., 1979; O'Malley et al., 1980).

### Результаты и их обсуждение

Исследования показали, что использование в расчетах общего для многих видов коэффициента приводит к искажению реальных величин на 10-18%. Такие же сведения приводят и другие авторы (Болотников, Тарасов, 1977). Наибольшие отклонения дают остроконические формы яиц, что вполне понятно, так как коэффициент отражает степень приближения объема овоида (яйца) к объему призмы с высотой, равной длине яйца и шириной равностороннего основания, которое соответствует максимальному диаметру яйца. Так например, при общем коэффициенте 0.509 (Hoyt, 1979) для яиц *Uria aalge* (Pontopp) он равен лишь 0.458, *Calidris alpina* (L.) - 0.476. Яйца с более эллипсоидной формой имеют коэффициенты: *Anas platyrhynchos* L. - 0.515, *Anser fabalis* (Lath.) - 0.516. При изучении экологии гнездования желательнее применять видоспецифичные коэффициенты, которые определены нами для ряда фоновых видов (табл. 1).

Эти коэффициенты рекомендуем использовать для расчета объема яиц указанных видов на территории юга Украины без поправок, а за пределами географического региона необходимы дополнительные расчеты достоверных выборок реально измеренных объемов яиц, с целью внесения возможных «региональных» поправок в коэффициенты, которые показали определенную вариабельность, применительно к разным поселениям и срокам гнездования.

**Таблица 1.** Объемы ( $V$ ) и объемные коэффициенты ( $K_v$ ) яиц ряда околоводных видов птиц для территории северо-западного Причерноморья.

**Table 1.** The eggs' volumes ( $V$ ) and volume indices ( $K$ ) for some waterfowl of the north-western part of Black Sea.

Вид Species	N	$V_x \pm m$	$K_v$
Podiceps cristatus	31	33.40 ± 0.61	0.481
Ixobrychus minutus	10	10.79 ± 0.21	0.505
Fulica atra	15	32.21 ± 0.93	0.489
Gallinula chloropus	30	19.27 ± 0.38	0.488
Charadrius dubius	13	6.62 ± 0.11	0.457
Charadrius alexandrinus	30	7.94 ± 0.08	0.475
Vanellus vanellus	3	21.20 ± 0.42	0.475
Recurvirostra avosetta	95	29.65 ± 0.21	0.477
Himantopus himantopus	34	19.05 ± 0.24	0.483
Haematopus ostralegus	3	38.60 ± 0.75	0.478
Tringa totanus	62	18.49 ± 0.19	0.466
Glareola nordmanni	4	10.49 ± 0.26	0.456
Gelochelidon nilotica	61	28.82 ± 0.26	0.487
Thalasseus sandvicensis	31	33.46 ± 0.34	0.486
Sterna hirundo	124	19.03 ± 0.12	0.490
Sterna albifrons	120	9.10 ± 0.06	0.495

У трех исследованных нами видов (табл. 2) удельный вес яиц в ходе инкубации уменьшался почти линейно. Табличные данные позволяли рассчитывать дату вылупления птенца с точностью до одного-двух дней для 94% яиц.

**Таблица 2.** Изменение удельного веса яиц в ходе инкубации.

**Table 2.** The eggs' specific gravity variations within the incubation period.

Дни инкубации Incubation days	Вид Species		
	Recurvirostra avosetta	Sterna hirundo	Sterna albifrons
1	2	3	4
1	1.092	1.072	1.084
2	1.091	1.065	1.077
3	1.080	1.063	1.070
4	1.080	1.047	1.063
5	1.075	1.042	1.056
6	1.070	1.037	1.048
7	1.064	1.033	1.041
8	1.057	1.028	1.036
9	1.049	1.024	1.031
10	1.041	1.014	1.023
11	1.032	1.010	1.016
12	1.029	1.006	1.010
13	1.026	1.002	1.004

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4
14	1.024	0.980	0.993
15	1.007	0.970	0.982
16	0.992	0.960	0.974
17	0.989	0.959	0.965
18	0.986	0.957	0.957
19	0.983	0.946	0.950
20	0.980	0.927	0.944
21	0.977	0.918	0.933
22	0.961	0.910	0.927
23	0.946	Вылупление hatching	0.922
24	0.940	-	Вылупление hatching
25	Вылупление hatching	-	-

Коэффициенты объема яиц отличались у разных локальных популяций региона, у нормальных и оставшихся в гнезде яиц после вылупления птенцов, у первых и последних кладок (табл. 3).

**Таблица 3.** Зависимость объемов и объемных коэффициентов яиц от сроков, успешности и места гнездования птиц: (Т-Тилигульский, К-Куюльницкий лиманы, С-Сиваш)

**Table 3.** Correlation between eggs' volumes or volume indices and terms, breeding success and breeding sites (T - Tiligulski liman, K - Kuyalnitki liman, S - Sivash).

Вид, группа яиц и место сбора материала Species, egg cluster and data collecting plot	1982			1983			
	N	V/x $\sqrt{m}$	K <sub>v</sub>	N	V/x $\sqrt{m}$	K <sub>v</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	
<b>Charadrius alexandrinus</b>							
Обычные кладки Normal clutches	T	20	7.83 $\sqrt{0.19}$	0.453	18	8.03 $\sqrt{0.09}$	0.486
То же Same	K	-	-	-	2	7.77 $\sqrt{0.09}$	0.485
<b>Recurvirostra avosetta</b>							
Обычные кладки Normal clutches	T	15	30.43 $\sqrt{0.31}$	0.472	30	30.20 $\sqrt{0.34}$	0.481
Оставшиеся в гнезде Left in the nest	T	10	29.62 $\sqrt{0.75}$	0.468	-	-	-
Обычные кладки Normal clutches	K	-	-	-	15	28.92 $\sqrt{0.66}$	0.493
<b>Gelochelidon nilotica</b>							
Обычные кладки Normal clutches	T	11	29.33 $\sqrt{0.54}$	0.478	30	29.40 $\sqrt{0.32}$	0.493
То же Same	C	-	-	-	10	27.68 $\sqrt{0.61}$	0.496

Продолжение таблицы 3.

1	2	3	4	5	6	7	
Поздние кладки Late clutches	T	-	-	-	10	27.64 $\pm$ 0.68	0.484
<b><i>Sterna albifrons</i></b>							
Обычные кладки Normal clutches	T	15	9.22 $\pm$ 0.18	0.496	30	8.85 $\pm$ 0.11	0.489
То же Same	C	-	-	-	30	9.24 $\pm$ 0.11	0.507
Поздние кладки Late clutches	T	-	-	-	30	9.03 $\pm$ 0.15	0.476
<b><i>Sterna hirundo</i></b>							
Обычные кладки Normal clutches	T	12	20.89 $\pm$ 0.56	0.490	15	18.25 $\pm$ 0.27	0.487
То же Same	C	-	-	-	30	19.56 $\pm$ 0.26	0.485

Например, если в начале гнездования не типичные по форме яйца шилоклювки (с заметно отличающимся коэффициентом) составляли не более 12-17% от общего количества отложенных в этом интервале времени, то среди последних кладок таких яиц было уже более 50%.

Расчитанные с помощью коэффициента параметры, позволили сопоставить объемы полных кладок у самок разного возраста, или у одних и тех же меченых самок в разные репродуктивные сезоны. Метод позволил достоверно определить разницу в объемах кладок в центре и на периферии колонии, а также закономерности в изменении объема яиц по мере их откладки в гнезде. Например, для шилоклювки доказано, что в контрольных гнездах объем второго яйца был достоверно ( по Т-критерию Уайта  $P \geq 0.99$ ) больше первого и, как правило, всех последующих яиц в кладке.

Наиболее удобным метод оказался для расчета даты вылупления птенцов. Самым распространенным в практике полевых методов определения стадии насиживания является оценка степени плавучести яйца (Блум, 1973). Из данных таблицы 2 следует, что период, когда удельный вес яйца приближается к единице и, следовательно, яйцо начинает приобретать положительную плавучесть, относительно короткий и занимает 2-3 дня. Яйца с более эллипсоидной формой на последних стадиях инкубации позволяют относительно точно дифференцировать их положение (угол наклона относительно поверхности воды) в мерном сосуде. Что же касается видов, у которых яйца имеют более «грушевидную» форму, то расположение и быстрый рост воздушной камеры обуславливают высокую степень variability положения яйца у поверхности воды. В данном случае метод косвенного расчета удельного веса и определения стадии насиженности яйца был более надежен и предсказуем.

Кроме того, данные по изменению удельного веса яиц позволяют получить дополнительные сведения об особенностях экологии гнездования в конкретном году. Например, среднесуточные потери массы яйца речной крачки в 1983 году были выше, чем в 1982 году. Это было связано с влиянием погодных условий: в 1983 году средняя температура в мае-июле была выше

(20 ·), а влажность воздуха ниже (59%), чем в 1982 году (соответственно 18 · и 71%). Расчеты удельного веса более показательны, чем данные о массе яйца, так как позволяли сопоставить сроки достижения одной и той же стадии развития яйца в разные годы.

Следует оговорить, что сочетание прямого (измерение реального объема у 25-30 яиц данного вида) и косвенного методов вычисления объема яиц позволяет проводить углубленные оологические исследования колониально гнездящихся птиц с высокой достоверностью и меньшими затратами времени. Минимизации ошибок в расчетах будет способствовать и относительная стабильность коэффициента в пределах цикла размножения. Ошибка в отклонении расчетных величин объема от реальных (не более 2%) нивелировалась степенью точности прибора, которым в полевых условиях определяли объем яйца (около 2%). Такая степень точности вполне допустима в полевых исследованиях, что подтверждают и другие авторы (Сыроечковский, Литвин, 1985), использовавшие коэффициенты массы при изучении гнездования белых гусей (*Anser caerulescens* L.), и ошибка обратного вычисления массы для 96% общей выборки яиц не превышала 3.6%.

Сочетание прямого и косвенного методов расчета объема яиц позволяет использовать величину коэффициента в качестве математического выражения формы (индекс формы), что очень удобно при описании гнездовой ситуации, сравнении различных видов, разных локальных популяций. Как видно из таблицы 3, отклонения в форме яиц анализируемых видов отмечались не только по годам, что могло быть связано как с кормовыми условиями в период формирования кладки, так и с возрастной структурой размножающихся птиц в колонии, что также доказано на примере меченых шилоклювок и травников (*Tringa totanus* L.). Обязательное отличие объема (его коэффициента) повторно или поздно отложенных яиц от объема «нормальных» яиц у всех видов свидетельствует о тесной связи между энергетическими ресурсами самки и качеством яиц в кладке.

Различия в форме яиц у разных локальных популяций более заметны у шилоклювки и малой крачки. В меньшей мере эти различия выражены (перекрываются межгодовыми различиями) у речной и чайконосой (*Gelochelidon nilotica* (Gm.) крачек, морского зуйка (*Charadrius alexandrinus* L.). Возможно, что в качестве причин таких различий может фигурировать и экология питания указанных видов, однако это требует дальнейших исследований.

Использование коэффициента объема в качестве индекса формы позволяет использовать его в компьютерных базах данных, расчетах с использованием современных программ.

## Литература

- Блум П.Н. Лысуха (*Fulica atra* L.) в Латвии. - Рига: Зинатне, 1973.- 155с.  
Болотников А.М., Тарасов В.А. О возможных причинах, обуславливающих варьирование длины и ширины птичьих яиц, и методах оценки их объема// Гнездовая жизнь птиц. - Пермь, 1977. - С.9-12.

- Лакин Г.Ф. Биометрия: Учебное пособие для биологич. спец. вузов. – М.: Высш. школа, 1980. - 293с.
- Сыроечковский Е.В., Литвин К.Е. Определение массы свежеснесенных яиц малого белого гуся *Anser c. caerulescens* по их размерам. - Орнитология. - 1985. - вып.5. - С.173-174.
- Barth E.K. Calculation of egg volumes based on loss of weight during incubation. - Auk. - 1953. - vol. 70, N 1. - P.151-159.
- Dunn E.H., Hussell D.J.T., Ricklefs R.E. The determination of incubation stage in starling eggs // Bird-Band. - 1979. - vol. 50, N 2. - P.114-120.
- Hoyt D.F. Practical methods of estimating volume and fresh weight of bird eggs // Auk. - 1979. - vol. 96, N 1. - P.73-77.
- McNichol M.K. Volume of Forster's Tern eggs // Auk. - vol. 90, N 4. - P.915-917.
- O'Malley J., Brian E., Evans R.M. Variations in measurements among white pelican eggs and their use as a hatch date predictor // Can.Jour.Zool. - 1980. - vol. 58, N 4. - P.603-608.
- Preston F.W. The volume of an egg // Auk. - vol. 91, N 1-2.- P.132-138.
- Stonehouse B. Egg volumes from linear dimensions // Emu. - 1966. - vol. 65, N 3. - P.227-228.
- Wooller R.D., Dunlop J.N. The use of simple measurements to determine the age of Silver Gull eggs // Austral. Wildlife Res. - 1980. - vol. 7, N 1. - P.113-115.