



УДК 598.293.1:591.465.11

И.С. Митяй

ФОРМЫ ЯИЦ ВРАНОВЫХ ПТИЦ*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины*

Используя полиномиальную и модель составного овоида, осуществлен анализ форм яиц врановых птиц. Приведены геометрические схемы, формулы составного овоида и полиномиальные уравнения для семи видов врановых птиц. Показано наличие видоспецифических форм яиц по комплексу признаков.

Ключевые слова: овоиды, врановые птицы, видоспецифические формы яиц.

I.S. Mytyai

ФОРМИ ЯЄЦЬ ВОРОНОВИХ ПТАХІВ*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Користуючись поліноміальною та моделлю складеного овоїду, здійснений аналіз форм яєць воронових птахів. Наведені геометричні схеми, формули складеного овоїду та поліноміальні рівняння для семи видів воронових птахів. Показано наявність видоспецифічних форм яєць за комплексами ознак.

Ключові слова: овоїди, воронові птахи, видоспецифічні форми яєць.

I.S. Mytyai

EGG SHAPE IN CORVIDS*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

Egg shape in Corvidae is analyzed using the polynomial model and the compound ovoid model. Geometrical schemes, formulas of compound ovoid, and polynomial equations for seven species of corvids are given. The existence of species-specific egg shapes, determined by a set of characters, is shown.

Key words: ovoids, corvids, species-specific egg shapes.

Скорлупа птичьих яиц играет очень важную роль в обеспечении условий, необходимых для развития зародыша. Она выступает в роли емкости, где находится сам зародыш и вещества, обеспечивающие его развитие. При этом реализуются механические свойства, которые зависят от степени кривизны поверхности и толщины стенок скорлупы. Как известно, максимальная прочность при минимальной толщине стенок характерна только для сферы. У птиц сферических яиц нет, поэтому, в данной ситуации реализуется компромисс между кривизной и толщиной скорлупы. Кроме механических, скорлупа выполняет функции газообмена, транспирации и терморегуляции в процессе инкубации яиц. Все эти процессы связаны с площадью поверхности

яйца. В конечном итоге перечисленные свойства зависят от морфометрических показателей скорлупы, а именно, от формы и ее количественных показателей. Описание последней во многих аспектах проблематично. Сущность проблемы заключается в том, что описания птичьих яиц в целом и врановых птиц, в частности, отсутствует целостный подход, в соответствии с которым название яиц, классификация форм, геометрические схемы и сопровождающие их количественные расчеты рассматриваются в единой системе. Это позволяет для любого вида птиц выделить эталонные формы, и проанализировать их взаимосвязь с определенными аспектами процесса инкубации яиц, пригодность той, или иной формы для обеспечения оптимального развития зародыша в различных экологических условиях и т.д.

Целью настоящего сообщения есть анализ яиц врановых птиц для выявления видоспецифичности их форм на основании построения геометрических моделей и сравнения их с реальными формами яиц.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сбор материала (исходные промеры и фотографирование) осуществляли в полевых условиях, а также в музеях Украины и России: Национальный научно-природоведческий музей НАН Украины; Зоологический музей Киевского национального университета имени Тараса Шевченко; Зоологический музей Львовского национального университета имени Ивана Франко; Государственный природоведческий музей НАН Украины (г. Львов); Музей природы Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина; Черкасский областной краеведческий музей; Зоологический музей Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Обработка материалов осуществилась по ранее изложенным нами методикам (Митяй, 2003, 2008). Для сравнительной характеристики форм яиц врановых птиц мы использовали модель составного овоида. Согласно этой модели все разнообразие форм получается путем составления (комбинации, сопряжения, плавного перехода) дуг адекватных кривизне зон овоида. Для каждой из форм строилась геометрическая модель, отражающая отношения клоакальной, инфундибулярной дуг, длины и диаметра овоида.

Количественно описание овоидов осуществляли с помощью шести индексов формы: традиционный индекс удлиненности – $I_{el} = L/D$ и шесть индексов, предложенных нами.

Это индексы: инфундибулярной ($I_{iz} = r_i/D$), латеральной ($I_{lz} = r_l/D$) и клоакальной ($I_{cz} = r_c/D$) зон, асимметрии ($I_{as} = r_c/r_l$), экваториальности $I_{eq} = b = L - (r_c + r_l)$ и комплементарности $I_{com} = (r_c + b)(r_l + b)b/L$, где $b = L - (r_c + r_l)$, L – длина, D – диаметр, r_c , r_l , r_i – радиусы соответствующих зон.

Все необходимые параметры получены по предложенным нами схемам (рис. 1) с цифровых фотографий яиц с помощью компьютерных программ,

разработанных Б. Троценко и С. Шелестюком по уравнениям кусочно-непрерывной кривой.

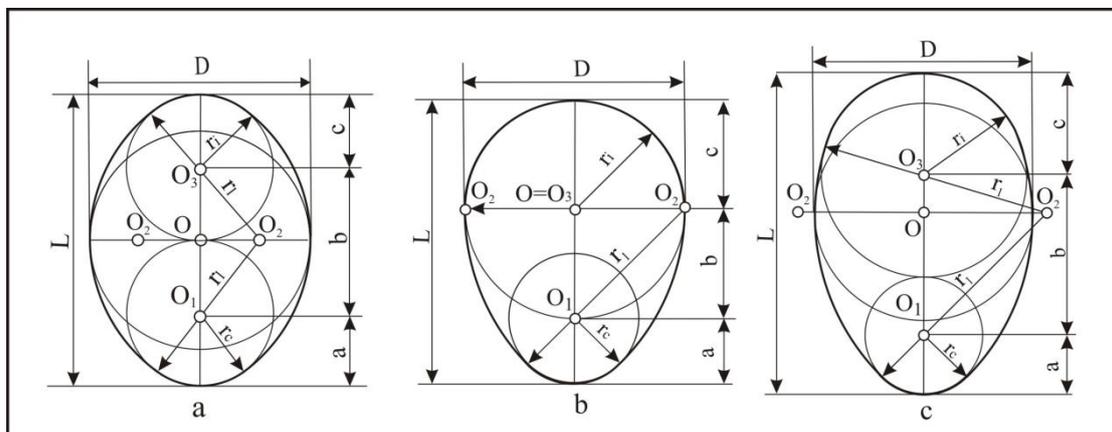


Рис. 1. Схемы снятия промеров с различных типов яиц: а, в) симметрических и асимметрических псевдоовоидов; б) овоидов.

Кроме упомянутой выше модели составного овоида, использовалась полиномиальная модель, отражающая физическую сущность яйца. Компьютерная программа расчетов четырех коэффициентов полинома была любезно предложена Л.И. Францевичем. Всем вышеперечисленным лицам автор выражает искреннюю благодарность. В ходе работы было проанализировано 788 яиц врановых птиц (табл. 1).

Статистическая обработка материалов осуществлялась с использованием программы Statistica-6 и Microsoft Excel 2010.

Таблица 1. Объем фактического материала и исходные параметры яиц врановых птиц

Вид	Количество яиц	L (мм)	D (мм)	Масса (г)
<i>Corvus corax</i>	87	49,5±0,241	33,7±0,123	28,9±0,232
<i>Corvus corone</i>	13	43,5±0,578	30,0±0,193	–
<i>Corvus cornix</i>	98	41,5±0,221	29,5±0,106	18,9±0,167
<i>Corvus frugilegus</i>	100	40,1±0,249	28,0±0,094	16,6±0,119
<i>Corvus monedula</i>	100	34,9±0,120	25,1±0,079	11,3±0,077
<i>Pica pica</i>	294	33,0±0,126	23,5±0,056	9,5±0,072
<i>Garrulus glandarius</i>	96	31,0±0,093	22,8±0,064	8,6±0,069

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Яйца птиц отличаются между собой диаметром (D), длиной (L) и радиусами дуг полярных (r_1 , r_3) и латеральных зон (r_2). Учитывая минимальную изменчивость последнего показателя, мы его не использовали для

характеристики форм, ограничившись четырьмя предыдущими. К тому же эти параметры тесно связаны между собой в единой системе, где длина выступает в качестве целого, а диаметр и радиусы полярных зон – как составные части. Такой подход дает возможность выводить формулы яиц, строить элементарные геометрические модели и численно их характеризовать при минимальном количестве параметров (длина, диаметр и один из полярных радиусов). На этих же параметрах базируется и наша классификация. По равенству или неравенству инфундибулярного и клоакального радиусов все формы делятся на овоиды ($r_i=0,5D$), симметрические и асимметрические псевдоовоиды (Митяй, 2012).

Анализ фактических материалов показал, что яйца врановых птиц представлены, преимущественно, асимметрическими псевдоовоидами (81,5%) и овоидами (14,9). Процентное соотношение этих форм у разных видов разное. У ворона формы представлены каплевидными псевдоовоидами 13 и 14: 1 группа (8,2%); 2 группа (17,11%); 3 группа (25,57%); 4 группа (15,79%); 5 группа (14,29%); 6 группа (10,53%) (рис. 2).

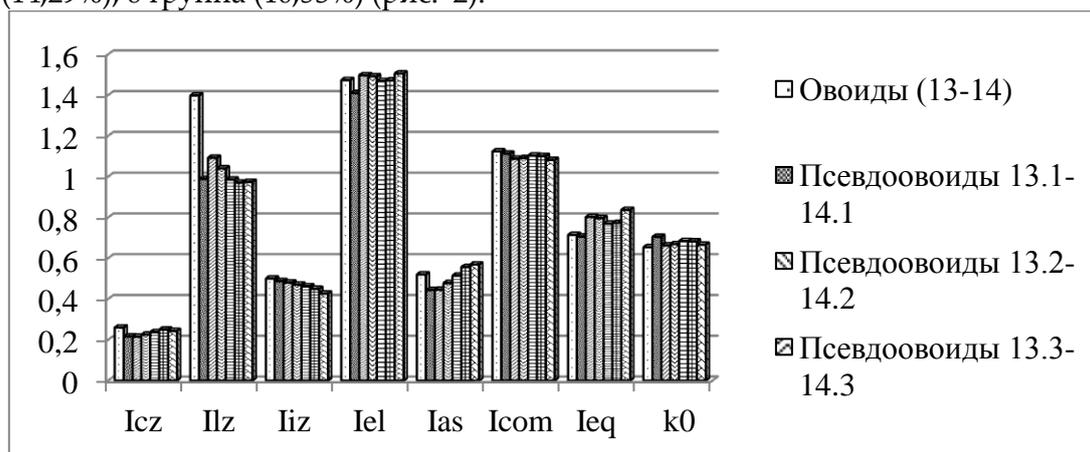


Рис. 2. Формы и индексы яиц ворона

У серой вороны 24,0 % типичные овоиды (9-10), остальные – типичные псевдоовоиды 9.2-10.2: 2 группа (6%); 3 группа (22%); 4 группа (18%); 5 группа (8%); 6 группа (22%) (рис. 3).

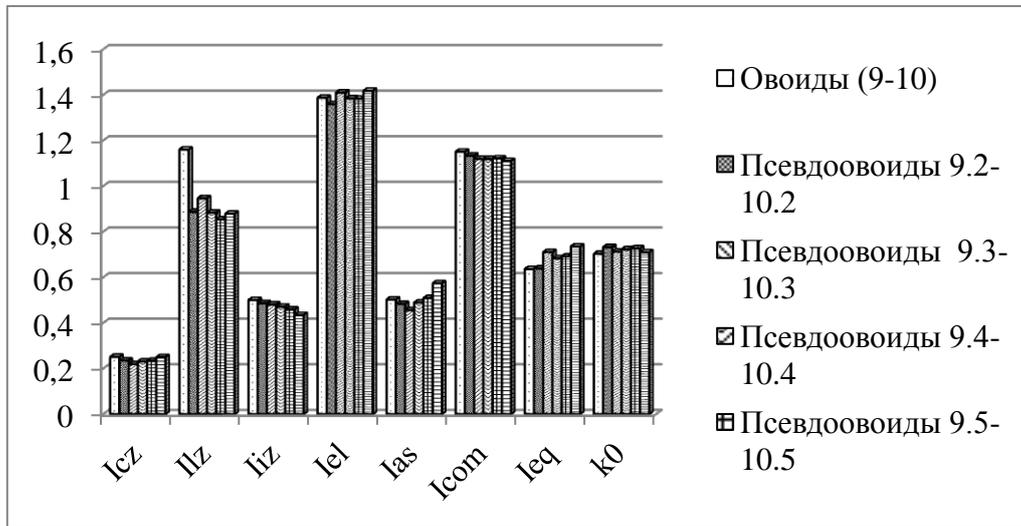


Рис. 3. Формы и индексы яиц серой вороны

У сороки 10,25% яиц каплевидные овоиды (13–15) и псевдоовоиды 13–14: 1–4 групп, соответственно: 12,4; 14,73%; 40,31; 22,31 (рис. 4).

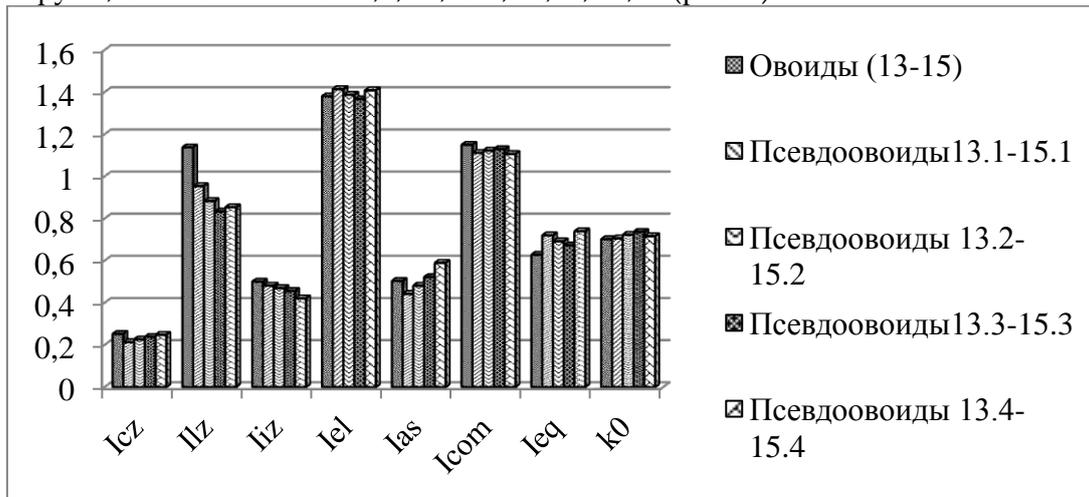


Рис. 4. Формы и индексы яиц сороки

Для галки характерны 13,13% туповатых и нормальных овоидов (8–9). Из псевдоовоидов отмечены 13–15 типы: 2 группа (19,19%), 3 группа (16,17%); 4 группа (22,22%); 5 группа (22,22%); 6 группа (7,07%) (рис. 5).

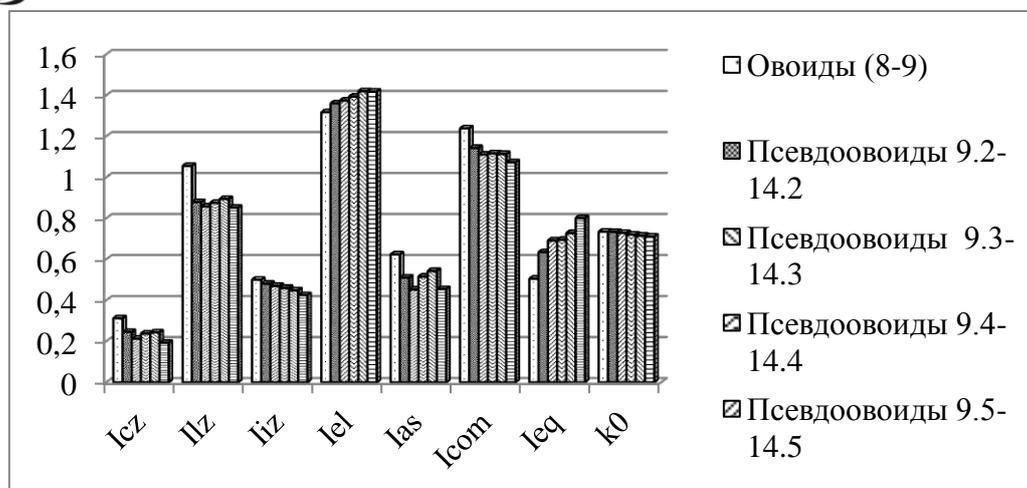


Рис. 5. Формы и индексы яиц галки

Используя вышеприведенные индексы формы и коэффициенты полинома, мы осуществили сравнение форм яиц на уровне родов и видов врановых. Анализ морфологических параметров яиц на уровне трех родов (*Corvus*, *Pica*, *Garrulus*) птиц показал, что их минимальные и максимальные параметры перекрываются, но наблюдаются отличия по средним значениям (табл. 2).

Таблица 2. Индексы формы и коэффициенты полинома яиц трех родов врановых птиц

Параметр	<i>Corvus</i> (n=473)			<i>Pica</i> (n=295)			<i>Garrulus</i> (96)		
	min	max	M±m	min	max	M±m	min	max	M±m
L(mm)	29,3	55,5	41,2±0,2	26,2	40,8	33,3±0,1	28,2	34,1	31,0±0,09
D(mm)	22,4	36,1	28,9±0,1	20,0	26,2	23,7±0,1	21,1	24,2	22,8±0,06
Icz	0,10 8	0,37 7	0,235±0,0 02	0,12 0	0,38 3	0,244±0,0 03	0,157 0	0,38 0	0,259±0,0 05
Ilz	0,66 6	1,80	0,983±0,0 08	0,67 9	1,4	0,882±0,0 07	0,7	1,6	0,877±0,0 14
Iiz	0,30 4	0,5	0,470±0,0 01	0,28 0	0,5	0,449±0,0 02	0,378	0,5	0,469±0,0 02
Ias	0,22 9	0,89 5	0,533±0,0 05	0,27 8	0,95 6	0,547±0,0 08	0,335	1,01	0,554±0,0 11
Iel	1,18 7	1,70 3	1,417±0,0 04	1,17 2	1,61 8	1,395±0,0 05	1,218	1,50 3	1,351±0,0 05
Icom	1,02 5	1,46 8	1,118±0,0 02	1,04 0	1,50 8	1,121±0,0 07	1,058	1,34 7	1,151±0,0 05
Ieq	0,32	1,05	0,712±0,0	0,30	0,96	0,701±0,0	0,389	0,83	0,623±0,0



	8	8	05	7	0	1		8	08
k0	0,06 5	0,94 5	0,684±0,0 05	0,62 4	0,61 0	0,721±0,0 03	0,647	0,80 5	0,739±0,0 03
k1	– 0,01	0,30 8	0,121±0,0 03	0,00 1	0,27 9	0,079±0,0 03	0,033	0,75 5	0,221±0,0 25
k2	– 0,19	0,16 7	– 0,029±0,00 2	– 0,15	0,06 1	– 0,06±0,00 3	– 0,001	0,26 0	0,097±0,0 05
k3	– 0,11	0,81 5	0,112±0,0 06	– 0,04	0,18 1	0,101±0,0 02	– 0,111	0,13 6	– 0,037±0,0 04

Расчеты достоверностей отличий показали следующие результаты. Все три рода достоверно отличаются по длине ($t_{ст}=34,5$; $-37,0$; $18,7$; $t_{кр}=1,653$; $\alpha=0,05$) и диаметру ($t_{ст}=30,1$; $35,1$; $-13,1$; $t_{кр}=1,653$; $\alpha=0,05$). Род *Corvus* и род *Pica* достоверно отличаются также по индексам латеральной ($t_{ст}=10,5$; $t_{кр}=1,653$; $\alpha=0,05$), инфундибулярной ($t_{ст}=7,1$; $t_{кр}=1,653$; $\alpha=0,05$) зон, экваториальному индексу ($t_{ст}=-4,2$; $t_{кр}=1,653$; $\alpha=0,05$), а также по всем коэффициентам полинома ($t_{ст}=-12,8$; $9,2$; $7,0$; $-2,2$; $t_{кр}=1,653$; $\alpha=0,05$).

Эти данные свидетельствуют о том, что яйца птиц из рода *Corvus* имеют больший радиус латеральных дуг и меньший угол их наклона. У них большее расстояние между центрами инфундибулярной и клоакальной дуг, меньший инфундибулярный радиус и диаметр посередине яйца (k0). Род *Corvus* и род *Garrulus* не имеют достоверных отличий по радиусу инфундибулярной дуги, по расстоянию между центрами инфундибулярной и клоакальной дуг, а также по двум коэффициентам полинома (k2, k3). Яйца сойки по всем параметрам ближе к овоидам. У них больший инфундибулярный и клоакальный радиусы, а расстояние между ними меньшее. Они короче, а диаметр посередине яйца (k0). Род *Pica* и род *Garrulus* не имеют отличий только по радиусам латеральных дуг и коэффициенту полинома первой степени. Таким образом, по большинству морфологических параметров на уровне родов яйца врановых специфичны.

Дальнейшие наши исследования касались форм яиц отдельных видов врановых. Большинство литературных данных свидетельствуют о видоспецифичности форм яиц, однако доказательств, свидетельствующих в пользу этого, практически не существует. В целом, для каждого из представителей птиц вышеупомянутых родов характерен целый набор форм яиц, параметры которых в разной степени перекрываются, а по средним значениям наблюдаются отличия. Из всего этого набора, часть форм встречается чаще других, составляя основу оофонада вида. Менее встречаемые яйца представляют собой, с одной стороны, отклонения от нормы, а с другой –

своеобразный запас изменчивости, как потенциальный материал для естественного отбора. Для выявления степени подобия яиц разных видов врановых птиц нами был проведен кластерный анализ по 7 индексам формы и 4 коэффициентам полинома (рис. 6).

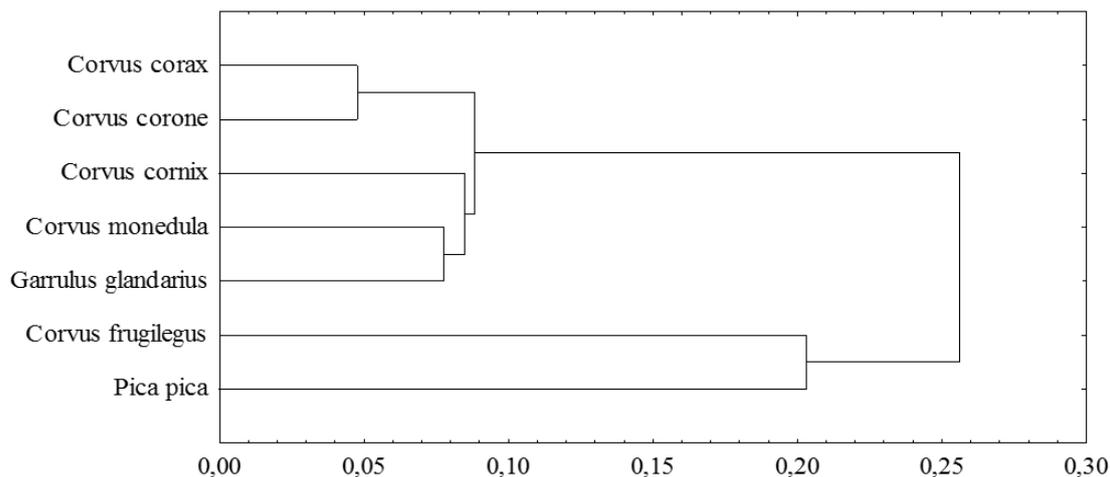


Рис. 6. Дендрограмма форм яиц врановых птиц

Для каждого из кластеров мы осуществили дополнительные сравнения, используя индексы формы (табл. 3), коэффициенты полинома (табл. 4) и геометрические построения (рис. 7). Последние выполнены таким образом, что радиусы полярных зон, длина и диаметр яиц выражены через зависимость друг от друга и отражены в формулах составного овоида. Кроме этого, для каждого вида выведены полиномиальные уравнения.

Таблица 3. Индексы формы яиц врановых птиц

Вид	n	I _{cz}	I _{lz}	I _{iz}	I _{el}	I _{as}	I _{com}	I _{eq}
<i>Corvus corax</i>	87	0,232	1,052	0,469	1,474	0,493	1,103	0,773
<i>Corvus corone</i>	13	0,228	1,003	0,468	1,447	0,487	1,103	0,751
<i>Corvus cornix</i>	98	0,236	0,960	0,469	1,399	0,506	1,123	0,694
<i>Corvus frugilegus</i>	100	0,233	1,058	0,479	1,427	0,486	1,117	0,715
<i>Corvus monedula</i>	100	0,242	0,898	0,465	1,381	0,519	1,132	0,674
<i>Pica pica</i>	294	0,237	0,892	0,455	1,389	0,524	1,121	0,696
<i>Garrulus glandarius</i>	96	0,259	0,877	0,469	1,351	0,554	1,145	0,622

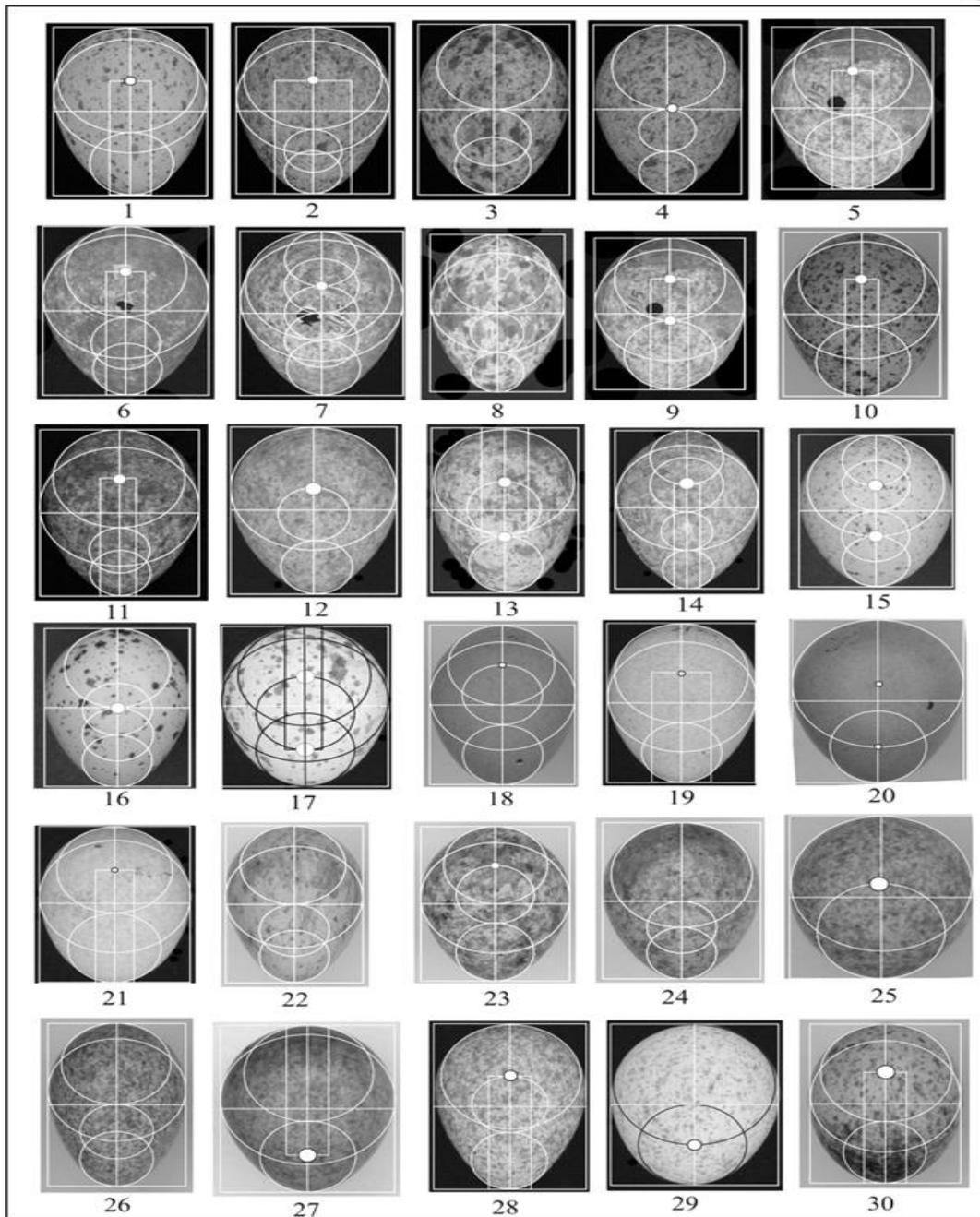


Рис. 7. Основные формы и геометрические схемы яиц врановых птиц:
 1–4: *Corvus corax*; 5–8: *C. corone*; 9–14: *C. cornix*; 15–17: *C. monedula*; 18–21:
Garrulus glandarius; 22–24: *C. frugilegus*; 25–30: *Pica pica* (прямоугольник внутри
 схем по размерам соответствует диаметру яйца, точки – центры
 соответствующих окружностей, горизонтальная и вертикальная линии
 соответствуют половине овоида, окружности очерчивают контуры полярных
 зон яйца).

Таблица 4. Коэффициенты полинома яиц врановых птиц

Вид	N	k ₀	k ₁	k ₂	k ₃
<i>Corvus corax</i>	87	0,681	0,128	-0,027	0,103
<i>Corvus corone</i>	13	0,688	0,130	-0,036	0,100
<i>Corvus cornix</i>	98	0,710	0,133	-0,032	0,082
<i>Corvus frugilegus</i>	100	0,694	0,161	-0,017	0,070
<i>Corvus monedula</i>	100	0,723	0,103	-0,044	0,096
<i>Pica pica</i>	294	0,721	0,090	-0,058	0,101
<i>Garrulus glandarius</i>	96	0,738	0,102	-0,037	0,088

Яйца, входящие в кластер «ворон–черная ворона», по форме очень схожи (рис. 7), достоверных отличий по большинству индексов формы и коэффициентам полинома не было обнаружено. Эти отличия наблюдаются только по длине, диаметру и индексу удлиненности ($t_{ст.}=1,87$; $t_{кр}=1,70$; $\alpha=0,05$).

Формулы составного овоида для яиц ворона: $L=2ri+2rc$; ($ri = L-D$; $rc = (2D-L/2)$); $L = 2ri+3rc$; ($ri = L/4$; $rc = L/6$); $L = 2ri+4rc$; ($ri = L/4$; $rc=L/8$); для черной вороны: $L=2ri+2rc$ ($ri=L-D$; $rc=(2D-L/2)$); $L=2ri+3rc$ ($ri = L-D$; $rc = (2D-L/3)$); $L = 2ri+4rc$; ($ri = L/4$; $rc=L/8$).

Обобщенное полиномиальное уравнение:

$$y(x) = 0,681 \pm 0,004(1 + 0,128 \pm 0,006x - 0,027 \pm 0,004x^2 + 0,103 \pm 0,003x^3)Z, \quad (1)$$

где $Z = \sqrt{1-x^2}$,

для черной вороны:

$$y(x) = 0,688 \pm 0,004(1 + 0,13 \pm 0,006x - 0,036 \pm 0,004x^2 + 0,1 \pm 0,003x^3)Z, \quad (2)$$

(значение Z в этом и последующих уравнениях одинаково: $Z = \sqrt{1-x^2}$).

В кластере «серая ворона–галка–сойка» отмечены достоверные отличия для указанных видов по абсолютным значениям длины ($t_{ст} = 23,74$; $42,34$; $17,31$; $t_{кр} = 1,66$; $\alpha = 0,05$) и диаметра ($t_{ст} = 38,66$; $51,41$; $21,15$; $t_{кр} = 1,66$; $\alpha = 0,05$). Яйца серой вороны и галки отличаются по индексу латеральной зоны, индексу удлиненности и коэффициентам нулевой, первой и третьей степени (соответственно: $t_{ст} = -3,25$; $1,73$; $1,78$; $3,15$; $-2,14$; $t_{кр} = 1,66$; $\alpha = 0,05$).

У серой вороны и сойки отличия не наблюдаются только по индексам инфундибулярной зоны и коэффициентам полинома второй и третьей степени, остальные отличия достоверны ($t_{ст} = -3,22$; $-3,79$; $-3,1$; $5,16$; $-3,18$; $4,29$; $-4,77$; $3,4$; $t_{кр} = 1,66$; $\alpha=0,05$).

У галки и сойки нет отличий по индексам латеральной и инфундибулярной зоны и коэффициентам полинома первой и второй степени.

Остальные отличия достоверны ($t_{ст} = -2,54$; $-2,87$; $3,79$; $-2,76$; $4,29$; $-3,77$; $-2,11$; $t_{кр} = 1,66$; $\alpha = 0,05$).



Формулы составного овоида серой вороны:

$$L = 2ri+2rc \ (ri=L-D; rc=(2D-L)/2), \quad (3).$$

$$L = 2ri+2rc \ (ri=L-D; rc=D-L/2), \quad (4).$$

$$L = 2ri+3rc \ (ri=L-D; rc=(2D-L)/3), \quad (5).$$

$$L = 2ri+3rc \ (ri= D/2; rc=(2D-L)/4), \quad (6).$$

$$L = ri+4rc \ (ri=2D-L; rc=(L-D)/2), \quad (7).$$

галки:

$$L = 2ri+2rc \ (ri=2L/3; rc=L/6), \quad (8).$$

$$L = 2ri+3rc \ (ri=L/4; rc=L/6), \quad (9).$$

$$L = ri+3rc \ (ri= (3D-2L)/2; rc=L-D), \quad (10).$$

$$\text{сойки: } L = 2ri+2rc; \ (ri=L-D; rc=(2D-L)/2), \quad (11).$$

$$L = ri+4rc; \ (ri=L/4; rc=3L/16); L=2ri+rc; \ (ri= D/2; rc = L-D), \quad (12).$$

Уравнения полинома для яиц серой вороны:

$$y(x) = 0,71 \pm 0,004(1+0,133 \pm 0,006x-0,027 \pm 0,004x^2+0,103 \pm 0,003x^3)Z, \quad (13).$$

для галки:

$$y(x) = 0,72 \pm 0,004 (1+0,099 \pm 0,006x-0,045 \pm 0,004x^2 +0,103 \pm 0,098x^3)Z, \quad (14).$$

для сойки:

$$y(x) = 0,74 \pm 0,003(1+0,222 \pm 0,025x+0,097 \pm 0,004x^2-0,037 \pm 0,003x^3)Z, \quad (15).$$

В кластере «грач-сорока» все параметры достоверно различаются.

Формулы составного овоида грача:

$$L=2ri+2rc; \ (ri=2L/3; rc=L/6; L=2ri+3rc; \ ri=L/4;rc=L/6); L=ri+4rc \ (ri=L/4;rc=3L/8), \quad (16).$$

сороки:

$$\begin{aligned} &L=2ri+2rc; \ (ri=L-D;rc=(2D-L)/2); L=2ri+2rc; \ (ri=(2D-L)/2); rc=L-D); \\ &L=2ri+3rc; \ (ri=L/4; rc=L/6); L=ri+2rc; \ (ri= D/2; rc=L/6); L=ri+2rc; \\ &(ri= D/2;rc=L/6); L=ri+4rc \ (ri=L-D; rc = (2D-L)/2)), \end{aligned} \quad (17).$$

Уравнения полинома для грача:

$$y(x) = 0,72 \pm 0,004 (1+0,099 \pm 0,006x-0,045 \pm 0,004x^2 +0,103 \pm 0,098x^3)Z, \quad (18).$$

$$\text{для сороки: } y(x) = 0,74 \pm 0,003(1+0,222 \pm 0,025x+0,097 \pm 0,004x^2-0,037 \pm 0,003x^3)Z, \quad (19).$$

Таким образом, можно констатировать, что и на видовом уровне у врановых птиц формы специфичны.

Выводы

Подытоживая вышеизложенное, следует отметить, что использование комплексного подхода в описании яиц, включающего в себя названия, геометрические схемы-эталонны и количественные характеристики, открывает широкие перспективы для проведения исследований на качественно новом уровне. Последний позволяет диагностировать форму яйца, осуществлять разнообразные сравнения и привязывать к каждой форме биологическую информацию.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Митяй, И.С. (2003). Новая методика комплексной оценки формы яйца. *Бранта*, 6, 179–192.
- Митяй, И.С. (2008). Использование современных технологий в исследованиях птичьих яиц. *Вісник ЗНУ: біол. науки*, 1, 191 – 200.
- Митяй, И.С., Дегтяренко, Е.В. (2012). Эталоны и параметры форм яиц врановых птиц. X Международная конференция «Врановые птицы в антропогенных и естественных ландшафтах Северной Евразии». 166–174.

REFERENCES

- Mytyai, I.S. (2003). New method for the complex estimation of a form of the egg. *Banta*, 6, 179–192.
- Mytyai, I.S. (2008). Using modern technologies in researching of bird eggs. *Herald ZNU: Biology*, 1, 191–200.
- Mytyai, I.S., Degtyarenko, E.V. (2012). Parameters and patterns of raven egg shapes. *Proceed. Intern. Conf. Ravens in Anthropogenic and Nature Landscapes of Northern Eurasia*.

Поступила в редакцию 21.06.2013

Как цитировать:

И.С. Митяй (2013). Формы яиц врановых птиц. *Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого*, 2 (8), 168-179.

crossref [http://dx.doi.org/10.7905/bbmspu.v0i3\(6\).543](http://dx.doi.org/10.7905/bbmspu.v0i3(6).543)

© Митяй, 2013

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 3.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/).