



Светлой памяти
С.М.Климова посвящается...

УДК 591.465.24

НОВАЯ МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ФОРМЫ ЯЙЦА

Митяй И.С.

Мелитопольский государственный педагогический университет

New method for the complex estimation of a form of the egg. -
Mitiay I.S. Melitopol State Pedagogical University.

Basing on the detailed analysis of the geometric form of a regular ovoid we developed an original method for describing diversity of egg form. This method excludes random actions of the researches when choosing names, axes for measurement and indices evaluation. It was traced that current national and foreign methods for describing egg form are mostly discordant and not geometrically based. We propose ranging the form of eggs according to the symmetry of their polar zones: a) symmetric - radii of arcs of the zones are equal; b) monoasymmetric - radius of the arc of more orbed zone is a half of maximal diameter; c) biasymmetric - radius of the arc of more orbed zone (r_1) is less than a half of the diameter, but exceed the diameter of the arc of a sharper zone (cloacal).

From more than 20 indices of the form only the lengthening index is proved to be profitable $V=L/D$. Insufficient comprehension of this index is compensated at the expense of the form index developed by the author. For the first time it is proposed to use double ratio (where W - double ratio; a, b, c - line segments. It was cleared that the closest relation is between the segments of the egg length (L): $a=r_1$; $c=r_2$; $b=L-(a+b)$. To estimate the index of the total form the upper equation was transformed as $W=(r_1+b)(b+r_2)/bL$. This equation can be instantiated depending on the geometry of each egg type, so we need only two parameters L and D for estimating. The easiest way of getting these parameters is a scaled photo of eggs. The latter provides wide perspectives for the computer analysis of the egg form according to specially developed programs.

The proposed method allows generalizing current methods and materials



received with their help. Apart from this it is possible to restore oological notes of last years. To do this we must diagnose the egg form of some species, and then perform relevant calculation and analyze it basing on the present notes.

Последние два десятилетия характеризуются расширением оологических исследований. Во многом это обусловлено тем, что яйцо является удобным объектом для исследования морфологической изменчивости птиц (Флинт, 1972, 1993; Яблоков, Валецкий, 1972; Костин, 1977; Венгеров, 1990, 1993; Климов, 1998; Нарушин, 1998), а его морфологическая структура находится под достаточно жестким генетическим контролем (Мяцк, 1988; Петров и др., 1993).

Актуальность тематики и доступность в сборе первичного материала способствовали появлению значительного количества публикаций, касающихся различных аспектов оологии. Однако обилие фактов при отсутствии единых методических подходов к описанию формы основательно затрудняют процесс обобщения и систематизации оологического материала. Наряду с этим, яйцо, являясь телом вращения, имеет особую геометрическую форму (Thompson, 1942; Костин, 1977). Именно это обстоятельство усилило уверенность автора в том, что элементарное и, вместе с тем, достаточное универсальное описание формы яйца позволит разработать применительную к ней единую унифицированную методику, что и явилось главным мотивом предлагаемой публикации.

В ходе работы мы руководствовались представлением о том, что форма любого яйца является результатом взаимодействия многочисленных факторов. Наиболее древней является шарообразная форма яиц, эволюционно возникшая раньше овондной и нашедшая свою реализацию у организмов, откладывающих яйца в водную среду или другой субстрат (рыбы, амфибии). У птиц, в связи с насиживанием, форма яйца изменилась. В качестве главной причины "ухода" от сферической формы, видимо, следует принять односторонность обогрева во время инкубации яиц, что вызвало необходимость ориентации зародышевого диска, а последнее невозможно в ядре, так как он обладает максимальным количеством осей симметрии. Что касается механической структуры, то к яйцу предъявляется значительное количество требований, зачастую посягающих противоположный характер. Так, яйцо должно быть механически достаточно прочным, чтобы удержать содержимое, выдерживать вес насиживающей птицы или согревающего субстрата и при этом обеспечить возможность выклева птенцов (Шмидт-Нильсен, 1987).

В литературе накопилось значительное количество фактов, свидетельствующих о существовании специфических законов морфогенеза, согласно которым трансформация круглой формы в яйцеобразную считается целью самоорганизации (Руэн, 1991). Процесс возникновения формы яйца геометрически иллюстрируют определенные взаимоотношения окружностей (Митяй, 2003а). В связи с существованием вышеупомянутых законов морфогенеза, структуры не всегда определяются выполняемыми функциями, а в более общем случае подчиняются некоторым математическим законам гармонии (Мейен и др., 1977; Петухов, 1981).

В связи с вышеизложенным, мы пришли к выводу о возможности нахождения способа комплексной оценки форм птичьих яиц, посредством анализа их гармонии, отраженной в геометрии и алгебраических расчетах*.

Материал и методика

В ходе анализа литературных данных (Gotman, Jablonski, 1972; Harrison, 1975; Makatsch, 1976; Никифоров и др., 1989) и собственных сборов за 1998-2003 годы нами был произведен анализ формы около 6 тыс. яиц 472 видов птиц 19-ти отрядов. Наше исследование осуществлялось в двух направлениях: а) форма яйца анализировалась по свето-, фотокопиям профилей яиц; б) по размерам реальных яиц, спроецированных на миллиметровую бумагу или с помощью компьютерной графики строились профили, которые затем сравнивались по степени их соответствия с оригиналом.

В работе использовались такие термины и обозначения. Профиль любого яйца состоит из одной парной и двух парных дуг, образующих асимметричную фигуру (рис. 1) под названием овоид (ovum - яйцо). Яйцо имеет соответствующие зоны. Ю.В. Костиц (1977) предлагает названия: инфундибулярная (более округлая), клоакальная (заостренная) и интерполярная (промежуточная) зоны. Название первых двух зон мы используем в неизменном виде,

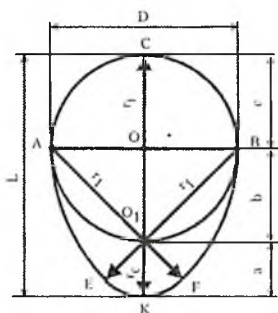


Рис. 1. Составляющие части овоида (пояснения в тексте).

Fig. 1. Components of an ovoid (explanations are given in the text).

третью предлагаем называть "латеральной", во избежание повторения буквы "и" при сокращениях. Наряду с этим мы считаем совершенно необходимым выделение четких границ между упомянутыми зонами. Как будет показано ниже, это позволяет выбрать оси, по которым необходимо снимать промеры для обеспечения объективной характеристики формы яйца. В качестве линий, разграничивающих его зоны, мы использовали дуги и отрезки, разделяющие места перехода. В результате такого подхода каждая из зон яйца является четко ограниченным сектором: инфундибулярная (OACBO), клоакальная (O₁EKFO₁), латеральная (интерполярная) (ABFO₁EA) (рис. 1).

Как видно из рисунка 1, отрезками ограничивающими каждый сектор, являются радиусы одноименных дуг (r_1 , r_2 , r_3). Базовыми фигурами для всех последующих характеристик являются правильный овоид (рис. 1; 2 а) и протоовоид (рис. 2 б).

* Автор выражает искреннюю благодарность И.И.Черничко за оказанную консультативную и В.А.Демченко за техническую помощь в подготовке публикации.

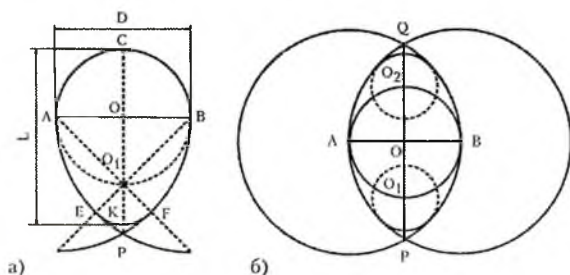


Рис. 2. Правильный овоид и протоовоид (пояснения в тексте).

Fig. 2. Regular ovoid and protoovoid (explanations are given in the text).

Второй фигуре мы дали также название в связи с тем, что из нее геометрическим путем возникает все разнообразие профилей овоидов, как преобразованных реальных форм яиц. Наглядно этот процесс прослеживается на "развитии" протоовоида. Половинное перекрытие исходных двух окружностей формирует каркас из латеральных дуг, пересекающихся в точках P и Q (рис. 2 б). Пересечение линий PQ и АВ дает центр (O) окружности максимального диаметра (D). Эта окружность пересекаясь с линией PQ образует центры O_1 и O_2 . Построив из одного из них окружность, касательную к латеральным дугам, мы получим правильный овоид (двухстороннее построение дает симметрический овоид). Пересечение этой клоакальной окружности с вышеуказанной прямой дает центр O_3 (рис. 3 а). Продолжая построение, мы все время будем получать новые профили овоидов и, соответственно, новые центры окружностей, замыкающих клоакальную зону. Таким образом, процедура формообразования выглядит как различное комбинирование двух окружностей в каркасе из латеральных дуг (рис. 3 б-г).

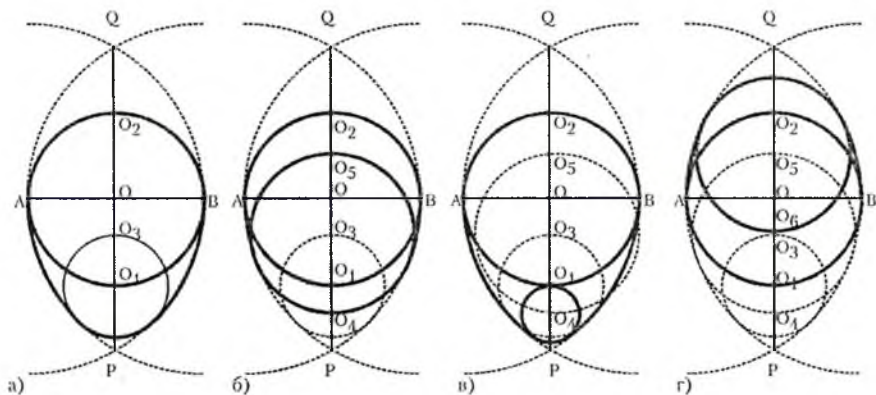


Рис. 3. Схема формообразования в протоовоиде (пояснения в тексте).

Fig. 3. Scheme of formation in the protoovoid (explanations are given in the text).



Проведенный нами анализ предшествующих методик исследования формы яйца, вскрыл их весьма существенные недостатки. Предлагаемые в научной литературе схемы осей для вычисления линейных и формовых параметров объекта выбирались, как правило, произвольно. Отсутствует единство как в выборе расстояний для замеров (рекомендуются $1/2$, $1/3$, $1/4$), так и в буквенных обозначениях индексов формы. Тот же индекс удлиненности имеет несколько символических обозначений и способов вычисления (см. например, Романов, Романова, 1959; Костин 1977; Татарникова 1986; Мянц, 1988; Климов, 1998; Мельников, 1998). Не лучше выглядит также ситуация с названием форм яиц. Учитывая множество разногласий и недостатков существующих методик, мы предприняли попытку к их устранению (Митяй, 2003 а, б). Значительная часть проблем, связанных с названиями и описанием формы, преодолевается путем выделения трех типов яиц: а) симметрические - радиус дуги инфундибулярной зоны равен половине максимального диаметра ($D/2=r_i>r_c$); б) моноасимметрические - радиус дуги инфундибулярной зоны меньше половины диаметра ($D/2>r_i>r_c$). Максимальный диаметр, (короткая ось, D) и длина, (длинная ось, L) - это промеры, которые можно получить или в природе, или в лаборатории, замеряя их на самом яйце или на равномасштабной копии профиля. Для обозначения индекса удлиненности мы использовали символ V, предложенный Ю.В. Костиным (1977), вместо k, Sph, lee, приводимых в литературе (Schonwetter, 1960; Мянц, 1988; Климов, 1998). В математике им обозначают простые соотношения (Петухов, 1981). Именно таким и есть соотношение L/D (Schonwetter, 1960), которые мы использовали для вычисления упомянутого индекса. Как будет показано ниже, этот способ наиболее удобен, т. к. является отражением геометрии овоида. Литературные значения индекса удлиненности, вычисленные по формулам Рейкенина (Романов, Романова, 1959) и Р. Мянца (1988): $Sph=B/L$, а также Ю.В. Костина (1977): $V=100(L-D)/D$ легко преобразуются. В первом случае делим единицу на имеющееся значение, а во втором, делим на сто и прибавляем единицу.

Учитывая вышеназванные и ряд других недостатков в описании формы яиц с помощью индексов, мы предложили использовать обобщающий индекс, вычисленный на совершенно иной основе. Способы вычисления, предложенные С.М. Климовым (1998) и М.В. Мельниковым (1998) являются средним арифметическим нескольких индексов формы, т.е. простыми отношениями по своей природе, а следовательно, менее информативными. Наша методика построена на использовании двойного отношения или вурфа (W) (Митяй, 2003б). Для расчетов мы использовали отрезки: a, b, c (рис. 1). Их сумма является длиной (L) профиля: $a=r_c$, $c=r_i$, $b=L-(a+c)$. На любых профилях эти отрезки очень четко выделяются геометрически и поэтому нет необходимости в поисках каких-либо других расстояний для осуществления замеров. Это очень существенно, т. к. связь отрезков имеет системный характер, подобно катетам и гипотенузе прямоугольного треугольника. Поэтому изменение одного из отрезков (радиуса дуги) ведет к сопряженному изменению других двух отрезков. Для наглядного представления о

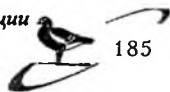


конструктивной разнице предлагаемой методики сравним продольную ось яйца (L) с конечностью позвоночных. Как известно, последняя состоит из стилоподия, зигоподия и аутоподия имеющих четкие границы раздела. В овоиде сопряжение трех дуг хотя визуально менее заметно, но геометрически четко различимо, подобно составляющим частям конечностей. Поэтому, используя предлагаемые в литературе расстояния ($1/2$, $1/3$, $1/4$) для замеров конфигурации полосов яиц, мы каждый раз будем измерять разные участки яиц. На конечности это бы выглядело так, что один промер включал бы участки двух соседних звеньев. Знание геометрии овоидного профиля позволяет избежать упомянутых недостатков и свести к минимуму субъективизм исследования.

Результаты и обсуждение

Сравнение приводимых в литературе методик вычисления критериев оценки формы яиц показало, что подавляющее их большинство является производным от индекса удлиненности, или же они сохраняют тесную связь с ним и друг с другом. Так индекс Ю.В. Костица равен индексу М. Шенветтера минус единица, индексы Р. Мянца и С.А. Климова обратные. То же самое наблюдается и для индекса смещения М. Шенветтера и Р. Мянца: обратная его величина плюс единица даст индекс М. Гика. Обратное значение индекса М. Гика соответствует индексу расширенности И.Т. Татарниковой и т. д. Следовательно, количество критериев оценки формы яйца, предлагаемых в литературе, можно свести к индексу удлиненности, вычисляемому до четвертого знака по самой простой формуле: $V=L/D$. Это позволяет повысить точность исследований, а также выявить глубинные закономерности, связанные с овоидной формой, ибо как было показано М.А.Марутаевым (Шевелев и др., 1990): "...гармония выявляется, начиная с третьей и дальнейших значащих цифр". При сравнении с материалами других авторов данные, приводимые ими, можно адантировать в результате простых арифметических действий. По нашему глубокому убеждению в использовании остальных индексов, предлагаемых в литературе (Романов, Романова, 1959; Костиц 1977; Татарникова 1986; Климов, 1998; Мельников, 1998), нет надобности из-за их слабого геометрического обоснования. Именно последнее обстоятельство объясняет ошибку в 60-70%, приводимую Р. Мянцом (1988) для всех показателей формы яйца, кроме индекса удлиненности.

Для реализации целей, связанных с оценкой формы яйца одного индекса удлиненности мало, несмотря на его многие положительные качества (элементарность вычисления, связь с геометрией яйца, и др.). Малоэффективны и любые другие отношения, даже если они выбраны правильно. Поиск варианта решения проблемы привели к следующей логической схеме. Если овоидная форма образуется посредством взаимодействия трех дуг, следовательно, индексы формы необходимо искать в отношениях их длин или же их радиусов, площадей вышеупомянутых секторов, и т. д. Следовательно, наиболее качественным будет тот критерий, который в одном уравнении объединяет все три параметра. Этим требованиям отвечает двойное отношение или вурф.



Этот показатель впервые был предложен в прошлом веке Г.Х.Штаудтом (Клейн, 1956), в качестве инварианта конформной геометрии, объединяющей все ныне существующие типы геометрий. В биологию он был внедрен С.В. Петуховым (1981) как константа, лежащая в основе биологических симметрий, и реализуемая в качестве инварианта трехчленных кинематических блоков человека и животных. Вурф вычисляется по формуле:

$$W = \frac{(a+b)(b+c)}{b(a+b+c)} \quad \text{где } W - \text{ вурф; } a, b, c - \text{ отрезки целого (см. рис.1).} \quad (1)$$

Для описания яиц с помощью двойного отношения в качестве целого, как было показано выше, выступает длина (L), а отрезки: a и c - радиусы клоакальной и инфундибулярной дуги, $b = L - (a + c)$. Следовательно, общая формула вурфов для любых яиц будет иметь вид:

$$W = \frac{(r_c + b)(r_i + b)}{Lb} \quad (2)$$

Из формулы видно, что для расчетов необходимо, как минимум три параметра. Однако исследование геометрии овоидного профиля показало, что эта проблема решается просто. Взаимосвязь и взаимозависимость отрезков a , b , c и специфика геометрии овоида позволяют при минимуме параметров снятых в полевых или лабораторных условиях, максимально точно описать форму яйца с помощью индексов. Рассмотрим это более подробно для трех вышеупомянутых типов яиц.

Моноасимметрические овоиды

Правильный овоид является базовой фигурой, т.е. своеобразной матрицей как для моноасимметрических, так и для других форм яиц. Кроме обозначенных выше, он обладает рядом специфических свойств. У него центры клоакальной (O_1) и латеральных (A, B) дуг (рис. 1) расположены на окружности максимального диаметра. Если последний принять равным единице, то все остальные параметры овоида вычисляются исходя из его геометрии, подобно тому как получается различные числовые значения в квадрате и двухсмежном квадрате (Хембидж, 1936; Шевелев и др., 1990), с которыми он имеет родство. Таким образом, в правильном овоиде длина и индекс удлиненности равны: $L=V=1.2929 D$ (Гика, 1936). Радиус клоакальной дуги: $r_c=L-D=L-1=0.2929$. Вышеупомянутые отрезки (a, b, c) имеют следующие параметры: $a=r_c=L-D$; $c=0.5D$; $b=L-(a+c)=0.5D$. Таким образом, в правильном овоиде $b=c=0.5D=const$. Следовательно, разнообразие форм обусловлено только изменением клоакальной дуги, а это значит, что количество вариантов ограничено латеральными дугами, которые пересекаются в точке P (рис. 2 а) (расстояние $CP=1.3660$). Это максимальная длина данной матрицы. Ее крайние варианты $V=1$ и $V=1.3660$ не характерны для птиц. Первые распространены у рыб и амфибий, вторые - у насекомых. Формы птичьих яиц реализуемых в пределах латеральных дуг исходных матриц и находятся в интервале между этими границами.



Наличие константного признака ($r_1=0.5D$) у моносимметрических овоидов позволяет перейти от формулы (2) к обобщающей формуле:

$$W = \frac{(L-0.5D)(b+0.5D)}{bL} \quad \text{где } b=L-(0.5D+r_c). \quad (3)$$

По такому же принципу преобразуются формулы для различных моносимметрических овоидов, возникающих вследствие комбинации длин инфундибулярной, клоакальной и латеральных дуг и соответствующем взаимодействии отрезков a , b , c . Так параметры правильного овоида: $a=L-D$, $b=c=0.5D=\text{const}$ (рис. 4 а), позволяют перейти к формуле:

$$W = \frac{L-0.5D}{0.5L} \quad (4)$$

Для яиц этой формы мы предложили название типичные моноасимметрические. В наибольшей мере они распространены у соколообразных (*Falconiformes*), курообразных (*Galliformes*), дятлообразных (*Piciformes*), ракеобразных (*Coraciiformes*), воробьинообразных (*Passeriformes*) (табл. 1).

Таблица *Индексы формы яиц представителей различных отрядов и объем фактического материала.*

Table *Indices of the egg forms for representatives of different orders and volume of the data.*

Отряд Order	Количество Number		Индексы форм Indices of the forms		Соотношение форм Ratio of the forms				
	Видов* Species	Яиц* Eggs	V*	V**	O**	K**	СИ*	БА*	МА*
					%	%	%	%	%
Gaviiformes	5	79	1.6245	-	19.1	80.9	3.8	96.2	-
Podicipediformes	5	230	1.4660	-	67.0	33.0	34.3	66.7	-
Procellariiformes	6	20	1.4165	-	91.2	8.8	25.0	65.0	10.0
Pelecaniformes	8	22	1.7493	1.7452	75.0	25.9	9.5	90.5	-
Ciconiiformes	13	143	1.3883	1.4126	77.8	22.2	40.4	57.7	1.9
Anseriformes	38	568	1.4287	1.380	84.6	16.4	21.6	78.4	-
Falconiformes	37	650	1.2668	1.2606	52.3	48.7	11.6	6.4	82.0
Galliformes	17	270	1.3615	1.3633	43.0	57.0	4.9	24.4	70.7
Gruiformes	10	301	1.4502	1.4747	41.2	59.8	7.0	30.0	63.0
Pterocletiformes	3	20	1.4806	-	-	-	100	-	-
Charadriiformes	77	818	1.3750	1.4119	2.2	97.8	1.7	9.5	88.8
Columbiformes	5	60	1.3460	-	-	-	70.0	30.0	-
Cuculiformes	5	80	1.3672	-	-	-	-	28.7	71.3
Strigiformes	13	75	1.2345	-	-	-	47.2	-	53.8
Caprimulgiformes	1	20	1.4461	-	-	-	40.0	60.0	-
Apodiformes	3	8	1.5875	-	-	-	-	53.0	47.0
Piciformes	10	394	1.3329	-	-	-	-	10.7	89.3
Coraciiformes	5	66	1.2880	-	-	-	-	25.0	75.0
Passeriformes	211	2021	1.3692	1.4177	6.2	93.8	2.6	34.7	62.7

Примечание: * - наши данные; МА - моноасимметрические, БА - биасимметрические, СИ - симметрические, ** - Климов (2003); О - овоидные, К - каплевидные (этой форме соответствует МА и БА в нашем варианте).

Notes: * - our data; МА - monoasymmetric, БА - biasymmetric; СИ - symmetric; ** - Klimov (2003); О - ovoid, К - dropshaped (this form corresponds to МА and БА in our variant).

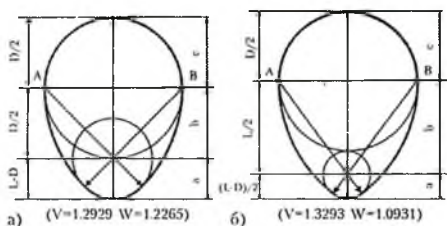


Рис. 4. Матрицы типичных и каплевидных моноасимметрических овоидов.

Fig. 4. Matrices of typical and dropshaped monoasymmetric ovoids.

книю воды в момент ее отрыва от кончика бюретки. Максимальное подобие наблюдается в пределах $1.2199 < V < 1.4393$. Этот тип яиц наиболее распространен в подотряде ржанковых (*Charadrii*) и в подсемействе крачек (*Sicciniae*) подотряда чайковых (*Lari*) (табл.1).

Наряду с рассмотренными выше, возможны варианты, у которых центр клоакальной дуги имеет другое расположение (рис. 3). Из множества этих теоретически возможных наиболее часто отмечаются формы, получившие название: не типичные моноасимметрические овоиды (рис. 5).

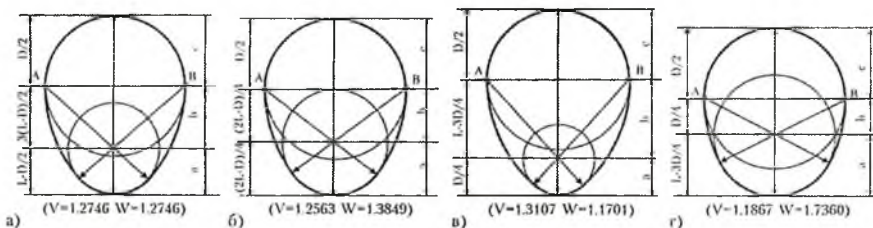


Рис. 5. Не типичные моноасимметрические овоиды.

Fig. 5. Atypical monoasymmetric ovoids.

Формулы расчета вурфов изображенных выше профилей:

$$a) W = \frac{(L - 0.5D)(1.5L + D)}{1.5(L - D)} \quad (6)$$

$$б) W = \frac{(L - 0.5D)(2L + D)}{L(2L - D)} \quad (7)$$

$$в) W = \frac{(L - 0.5D)(L - 0.25D)}{L(L - 0.75D)} \quad (8)$$

$$г) W = \frac{3(L - 0.5D)}{L} \quad (9)$$

Не типичные моноасимметрические овоиды получили распространение у крупных соколообразных (*Falconiformes*), совообразных (*Strigiformes*), голубеобразных (*Columbiformes*) и в подсемействе чаек (*Larinae*) (табл. 1).

Все вышеперечисленные формы (рис. 3, 5) реализуются в пределах латеральных дуг $r_1=D$. Для перехода на новый качественный уровень необходимо их увеличение или уменьшение. Это сопровождается или удлинением, или укорочением овоида. К названиям яиц добавляется слово удлинённый или укороченный. При увеличении латеральных дуг до $r_1 \geq L$ появляется возможность замыкания клоакальной дуги на максимальном удалении от инфундибулярной зоны. В результате получаются удлинённые яйца, которые мы предлагаем называть конусовидными овоидами (конусоидами) (рис. 6). Согласно традиционной классификации это грушевидные яйца.

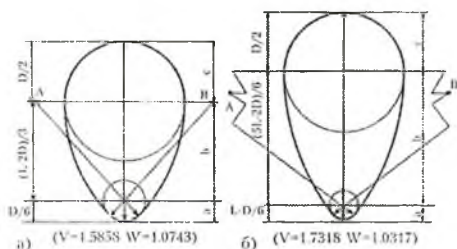


Рис. 6. Конусовидные овоиды.

Fig. 6. Coneshaped ovoid.

Геометрическое родство вышеупомянутых овоидов натолкнуло на мысль о существовании между ними алгебраической связи. Она была найдена для индексов удлиненности, по значениям которой была построена своеобразная шкала. Это осуществлялось следующим образом. В начале необходимо было найти интервал перехода. Им оказалось число 0.0366 (1.3660-1.2929). Прибавляя и отнимая от крайнего варианта (1.3660) это число, мы получили $V=1.3295$. Это же число является одновременно средним арифметическим, геометрическим и гармоническим чисел 1.2929 и 1.3660 и соответствует каплевидному типу овоидов. Отнимував 0.0366 от каждого последующего числа, мы получим ряд индексов удлиненности от 1.0366 до 1.3295. Придав каждому из интервалов соответствующие названия, мы получим систему моноасимметрических овоидов (рис. 7).

Симметрические овоиды

У данного типа яиц радиусы полярных зон одинаковые, а отрезки: ($a=c=r_c=r_s$; $a+b=b+c=L-a$; $b=L-2a$). Общая формула будет иметь вид:

$$W = \frac{(L-r_c)^2}{L(L-2r_c)} \quad (12)$$

Наиболее часто у птиц встречаются перечисленные ниже типы симметрических яиц. Если $a=b=c$, то $W=1.3333$. Этот тип овоидов, а точнее

Вурфы, изображенных выше конусовидных овоидов (рис. 5), вычисляются по формулам:

$$a) \quad W = \frac{(L-D/2)(L-D/6)}{L(L-2D/3)} \quad (10)$$

$$б) \quad W = \frac{(L-D/2)(5L+D)}{L(5L-2D)} \quad (11)$$

Эта форма яиц получила наибольшее распространение в подотряде чистиковых (*Alcae*), и частично в подотряде ржанковых (*Charadrii*) (табл. 1).

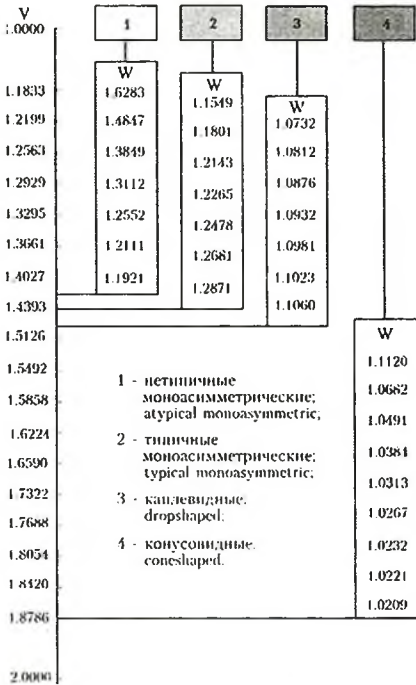


Рис. 7. Система моноасимметрических овоидов.

Fig. 7. System of monoasymmetric ovoids.

(*Cuculiformes*), в меньшей мере совообразных (*Strigiformes*), козодоев (*Caprimulgiformes*) и анстообразных (*Ciconiiformes*) (табл. 1).

эллипсоидов, получается при пересечении двух окружностей с одинаковыми радиусами. Центр каждой из них лежит на окружности друг друга (рис. 8 а).

Если центры окружностей полярных зон лежат на окружности максимального диаметра (рис. 8 б), то: $a=c=(L-D)/2$; $b=D$, а

$$W = \frac{(L+D)^2}{4DL} \quad (13)$$

Когда центры упомянутых окружностей лежат на середине между полюсами яйца и окружностью максимального диаметра (рис. 8в), то: $a=c=(L-D)/4$,

$$W = \frac{(3L+D)^2}{2L(L+D)} \quad (14)$$

$b=0.5(L+D)$, а вурфы:

Множество симметрических яиц, как, например, форма, указанная на рисунке 8а, имеют радиусы полярных зон, кратные 1/4, 1/6 и т.д. длины или диаметра. Вурфы таких яиц: $W=1.125$ (рис. 8 г).

Симметрические типы яиц наиболее распространены у рябков (*Pterocletiformes*) и голубеобразных (*Cuculiformes*), в меньшей мере совообразных (*Strigiformes*), козодоев (*Caprimulgiformes*) и анстообразных (*Ciconiiformes*) (табл. 1).

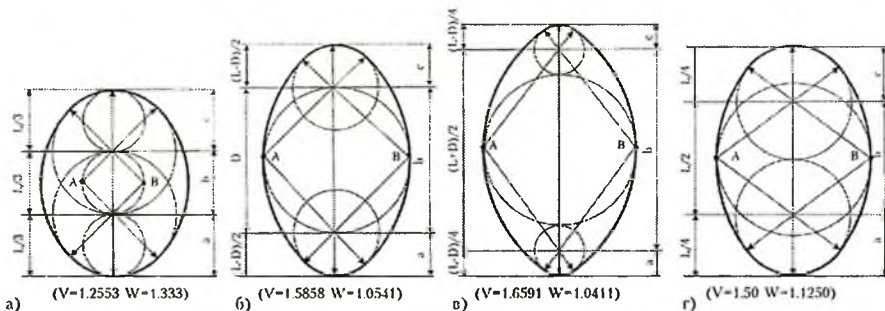


Рис. 8. Типы симметрических овоидов.

Fig. 8. Types of symmetric ovoids.

Биасимметрические овоиды

По сравнению с предыдущими формами, биасимметрические яйца обладают максимальной изменчивостью, так как их полярные зоны образованы разными овоидами. Наиболее часто встречаемые комбинации изображены на рис. 9.

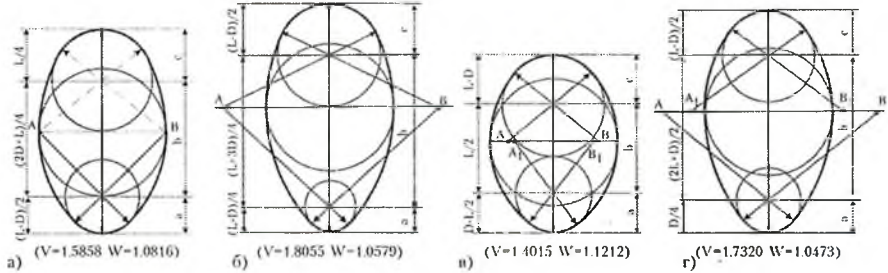


Рис. 9. Типы биасимметрических овоидов.

Fig. 9. Types of biasymmetric ovoids.

Формулы расчета вурфов:

а) $W = \frac{3(L+D)}{2(L+2D)}$ (15) в) $W = \frac{D(0.75L - D)}{0.5L^2}$ (17)

б) $W = \frac{(L+D)(3L+D)}{2L(L+3D)}$ (16) г) $W = \frac{2(L+D)(L)}{L(2L - D)}$ (18)

Биасимметрические яйца в той или иной мере встречаются у всех птиц (табл. 1), но процентное соотношение различно. У гагарообразных (*Gaviiformes*), веслоногих (*Pelecaniformes*), гусеобразных (*Anseriformes*), поганкообразных (*Podicipediformes*), козодоев (*Caprimulgiformes*) и анствообразных (*Ciconiiformes*) это преобладающая форма яиц. У представителей других таксонов они встречаются реже.

Заключение

Вышеприведенная оценка формы яиц у птиц не является истинной в последней инстанции, а в большей мере это лишь начало постижения сущности овоидной формы. Обнаруженные закономерности позволяют перевести оологические исследования на новый качественный и количественный уровень. Предлагаемая методика позволяет обобщить и систематизировать как существующие опубликованные, так и накопленные дневниковые неопубликованные данные. Взаимосвязь и взаимовыводимость форм овоидов и возможность элементарного вычисления всего двух индексов открывает реальную перспективу создания естественной системы форм яиц, фрагменты которой были продемонстрированы выше. Последняя снимает проблемы, связанные с определением, названием и описанием яиц.

Не менее важным является поиск связи формы яйца с биологическим содержанием. Существующие литературные данные в значительной степени



свидетельствуют о наличии такой связи, но математический аппарат ее выражения до настоящего времени практически не разработан. Вместе с тем уже сейчас с полной уверенностью можно констатировать, если упомянутая связь существует, то инструмент ее обнаружения найден. В этом плане вурф, как обобщающий индекс, незаменим.

Противоречивость, а зачастую, взаимоисключаемость факторов, определяющих проявление той или иной формы яйца, способствуют очень жесткому действию естественного отбора. Чем сильнее выражены противоречия факторов отбора, тем ближе к правильному овоиду форма яйца, а степень этого приближения отразится в значениях вурфа.

Совместное использование двух индексов (V и W) позволит не только решить большинство ооморфологических проблем, но и вернуться к дневниковым записям прошлых лет, чтобы реанимировать незаконченные мысли о форме птичьих яиц.

Универсальность обнаруженных закономерностей в геометрии овоида открывает широкие перспективы по исследованию яиц других животных.

Простота получения исходных данных и перспектива компьютерной обработки материала по специально созданным программам, позволяет привлекать исследователей различного статуса: от школьников до узких специалистов. Для этого необходимо минимум: сфотографировать кладку с линейкой или миллиметровой бумагой, предварительно уложив яйца так, чтобы их продольная ось была строго перпендикулярна фокусу оптической системы фотоаппарата. При более глубоких исследованиях кроме фотографирования яйца в трех положениях, необходимо снять два промера L и D . Как видно минимум и максимум не очень сильно отличаются друг от друга, к тому же измерять яйца в природе совсем не обязательно. Последнее делает минимальным фактор беспокойства, а также способствует экономии времени.

Предлагаемая методика полностью снимает проблему разногласий в сравнении и обобщении материалов разными авторами, что переводит в иную плоскость осуществленные ранее ооморфологические исследования.

Литература

- Венгеров П.Д. Уровень внутрикладковой изменчивости яиц как морфофизиологический индикатор состояния особи и популяции // Проблемы кадастра, экологии и охраны животного мира России: Тез. Всерос. науч. конф. - Воронеж, 1990. - С. 82-83.
- Венгеров П.Д. Популяционно-морфологические аспекты изучения изменчивости птичьих яиц // Современные проблемы оологии: Материалы I Международ. совещ. - Липецк, 1993. - С. 21-25.
- Гнка М. Эстетика пропорций в природе и искусстве. - М.: Стройиздат, 1936. - 250 с.
- Клейн Ф. Об основаниях геометрий. - М.: Наука, 1956. - 194 с.
- Климов С.М. Современное состояние и перспективы развития оологии // Актуальные проблемы оологии: Материалы II Международ. конф. стран СНГ. - Липецк: ЛГПИ, 1998. - С. 4-5.
- Климов С.М. Эколого-эволюционные аспекты изменчивости ооморфологических показателей птиц. - Липецк: ЛГПИ, 2003. - 208 с.
- Костин Ю.В. О методике ооморфологических исследований и унификации описаний оологических материалов // Методика исследования продуктивности и структуры



- видов птиц в пределах их ареалов: Сборник научных статей. - Вильнюс: Моклас, 1977. - Ч. 1. - С. 14-22.
- Мейен С.В., Соколов Б.С., Шрейдер Ю.А. Биология. Классическая и неклассическая: Феномен Любищева. - Вестн. АН СССР. - 1977. - № 10. - С. 112-124.
- Мельников М.В. Изучение пространственной структуры колоний птиц на основе оологических показателей // Актуальные проблемы оологии: Материалы II Международной конференции стран СНГ. - Липецк: ЛГПИ, 1998. - С. 10-12.
- Митяй И.С. Геометрические основания объективной оценки формы яиц // Актуальные проблемы оологии: Матер. III Международ. конф. стран СНГ. - Липецк: ЛГПИ, 2003а. - С. 143-147.
- Митяй И.С. Двойное отношение (вурф) - обобщающий индекс формы птичьих яиц // Актуальные проблемы оологии: Материалы III Международ. конф. стран СНГ. - Липецк: ЛГПИ, 2003б. - С. 147-153.
- Мянд Р. Внутрипопуляционная изменчивость птичьих яиц. - Таллин: Валтус, 1988. - 195 с.
- Нарушин В.Г. Методические аспекты оценки оологического материала // Актуальные проблемы оологии: Материалы II Международ. конф. стран СНГ. - Липецк: ЛГПИ, 1998. - С. 12-15.
- Никифоров М.Е., Явинский Б.В., Шкляр Л.П. Птицы Белоруссии. Справочник - определитель гнезд и яиц. - Минск: Высшая школа. - 1989. - 479 с.
- Петров Б.Г., Федорова М.Я., Болотников А.М. Форма яиц и естественный отбор // Современные проблемы оологии: Материалы I Международ. совещ. - Липецк: ЛГПИ, 1993. - С. 28-29.
- Петухов С.В. Биомеханика, бионика и симметрия. - М.: Наука, 1981. - 240 с.
- Романов А.Л., Романова А.И. Птичье яйцо. - М., 1959. - 620 с.
- Руэн (Андрей Кирсанов). Суонистика - единая теория всего: Диалектика абсолюта. - М., 1991. - 212 с.
- Татаринкова И.П. К методике определения формы яиц // Изучение птиц СССР. их охрана и рациональное использование. Тез. докл. I-го съезда Всесоюз. орнитол. общества и IX Всесоюз. орнитол. конф. - Ч. II. Л.: ЗИН АН СССР, 1986. - С. 274-275
- Флинт В.Е. Оологический критерий в систематике птиц // Современные проблемы и методы систематики животных: Сборник научных трудов. - М.: МГУ, 1972. - С. 59-61.
- Флинт В.Е. Оология как научная дисциплина // Современные проблемы оологии: Материалы I Международ. совещ. - Липецк: ЛГПИ, 1993. - С. 5-10.
- Хембридж Д. Динамическая симметрия в архитектуре. - М.: изд. ВЛА, 1936. - 78 с.
- Шевелев И.П., Марутасв М.А., Шмелев Н.П. Золотое сечение: Три взгляда на природу гармонии. - М.: Стройиздат, 1990. - 343 с.
- Шмидт-Нильсен К. Размеры животных: почему они так важны?: Пер с англ. - М.: Мир, 1987. - 259 с.
- Яблоков А.В., Валецкий А.В. Изменчивость структур пера и окраски яиц у некоторых птиц // Зоологический журнал. - 1972. - Т. 51, № 2. - С. 248-258.
- Gotman J., Jablonski. Gniazda naszych ptakow. - 1972. - 282 s.
- Harrison C. Juncvogel, Eier und Nester. - Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey, 1975. - 436s.
- Makatsch W. Die Eier der Vogel Ouropas. - Band 1, 2. Neumann Verlag, 1976. - 468 P. - 460 P.
- Schonwetter-M. Handbuch der Oologie. Lieferung 1. - Berlin, 1960, 7-8.
- Thompson D'Arcy. On growth and form // Cambr. Univ. Press, 1942. - 1116 p.