

УДК 59.087: 591.465.11:598.2

ОПИСАНИЕ ФОРМ ПТИЧЬИХ ЯИЦ С ПОМОЩЬЮ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЭТАЛОНОВ

И.С. Митяй

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,
Киев

Предложена оригинальная методика описания птичьих яиц на основании геометрии асимметрического овала (овоида), имеющего параметры: $D=1,0$; $L=2-\sqrt{2/2}$; $r_1=0,5$; $r_2=2,0$; $r_c=1-\sqrt{2/2}$. Использование свойств этой фигуры позволило создать систему из 80 базовых овоидов-эталонов, имеющих соответствующие названия, цифровую и буквенную кодировки. Составление одинаковых базовых овоидов инфундибулярной зоной (тупой полюс) выявило 80 эталонов симметрических псевдоовоидов, из которых у птиц встречается 44. Такая же процедура с разными овоидами дала 375 эталонов асимметрических псевдоовоидов, объединенных нами в шесть групп. Применение упомянутой системы эталонов позволило определять реальные формы птичьих яиц, анализировать связь их морфометрических параметров с инкубационными свойствами, а также осуществлять сравнения и обобщения данных других авторов. Каждый из эталонов сопровождается количественными характеристиками в виде интерполярного индекса и индексов форм: инфундибулярной, клоакальной, латеральной зон, асимметрии, удлиненности и комплементарности.

Ключевые слова: овоид, псевдоовоид, индексы формы яйца, классификация форм птичьих яиц.

Введение. Птичье яйцо как биологическое тело с геометрической точки зрения устроено довольно просто. Однако специфика форм яиц у разных видов птиц порождает определенные трудности в процессе их описания. В полевых условиях непосредственно с яйца можно снять легко только два промера: диаметр и длину. Их, безусловно, недостаточно для полноценного описания формы. Дополнительные параметры можно получить или из плоскостной проекции (светокопии, фотографии) (Romanoff, Romanoff, 1949; Костин, 1977; Мяндр, 1988; Führer-Nagy, 2002), или же осуществить замеры при помощи специально изготовленных устройств (Preston, 1953). С появлением цифровой фотографии и возможностей их компьютерной обработки проблема снятия дополнительных параметров стала легко решаемой. В литературе появилось немало работ, посвященных этим методикам описания яиц (Makatsch, 1976; Anderson, 1978; Todd, Smart, 1984; Barta, Székely, 1997; Baker, 2002; Митяй, 2003, 2008; Monus, Barta, 2005; Narushin, 2005; Bridge et al., 2007). Упомянутые методики все же не разрешили проблем, связанных с названием, классификацией форм яиц,

а также возможностью сравнения ооморфометрических данных, публикуемых различными авторами.

В литературе нет единого подхода в отношении названий форм яиц. Они или малоинформативны, типа «яйцо с ярко выраженным тупым и острым концом», или тавтологичны – «овоидный тип формы яйца». Не лишены недостатков и названия по подобию с геометрическими фигурами (сферические, эллипсоидные, овальные) или другими телами (каплевидные, грушевидные, юловидные). Зачастую это подобие очень условно, поскольку в реальных яйцах на разных полюсах проявляются разные фигуры. Не существует также единства в выборе количества базовых фигур. У разных авторов их: три (Makatsch, 1976; Климов, 1993), четыре (Preston, 1953; Narushin, 2005), пять (Gotman, Jablonski, 1972), восемь (Walters, 1994), десять (Schonwetter, 1985; Barta, Székely, 1997). К тому же, предлагаемые фигуры рассматриваются вне единства и количественных характеристик.

В связи с этим, обобщение и сравнение данных разных авторов в значительной степени затруднено. На наш взгляд, проблема может быть решена при наличии комплексной системы описания форм яиц, включающей в себя название, геометрическую модель (фигуру) и ее количественные параметры. Другими словами, необходима общепринятая методика в виде эталонов форм, используя которые исследователи работали бы в едином русле. Обоснованию и изложению подобной методики посвящена данная статья.

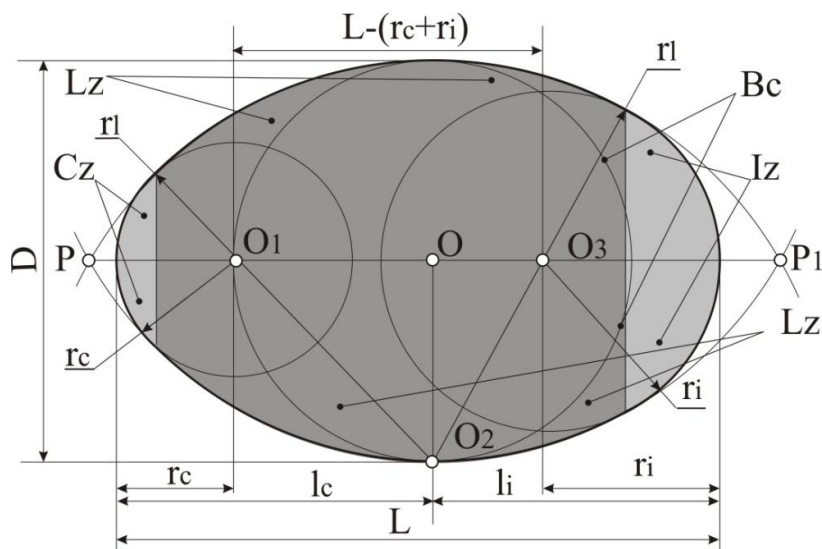
Методика. Материалом для исследования послужили 16494 яиц 800 видов птиц Северо-Западной Палеарктики, относящихся к 20 отрядам.

В качестве базовой модели автором использована фигура, которая в начертательной геометрии и инженерной графике называется овоидом или асимметрическим овалом (рис. 1).

Согласно одному из определений, овоид является плоской, замкнутой, выпуклой, гладкой кривой, состоящей из взаимно сопрягающихся дуг окружностей разных радиусов. Характерными признаками этой кривой является наличие одной оси симметрии и не менее четырех вершин. В реальных яйцах этим вершинам соответствуют зоны: инфундибулярная (место размещения воздушной камеры), клоакальная (противоположная, более заостренная – место локализации аллантаиса) и две латеральные, являющиеся боками интерполярной зоны, в которой размещается зародыш. На плоскостной проекции каждая из этих зон очерчена одноименными дугами, сопряжение которых и образует овоид.

Для описания и классификации форм яиц автор использовал модель составного овоида, согласно которой все разнообразие форм получается путем составления (комбинации, сопряжения, плавного

перехода) дуг адекватных кривизне зон овоида. Для каждой из форм строилась геометрическая фигура, наглядно отражающая отношения клоакальной, инфундибулярной дуг, длины и диаметра овоида. Количественное описание овоидов осуществляли с помощью семи индексов формы: традиционный индекс удлиненности – $I_{el} = L/D$ и шесть индексов, предложенных нами: $(I_{iz}=r_i/D; I_{lz}=r_l/D; I_{cz}=r_c/D; I_{ipz}=L-(r_i+r_c)=I_{el}-(I_{iz}+I_{cz}); I_{as}=I_{iz}-I_{cz}=(r_i-r_c)/D; I_{com}=(r_c+I_{ipz})(I_{ipz}+r_i)/I_{ipz}L$, где: $I_{iz}, I_{cz}, I_{lz}, I_{as}, I_{com}, I_{ipz}$ – индексы инфундибулярной, клоакальной, латеральной зон, асимметрии, интерполярный и индекс комплементарности; r_i, r_c, r_l – радиусы дуг; L – длина; D – диаметр. Последний индекс отражает степень сбалансированности (гармоничности) инфундибулярного (r_i) и клоакального (r_c) радиусов с длиной овоида. В конформной геометрии этот показатель называется двойным отношением или вурфом. Для описания форм яиц этот индекс нами предлагается впервые. Значения, приближающиеся к единице, характеризуют яйца с минимальным радиусом клоакальной зоны. Величины, приближающиеся к 1,333, свидетельствуют, что длина яйца состоит из трех равных отрезков, два из которых являются радиусами полярных зон. Показатели, уходящие за пределы 1,333, характеризуют яйца с большими радиусами клоакальных дуг.



Р и с . 1 . Обобщенная схема овоида и варианты снятия параметров:
 $O-O_3$ – центры сопрягаемых дуг; P, P_1 – точки пересечения латеральных дуг;
 B_c – базовая окружность; I_z, L_z, C_z – инфундибулярная, латеральная
 и клоакальная зоны овоида и их радиусы: r_i, r_l, r_c ; D – диаметр; L – длина;
 l_i, l_c – инфундибулярная и клоакальная части длины

Исходные параметры, длина (L) и диаметр (D), реальных яиц измеряли штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Замеры необходимых радиусов дуг окружностей выполняли по цифровым фотографиям с помощью компьютерных программ, разработанных Б.

Троценко и С. Шелестюком. Им автор выражает искреннюю благодарность.

Результаты и обсуждение. Яйца большинства птиц, на первый взгляд, кажутся весьма однообразными. Различия становятся явными при сравнении параметров их форм между собой. Простое сравнение плоскостных проекций яиц показывает, что у одних полярные зоны одинаковы, а у других разные. На основании этого все разнообразие форм яиц можно разделить на две группы: симметрические и асимметрические (рис. 2).

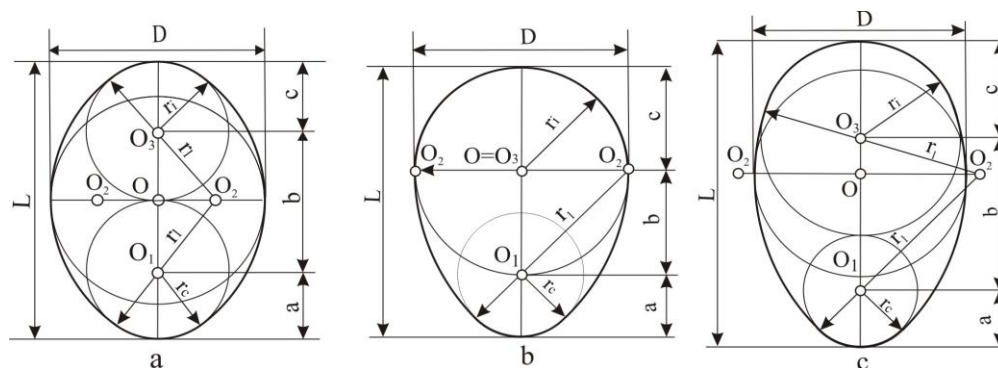


Рис. 2. Формы яиц по конфигурации полярных зон:
а) симметрические; б, с) асимметрические

Для классификации форм яиц в качестве исходной (базовой) геометрической фигуры подходит овоид, в котором одна часть является половиной окружности, а другая – половиной овала (рис. 2, б). Исходя из этого, все фигуры, инфундибулярный радиус которых лежит в пределах половины базового диаметра ($r_i=0,5-0,499 D$), получают название овоидов. Они составляют 21,3% от указанного выше количества яиц ($n=16490$). Учитывая то, что инфундибулярный радиус константный, дальнейшее разграничение форм осуществляется по отличиям латеральных и клоакальных радиусов. Все разнообразие форм возникает в пространстве, ограниченном двумя латеральными дугами, которые пересекаются в точках Р и Р₁ (рис. 3).

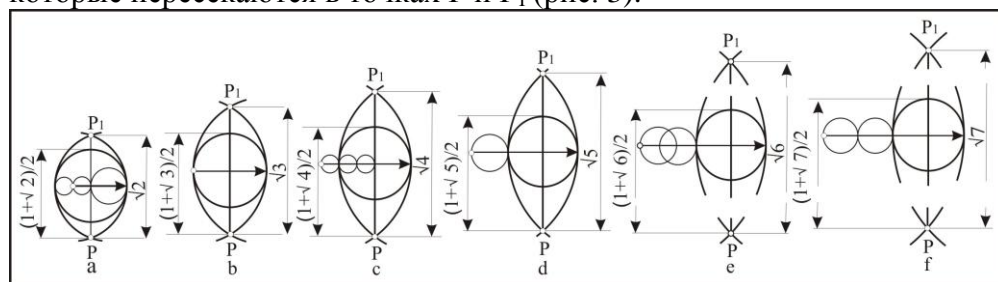


Рис. 3. Интервалы и взаимосвязь латеральных дуг с диаметром и длиной овоидов

Взаимосвязь радиусов латеральных дуг и расстояний между точками их пересечения выражается следующим уравнением: $PP_1 = \sqrt{4Dr_1 - D^2}$. В соответствии с ним, радиусам латеральных дуг $0,75D$; $1,0D$; $1,25D$; $1,5D$; $1,75D$; $2,0D$ отвечают расстояния, равные корням квадратным из чисел 2, 3, 4, 5, 6 и 7. В каждом из упомянутых случаев радиусы сопрягающих дуг разные, что отражается на конфигурации клоакальной зоны. Сопряжение латеральных дуг осуществляется клоакальной окружностью таким образом, что его противоположная от места сопряжения часть может занимать различное положение на продольной оси профиля в зависимости от величины диаметра (рис. 4).

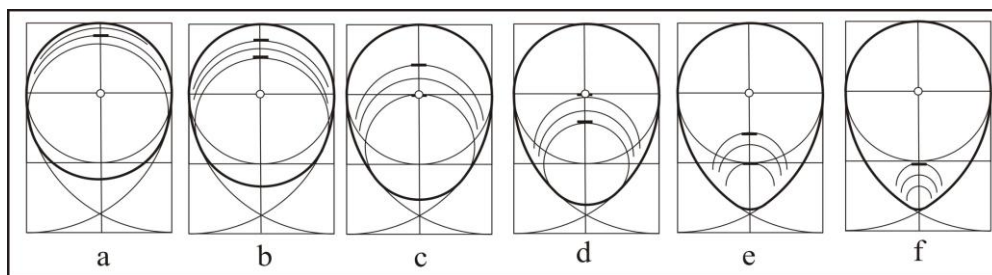


Рис. 4. Типы овоидов по конфигурации клоакальной зоны: а) сферовидные; б) округлые; в) тупые; г) типичные; д) каплеподобные; е) конусовидные

Если продольную ось условно разбить на интервалы, то мы получим возможность количественно выражать радиусы клоакальных дуг через половины отрезков длины овоида: $L-0,125$; $L-0,25$; $L-0,5$; $L-0,75$; $L-D$; $(L-D)/2$; $(L-D)/4$. Исходя из этого, было выделено шесть типов овоидов, названия которым были даны в соответствии с положением клоакальной окружности: сферовидные, округлые, тупые, типичные, каплевидные и конусовидные. Каждая из этих форм внутри себя имеет различные радиусы клоакальной дуги. Поэтому вышеупомянутые овоиды получили дополнительные названия: крупнорadiusные, среднерadiusные и мелкорadiusные. В зависимости от того, в пределах каких латеральных дуг происходит сопряжение, длина овоидов бывает различной. Это дало еще пять дополнительных названий: короткие, укороченные, нормальные, удлиненные и длинные. Приняв во внимание упомянутые геометрические особенности овоида, мы разработали систему из 80 базовых овоидов, объединенных в 6 типов.

Первый тип включает формы, приближающиеся к сфере. Они получили название сфероподобные. Их клоакальные окружности имеют диаметры в пределах $D > d_c \geq L - 0,125D$ (рис. 5).

Индекс удлиненности таких яиц приближается к единице: $1,0 < |e| \leq 1,09$. У птиц таких форм очень мало, около 0,2% ($n=3498$). Они встречаются отрядах Galliformes, Piciformes и Passeriformes.

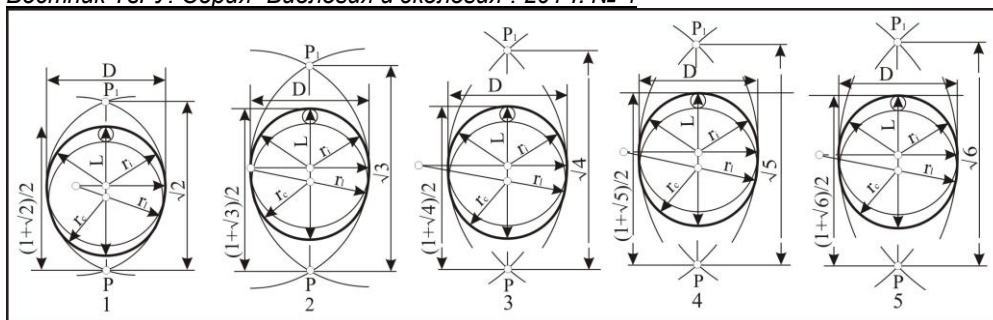


Рис. 5. Сфероподобные овоиды

Второй тип объединяет формы с диаметрами в пределах $L-0,125D > d_c \geq L-0,375D$ (рис. 6). Они получили условное название округлые: крупнорadiusные (6–10), среднерadiusные (11–15) и мелкорadiusные (16–20) с дополнительными характеристиками: короткие (6, 11, 16), укороченные (7, 12, 17), нормальные (8, 13, 18), удлинненные (9, 14, 19) длинные (10, 15, 20). Индекс удлинненности: $1,091 < |e| \leq 1,287$. Встречаются указанные формы в 4,0% случаев представителей отрядов, приведенных для первого типа (рис. 6).

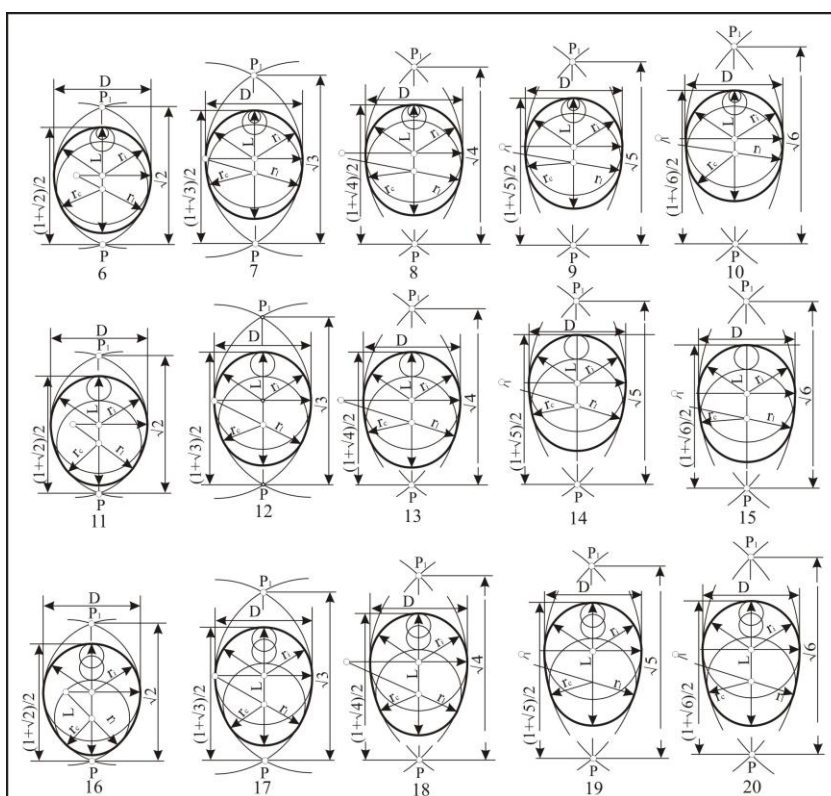


Рис. 6. Округлые овоиды

Третий тип, объединяющий формы с диаметрами в пределах $L-0,375D > d_c \geq L-0,625D$ (рис. 7), представлен формами, названными нами тупыми овоидами. Каждая из этих форм, как и в предыдущем случае, делится на крупно-, средне- и мелкорadiusные (21–25, 26–31, 32–36), и, соответственно, короткие (21, 26, 32), укороченные (22, 27, 33), нормальные (23, 28, 34), удлинённые (24, 30, 35) и длинные (25, 31, 36). Индекс удлиненности яиц третьего типа находится в пределах $1,146 < I_{el} \leq 1,4$. Упомянутые формы встречаются в 40,9% случаев у представителей из отрядов Galliformes, Charadriiformes, Falconiformes и Piciformes Passeriformes. Незначительное их число отмечено у Gruiformes и Coraciiformes.

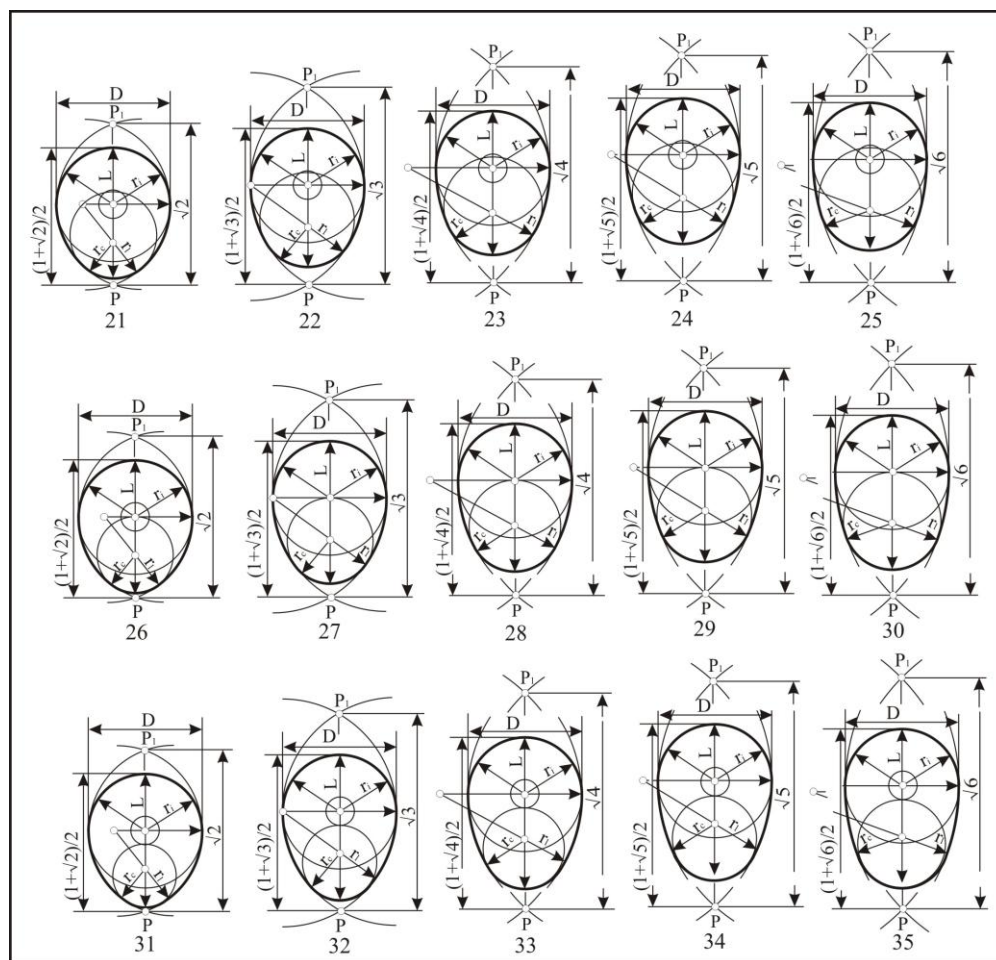


Рис. 7. Тупые овоиды

Четвертый тип включает в себя типичные овоиды – формы с клоакальными окружностями в пределах $L-0,625D > d_c \geq L-0,75D$ (рис. 8). Они подразделяются на: крупнорadiusные (36–40), среднерadiusные (41–45) и мелкорadiusные (46–50). По длине подразделение

осуществляется на: короткие (36, 41, 46), укороченные (37, 42, 47), нормальные (38, 43, 48), удлинённые (39, 44, 49) и длинные (40, 45, 50). Индекс удлинённости тупых овоидов находится в пределах $1,146 < Iel \leq 1,4$. Упомянутые формы встречаются в 41,2% случаев у представителей отрядов Anseriformes, Charadriiformes, Falconiformes, Galliformes, Gruiformes, Piciformes и Passeriformes.

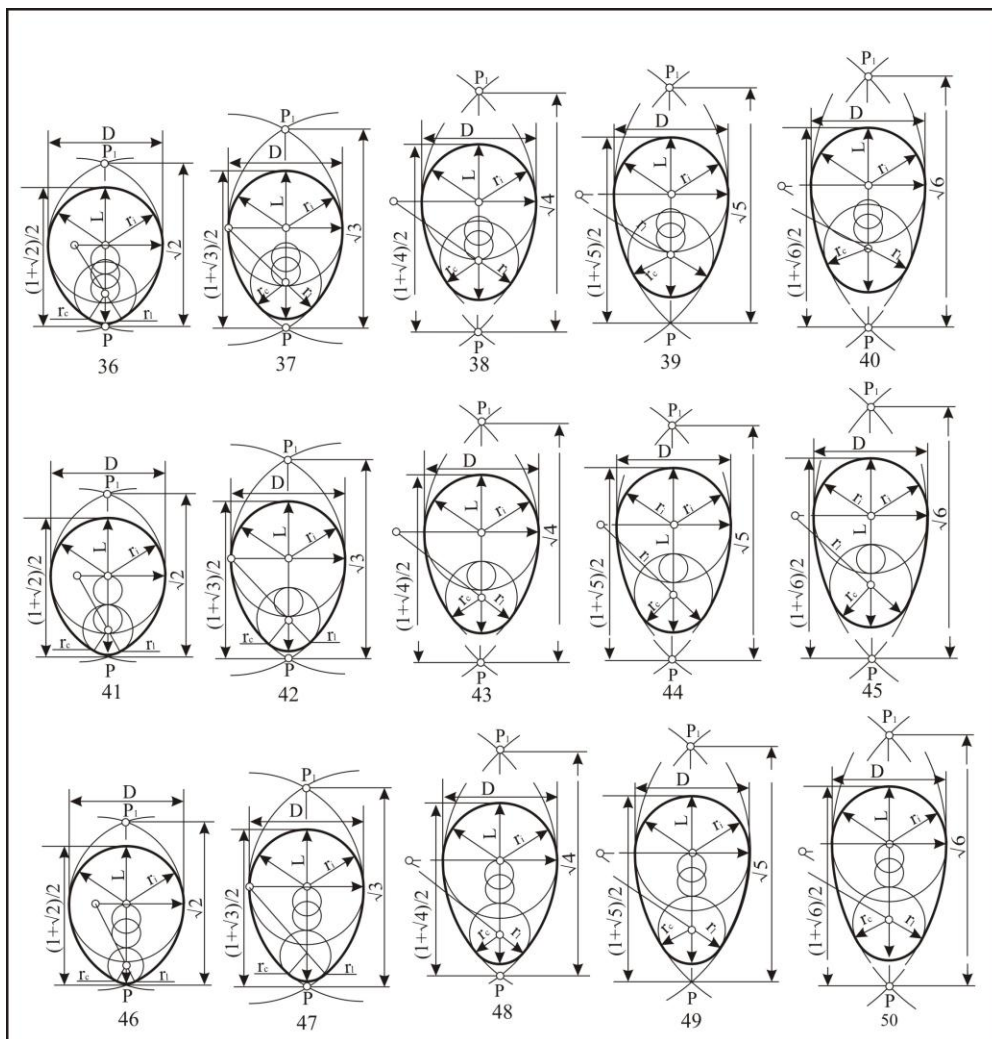


Рис. 8. Типичные овоиды

Пятый тип: клоакальные радиусы находятся в пределах $L - 0,75D > d_c \geq L - 1,125D$ (рис. 9). Эти формы получили название каплевидных овоидов. Они подразделяются на: крупнорADIUSные (51–55), среднерADIUSные (56–60) и мелкорADIUSные (61–65). По длине подразделение осуществляется на: короткие (51, 56, 61), укороченные (52, 57, 62), нормальные (53, 58, 63), удлинённые (54, 59, 64) и длинные (55, 60, 65). Индекс удлинённости этих яиц находится в

пределах, $323 < |e| \leq 1,643$. Каплевидные овоиды встречаются в 48,2% случаев у представителей двух отрядов, Charadriiformes и Passeriformes.

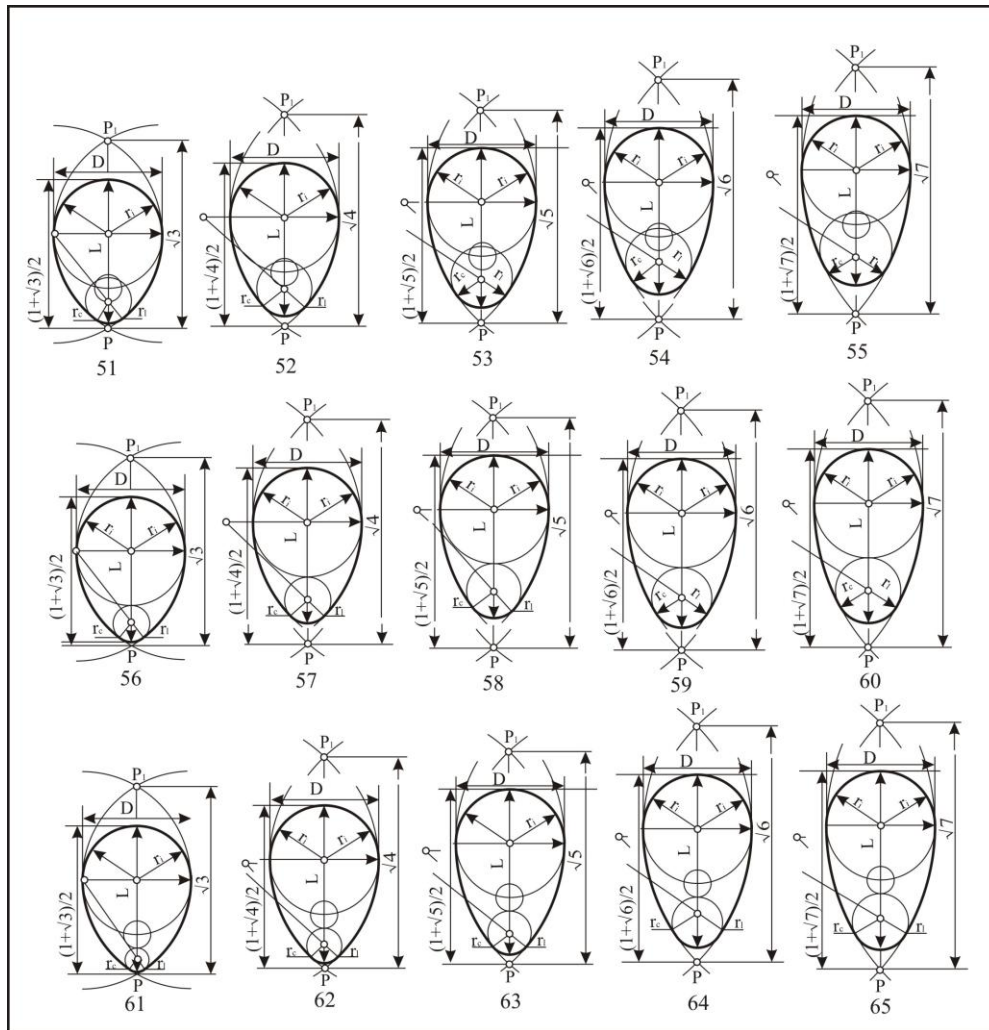


Рис. 9. Каплевидные овоиды

Шестой тип: клоакальные окружности находятся $L - 0,125D > d_c \geq L - 2,0D$ (рис. 10). Они получили название конусовидных овоидов: крупнорadiusных (66–70), среднерadiusных (71–75) и мелкорadiusных (76–80). По длине овоиды шестого типа подразделяются на: короткие (66, 71, 76), укороченные (67, 72, 77) нормальные (68, 73, 78), удлинённые (69, 74, 79) и длинные (70, 75, 80). Индекс удлинённости этих яиц находится в пределах $1,449 < |e| \leq 1,745$. Конусовидные овоиды встречаются в 9,3% случаев у представителей отряда Charadriiformes.

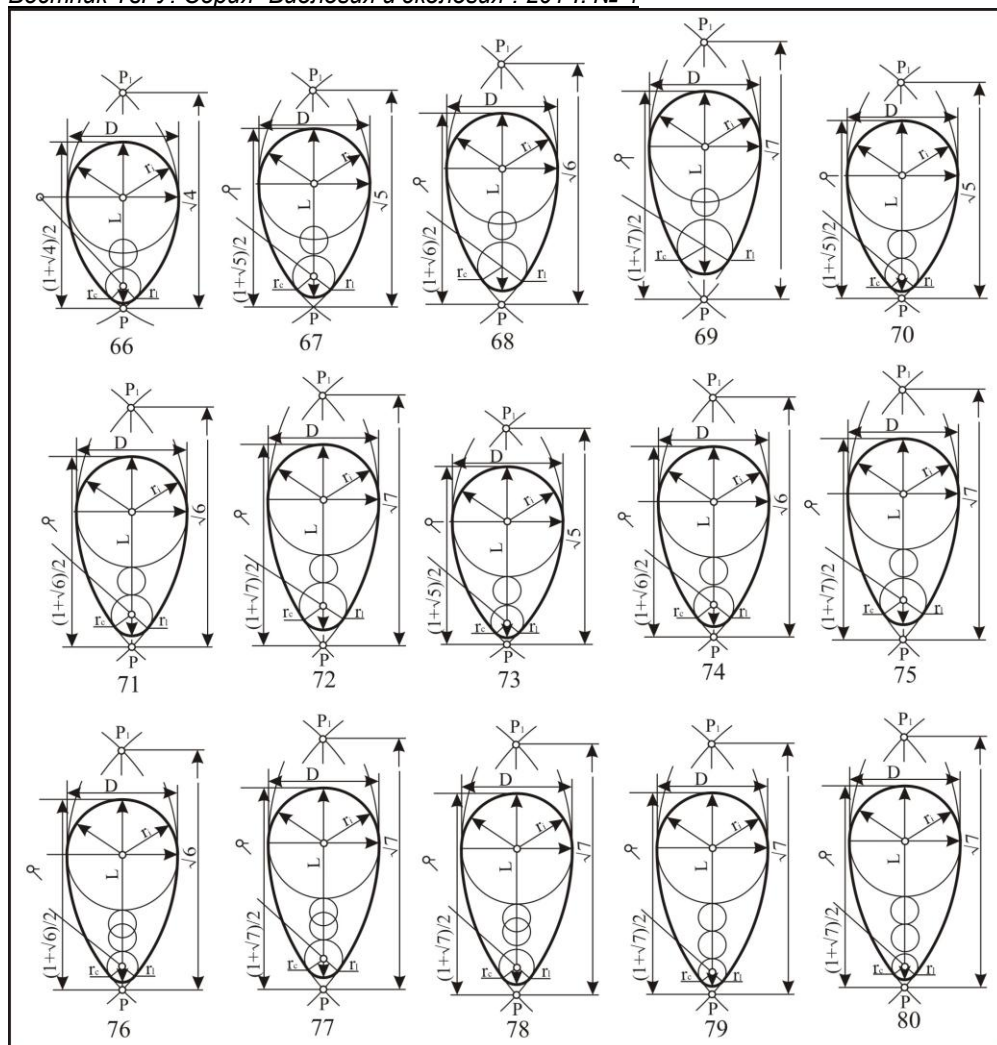


Рис. 10. Конусовидные овоиды

Вышеприведенные геометрические овоиды-эталоны имеют фиксированные (индивидуальные) характеристики, выраженные в виде индексов клоакальной и латеральной зон, а также индексов удлиненности, комплементарности, асимметрии и интерполяльности. Получившие порядковые номера, названия и характеристики, указанные эталоны предлагаются нами в качестве базовых при описании формы яйца (табл. 1).

Названия и параметры базовых овоидов-эталонов

№	Название эталона	Icz	Ilz	Iel	Icom	Ias	Iipi
Сферовидные овоиды:							
1	короткие	0,480	0,75	1,083	3,152	0,020	0,103
2	укороченные	0,487	1,00	1,098	2,987	0,013	0,112
3	нормальные	0,490	1,25	1,111	2,822	0,010	0,121
4	удлиненные	0,493	1,50	1,115	2,803	0,007	0,123
5	длинные	0,494	1,75	1,116	2,814	0,006	0,122
Округлые овоиды							
Крупнорadiusные:							
6	короткие	0,478	0,75	1,091	2,806	0,022	0,120
7	укороченные	0,488	1,00	1,108	2,826	0,012	0,121
8	нормальные	0,490	1,25	1,112	2,797	0,010	0,123
9	удлиненные	0,491	1,50	1,140	2,439	0,009	0,150
10	длинные	0,493	1,75	1,143	2,432	0,007	0,151
Среднерadiusные:							
11	короткие	0,437	0,75	1,125	2,029	0,063	0,189
12	укороченные	0,459	1,00	1,169	1,935	0,041	0,210
13	нормальные	0,468	1,25	1,190	1,883	0,032	0,223
14	удлиненные	0,473	1,50	1,200	1,868	0,027	0,227
15	длинные	0,477	1,75	1,207	1,856	0,023	0,231
Мелкорadiusные:							
16	короткие	0,387	0,75	1,151	1,637	0,113	0,264
17	укороченные	0,423	1,00	1,218	1,589	0,077	0,295
18	нормальные	0,441	1,25	1,256	1,556	0,059	0,316
19	удлиненные	0,449	1,50	1,271	1,549	0,051	0,322
20	длинные	0,456	1,75	1,287	1,535	0,044	0,331
Тупые овоиды							
Крупнорadiusные:							
21	короткие	0,382	0,75	1,146	1,629	0,118	0,265
22	укороченные	0,416	1,00	1,218	1,565	0,084	0,302
23	нормальные	0,433	1,25	1,266	1,512	0,067	0,334
24	удлиненные	0,444	1,50	1,284	1,507	0,056	0,341
25	длинные	0,452	1,75	1,301	1,498	0,048	0,349
Среднерadiusные:							
26	короткие	0,335	0,75	1,167	1,432	0,165	0,332
27	укороченные	0,375	1,00	1,250	1,400	0,125	0,375
28	нормальные	0,403	1,25	1,306	1,383	0,097	0,403
29	удлиненные	0,417	1,50	1,333	1,375	0,083	0,417
30	длинные	0,430	1,75	1,359	1,368	0,070	0,430
№	Название эталона	Icz	Ilz	Iel	Icom	Ias	Iipi
Мелкорadiusные:							
31	короткие	0,285	0,75	1,177	1,309	0,215	0,392

№	Название эталона	Icz	Ilz	Iel	Icom	Ias	Ipi
32	укороченные	0,342	1,00	1,275	1,310	0,158	0,433
33	нормальные	0,371	1,25	1,334	1,300	0,129	0,463
34	удлиненные	0,389	1,50	1,379	1,288	0,111	0,490
35	длинные	0,408	1,75	1,400	1,296	0,092	0,492
Типичные овоиды							
36	Крупнорadiusные: короткие	0,269	0,75	1,169	1,287	0,231	0,401
37	укороченные	0,309	1,00	1,289	1,250	0,191	0,480
38	нормальные	0,342	1,25	1,342	1,255	0,158	0,500
39	удлиненные	0,372	1,50	1,389	1,258	0,128	0,518
40	длинные	0,383	1,75	1,427	1,247	0,117	0,544
41	Среднорadiusные: короткие	0,217	0,75	1,183	1,196	0,283	0,467
42	укороченные	0,276	1,00	1,299	1,203	0,224	0,524
43	нормальные	0,312	1,25	1,374	1,202	0,188	0,562
44	удлиненные	0,340	1,50	1,430	1,201	0,160	0,590
45	длинные	0,356	1,75	1,146	1,534	0,144	0,606
46	Мелкорadiusные: короткие	0,156	0,75	1,191	1,122	0,344	0,535
47	укороченные	0,223	1,00	1,316	1,142	0,277	0,594
48	нормальные	0,264	1,25	1,399	1,149	0,236	0,635
49	удлиненные	0,307	1,50	1,451	1,164	0,193	0,644
50	длинные	0,338	1,75	1,482	1,177	0,162	0,645
Каплевидные овоиды							
51	Крупнорadiusные: короткие	0,212	1,00	1,323	1,131	0,288	0,612
52	укороченные	0,254	1,25	1,408	1,138	0,246	0,655
53	нормальные	0,282	1,50	1,474	1,138	0,218	0,693
54	удлиненные	0,305	1,75	1,532	1,137	0,195	0,728
55	длинные	0,332	2,00	1,555	1,147	0,168	0,724
56	Среднорadiusные: короткие	0,169	1,00	1,337	1,094	0,331	0,669
57	укороченные	0,213	1,25	1,426	1,105	0,287	0,713
58	нормальные	0,250	1,50	1,500	1,111	0,250	0,750
59	удлиненные	0,277	1,75	1,553	1,115	0,223	0,777
60	длинные	0,300	2,00	1,600	1,117	0,200	0,800
61	Мелкорadiusные: короткие	0,122	1,00	1,345	1,063	0,378	0,723
62	укороченные	0,175	1,25	1,445	1,079	0,325	0,770
63	нормальные	0,212	1,50	1,516	1,087	0,288	0,804
64	удлиненные	0,249	1,75	1,578	1,095	0,251	0,829
65	длинные	0,259	2,00	1,643	1,089	0,241	0,884

Конусовидные овоиды							
№	Название эталона	Icz	Иz	Iel	Icom	Ias	Ipi
66	Крупнорadiusные: короткие	0,159	1,25	1,449	1,069	0,341	0,790
67	укороченные	0,189	1,50	1,522	1,074	0,311	0,834
68	нормальные	0,222	1,75	1,603	1,078	0,278	0,882
69	удлиненные	0,249	2,00	1,643	1,085	0,251	0,894
70	длинные	0,150	1,50	1,541	1,055	0,350	0,891
71	Среднерadiusные: короткие	0,185	1,75	1,618	1,061	0,315	0,933
72	укороченные	0,213	2,00	1,667	1,067	0,287	0,955
73	нормальные	0,147	1,50	1,541	1,053	0,353	0,895
74	удлиненные	0,180	1,75	1,621	1,059	0,320	0,942
75	длинные	0,209	2,00	1,667	1,065	0,291	0,959
76	Мелкорadiusные: короткие	0,139	1,75	1,649	1,042	0,361	1,011
77	укороченные	0,171	2,00	1,705	1,048	0,329	1,035
78	нормальные	0,157	1,75	1,720	1,043	0,343	1,063
79	удлиненные	0,125	2,00	1,743	1,032	0,375	1,119
80	длинные	0,116	2,00	1,745	1,029	0,384	1,129

Эти эталоны, показавшие свою эффективность к исследованным яйцам, можно использовать для построения эталонов остальных форм. Последние были получены путем совмещения (составления) базовых овоидов инфундибулярными зонами (тупыми полюсами) (рис.11).

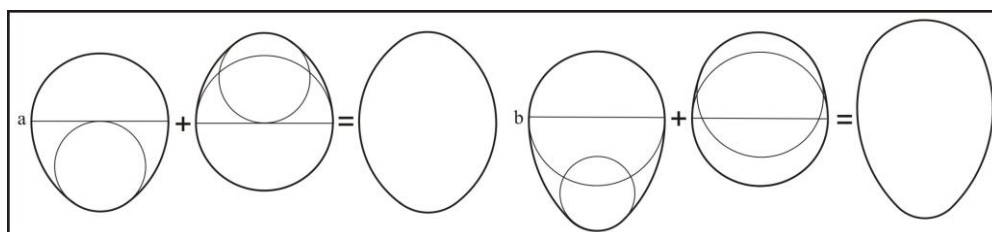


Рис. 11. Схемы составления симметрических (а) и асимметрических (б) псевдоовоидов

Получаемые при этом фигуры были названы нами «псевдоовоидами»; их инфундибулярный радиус меньше половины диаметра в отличие от такового у базовых овоидов. При совмещении между собой разных базовых овоидов получают эталоны асимметрических псевдоовоидов. Комбинации одинаковых овоидов дают совокупность симметрических псевдоовоидов (рис. 12).

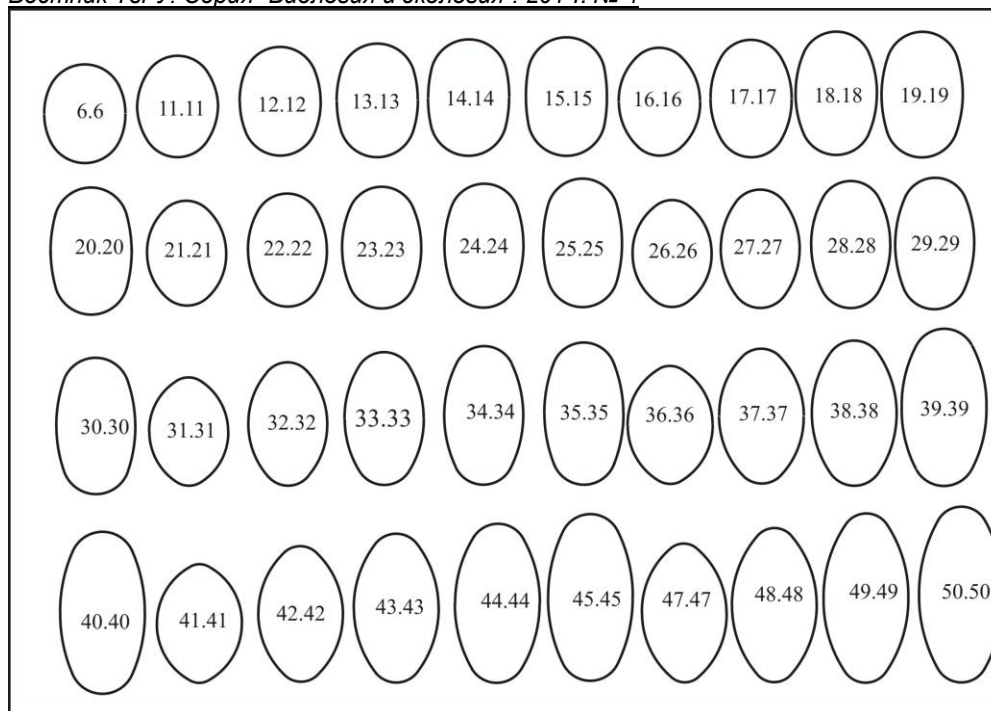


Рис. 1.2. Геометрические эталоны симметрических псевдоовоидов

При этом необходимо также учитывать то, что в природе яйца с абсолютно равными радиусами полярных зон практически отсутствуют. Поэтому к этой категории яиц мы предлагаем относить формы с индексом асимметрии не более 0,05. У птиц симметрические яйца встречаются гораздо реже (в пределах 5%, $n=16490$), чем у других животных, например, у рептилий. Это связано с множеством причин, среди которых наиболее существенными, на наш взгляд, являются три: а) некомпактность кладки; б) увеличенное раскатывание яиц; в) невозможность фиксированного направления зародышевого диска в сторону обогрева. Симметрические псевдоовоиды в незначительных количествах встречаются у представителей разных отрядов; они отсутствуют у *Gaviiformes* и *Charadriiformes*.

Совмещение 80 одинаковых эталонов базовых овоидов дает 80 теоретически возможных симметрических псевдоовоидов. У птиц таких форм меньше. У них отсутствуют крайние, т.е. приближающиеся к сфере и очень длинные и заостренные формы, хотя у других животных такие яйца являются нормой. Анализ нашей базы ($n=16490$) показал, что реальным формам яиц соответствуют 44 предлагаемых нами эталона.

Названия в данном случае даются, как и для базовых овоидов, с добавлением слов симметрический псевдоовоид. Цифровой код представляет собой двойной порядковый номер базового овоида, например, «тупой крупнорadiusный укороченный симметрический псевдоовоид (22.22)». Максимальное количество яиц относится к

асимметрическим псевдоовоидам (73,4%). Их геометрические эталоны получаются путем совмещения разных базовых овоидов. Названия при таком подходе получаются очень длинными, т.к. включают в себя названия двух разных базовых овоидов. Поэтому для классификации яиц этого типа мы выбрали более простой способ.

Как отмечалось выше, у асимметрических псевдоовоидов радиусы дуг инфундибулярной зоны меньше $0,5D$, но всегда больше, чем радиусы клоакальных дуг. Поэтому, сопрягая инфундибулярные дуги разного радиуса с 80 базовыми овоидами, мы получим совокупность эталонов асимметрических псевдоовоидов. Анализ нашей оологической базы данных показал, что радиусы инфундибулярных дуг рассматриваемого типа яиц колеблются в пределах от $0,285D$ до $0,491D$. Всю эту совокупность мы условно разделили на шесть групп (рис. 13).

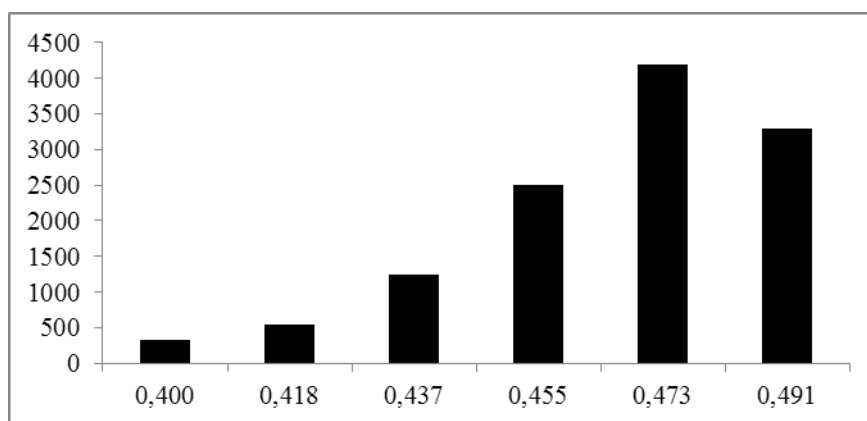
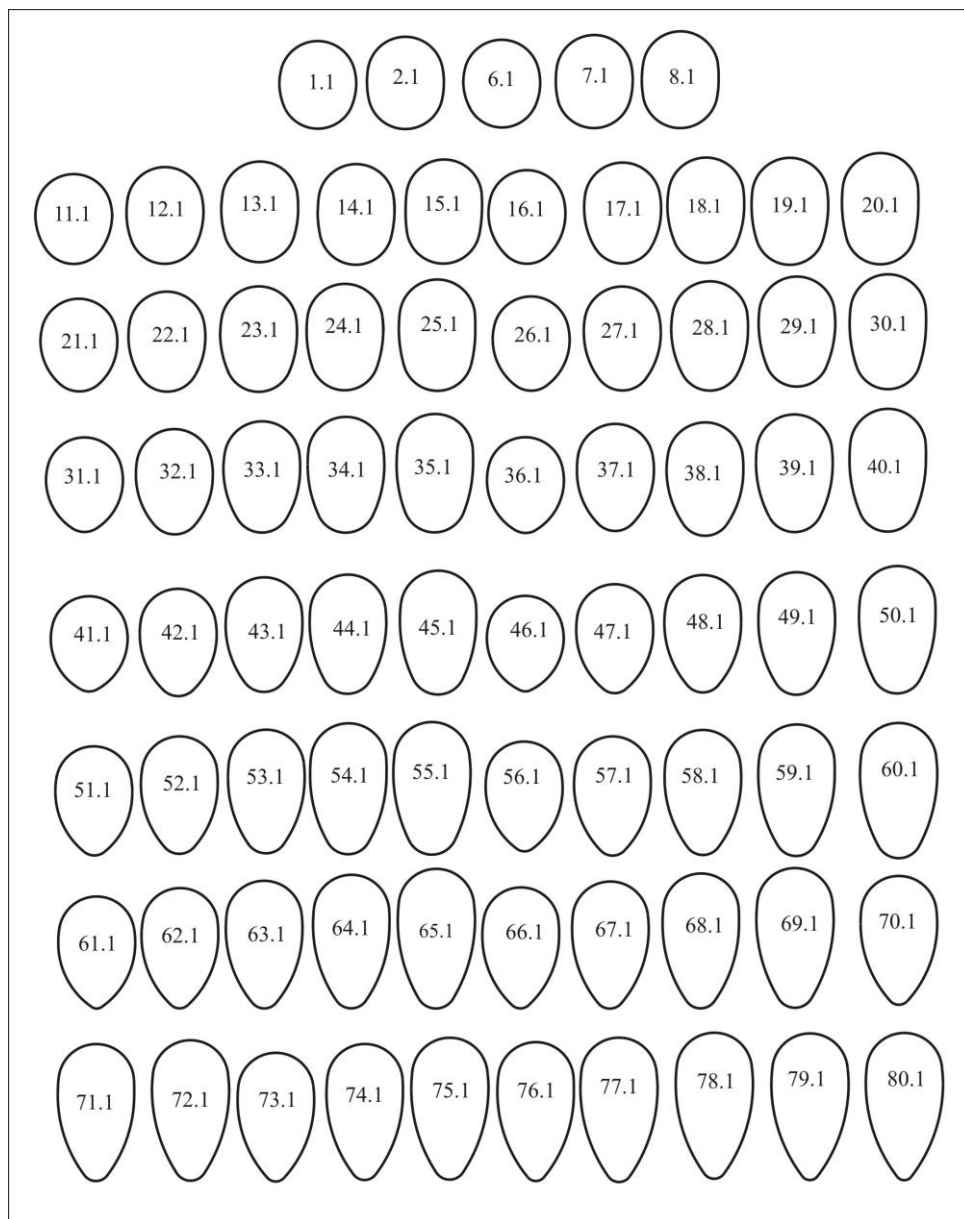


Рис. 13. Распределение асимметрических псевдоовоидов по радиусам инфундибулярных дуг

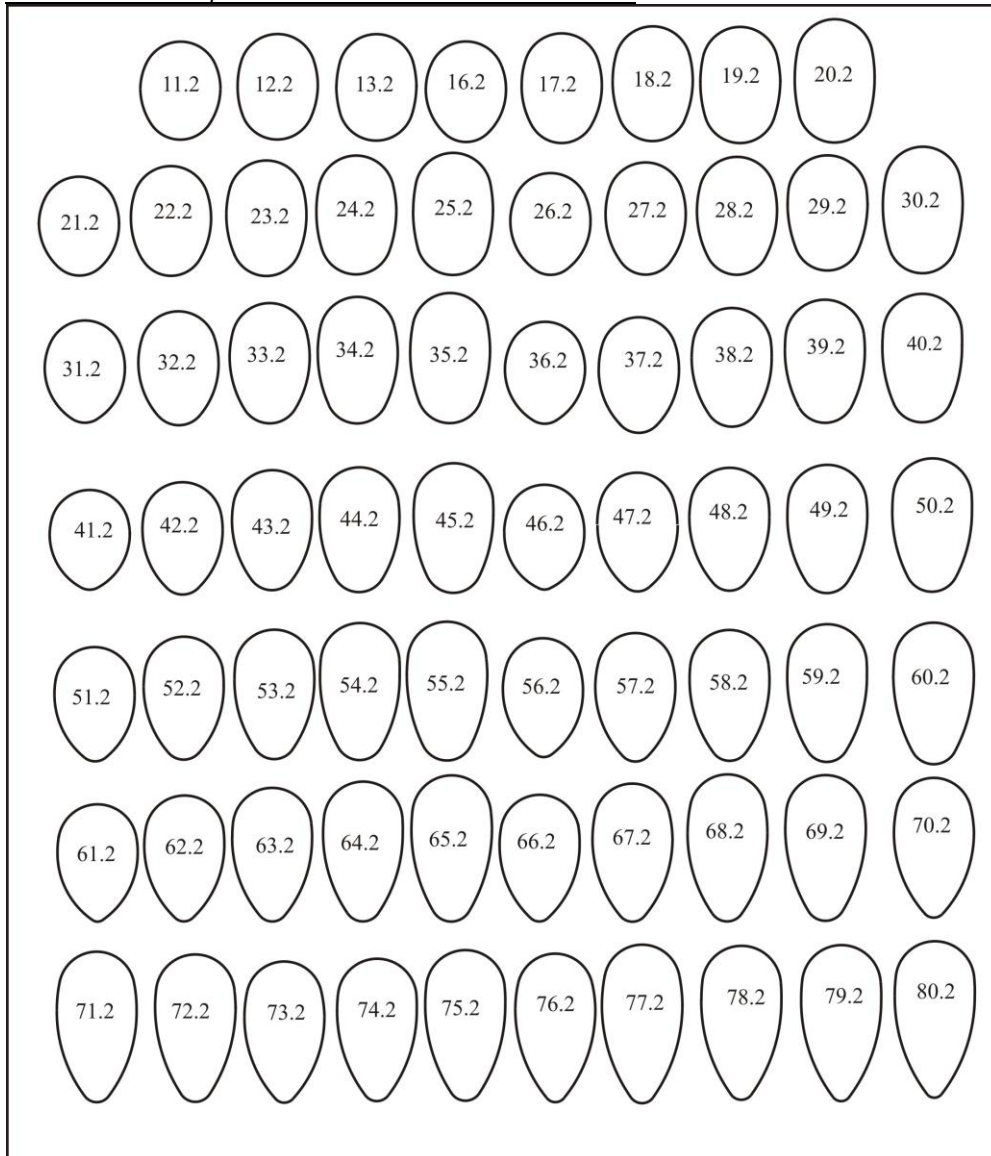
Учитывая то, что формы, входящие в состав каждой из групп, отличаются только радиусами инфундибулярной дуги, их названия складываются из названия базового овоида и номера группы. Шифр состоит из комбинация цифр, отражающих номер базового овоида и номер группы, например: тупой крупнорadiusный укороченный псевдоовоид второй группы (22.2). Количество эталонов в каждой группе разное и уменьшается по мере совпадения радиусов инфундибулярной и клоакальной дуг.

Первая группа включает 75 эталонов, у которых инфундибулярный радиус находится пределах $0,491D > r_i > 0,474D$. По форме эта группа наиболее близка к базовым овоидам (рис. 14). Среди асимметричных псевдоовоидов таких яиц 46,24% ($n=12104$). Чаще всего они встречаются в отрядах Charadriiformes и Passeriformes. Их можно встретить также в отрядах Falconiformes, Galliformes, Gruiformes и Piciformes. Индекс удлиненности таких яиц находится в пределах: $1,125 < I_{el} \leq 1,798$.



Р и с . 1 4 . Асимметрические псевдоовоиды первой группы

Вторая группа (рис. 15) включает 68 эталонов с инфундибулярными радиусами $0,474D > r_i > 0,456D$. Индекс удлиненности этих яиц находится в пределах $1,129 < l_e \leq 1,803$.

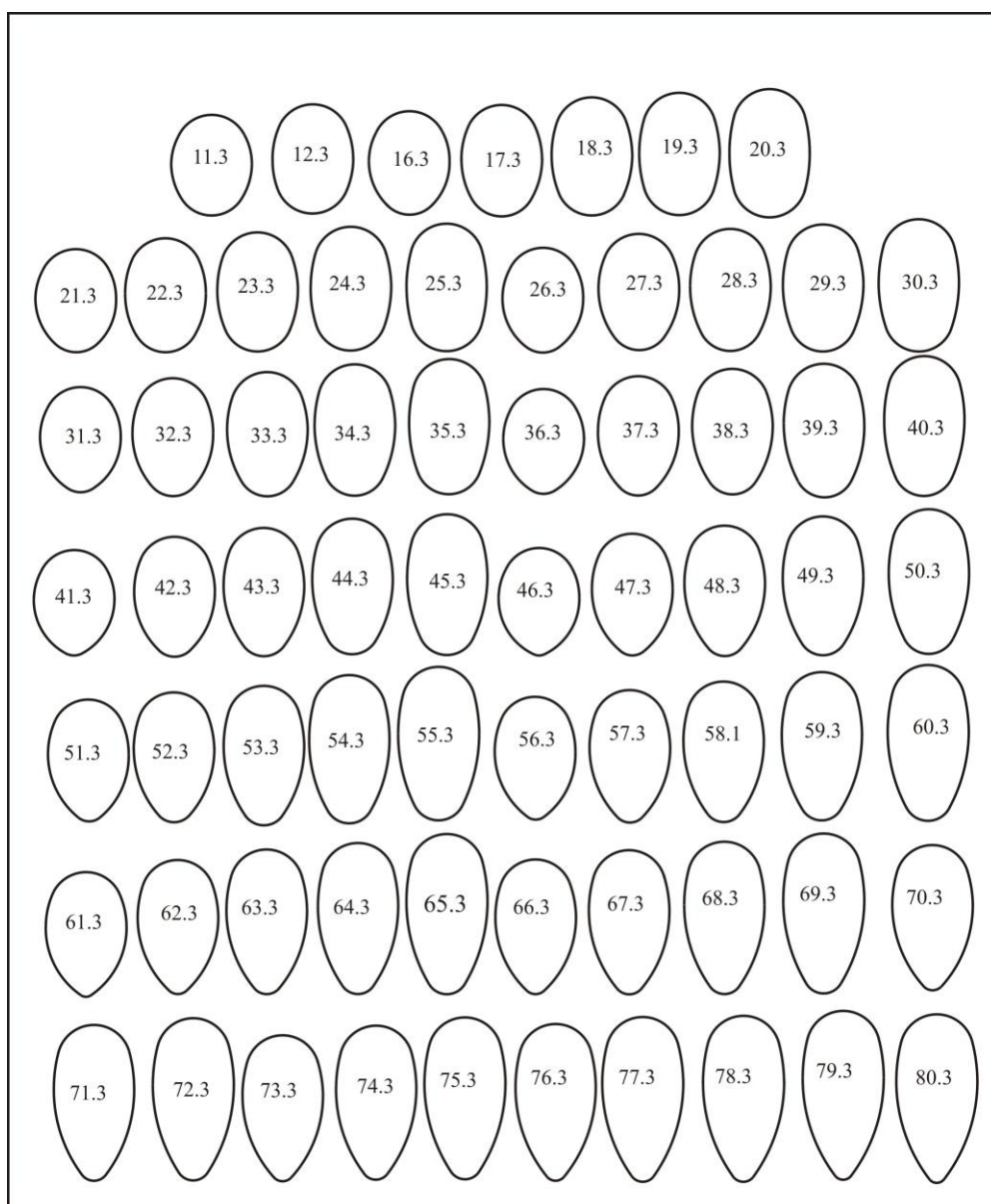


Р и с . 1 5 . Асимметрические псевдоовоиды второй группы

Среди асимметрических псевдоовоидов таких яиц 28,43%. Их больше всего в указанных выше отрядах. Появляются они у Anseriformes, Ciconiiformes, Strigiformes, Apodiformes, Cuculiformes, Coraciiformes и Uropiformes.

В третью группу (рис. 16) входят 67 эталонов, инфундибулярные радиусы которых находятся в пределах $0,456D > r_i > 0,437D$. Индекс удлинённости этих яиц – $1,134 < I_{el} \leq 1,786$.

Четвертая группа (рис. 17) представлена 60 эталонами, у которых инфундибулярный радиус находится в пределах $0,437D > r_i > 0,419D$. Индекс удлинённости $1,150 < I_{el} \leq 1,806$.



Р и с . 1 6 . Асимметрические псевдоовоиды третьей группы

Указанные формы встречаются в 12,34% случаев. Максимальное их количество отмечается в отрядах *Anseriformes*, *Falconiformes*, *Galliformes*, *Gruiformes*, *Strigiformes*, *Upupiformes*, *Piciformes* и *Passeriformes*. Они встречаются также у *Gaviiformes*, *Podicipediformes*, *Ciconiiformes*, *Coraciiformes*, *Columbiformes*, *Pelecaniformes*, *Procellariiformes*, *Caprimulgiformes*, *Cuculiformes*, *Apodiformes*; их число уменьшается у *Charadriiformes*.

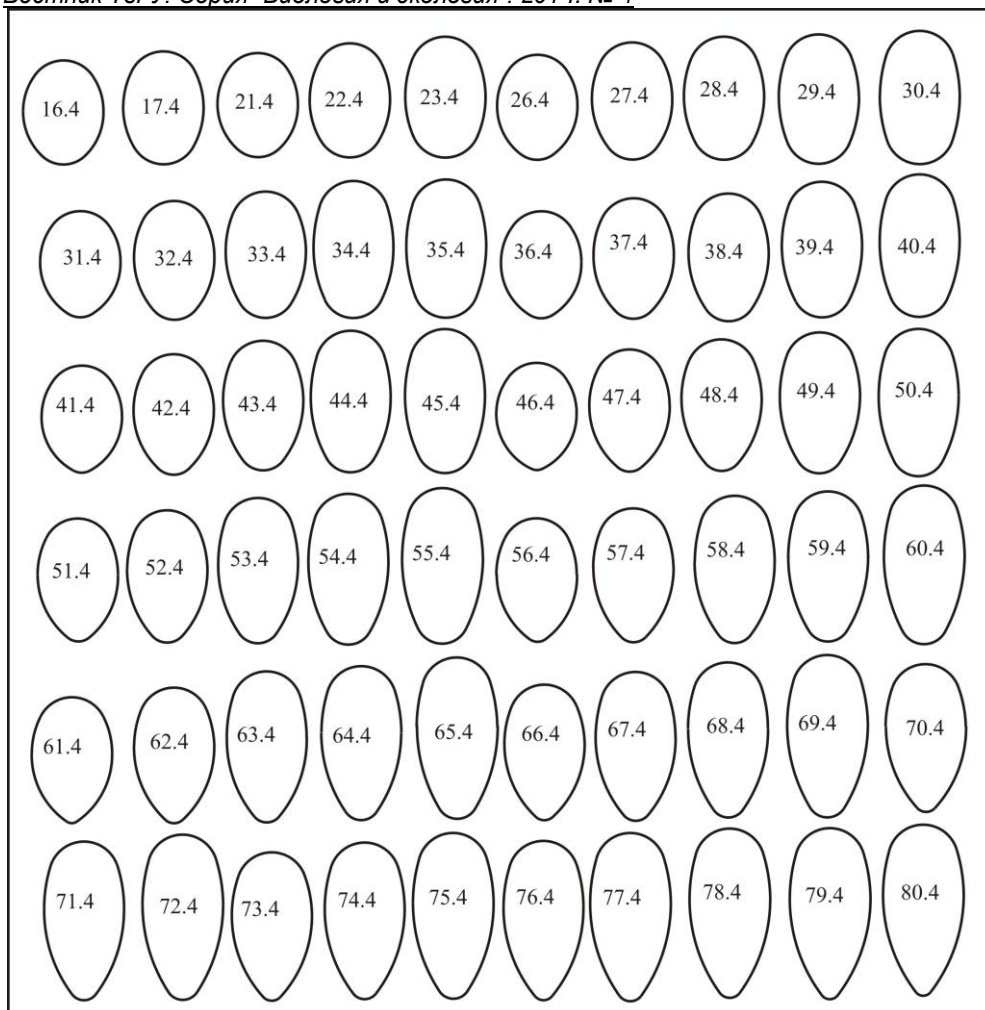
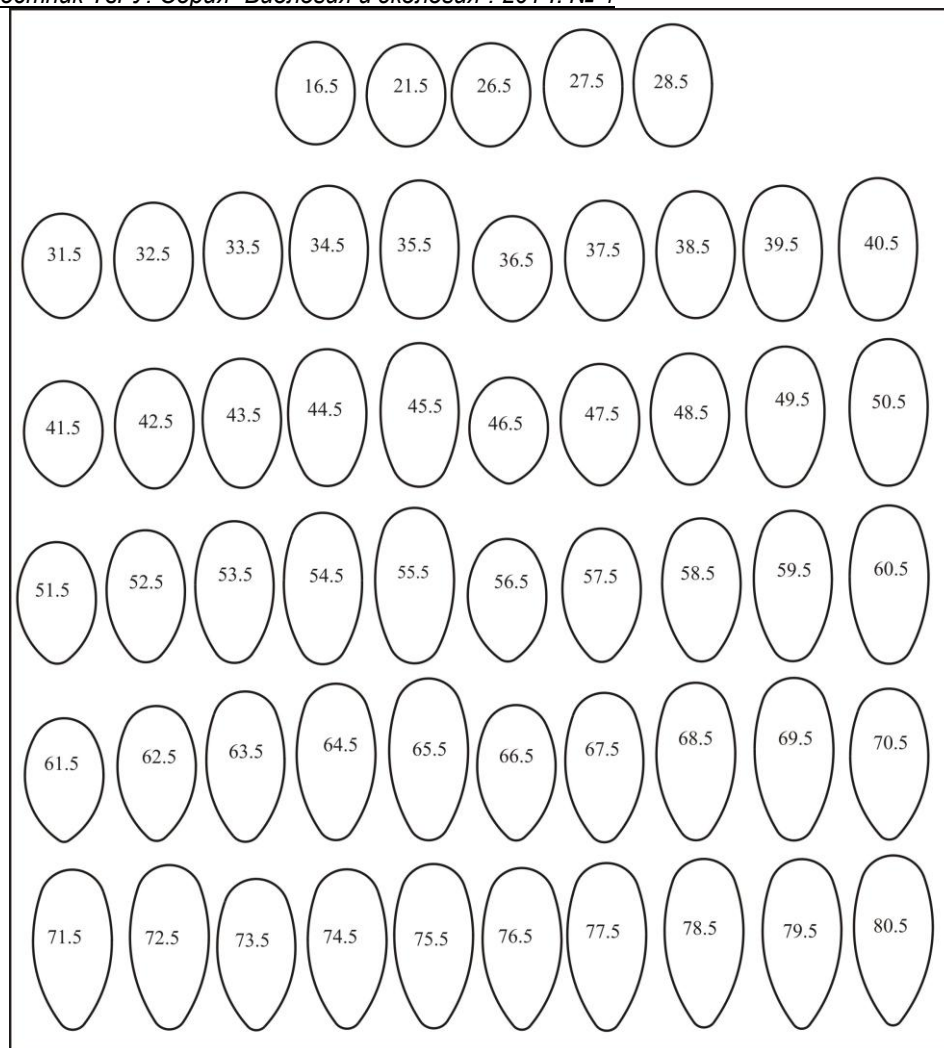


Рис. 17. Асимметрические псевдоовоиды четвертой группы

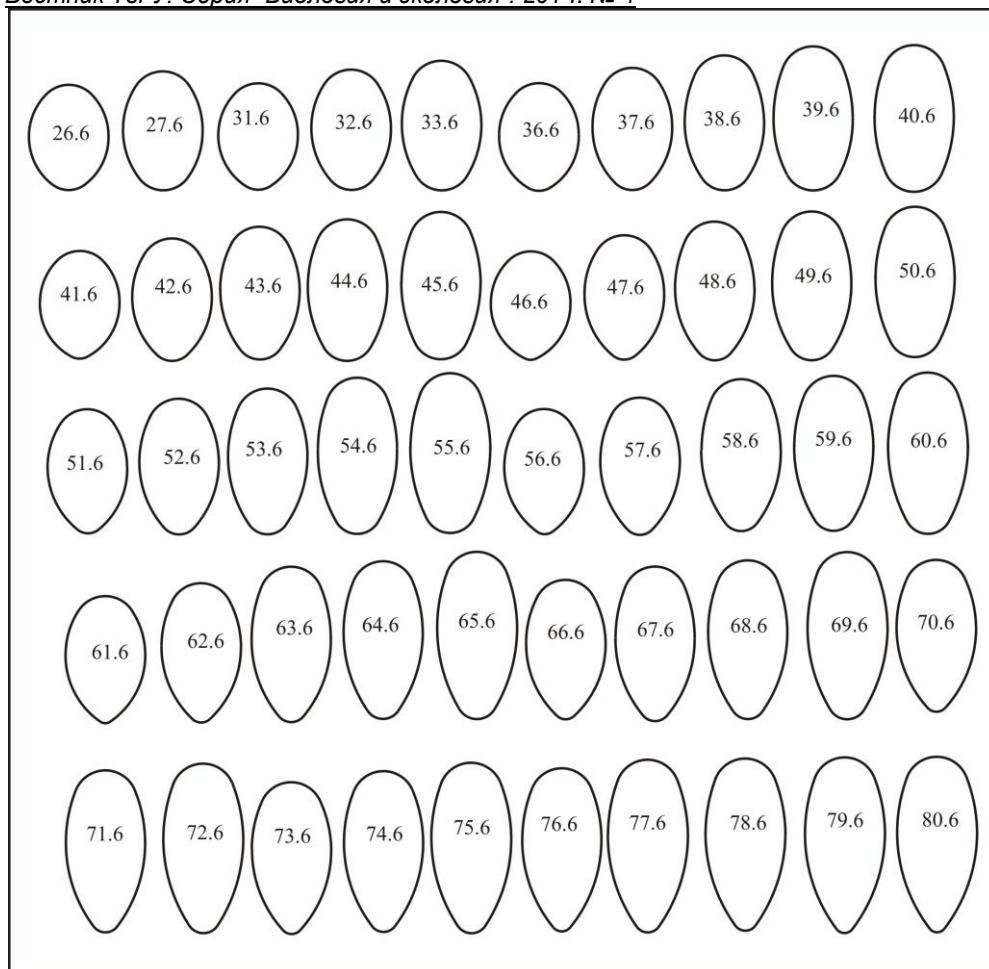
Таких форм насчитывается 7,54%. По отрядам наблюдается примерно такое же распределение, что и третьей группе.

В пятой группе насчитывается 55 эталонов с инфундибулярным радиусом в пределах $0,419D > r_i \geq 0,401D$ (рис. 18). Индекс удлинённости этих яиц находится в пределах $1,153 < |e| \leq 1,672$. Таких форм насчитывается 3,44%. Максимальное их количество наблюдается в отрядах Anseriformes, Ciconiiformes Pelecaniformes, Podicipediformes и Gruiformes. В других отрядах (Struthioniformes, Falconiformes, Galliformes, Columbiformes Strigiformes, Upupiformes, Piciformes, Passeriformes) их количество сходно небольшое (рис. 18).



Р и с . 1 8 . Асимметрические псевдоовоиды пятой группы

Шестая группа (рис. 19) представлена 50 эталонами с инфундибулярным радиусом $0,409D < r_i \leq 0,285D$. Индекс удлинённости $1,161 < |e| \leq 2,0$. Доля этих форм составляет 2,0%.



Р и с . 19 . Асимметрические псевдоовоиды шестой группы

Группа представлена, главным образом, в отрядах Anseriformes, Ciconiiformes, Podicipediformes и Pelecaniformes. Такие отряды, как Gaviiformes, Falconiformes, Caprimulgiformes, Gruiformes и Passeriformes представлены одинаково незначительно; остальные (Caprimulgiformes, Charadriiformes, Galliformes, Upupiformes, Strigiformes, Piciformes) – единичными экземплярами.

Приведенное выше количество эталонов ($n=375$) выведено только по средним значениям инфундибулярного радиуса шести групп асимметрических псевдоовоидов. Если по той же схеме вовлечь минимумы и максимумы, то мы получим еще 750 эталонов.

Заключение. Предлагаемая система эталонов форм птичьих яиц дает несколько важных перспектив в оологических исследованиях. Присвоение фиксированного названия и количественного выражения формам яиц путем сопоставления их фотографий с геометрическими эталонами позволяет осуществлять привязку важной биологической информации к любому птичьему яйцу. Простота методики дает

возможность широкого ее применения на различных уровнях: визуальном и компьютерном. В последнем случае возможно использование как существующие, так и специально написанные программы. Унификация и скоординированность оологических работ орнитологов открывает большие перспективы для широкомасштабных обобщений и создания глобальных баз данных.

Список литературы

- Климов С.М.* 1993. Форма яйца птиц и метод ее расчета // Современные проблемы оологии: материалы I Междунар. конф. стран СНГ. Липецк. С. 63-65.
- Костин Ю.В.* 1977. О методике ооморфологических исследований и унификации описаний оологических материалов // Методики исследования продуктивности и структуры видов птиц в пределах их ареалов: сб. науч. ст. Ч. 1. Вильнюс. С. 14-22.
- Митяй И.С.* 2003. Новая методика комплексной оценки формы яйца // Бранта. Вып. 6. С. 179-192.
- Митяй И.С.* 2008. Использование современных технологий в исследованиях птичьих яиц // Вісник ЗНУ: зб. наук. ст. Біол. науки. Запоріжжя: ЗНУ. Вип. 1. С. 191-200.
- Мянд П.* 1988. Внутрипопуляционная изменчивость птичьих яиц. Таллин: Валгу. 195 с.
- Anderson M.* 1978. Optimal egg shape in waders // *Ornis Fennica*. V. 55. P. 105-109.
- Baker D.E.* 2002. A geometric method for determining shape of bird eggs // *Auk*. V. 119. P. 1179-1186.
- Barta Z., Székely T.* 1997. The optimal shape of avian eggs // *Functional Ecology*. V. 11. P. 656-662.
- Bridge E.S., Boughton R.K., Aldredge R.A., Harrison T. E., Bowman R., Schoech S.J.* 2007. Measuring egg size using digital photography: testing Hoyt's method using Florida Scrub-Jay eggs // *Journal of Field Ornithology*. V. 78. P. 109-116.
- Führer-Nagy G.* 2002. Mathematical modeling of bird egg curves // *Termesztudományi Hivatal. Aquila*. V. 107-108. P. 67-73.
- Gotman J., Jablonski B.* 1972. Gniazda naszych ptaków. Warszawa: Państwowe zakłady wydawnictw szkolnych. 282 s.
- Makatsch W.* 1976. Die Eier der Vögel Europas. Band 1, 2. Neumann Verlag. S. 468-460.
- Monus F., Barta Z.* 2005. Repeatability analysis of egg shape in a wild tree sparrow (*Passer montanus*) population: a sensitive method for egg shape description // *Acta Zool. Hung.* V. 51. P. 151-162.
- Narushin V.G.* 2005. Egg geometry calculation using the measurements of length and breadth // *Poultry Science*. V. 84. P. 482-484.
- Preston F.W.* 1953. The shapes of birds egg // *Auk*. V. 70. P. 160-182.
- Romanoff A.L., Romanoff A.J.* 1949. The avian egg. New York: Wiley. 918 p.
- Schonwetter M.* 1985. Handbuch der Oologie // *Leiferung* 8. Berlin. 154 p.
- Todd P.H., Smart I.H.M.* 1984. The shape of birds' eggs // *J. Th. Biol.* V. 106. P. 239-243.
- Walters M.* 1994. Birds' eggs. London: Dorling Kindersley. 256 p.

DESCRIPTION OF AVIAN EGGS' SHAPES USING GEOMETRICAL STANDARDS

I.S. Mytiai

National University of Life and Environmental Science of Ukraine, Kiev

The original technique of description of avian eggs on the basis of the geometry of asymmetrical oval (ovoid) – a figure with parameters: $D=1,0$; $L=2-(\sqrt{2}/2)$; $r_i=0,5$; $r_l=2,0$; $r_c=1-(\sqrt{2}/2)$ – is described. Specific properties of this figure allow creating a system of 80 basic ovoid standards, each given an appropriate name, digital and letter coding, and distinct quantitative characteristics. Combining infundibular zones (blunt poles) of basic ovoids in pairs gives 80 standards of symmetric pseudo-ovals, 44 of which are found in birds. The same procedure applied to different ovoids produces 375 standards of asymmetrical pseudo-ovals. They can be divided into six groups. Use of such system of standards enables us to identify real shapes of avian eggs, to analyze relation of morphometric parameters to incubatory properties of eggs, and also to carry out comparisons and generalizations of other authors' data. Each standard is quantitatively characterized by means of indexes of infundibular, cloacal and lateral zones, by the index of asymmetry, elongation index, complementarity index as well as interpolar index.

Keywords: *ovoid, pseudo-ovoid, indexes of egg shape, classification of shapes of avian eggs.*

Об авторах:

МИТЯЙ Иван Сергеевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры общей зоологии и ихтиологии, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, 03041, Украина, Киев, ул. Генерала Родимцева, 19, e-mail: oomit@mail.ru.

Митяй И.С. Описание форм птичьих яиц с помощью геометрических эталонов / И.С. Митяй // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2014. № 1. С. 125-147.