



УДК 598.293.1:591.465.11

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЯИЦ В СИСТЕМАТИКЕ ПТИЦИ. С. Митяй¹, А.В. Мацюра²¹Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины² Алтайская государственная педагогическая академия, Россия

e-mail: oomit@mail.ru

Наши представления базируются на следующих предположениях. Яйцо как автономная система возникает внутри другой системы, которой является организм самки. Обе системы реализуются на основании единого генетического кода. В связи с этим, к примеру, дендрограммы, построенные по морфологическим критериям яйца должны быть примерно одинаковыми с таковыми, построенными по другим морфологическим или молекулярным критериям взрослых птиц. При этом необходимо помнить, что дендрограммы (кладограммы) показывают только степень генетического сходства таксонов, следовательно, тождественность материалов зависит от количества анализируемых критериев и их качества, т.е. они должны быть системообразующими. Чем большее количество системообразующих признаков будет включено в анализ в одном и другом случае, тем подобнее будут дендрограммы. В остальных случаях мы будем иметь фрагментарное подобие, что тоже очень важно при решении спорных вопросов.

Выяснение правомочности использования морфологических характеристик яиц в качестве дополнительной информации при решении вопросов систематики и филогении птиц является главным мотивом данного сообщения.

Наши исследования доказывают, что параметры формы птичьего яйца проявляют устойчивую привязанность к отдельным видам птиц и по комплексу признаков являются видоспецифичными. Дендрограммы и диаграммы, построенные по количественным значениям этих признаков, проявляют значительное подобие с дендрограммами, построенными по морфологическим, сравнительно-анатомическим, палеонтологическим и молекулярным критериям взрослых птиц. Это позволяет сделать вывод о возможности использования морфологических параметров яиц в качестве дополнительной информации при решении вопросов систематики и филогении птиц.

Ключевые слова: оология, геометрические параметры яиц, систематика птиц

GEOMETRICAL PARAMETERS OF EGGS IN BIRD SYSTEMATICSI.S. Mityay¹, A.V. Matsyura²¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv²Altai State Pedagogical Academy, Russia

e-mail: oomit@mail.ru

Our ideas are based on the following assumptions. Egg as a standalone system is formed within another system, which is the body of the female. Both systems are implemented on the basis of a common genetic code. In this regard, for example, the dendrogram constructed by morphological criteria eggs should be approximately equal to

those constructed by other molecular or morphological criteria adult birds. It should be noted that the dendrogram show only the degree of genetic similarity of taxa, therefore, the identity of materials depends on the number of analyzed criteria and their quality, ie, they should be the backbone. The greater the number of system-features will be included in the analysis and in one other case, the like are dendrogram. In other cases, we will have a fragmentary similarity, which is also very important when dealing with controversial issues. The main message of our research was to figure out the eligibility of usage the morphological characteristics of eggs as additional information in taxonomy and phylogeny of birds.

Our studies show that the shape parameters of bird eggs show a stable attachment to certain types of birds and complex traits are species-specific. Dendrogram and diagrams built by the quantitative value of these signs, exhibit significant similarity with the dendrogram constructed by morphological, comparative anatomy, paleontology and molecular criteria for adult birds. This suggests the possibility of using morphological parameters eggs as additional information in dealing with taxonomy and phylogeny of birds.

Keywords: oology, geometrical parameters of eggs, bird systematics

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы систематики, эволюции и филогенетических связей у птиц до сих пор остаются актуальными. В истории орнитологии их решение осуществлялось в различных направлениях. Традиционными были и остаются системы, построенные с использованием морфологических и анатомических признаков.

Во второй половине XX века Чарлз Сибли и Джон Алквист осуществляют фундаментальную ревизию системы птиц методом гибридизации ДНК. Основные результаты этих работ изложены в книге «Филогения и классификация птиц: Исследования в области молекулярной эволюции» (Sibley, Ahlquist, 1990). Оригинальность подхода и нетрадиционность полученных результатов вызвали в свое время, с одной стороны, значительное количество критических публикаций, а с другой – стали толчком для продолжения исследований как по молекулярной систематике (Clarke et al., 2005; Gamauf, Haring, 2004; Harshman, 1994; Slack, 2012), так и в традиционных направлениях: морфологическом (Sibley, Ahlquist, 1990; Zelenitsky et al., 2012) и сравнительно-анатомическом (Курочкин, 2004; Barta, Székely, 1997; Livezey, Zusi, 2007; Mayr, 2005).

С середины прошлого века возникло еще одно направление, пока не получившее широкого распространения. Мы его условно назвали оологическим, т.е. таким, которое базируется на морфологических параметрах птичьих яиц. В странах СНГ его основоположником по праву можно считать А. П. Кузякина. В своей работе «Учет оологических признаков и особенностей гнездовья в классификации птиц» (Кузякин, 1954) он проводит сравнение гнезд и кладок разных видов, найденных в разных местах и относящихся к разным родам, семействам и отрядам. Как считает автор, это позволяет сделать

некоторые выводы, учет которых может способствовать дальнейшему усовершенствованию современной классификации птиц. Из других источников нам известна работа по классификации современных страусообразных и вымерших моа, разработанная на основании силы разрушения скорлупы и митохондриальной ДНК (Huynen et al., 2010).

Выяснение правомочности использования морфологических характеристик яиц в качестве дополнительной информации при решении вопросов систематики и филогении птиц является главным мотивом данного сообщения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для данного сообщения послужили промеры и фотографии яиц из коллекций музеев Украины и России. Описание яиц осуществляли по ранее изложенным нами методикам (Митяй, 2003; 2008). Использовались две модели: составного овоида и полиномиальная. В соответствии с первой - для описания яиц использовались семь индексов формы: традиционный индекс удлинненности $I_e = L/D$ 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 ($I_{as} = r_c/r_i$), экваториальный $I_{eq} = b = L - (r_c + r_i)$ и индекс комплментарности $I_{com} = (r_c + b)(r_i + b)bL$, где $b = L - (r_c + r_i)$, 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 оригинальным компьютерных программ.

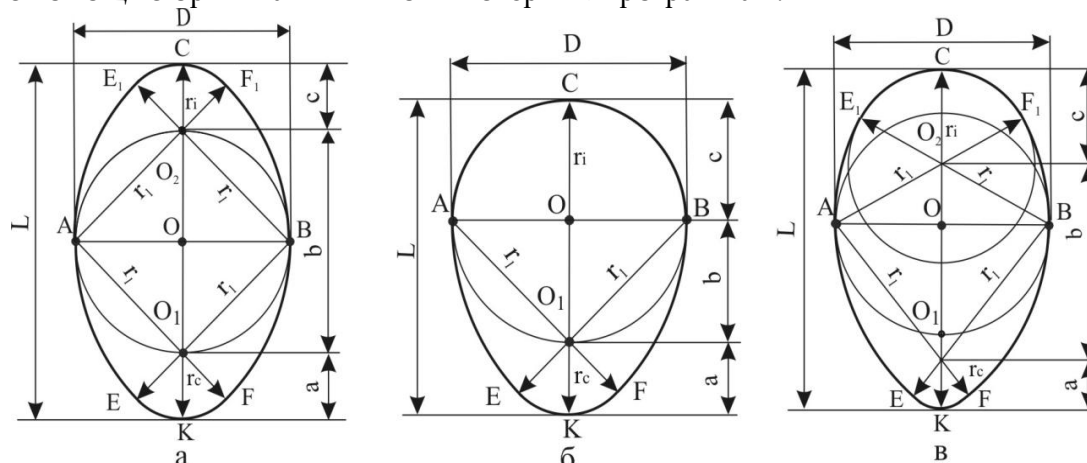


Рис. 1. Схемы снятия промеров с различных типов яиц: а, в) симметрических и асимметрических псевдоовоидов; б) овоидов.

Вторая модель предполагает описание с помощью коэффициентов полинома: k^0, k^1, k^2, k^3 по любезно представленной нам Л.И. Францевичем методике (Францевич, 2014).

Статистическая обработка материалов осуществлялась с использованием программы StatSoft Statistica 6.0 и Microsoft Excel 2010. Дендрограммы получали

с помощью кластерного анализа. Использовали четыре комбинации параметров: а) Icz; Ilz; Iiz; Iel; б) Ias; Ieq; Icom; в) k0; k1; k2; k3; г) все перечисленные параметры. Объем фактического материала приводится в табл. 1.

Таблица 1. Исходные данные для исследований

Отряд	Количество				
	семейств	родов	видов	кладок	яиц
Anseriformes	1	18	48	1024	1415
Apodiformes	1	2	4	14	39
Caprimulgiformes	1	4	14	46	61
Charadriiformes	13	48	111	1201	2121
Ciconiiformes	3	10	14	492	821
Columbiformes	3	9	21	111	176
Coraciiformes	3	4	5	59	250
Cuculiformes	1	5	10	84	84
Falconiformes	3	19	47	1584	2315
Galliformes	2	17	26	114	446
Gaviiformes	1	1	5	169	233
Gruiformes	4	13	24	215	601
Passeriformes	39	114	290	2675	5600
Pelecaniformes	3	3	10	122	256
Piciformes	1	5	11	180	949
Podicipediformes	1	1	7	265	510
Procellariiformes	2	7	7	117	117
Sphenisciformes	1	3	5	29	39
Strigiformes	2	12	17	92	271
Struthioniformes	2	4	4	39	41
Upupiformes	1	1	1	31	145

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Нами был осуществлен детальный анализ возможностей использования оологических материалов в систематике птиц. Работа осуществлялась на примере отряда соколообразных (Falconiformes). Наиболее распространенным является мнение, что близкими родственниками хищных птиц являются

голенастые и пеликанообразные (Maup, Clarke, 2003). По этому поводу было выдвинуто предположение, согласно которому по оологическим признакам весьма отдаленные сходство наблюдается только между мелкими хищниками типа ястребов и луней с малой выпью и аистом (Кузякин, 1954). Наш анализ формы яиц 32 видов птиц упомянутых отрядов этого не выявил (рис. 2).

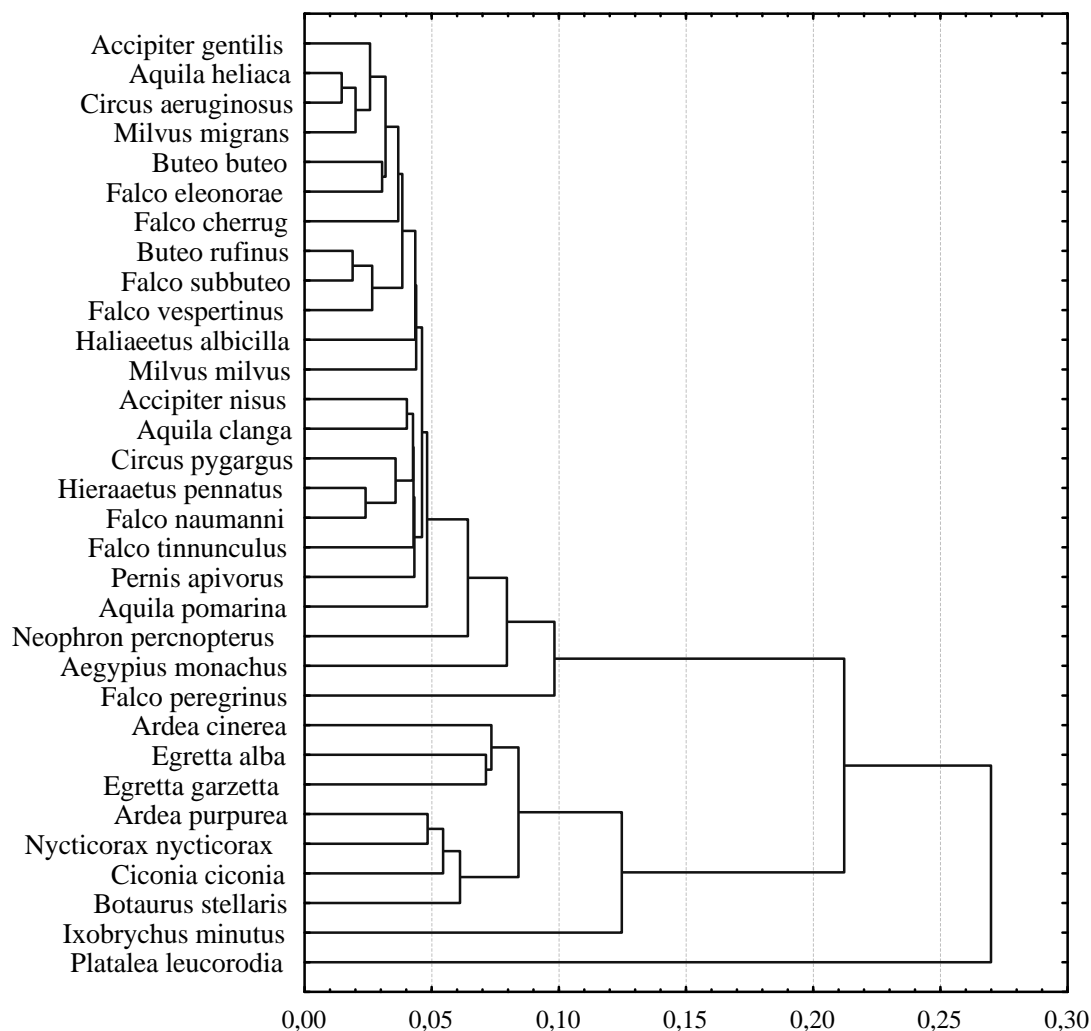


Рис. 2. Дендрограмма подобия яиц соколообразных и аистообразных птиц.

На диаграмме наблюдается четкое разграничение форм яиц между упомянутыми отрядами птиц. Подобие наблюдается только по коэффициентам полинома третьей степени. Последний связан с незначительной деформацией латеральной части яйца. Одновременно этот коэффициентно сильно и асимметрично влияет на форму приполярных секторов. Действительно, радиусы инфундибулярной и клоакальной зон яиц

значительно различаются. У хищных птиц ($n=1322$) $I_{iz}=0,47\pm0,0001$ и $I_{cz}=0,33\pm0,0003$, а у аистообразных эти показатели другие: ($n=477$) $I_{iz}=0,41\pm0,0004$ и $I_{cz}=0,31\pm0,0006$. Кроме этого, яйца у соколообразных короче ($I_{el}=1,27\pm0,0004$), чем у аистообразных ($I_{el}=1,40\pm0,0005$).

Следует отметить, что яйца соколообразных по большинству параметров значительно отличаются от яиц представителей других отрядов. Поэтому, характеризуя подобие, мы имеем ввиду его относительность, т.е. более похожие яйца имеют те отряды, которые стоят друг к другу ближе всего. Во всех этих отрядах наблюдаются формы, близкие к сферической.

Индексы удлиненности у соколообразных, совообразных и ракшеобразных очень близки по значениям, составляя, соответственно, 1,27; 1,22; 1,22. Причины такого явления разные. По этому поводу существует мнение (Amaral, Jorge, 2003), что сфероподобные яйца являются наиболее оптимальными в кладках из одного-двух и из более пяти яиц. По комплексу признаков наибольшее сходство по форме яиц этих птиц наблюдается с совообразными и ракшеобразными и немного меньше – с курообразными и дятлообразными (рис. 3).

Максимальные отличия параметров яиц относительно соколообразных (без катартид) наблюдаются у гагарообразных, пеликанообразных и поганкообразных. У представителей этих отрядов яйца наиболее удлиненные среди всех птиц. Их индекс удлиненности составляет, соответственно, 1,60; 1,59; 1,48. Значительные отличия характерны для индекса комплементарности: 1,08; 1,09; 1,08. У соколообразных он равен 1,295. Это значит, что кривизна их клоакальной зоны у них меньше.

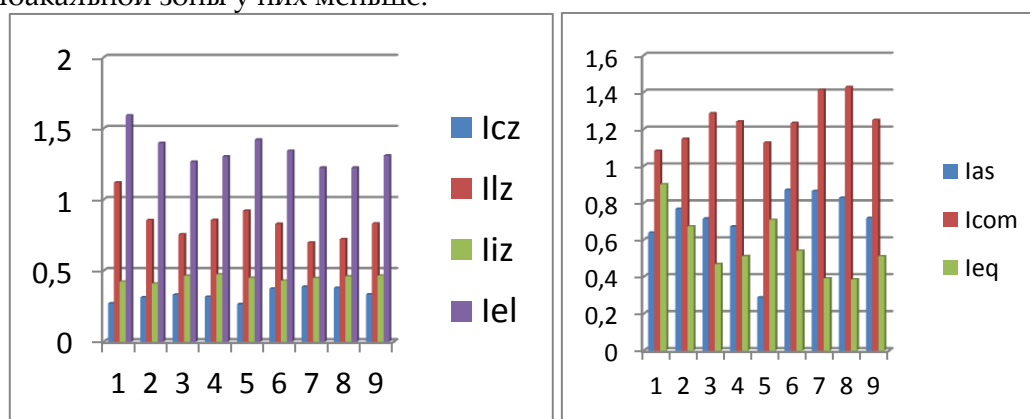


Рис. 3. Диаграммы подобия (а, б) форм яиц соколообразных с формами яиц представителей других отрядов: 1) Pelecaniformes, 2) Ciconiiformes, 3) Falconiformes, 4) Galliformes, 5) Gruiformes, 6) Columbiformes, 7) Strigiformes, 8) Coraciiformes, 9) Piciformes

У соколообразных и сов наблюдается значительное сходство яиц, о чем свидетельствует дендрограмма (рис. 4).

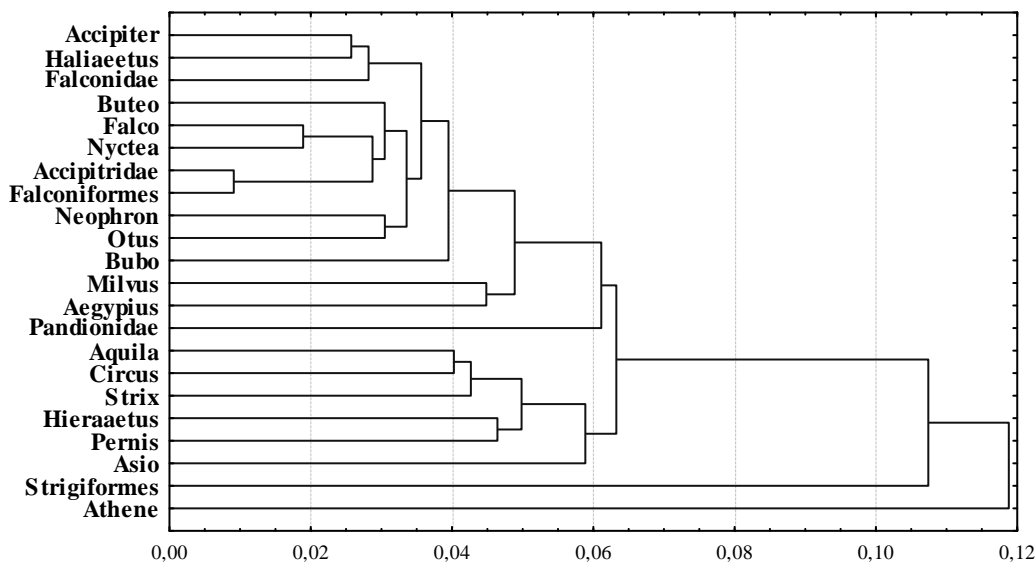


Рис. 4. Дендрограмма подобия яиц соколообразных и совообразных.

Вышеизложенные материалы наглядно доказывают, что параметры формы птичьего яйца проявляют устойчивую привязанность к отдельным видам птиц и по комплексу признаков являются видоспецифичными, что позволяет сделать вывод о возможности использования морфологических параметров яиц в качестве дополнительной информации при решении вопросов систематики и филогении птиц.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Кузякин А.П., 1954. Учет оологических признаков и особенностей гнездовья в классификации птиц // Бюллетень МОИП. – Т. LIX, вып. 6. – С. 27-37.
- Курочкин Е.Н., 2004. Четырехкрылый динозавр и происхождение птиц // Природа – №5. – С. 3-12.
- 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.
- Францевич Л.И. Планиметрия параметров формы птичьего яйца. 2014. Заголовок с экрана. <http://www.biometrika.tomsk.ru/planirus.htm>
- Amaral K.F., Jorge W., 2003. The chromosomes of the Order Falconiformes: a review // Ararajuba. – Vol. 11 (1). – P. 65-73.

- Barta Z., Székely T., 1997. The optimal shape of avian eggs // *Functional Ecology*. – Volume 11, Number 5. – P. 656-662.
- Clarke J.A., Tambussi C.P., Noriega J.I., Erickson G.M., Ketchum R.A., 2005. Definitive fossil evidence for the extant avian radiation in the Cretaceous // *Nature*. – Vol. 433. – Pp. 305-308.
- Gamauf A., Haring E. Molecular phylogeny and biogeography of Honey-buzzards (genera *Pernis* and *Henicopernis*) // *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. – Vol. 42. – 2004. – P. 145–153.
- Harshman J., 1994. Reweaving the tapestry: what can we learn from Sibley and Ahlquist (1990)? // *The Auk*. – Vol. 111(2). – P. 377-388.
- Huynen, L., Gill, Brian J., Millar, Craig D., Lambert, David M. 2010. Ancient DNA reveals extreme egg morphology and nesting behavior in New Zealand's extinct moa // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 107(37), 16201-16206.
- Lerner H.R., Mindell D.P., 2005. Phylogeny of eagles, Old World vultures, and other Accipitridae based on nuclear and mitochondrial DNA // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. – Vol. 37. – P. 327–346.
- Livezey B.C., Zusi R.L., 2007. Higher-order phylogeny of modern birds (Theropoda, Aves: Neornithes) based on comparative anatomy. II. Analysis and discussion // *Zoological Journal of The Linnean Society*. – Vol. 149(1). – P. 1–95.
- Mayr G., 2005. The postcranial osteology and phylogenetic position of the middle Eocene *Messelastur gratulator* Peters, 1994 - a morphological link between owls (Strigiformes) and Falconiform birds? // *Journal of Vertebrate Paleontology*. – Vol. 25(3). – P. 635–645.
- Mayr G., Clarke J., 2003. The deep divergences of neornithine birds: a phylogenetic analysis of morphological characters // *Cladistics*. – Vol. 19. – P. 527–553.
- Sibley C.G., Ahlquist J.E., 1990. *Phylogeny and Classification of Birds – A Study in Molecular Evolution*: Yale University Press. – 976 p.
- Slack K.E., 2012. *Avian phylogeny and divergence times based on mitogenomic sequences*. – Institute of Molecular BioSciences, Massey University, Palmerston North: New Zealand. – 125 p.
- Zelenitsky D.K., Therrien F., Ridgely R.C., McGee A.R., Witmer L.M., 2012. Evolution of olfaction in non-avian theropod dinosaurs and birds // *Proceedings of the Royal Society. Biological Sciences*. – P. 1-22.

REFERENCES

- Kuzaikin, A. P. (1954). Oological features and breeding peculiarities in vird classification. *Bulletin of Moscow Naturalist Society*. LIX(6), 27-37.

- Kurochkin, Ye. N. (2004). Tetrapterous dinosaur and bird origin. *Nature*. 5, 3-12.



- Mityay, I.S. (2003). New approach of integrated evaluation of bird shape. *Branta*. 6, 179–192.
- Mityay, I.S. (2008). Use of modern technologies in bird egg research. *Bulletin of Zaporozhye National University*. 1, 191-200.
- Frantsevich, L.I. (2014). Planimetry of bird eggs shapes. Retrieved from <http://www.biometrica.tomsk.ru/planirus.htm>
- Amaral, K.F., Jorge, W. (2003). The chromosomes of the Order Falconiformes: a review. *Ararajuba*. 11(1), 65-73.
- Barta, Z., Székely, T. (1997). The optimal shape of avian eggs. *Functional Ecology*. 11(5), 656-662.
- Clarke, J.A., Tambussi, C.P., Noriega, J.I., Erickson, G.M., Ketcham, R.A. (2005). Definitive fossil evidence for the extant avian radiation in the Cretaceous. *Nature*. 433,305-308.
- Gamauf, A., Haring, E. (2004). Molecular phylogeny and biogeography of Honey-buzzards (genera *Pernis* and *Henicopernis*). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. 42, 145–153.
- Harshman, J. (1994). Reweaving the tapestry: what can we learn from Sibley and Ahlquist (1990)? *The Auk*. 111(2), 377-388.
- Huynen, L., Gill, Brian J., Millar, Craig D., Lambert, David M. (2010). Ancient DNA reveals extreme egg morphology and nesting behavior in New Zealand's extinct moa. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 107(37), 16201-16206.

- Lerner, H.R., Mindell, D.P. (2005). Phylogeny of eagles, Old World vultures, and other Accipitridae based on nuclear and mitochondrial DNA. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 37,327–346.
- Livezey, B.C., Zusi, R.L. (2007). Higher-order phylogeny of modern birds (Theropoda, Aves: Neornithes) based on comparative anatomy. II. Analysis and discussion. *Zoological Journal of The Linnean Society*. 149(1),1–95.
- Mayr, G. (2005). The postcranial osteology and phylogenetic position of the middle Eocene *Messelastur gratulator* Peters, 1994 - a morphological link between owls (Strigiformes) and Falconiform birds? *Journal of Vertebrate Paleontology*. 25(3), 635–645.
- Mayr G., Clarke J. (2003). The deep divergences of neornithine birds: a phylogenetic analysis of morphological characters. *Cladistics*. 19, 527–553.
- Sibley, C.G., Ahlquist, J.E. (1990). *Phylogeny and Classification of Birds – A Study in Molecular Evolution*: Yale University Press.
- Slack, K.E. (2012). Avian phylogeny and divergence times based on mitogenomic sequences. Institute of Molecular BioSciences, Massey University, Palmerston North: New Zealand.
- Zelenitsky, D.K., Therrien, F., Ridgely, R.C., McGee, A.R., Witmer, L.M. (2012). Evolution of olfaction in non-avian theropod dinosaurs and birds. *Proceedings of the Royal Society. Biological Sciences*.



Поступила в редакцію 02.11.2014

Как цитировать:

Митяй, И.С., Мацюра, А.В. (2014). Геометрические параметры яиц в систематике птиц. *Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого*, 4 (3), 98-108. **crossref**
<http://dx.doi.org/10.7905/bbmstu.v4i3.897>

© Митяй, Мацюра, 2014

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/).