

ГЕНДЕРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПИНГВИНОВ ГУМБОЛЬДТА НА ОСНОВЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

© 2022

Сабуцкая М.А.^{1,2}

¹Приморский океанариум – филиал Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН
(г. Владивосток, Российская Федерация)

²Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток, Российская Федерация)

Аннотация. В Приморском океанариуме содержится популяция пингвинов Гумбольдта, насчитывающая 32 особи. На данный момент перед сотрудниками отдела орнитологии стоит проблема определения пола 18 появившихся в океанариуме птенцов. Самки и самцы половозрелых пингвинов Гумбольдта не имеют значительных различий в окраске перьев, поэтому достоверная гендерная идентификация методом прямого наблюдения невозможна. Наиболее достоверные ультразвуковой и генетический методы являются затруднительными, поскольку требуют не только специального оборудования, реактивов и квалифицированных специалистов, но и способны спровоцировать стресс, опасный для здоровья птиц. Определение пола по морфометрическим показателям для птиц, содержащихся в неволе, является более предпочтительным, поскольку эта процедура не инвазивная, не несет необходимости использования специального оборудования и не требует особых навыков специалиста. В нашей работе проведен статистический анализ данных измерений длины клюва в 3-х вариациях и длины дорсальной части крыла и веса у самок и самцов исследуемой группы пингвинов Гумбольдта, содержащихся в Приморском океанариуме. Впервые нами в анализ была добавлена длина клюва от ноздри, которую ранее не учитывали. Выявлено, что применение одновременно 4-х признаков в анализе не демонстрирует достоверной корреляции с полом птицы, а значит, не подходит для гендерной идентификации пингвинов. Наиболее состоятельными для корреляционного анализа признаками оказались длина клюва и длина крыла. При сопоставлении этих морфометрических характеристик наблюдалась максимальная группировка птиц по полу внутри исследуемой группы.

Ключевые слова: пингвин Гумбольдта; гендерная идентификация; содержание пингвинов Гумбольдта; корреляционный анализ; β -разнообразие; морфометрические характеристики.

SEX IDENTIFICATION OF HUMBOLDT PENGUINS USING A MORPHOMETRIC ANALYSIS

© 2022

Sabutskaya M.A.^{1,2}

¹Primorsky Aquarium – Branch of A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology
of Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (Vladivostok, Russian Federation)

²Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russian Federation)

Abstract. Primorsky Aquarium keeps a population of 32 Humboldt penguins. The employees of Ornithology Department are faced with a problem of sex identification of 18 immature/young penguins. Male and female Humboldt penguins have not significant differences in feather coloration, so reliable sex identification by direct observation is not possible. The most reliable ultrasound and genetic methods require special equipment, reagents and qualified specialists as well as provoke stress that is dangerous for the health of the birds. Sex identification by morphometric parameters for captivity birds is more preferable, since this procedure is non-invasive, does not require special equipment and specialists. We have performed a statistical analysis of measurements of the beak length in 3 variations, of the dorsal part of flipper length, and weight of females and males of the studied group. For the first time, we have added to the analysis the length of the beak from the nostril, which was not previously taken into account. It has been found that the use of 4 traits simultaneously in the analysis does not demonstrate a significant correlation with the sex of the bird, and therefore is not suitable for the sex identification of penguins. The most consistent features for correlation analysis were the beak length and the flipper length. The maximum grouping of birds by sex within the study group was observed while comparing these morphometric characteristics.

Keywords: Humboldt penguin; sex identification; keeping Humboldt penguins; correlation analysis; β -variety; morphometric characteristics.

Пингвин Гумбольдта (*Spheniscus gumboldti*, Мейер, 1834) – нелетающая птица из рода очковых пингвинов, гнездится на побережьях Чили и Перу от 8° до 34° ю.ш., там, где проходит холодное Перуанское течение. Мировая популяция насчитывает около 12 тыс. пар, большинство которых гнездится в Перу [1]. Пингвин Гумбольдта внесен в Красную книгу МСОП (Международный союз охраны природы) в статусе «уязвимый вид», а также включен в Международную конвенцию СИТЕС (Конвенция о международной

торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения).

Птицы этого вида достаточно неприхотливы в содержании и имеют более устойчивый иммунитет в сравнении с субантарктическими видами, что делает их привлекательным объектом экспонирования в зоопарках и океанариумах. В России пингвины Гумбольдта представлены в экспозициях нескольких крупных зоопарков и океанариумов: в Московском зоопарке (г. Москва), в Городском парке флоры и фауны «Роев ручей»

(г. Красноярск), в Парке «Воробьи» (Калужская область, с. Совхоз Победа), в Океанариуме г. Самары, в Большом Сочинском дельфинарии (г. Сочи), а также в Приморском океанариуме (г. Владивосток).

Пингвины Гумбольдта прибыли в Приморский океанариум в 2018–2019 годах из Чешской Республики в количестве 14 особей (7 самок и 7 самцов). На период карантина птицы были размещены в пингвинирии НАК, где общая площадь вольера (59 м²) меньше, чем в помещении главного комплекса Приморского океанариума (158,48 м²). Сразу после прибытия птицы были взвешены и на крылья для облегчения идентификации были надеты хомуты разных цветов. После периода адаптации идентификация птиц производилась по индивидуальному рисунку черных перьев на животе.

К 2020 г. сформировалось 6 пар, успешно вырастивших 8 птенцов в период 2020/2021 гг. и 10 птенцов в период 2021/2022 гг. На данный момент у 18 родившихся птенцов пол не определен.

Для идентификации пола у птиц применяют анализ поведенческой активности [2; 3], анализ морфометрических данных [1; 4–13], радиоиммунный анализ плазматических стероидов [14], лапароскопию, клоакоскопию [15; 16], ультразвуковое исследование [1; 17], а также генетические методы (по ДНК и хромосомам) [18–21]. Последние 3 упомянутые способа являются наиболее достоверными. Все перечисленные методы требуют специального оборудования, реактивов, а также привлечения квалифицированных специалистов [15]. Кроме того, сам процесс отбора биоматериала для таких анализов чаще всего характеризуется потенциально опасным стрессовым воздействием на здоровье пингвинов.

Гендерная идентификация по морфометрическим показателям для содержания птиц в неволе является более предпочтительной, поскольку эта процедура не инвазивная, не требует сложного оборудования и не затратная. Несмотря на не 100% точность, опре-

деление пола по морфометрическим характеристикам было сделано для нескольких видов пингвинов [1; 6–13]. Все эти виды не имеют явного полового диморфизма.

Наша задача в этом исследовании – выявить морфометрические характеристики, анализируя которые возможно достоверно определять пол у пингвинов Гумбольдта.

Материалы и методы

Измерения проводились у 14 половозрелых (7 самок и 7 самцов) особей пингвина Гумбольдта, содержащихся в Приморском океанариуме и условно обозначенных Sph1–Sph14. Были осуществлены измерения длины клюва (дкл) от границы оперенной и неоперенной части головы до кончика; глубины клюва на уровне ноздри (гкл); длины клюва от ноздри до кончика (нкл); длина дорсальной части крыла (дкр) от стыка с торакальной частью до кончика, когда крыло вытянуто перпендикулярно сагиттальной оси тела пингвина. Также были использованы данные по среднему за 2 года весу каждой птицы в месяц вне линьки и насиживания или кормления птенцов (рис. 1).

Статистический анализ был проведен с помощью программного обеспечения на Microsoft Office Excel, корреляционный анализ – программным пакетом сайта <https://microbiomeanalyst.ca>.

Результаты

Полученные значения по описанным измерениям отражены в таблице 1. Применение всех 4-х морфометрических признаков одновременно в анализе не выявило корреляции между ними. Так, анализ корреляций по множеству признаков оказался несостоятельным, и *r*-критерий составил 0,294, а *R*² – 0,10332.

В результате группировки признаков по 2 или 3 корреляция зафиксирована только в паре признаков дкл/дкр. Анализ по α -распределению демонстрирует достаточную однородность группы дкл/дкр, *r*-критерий составляет 0,0114 (рис. 2: А).

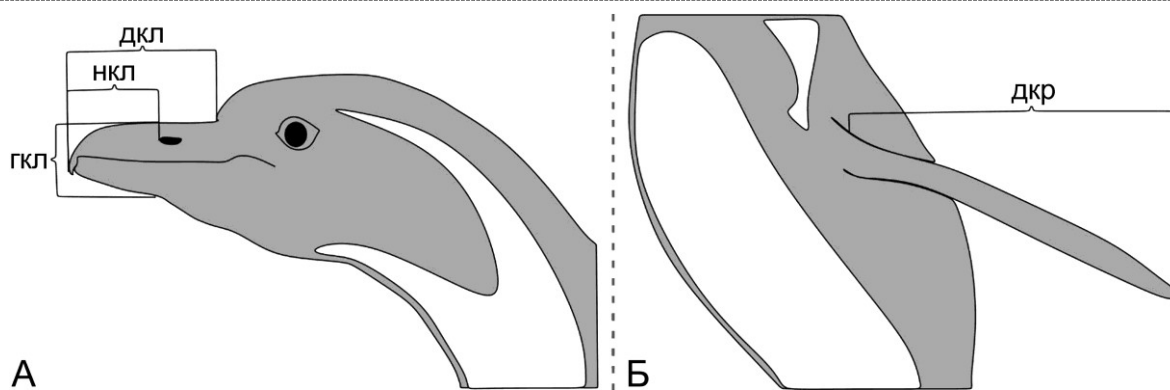


Рисунок 1 – Морфометрические параметры для гендерной идентификации пингвинов Гумбольдта. А – промеры клюва, Б – промер крыла

Таблица 1 – Результаты морфометрических измерений у пингвинов Гумбольдта

№	Sph1	Sph2	Sph3	Sph4	Sph5	Sph6	Sph7	Sph8	Sph9	Sph10	Sph11	Sph12	Sph13	Sph14
Пол	♀	♂	♂	♂	♀	♂	♂	♀	♀	♀	♂	♀	♀	♂
дкл, мм	57,26	66,50	65,82	66,53	62,80	66,01	66,29	53,24	64,80	56,61	64,18	58,16	56,97	68,80
гкл, мм	34,10	34,20	29,35	28,02	30,87	28,63	31,19	24,89	26,10	23,36	26,22	25,94	31,12	27,93
нкл, мм	44,71	34,67	35,67	37,48	29,74	38,78	31,85	31,63	34,78	30,99	34,98	31,62	37,72	36,77
дкр, мм	20,10	20,60	21,60	20,40	20,65	21,20	21,30	18,91	20,30	19,80	21,30	20,00	21,60	21,30

Анализ по β -разнообразию показал, что самки и самцы по длине клюва и крыла формируют статистически различимые группы. Так, p -критерий составил 0,009, а $R^2 = 0,45691$ (рис. 2: Б). Самцы более плотно располагаются в своей группе, что говорит о том, что вариабельность по описанным признакам у самцов ниже. Самки находятся в более разрозненной группе, что связано с большей вариабельностью по длине крыла и длине клюва. Так, среднее значение длины клюва у самок $58,55 \pm 1,49$ мм, у самцов $65,33 \pm 0,51$ мм; длины крыла у самок $20,19 \pm 0,31$ мм, у самцов $21,10 \pm 0,16$ мм.

Анализ по β -распределению по длине клюва и длине крыла выявил двух самок (Sph5 и Sph9), выбивающихся из общей группы анализа (рис. 2: Б). При отбрасывании этих значений как крайних значения p -критерий = 0,002 и $R^2 = 0,75719$ демонстрируют большую степень достоверности (рис. 3: Б).

Самцы в среднем за 2021/2022 гг. набирали вес и весили больше самок. Так, средний вес самцов в 2021 году составил $4316,58 \pm 194,76$ г, в 2022 году – $4736,43 \pm 195,97$ г. Средний вес самок в 2021 г. составил $4316,43 \pm 185,01$ г, в 2022 году – $4291,42 \pm 79,36$ г.

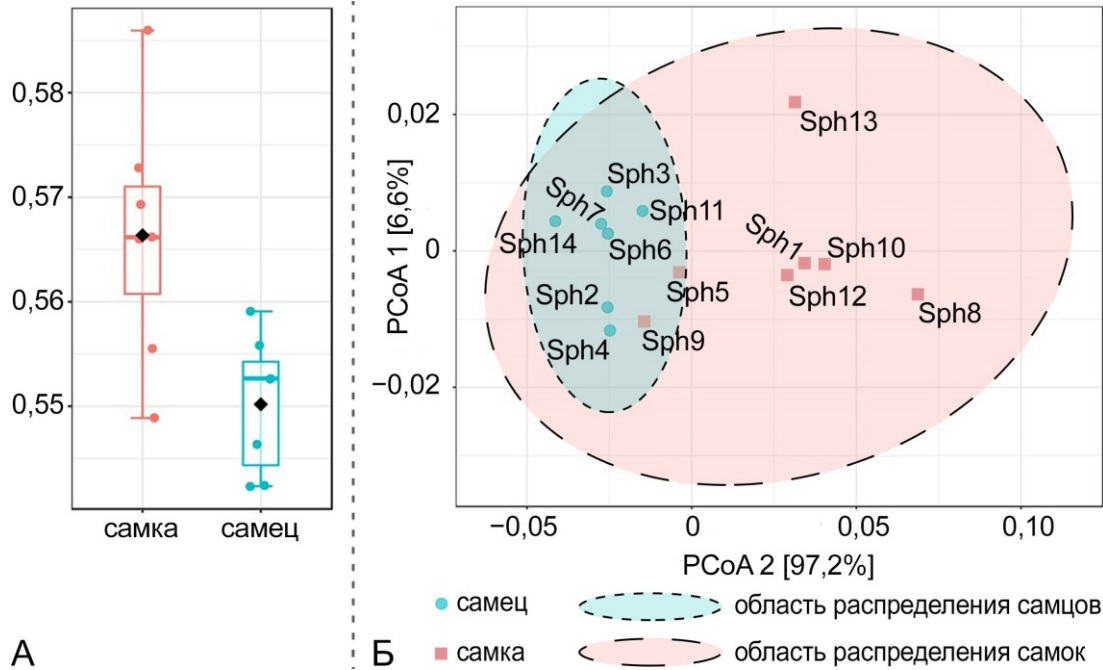


Рисунок 2 – α -распределение (А) и β -распределение (Б) по длине клюва и длине крыла. P -критерий = 0,0114 (А); p -критерий = 0,009 (Б), $R^2 = 0,45691$

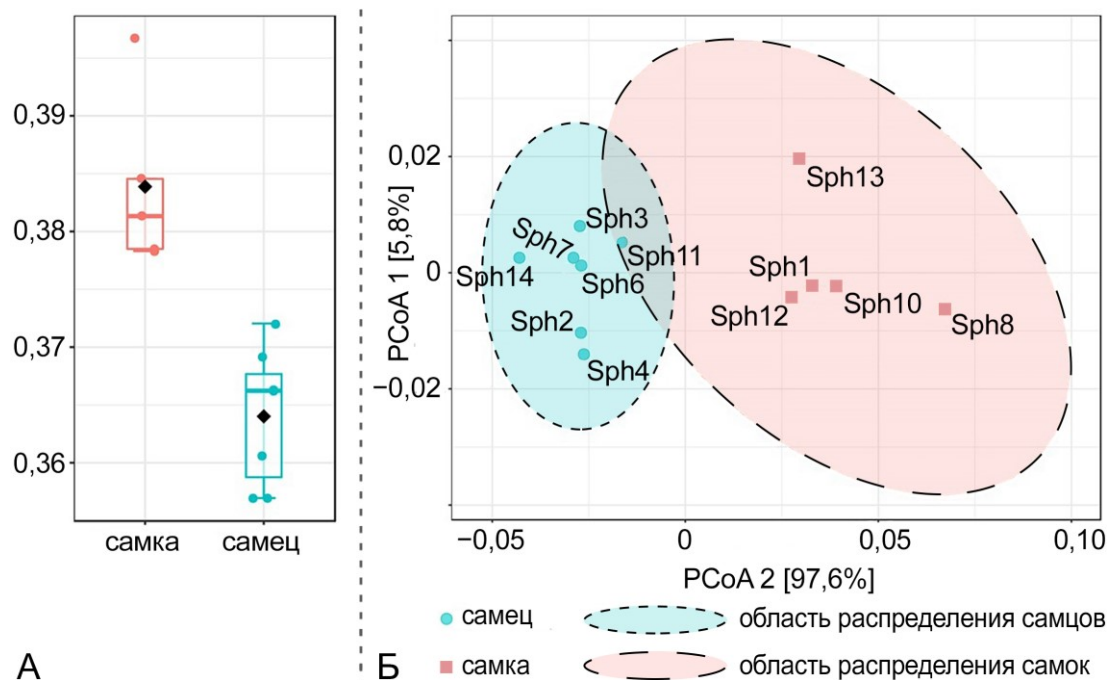


Рисунок 3 – α -распределение (А) и β -распределение (Б) по длине клюва и длине крыла без учета измерений пингвинов Sph5 и Sph9. P -критерий = 0,0014 (А), p -критерий = 0,002 (Б), $R^2 = 0,75719$

Обсуждение

Наиболее доступными методами для определения пола у пингвинов считаются морфометрический и этологический [1, р. 448; 8, р. 50; 10, р. 479; 11, р. 779; 15, р. 84–85]. Этологический метод был тщательно описан в работе Меррита и Кинга [2]. Авторы показали, что для пингвинов Гумбольдта описан эксперимент, в котором для распределения птиц по полу анализировали несколько паттернов поведения, включающие отдых, поведение в паре, локомоцию, уход за собой и др. Несмотря на то, что за 10-месячный период наблюдений статистически достоверно разделить птиц по полу не получилось, авторы обращают внимание на пользу использования данных о поведении в паре для гендерной идентификации пингвинов [2, р. 129]. В других работах, исследующих возможность определения пола по морфометрическим показателям, авторы расходятся во мнениях о том, какие признаки у пингвинов наиболее применимы. Так, в исследовании Уолласа и соавторов указывается, что оценка данных длины и глубины клюва наиболее предпочтительна [1, р. 451]. В другой работе показана 97% точность при предсказании пола по длине и глубине клюва у хохлатого (*Eudyptes chrysocome*), магелланова (*Spheniscus magellanicus*) и малого синего (*Eudyptes minor*) пингвинов [6; 7; 10]. Другие авторы указывают на нежелательность использования данных о промерах клюва у птиц, содержащихся в неволе, поскольку есть данные, что у таких птиц клюв претерпевает гиперкератинизацию и его глубина увеличивается на 18% по сравнению с дикими пингвинами [1, р. 451; 9]. Для желтоглазого пингвина (*Megadyptes antipodes*, Номброн, Jacquinet, 1841) показано, что точность предсказания пола по данным измерений головы и ступни приближается к 93% [22]. Для поиска параметров, подходящих для достоверного определения пола у пингвинов, кроме промеров клюва были проанализированы и другие признаки. Так, данные измерений длины и ширины головы оказались несостоятельными в гендерном анализе [9]. В этой же работе авторы указывают, что длина крыла – самый вариабельный признак, и в анализ его включать не советуют. В настоящем исследовании был проведен анализ применимости таких морфометрических показателей, как длина клюва в 2-х измерениях, глубина клюва и длина крыла, для определения пола пингвинов Гумбольдта. Эти параметры были выбраны для анализа, поскольку они минимально подвержены изменениям в течение года, в том числе в периоды линьки и насиживания яиц [1]. Нами показано, что для гендерной идентификации пингвинов Гумбольдта длина клюва и длина крыла являются наиболее применимыми и показали достоверную корреляцию, в то время как группировка по длине и глубине клюва оказалась недостоверной.

Многие авторы отмечают, что самцы пингвинов крупнее самок [5; 7–9; 10; 20; 21]. Однако достоверно определить пол только по весу невозможно, поскольку этот признак высоко вариабелен в течение года [1; 9; 13; 12; 22]. Самцы пингвинов нашей группы исследования были несколько тяжелее самок и больше набрали вес, однако достоверной корреляции веса и пола не выявлялось.

Заключение

В нашей работе впервые показано, что для гендерной идентификации пингвинов Гумбольдта посредством корреляционного анализа возможно использовать такие морфологические характеристики, как длина клюва и длина крыла. На данный момент не разработана модель для определения пола у неполовозрелых особей пингвинов. Нами запланировано продолжение работы по проверке уже полученных данных и поиску других подходящих морфометрических параметров для определения пола пингвинов, не достигших половой зрелости.

Благодарности

Автор выражает искреннюю благодарность сотрудникам отдела орнитологии Приморского океанариума Д.А. Рогашевской, И.К. Кузора, В.А. Крещеновской и О.А. Чернышовой за помощь в планировании эксперимента и проведении измерений птиц, а также сотрудникам лаборатории фармакологии НИЦМБ ДВО РАН за помощь, ценные замечания и советы для написания данной статьи. Данная работа выполнена на базе ЦКП Приморского океанариума.

Список литературы:

- Wallace R.S., Dubach J., Michaels M.G., Keuler N.S., Diebold E.D., Grzybowski K., Teare J.A., Willis M.J. Morphometric determination of gender in adult Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*) // *Waterbirds*. 2008. Vol. 31, iss. 3. P. 448–453. DOI: 10.1675/1524-4695-31.3.448.
- Merritt K., King Nancy E. Behavioral sex differences and activity patterns of captive Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*) // *Zoo Biology*. 1987. Vol. 6, iss. 2. P. 129–138.
- Scholten C.J. Breeding biology of the Humboldt penguin *Spheniscus humboldti* at Emmen Zoo // *International Zoo Yearbook*. 1987. Vol. 26, iss. 1. P. 198–204. DOI: 10.1111/j.1748-1090.1987.tb03158.x.
- Romanov M.N., Betuel A.M., Chemnick L.G., Ryder O.A., Kulibaba R.O., Tereshchenko O.V., Payne W.S., Delekta Ph.C., Dodgson J.B., Tuttle E.M., Gonser R.A. Widely applicable PCR-markers for sex identification in birds // *Russian Journal of Genetics*. 2019. Vol. 55, iss. 2. P. 220–231. DOI: 10.1134/s1022795419020121.
- Dubach J. Gender determination in captive and wild species of penguin // *Penguin Conservation*. 1996. Vol. 9. P. 14–16.
- Hull C.L. Morphometric indices for sexing adult Royal *Eudyptes schlegeli* and Rockhopper *E. chrysocome* penguins at Macquarie Island // *Marine Ornithology*. 1996. Vol. 24. P. 23–27.
- Renner M., Davis L.S. Sexing little penguins *Eudyptula minor* from Cook Strait, New Zealand using discriminant function analysis // *Emu – Austral Ornithology*. 1999. Vol. 99, iss. 1. P. 74–79. DOI: 10.1071/mu99009c.
- Scolaro J.A. Sexing fledglings and yearlings of Magellanic penguins by discriminant analysis of morphometric measurements // *Colonial Waterbirds*. 1987. Vol. 10, iss. 1. P. 50–54. DOI: 10.2307/1521230.
- Zavalaga C.B., Paredes R. Sex determination of adult Humboldt penguins using morphometric characters // *Journal of Field Ornithology*. 1997. Vol. 68, iss. 1. P. 102–112.
- Bertellotti M., Tella J.L., Godoy J.A., Blanco G., Forero M.G., Donazar J.A., Ceballos O. Determining sex of Magellanic penguins using molecular procedures and discriminant functions // *Waterbirds*. 2002. Vol. 25, iss. 4. P. 479–484. DOI: 10.1675/1524-4695(2002)025[0479:dsompu]2.0.co;2.

11. Boersma P.D., Davies E.M. Sexing monomorphic birds by vent measurements // *Auk*. 1987. Vol. 104. P. 779–783.
12. Scolaro J.A., Hall M.A., Ximenez I.M. The Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*): sexing adults by discriminant analysis of morphometric characters // *Auk*. 1983. Vol. 100. P. 221–224.
13. Gales R.P. Sexing adult Blue penguins by external measurements // *Notornis*. 1988. № 35. P. 71–75.
14. Pennington V. The use of radioimmunoassays to determine gender in Humboldt penguins *Spheniscus humboldti* // *Penguin Conservation*. 1996. Vol. 9. P. 16–18.
15. Samour H.J., Stevenson M., Knight J.A., Lawrie A.J. Sexing penguins by cloacal examination // *Veterinary Record*. 1983. Vol. 113, iss. 4. P. 84–85. DOI: 10.1136/vr.113.4.84.
16. McDonald S. Surgical sexing of birds by laparoscopy // *California Veterinarian*. 1982. Vol. 5. P. 16–22.
17. Hildebrandt T., Pitra C., Sommer P., Pinkowski M. Sex identification in birds of prey by ultrasonography // *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 1995. Vol. 26, № 3. P. 367–376.
18. Griffiths R., Double M.C., Orr K., Dawson R.J.Q. A DNA test to sex most birds // *Molecular Ecology*. 1998. Vol. 7. P. 1071–1075.
19. Purwaningrum M., Nugroho A., Asvan M., Karyanti K., Alviyanto B., Kusuma R., Haryanto A. Molecular techniques for sex identification of captive birds // *Veterinary World* № 12 (9). P. 1506–1513. DOI: 10.14202/vetworld.2019.1506-1513.
20. Forero M.G., Tella J.L., Donazar J.A., Blanco G., Bertelotti M., Ceballos O. Phenotypic assortative mating and within-pair sexual dimorphism and its influence on breeding success and offspring quality in Magellanic penguins // *Canadian Journal of Zoology*. 2001. Vol. 79, iss. 8. P. 1414–1422. DOI: 10.1139/z01-088.
21. Agnew D.J., Kerry K.R. Sexual dimorphism in penguins // *The penguins* / eds P.N.I. Normar, P. Reilly. Surrey: Beatty and Sons, 1995. P. 299–318.
22. Alvin N.S., Darby J.T., Lambert D.M. The use of morphometric measurements to sex Yellow-eyed penguins // *Waterbirds*. 2004. Vol. 27, iss. 1. P. 96–101.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p>Сабуцкая Мирослава Алексеевна, ведущий специалист отдела орнитологии; Приморский океанариум – филиал Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН (г. Владивосток, Российская Федерация); магистрант института наук о жизни и биомедицины; Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток, Российская Федерация). E-mail: sabutskaya89@mail.ru.</p>	<p>Sabutskaya Miroslava Alekseevna, leading specialist of Ornithology Department; Primorsky Aquarium – Branch of A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology of Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (Vladivostok, Russian Federation); master student of Institute of Life Sciences and Biomedicine; Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russian Federation). E-mail: sabutskaya89@mail.ru.</p>

Для цитирования:

Сабуцкая М.А. Гендерная идентификация пингвинов Гумбольдта на основе морфометрических признаков // Самарский научный вестник. 2022. Т. 11, № 4. С. 110–114. DOI: 10.55355/snv2022114116.