

ЕВРО-АЗИАТСКАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ЗООПАРКОВ
И АКВАРИУМОВ
EURO-ASIAN REGIONAL ASSOCIATION OF ZOOS AND AQUARIA

ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ
GOVERNMENT OF MOSCOW

МОСКОВСКИЙ ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК
MOSCOW ZOO

Научные исследования в
зоологических парках
Scientific Research in
Zoological Parks

Выпуск 16
Volume 16

Москва
Moscow

2003

Безошибочное определение пола по громким свистовым крикам у мономорфных белолицых свистящих уток *Dendrocygna viduata*

И. А. Володин¹, Е. В. Володина¹, А. В. Кленова²
¹Московский зоопарк, ²МГУ им. М.В. Ломоносова

Определение пола птиц без внешнего полового диморфизма - постоянно возникающая проблема как при содержании и разведении мономорфных видов в неволе, так и при наблюдении за ними в природных условиях (Volodina, Volodin, 1999). Наблюдения за поведенческими демонстрациями далеко не всегда дают надежные результаты, поскольку многие (если не большинство) мономорфных видов птиц легко образуют гомосексуальные пары, причем поведение партнеров в нормальных и гомосексуальных парах часто неразличимо (Lorenz, 1966; Fabricius, 1981; Conover, Hunt, 1984; Hunt et al., 1984; Conover, 1989; Володин, 1990). Определение пола с помощью лапароскопии, клоакальной инспекции или анализа кариотипов требует обязательной поимки птиц и применения довольно болезненных процедур, что в большинстве случаев нежелательно (при работе с редкими видами) или невозможно (в природных условиях). Поэтому в последнее время как альтернативный разрабатывается бесконтактный и исключающий травмирование способ определения пола у птиц по структуре криков (Тихонов и др., 1988; Volodina, Volodin, 1999). Основанием для поиска различий в голосах самцов и самок является сложность морфологического строения вокального аппарата птиц и наличие дополнительных расширений воздухоносных путей, часто наблюдаемые только у одного пола (Fitch, 1999). Исследования, проведенные на самых разных группах птиц, показали, что надежность определения пола по структуре криков не ниже, чем при использовании травматических процедур (Тихонов и др., 1988; Eakle et al., 1989; Carlson, Trost, 1992; Venuto et al., 2001).

Белолицые свистящие утки *Dendrocygna viduata* - красиво окрашенный вид тропических уток, который часто содержат в зоопарках (Bolen, 1973). Этот вид входит в трибу Dendrocygnini - компактную группу водоплавающих с полнейшим отсутствием полового диморфизма как в размерах и окраске, так и в поведении (Johnsgard, 1965). Во время сезона размножения самец и самка этого вида поочередно насиживают кладку, в то время как свободный партнер отдыхает на границе гнездового участка. После вылупления птенцов родители совместно сопровождают выводок до ближайшего водоема, один партнер ведет птенцов, другой патрулирует в воздухе, периодически меняясь

местами (С. Wintle, P. Ginn, личное сообщ.). И взрослые, и молодые самцы и самки ведут себя сходным образом, и никаких особенностей, позволяющих визуально идентифицировать пол птиц, не обнаружено (Clark, 1978). Были найдены незначительные различия между партнерами до начала яйцекладки во времени, затраченном на комфортное поведение (выше у самок) и тревожные позы (выше у самцов) (Petrie, Rogers, 1997), однако в этом исследовании пол птиц был определен на основании различий в частоте тревожного поведения, поэтому полученные результаты вызывают определенные сомнения.

Свистящие утки получили свое название за характерные громкие свистовые крики, имеющие четкие видоспецифические особенности (Johnsgard, 1965). Громкие свистовые крики обычно используются птицами в стаях по окончании сезона размножения во время кормления или полетов. Крики одной птицы часто “заводят” остальных, и скоро кричит уже вся стая (Clark, 1978). Кроме громких свистов, репертуар свистящих уток включает несколько типов криков, которые производятся со значительно меньшей интенсивностью и слышны только на близком расстоянии (Clark, 1978; Володина, Володин, 2003). Сравнение структуры криков индивидуально помеченных рыжих свистящих уток (*Dendrocygna bicolor*) показало, что структура тихих криков не различается между полами, и только громкие свистовые крики потенциально могут быть использованы для определения половой принадлежности (Володина, Володин, 2003). Целью настоящего исследования было изучение половых различий в структуре громких свистовых криков белолицых свистящих уток.

Материал и методика.

Объекты и место исследования

Объектами исследования были 11 (9.2) взрослых половозрелых белолицых свистящих уток 1998 года рождения, индивидуально помеченных цветными ножными кольцами. Пол птиц был установлен перед началом исследования с помощью выворачивания клоаки. Утки содержались стаей совместно с другими видами тропических водоплавающих в наружной вольере площадью около 100 м² на экспозиции Московского зоопарка. В вольере был расположен небольшой водоем с проточной водой, декорированный невысоким кустарником и крупными камнями. Белолицые свистящие утки использовали всю территорию вольеры, не придерживаясь каких-либо определенных ее участков. Никаких признаков наличия индивидуальных или парных территорий отмечено не было.

Сбор и первичная обработка материала

Записи звуков белолицых свистящих уток были сделаны с 10 июня по 17 сентября 2001 г. в вечернее время после закрытия зоопарка для

посетителей. Для записи использовали магнитофон Агидель-302С с динамическим микрофоном Tesla-AMD-411N, закрепленным на решетке вольеры. Всего было проведено 14 сеансов записи продолжительностью от 25 до 60 мин. каждый (суммарно - 615 мин.). Во время записи два наблюдателя, находящиеся снаружи вольеры, определяли индивидуальную принадлежность каждого громкого свистового крика белолицых свистящих уток. Расстояние от микрофона до птиц варьировало от 2 до 10 м.

Громкие свистовые крики часто издавали птицы, потерявшие визуальный контакт с сородичами, что, в свою очередь, вызывало ответные крики других белолицых свистящих уток. Обычно такие крики следовали сериями. Мы не обнаружили, чтобы на звуковую активность птиц этого вида влияли какие-либо другие факторы.

Для спектрографического анализа звуков использовали компьютерную программу Avisoft-SASLab Pro версия 3.4e (© R. Specht). Анализ звуков был проведен с частотой дискретизации 22 кГц. Для расчета спектрограмм использовали следующие параметры: окно Хэмминга; длина Быстрого Преобразования Фурье (FFT-length) 512 точек; перекрытие по частотной оси (frame) 50%; перекрытие по временной оси (overlap) 87,5%. Соответственно, ширина частотного фильтра составляла 111 Гц, временное разрешение - 2,9 мс, частотное - 43 Гц.

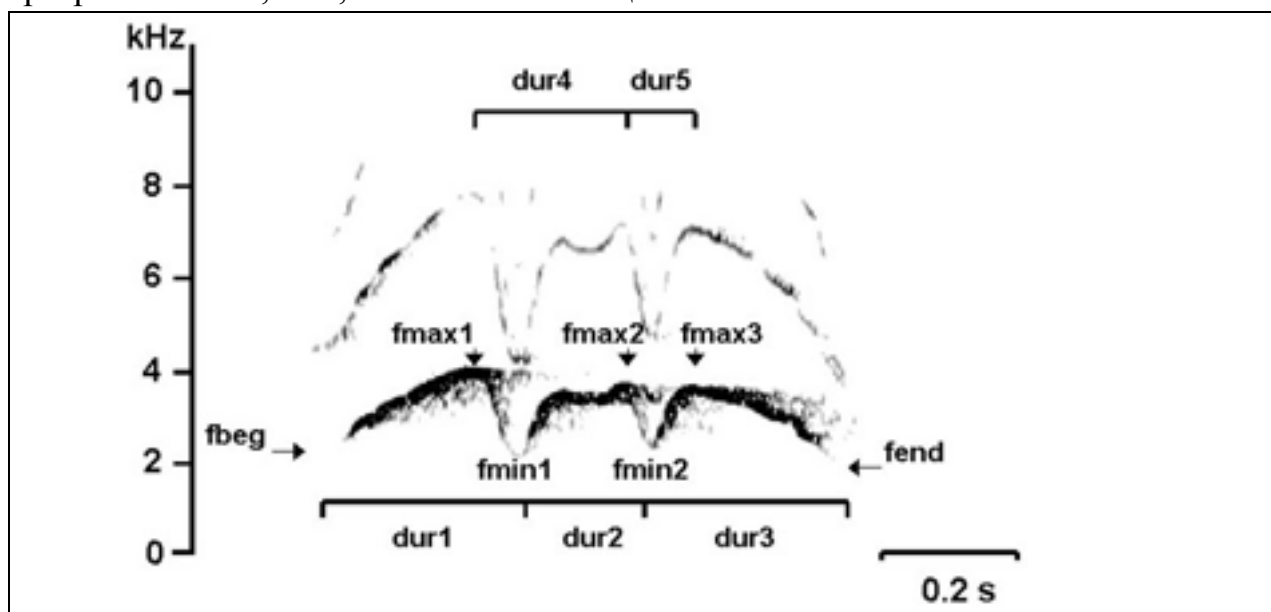


Рис. 1. Измеряемые параметры в громких свистовых криках белолицых свистящих уток. На спектрограмме показаны точки измерений начальной частоты (fbeg), конечной частоты (fend), трех максимумов (fmax1, fmax2, fmax3) и двух минимумов основной частоты (fmin1, fmin2). Отрезками показаны измерения временных параметров: длительности первой, второй и третьей частей крика (dur1, dur2 и dur3 соответственно), длительности между первым и вторым (dur4) и вторым и третьим (dur5) частотными максимумами.

Для анализа выбирали записи криков только хорошего качества, индивидуальная принадлежность которых была подтверждена обоими наблюдателями. Для каждой особи случайным образом было отобрано от 18 до 22 криков, за исключением двух птиц, от которых было записано только 5 и 7 точно идентифицированных криков. Всего было проанализировано 152 крика самцов и 42 крика самок (всего - 194 крика).

Громкие свистовые крики белолицых свистящих уток имеют характерную трехчастную структуру (рис. 1). На протяжении крика хорошо выделяются три максимума и два минимума основной частоты. Для каждого крика были измерены 7 частотных и 5 временных параметров (рис. 1).

Статистическая обработка

Для оценки половой изменчивости криков мы использовали пошаговый дискриминантный анализ по 7 частотным и 5 временным параметрам. Статистическая обработка данных была проведена в пакете статистических программ STATISTICA, версия 5.0.

Результаты

Рисунок 2 показывает различия в значениях частотных и временных параметров громких свистовых криков у самцов и самок белолицых свистящих уток. Хорошо заметно, что значения всех параметров основной частоты криков самок значительно выше, чем у самцов. Более того, для шести из семи частотных параметров (рис. 2, два верхних ряда) не наблюдается перекрытий между выборками значений самцов и самок, т.е. для этих параметров различия между полами носят абсолютный, а не статистический характер. Так, наблюдаемые значения f_{beg} для самцов всегда ниже 2,65 кГц, а для самок - выше этой величины. Аналогично, значения f_{max1} ниже 4,5 кГц для самцов и выше 5,0 кГц для самок; значения f_{min1} ниже 2,4 кГц для самцов и выше 2,6 кГц для самок; значения f_{max2} ниже 4,2 кГц для самцов и выше 5,0 кГц для самок; значения f_{min2} ниже 2,7 кГц для самцов и выше 2,7 кГц для самок; значения f_{max3} ниже 3,9 кГц для самцов и выше 4,1 кГц для самок (рис. 2). Выборки значений конечной частоты (f_{end}) для самцов и самок незначительно перекрываются, однако f_{end} также достоверно ниже у самцов, чем у самок (критерий Манн-Уитни, $U=13$, $p<0,001$). Таким образом, громкие свистовые крики самцов белолицых свистящих уток значительно ниже по частоте, чем у самок, что хорошо заметно при визуальной инспекции спектрограмм (рис. 3).

Различия между временными параметрами криков носят более сложный характер (рис. 2). Первая ($dur1$) и вторая ($dur2$) части крика достоверно длиннее у самцов по сравнению с самками (критерий Манн-

Уитни, $U=121$, $p<0,001$ и $U=127,5$, $p<0,001$ соответственно). Третья часть крика (dur3), наоборот,

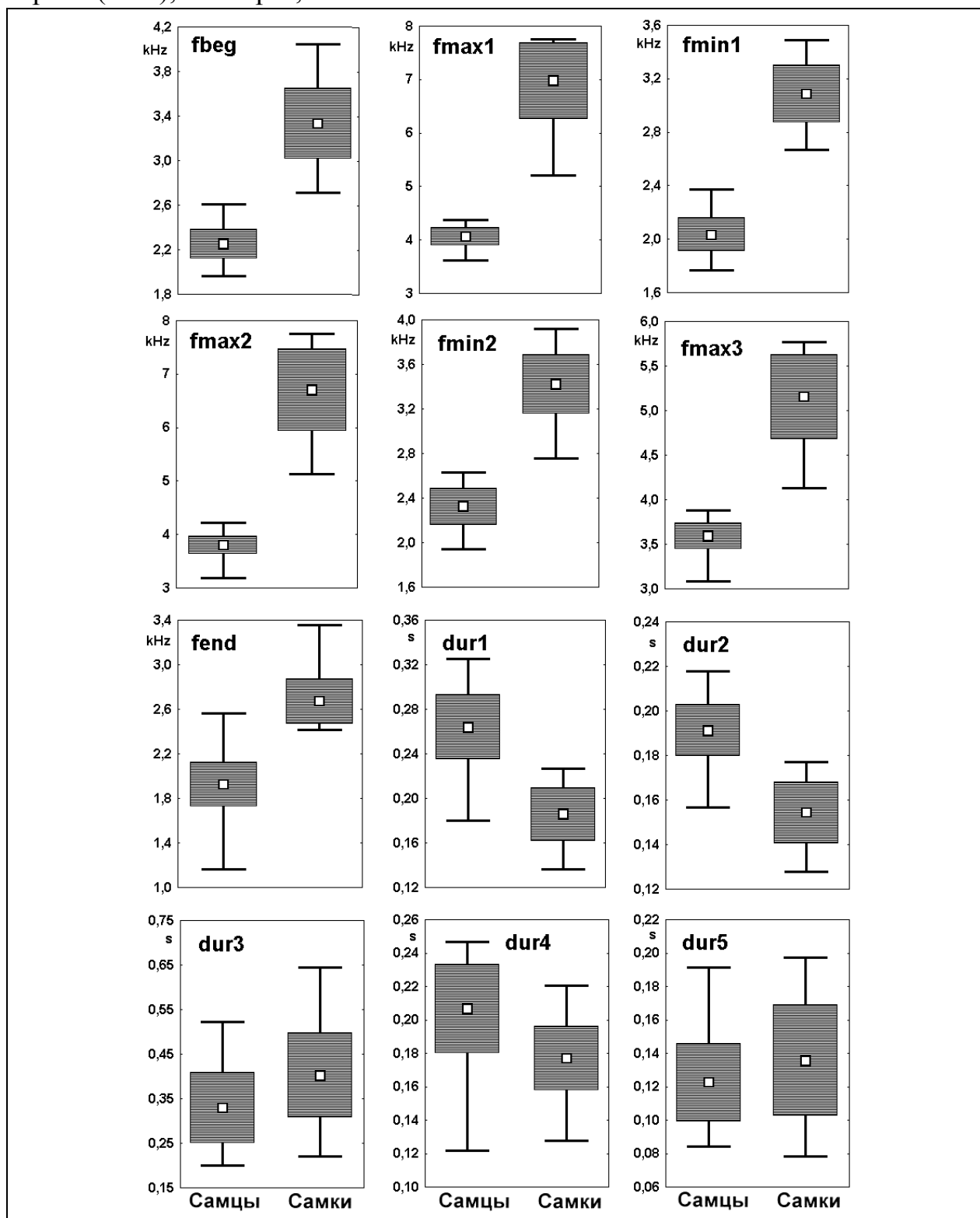


Рис. 2. Значения частотных и временных параметров громких свистовых криков у самцов и самок беллицы свистящих уток. Светлый квадрат - среднее, темный прямоугольник - среднее±стандартное отклонение ($\pm SD$), вертикальные линии показывают диапазон значений от максимума до минимума.

достоверно длиннее у самок ($U=1798$, $p<0,001$). Длительность между первым и вторым частотными максимумами ($dur4$) достоверно больше у самцов ($U=811,5$, $p<0,001$), а длительность между вторым и третьим максимумами ($dur5$) не различается между полами ($U=2601,5$, ns).



Рис. 3. Спектрограммы громких свистовых криков самца (слева) и самки (справа) белолицих свистящих уток. Обратите внимание на значительные различия в основной частоте криков.

Проценты правильного причисления криков к тому или иному полу на основе дискриминационного анализа приведены в таблице 1. Все без исключения крики были правильно причислены к соответствующему полу.

Таблица 1. Причисление громких свистовых криков к соответствующему полу у белолицих свистящих уток на основе пошагового дискриминантного анализа.

Пол	Причисление к предсказанной группе		Всего	Процент Правильного причисления
	Самцы	Самки		
Самцы	152		152	100,0
Самки		42	42	100,0
Всего	152	42	194	100,0

Пошаговый дискриминантный анализ показал, что наибольший вклад в разделение криков между полами вносит частота первого максимума (f_{max1}) и длительность второй части крика ($dur2$), причем этих двух параметров уже достаточно для 100% правильного причисления криков к соответствующему полу (рис. 4). Как и следовало ожидать из характера межполовых различий, частотные параметры в целом вносят больший вклад в дискриминацию криков между полами (рис. 4). Вместе с тем, когда для дискриминации использовали только частотные или только временные параметры криков, правильное причисление криков к соответствующему полу также составляло 100%.

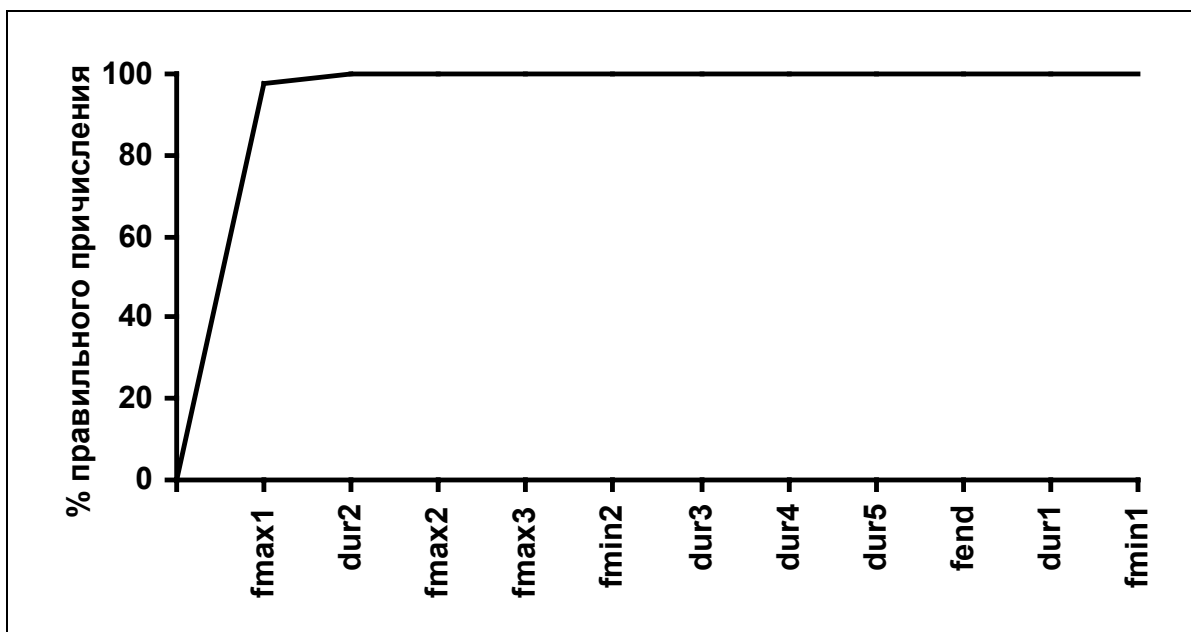


Рис. 4. Изменение величины правильного причисления криков при пошаговом дискриминантном анализе половых различий в громких свистовых криках белолицих свистящих уток. По оси X - параметры криков.

Обсуждение

Полученные нами результаты показывают, что пол неотличимых ни по окраске, ни по особенностям поведения белолицых свистящих уток может быть безошибочно установлен по единственному изданному птицей громкому свистовому крику. Крики самцов гораздо ниже по частоте, чем крики самок, причем эти различия настолько велики, что небольшая тренировка позволяет определять пол на слух, без использования звукоанализирующей аппаратуры.

Такие значительные различия в структуре криков самцов и самок вероятнее всего связаны с половыми различиями в морфологии вокального тракта. Трахея самцов белолицых свистящих уток имеет симметричное расширение в нижней части, в то время как у самок такое расширение отсутствует, зато в области соединения бронхов у них имеется мембраноподобная область (Johnsgard, 1965; 1971). Однако требуются дальнейшие исследования для определения роли каждого из этих морфологических образований в продукции столь различных по частоте свистов у самцов и самок этого вида, тем более, что у морфологически близкого вида - рыжих свистящих уток - половые различия проявляются в длительности, а не частоте громких свистов (Володина, Володин, 2003). Вместе с тем, практическое использование вокализаций для содержания и разведения белолицых свистящих уток в неволе и наблюдений за ними в природных условиях возможно уже сейчас.

Метод акустического определения пола у мономорфных видов еще не получил широкого распространения, однако имеются многочисленные свидетельства в пользу того, что он может быть очень перспективен для ряда таксонов птиц. Прежде всего, наличие таких различий следует искать у тех видов, у которых имеются морфологические различия в строении вокального тракта птиц разного пола. Это некоторые представители журавлеобразных (пастушковый журавль, *Aramus guarauna*), аистообразных (африканский клювач, *Ibis ibis*), курообразных (красный гокко, *Nothocrax urumutum* и все девять представителей рода чачалака, *Ortalis sp.*) и воробьинообразных (трубящая райская птица, *Phonygammus keraudrennii* и три представителя рода манукодия, *Manucodia sp.*). У всех этих видов размеры и окраска самцов и самок сходные, но только у самцов наблюдается удлинение трахеи. Это должно приводить к значительному понижению частоты голоса у самцов по сравнению с самками (Fitch, 1999).

Половые различия в структуре криков могут проявляться и у видов со сходной трахеальной анатомией. Так, у взрослых американских журавлей (*Grus americana*) точность определения пола по частоте сторожевого крика составляет 98,8% (Carlson, Trost, 1992). В течение нескольких лет для индивидуальной и половой идентификации серых журавлей (*Grus grus*) европейской популяции используется визуальный анализ различий в рисунке спектра криков (Wessling, 2000). Кроме этого, имеются предварительные данные по половым различиям в криках стресса шести видов длиннокрылых попугаев рода *Poicephalus* (Venuto et al., 2001), шумных криках североамериканской совки *Otus asio* (Cavanagh, Ritchison, 1987) и криках бедствия птенцов озерных чаек *Larus ridibundus* (Кошмянова и др., 1984).

Возможный практический интерес также может представлять метод акустического определения пола у суточных птенцов курообразных и гусеобразных, разработанный первоначально на сельскохозяйственной птице (Тихонов и др., 1988). В дальнейшем этот метод был опробован при выращивании охотничьих видов птиц, к примеру, канадской казарки *Branta canadensis* (Фокин, 1985). Однако большинство данных этих работ было получено на небольших выборках и требуют перепроверки.

Современные методы компьютерного анализа позволяют не только услышать звуки, но и увидеть их изображение. Дешевизна и доступность программного обеспечения позволяет надеяться на прогресс в исследованиях половых различий в криках у мономорфных видов птиц и широкого использования полученных данных в практической работе зоопарков и питомников.

Благодарности

Мы благодарны Николаю Скуратову за помощь при проведении этой работы; John Dini, Scott Petrie и Kathleen Calf, приславшим нам необходимую литературу; Colin Wintle и Peter Ginn, поделившимися своими наблюдениями за поведением белолицих свистящих уток в природе и неволе. Огромное спасибо всем орнитологам России, Великобритании и Южной Африки за вдохновляющую поддержку.

Список литературы:

- Володин И.А. 1990. Установление и поддержание социальных связей в группах краснозобых казарок в условиях неволи. Бюлл. МОИП, Отд. Биол. 95(3):42-50.
- Володин И.А., Володина Е.В. 2003. Индивидуальная и половая изменчивость звуков рыжей свистящей утки (*Dendrocygna bicolor*) - вида без внешнего полового диморфизма . Казарка 9.
- Кошмянова Н.В., Тихонов А.В., Харитонов С.П. 1984. Спектрально-временная структура сигналов бедствия и половые отличия у птенцов озерной чайки (*Larus ridibundus* L.). Науч. Докл. Высшей Школы. Биол. Науки. (6):30-3.
- Тихонов А.В., Моренков Э.Д., Фокин С.Ю. 1988. Поведение и биоакустика птиц. Москва: изд-во МГУ.
- Фокин С.Ю. 1985. Поведение и акустическая сигнализация гусей и казарок при искусственном разведении. Дичеразведение в охот. хоз-ве. М: р 108-20.
- Bolen E.G. 1973. Breeding whistling ducks *Dendrocygna spp.* in captivity . International Zoo Yearbook 13:32-7.
- Carlson G., Trost C.H. 1992. Sex determination of the whooping crane by analysis of vocalizations. Condor 94(2):532-6.
- Cavanagh P.M., Ritchison G. 1987. Variation in the bounce and whinny songs of the eastern screech-owl. Wilson Bull. 99(4):620-7.
- Clark A. 1978. Some aspects of the behavior of whistling ducks in South Africa . Ostrich 49:31-9.
- Conover M.R. 1989. Parental care by male-female and female-female pairs of ringbilled gulls. Colon. Waterbirds 12(2):148-52.
- Conover M.R., Hunt G.L. 1984. Experimental evidence that female-female pairs in gulls result from a shortage of breeding males. Condor 86(4):472-6.
- Eakle W.L., Manan R.W., Grubb T.G. 1989. Identification of the individual breeding bald eagles by voice analysis. J. Wildlife Manag. 53(2):450-5.
- Fabricius E. 1981. Homosexualitet hos gragashanar Anser anser . Var Fagelvarld. 40(6):427-46.

- Fitch W.T. 1999. Acoustic exaggeration of size in birds via tracheal elongation: comparative and theoretical analyses. *Journal of Zoology* 248(1):31-48.
- Hunt G.L., Newman A.L., Werner M.H., Wingfield J.C., Kaiwi J. 1984. Comparative between of male-female and female-female pairs among western gulls prior to egg-laying. *Condor* 86(2):157-62.
- Johnsgard P.A. 1965. *Handbook of waterfowl behavior*. London: Constable & Co., Ltd.
- Johnsgard P.A. 1971. Observations on sound production in the Anatidae . *Wildfowl* 22:46-59.
- Lorenz K. 1966. *On aggression*. N.Y.: Bantam Books.
- Petrie S.A., Rogers K.H. 1997. Activity budget of breeding white-faced whistling ducks *Dendrocygna viduata* on stock-ponds in semi-arid South Africa, and a comparison with north-temperate waterfowl . *South African Journal of Wildlife Research* 27(3):79-85.
- Venuto V., Ferraiuolo V., Bottoni L., Massa R. 2001. Distress call in six species of african *Poicephalus* parrots. *Ethol. Ecol. and Evol.* 13(1):49-68.
- Volodina E.V., Volodin I.A. 1999. Bioacoustic in Zoos: a review of applications and perspectives . *International Zoo News* 46(4):208-13.
- Wessling B. 2000. . Individual recognition of cranes, monitoring and vocal communication analysis by sonography. IV Europ. Workshop on CranesVerdun.

Summary

Volodin I.A., Volodina E.V., Klenova A.V. Undoubt sex estimation on loud whistles in the monomorphous white-faced whistling duck Dendrocygna viduata. Management of bird species without sexual dimorphism often faces a problem of sex determination. Sex estimation based on laparoscopy, cloak inspection and DNA analysis demands a bird catching and applying of enough unpleasant treatments, that is undesirable (especially for rare species) or impossible (in the nature). In contrast, acoustic method is completely non-invasive and, in some cases, not less or even more reliable. In present study we investigated sexual differences in the loud whistles of white-faced whistling ducks *Dendrocygna viduata*. Whereas sex of some bird species without of sexual dimorphism may be recognised in breeding period, both sexes of whistling ducks share both sitting on eggs and ducklings care. The loud whistles were tape recorded in Moscow Zoo from adult individually marked 9 males and 2 females, exposed together in outdoor enclosure. Sex control was made using technique of cloak inspection. The loud whistle is a tonal call with well-expressed peaks of frequency modulation that form three maxima and two minima throughout a call. Five time and seven frequency measurements were taken from 152 male and 42 female calls. Discriminate function analysis on sex showed 100% correct assignment. The 100% correct assignment was observed even in the case when all frequency or all time

parameters were omitted from the analysis. Moreover, six from seven frequency parameters (start frequency and each of frequency maxima and minima) showed clear distinction between sexes, without of any overlapping or boundary values. The male loud whistles were always lower in frequency, than female calls. Mann-Whitney U-test showed significant differences ($U=0$, $p<0,001$) for each of six frequency parameters. These differences potentially allow recognition of birds sex by unarmed ear and provide a reliable tool for non-invasive sex determination in the white-faced whistling duck.