

Евроазиатская региональная ассоциация
зоопарков и аквариумов
Euroasian Regional Association of Zoos and Aquariums

Правительство Москвы
Government of Moscow

Московский зоологический парк
Moscow Zoo

Научные исследования в зоологических парках

Выпуск 30

Scientific Research
in Zoological Parks

Volume 30

Москва

Moscow

2014

results of their research activities. This yearbook has become a well-known and popular journal among regional zoo community, which follows world-wide trends (unfortunately with some time lag, for example concerning diet and nutrition problems). According to 24-year publication analysis, most articles focused on problems of keeping, reproduction and behavior of captive mammals (with carnivores in the first place). The majority of authors were affiliated with EARAZA zoos.

Our vital goal is to make the *Scientific Research in Zoological Parks* a refereed periodical and to include its materials into national and international databases.

Определение пола по голосу у мономорфных видов птиц

**И.А. Володин^{1,2}, Е.В. Володина²,
А.В. Клёнова¹, В.А. Матросова³**

¹ Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

² Московский зоопарк

³ Институт молекулярной биологии РАН им. В.А. Энгельгардта

Методы определения пола у мономорфных видов птиц

Мономорфные виды птиц не имеют заметных половых различий ни в размерах тела, ни в окраске оперения. Такие виды встречаются во многих таксонах, таких как попугаи, журавли, утиные, пастушковые, голуби, совы, аисты, пингвины, трубконосые, чистиковые, козодои, воробьиные и другие (к примеру, Clapperton, 1983; Cavanagh, Ritchison, 1987; Carlson, Trost, 1992; Ballintijn, ten Cate, 1997; Smith, Jones, 1997; Venuto et al., 2001; Володин и др., 2003; Eda-Fujiwara et al., 2004; Volodin et al., 2005, 2009; Клённова и др., 2012). Определение пола у птиц, самцы и самки которых не различаются по окраске и размерам, – постоянно возникающая проблема как при их содержании и разведении в неволе, так и при проведении учетов и оценки соотношения полов в природных популяциях.

Наблюдения за поведенческими демонстрациями далеко не всегда дают надежные результаты, поскольку многие мономорфные виды птиц легко образуют однополые пары, причем поведение партнеров в нормальных и однополых парах часто неразличимо (Buchanan, 1966; Fabricius, 1981; Conover, Hunt, 1984; Hunt et al., 1984; Conover, 1989; Володин, 1990б; Elie et al., 2011). Существующие методы определения пола с помощью клоакальной инспекции, морфометрии или генетического анализа требуют обязательной поимки птиц и применения довольно болезненных процедур, что в большинстве случаев нежелательно.

Клоакальная инспекция до сих пор применяется для определения пола, поскольку этот метод позволяет определить пол сразу и не требует специального оборудования. Однако он требует хороших практических навыков персонала по работе с конкретной группой видов и может приводить к травмам при неаккуратном применении (Turner, 1953). Для водоплавающих определение пола производится с помощью выворачивания клоаки (Hanson, 1949; Purchase, 1978; Volodin et al., 2009), тогда как для голубей, трубконосых, пингвинов и некоторых пастушковых возможно определение пола по размерам клоаки, которая сильно увеличивается у самок в период откладки яиц (Serventy, 1956; Boersma, Davies, 1987; Copestake et al., 1988). Надежность метода различна для разных видов и составляет около 90% для голубей (Miller, Wagner, 1955; Swanson, Rappole, 1992) и свистящих уток *Dendrocygna sp.* (Volodin et al., 2009), 93–96% для трубконосых (Boersma, Davies, 1987; O'Dwyer et al., 2006), 92% для магелланова пингвина *Spheniscus magellanicus* и 100% для американской лысухи *Fulica americana* (Boersma, Davies, 1987).

Различия в размерах между самцами и самками могут быть использованы для разработки морфометрического способа определения пола. Для этого на основе промеров разных частей тела составляют дискриминантные уравнения, позволяющие определить пол конкретной особи (Green, 1989; Guallar et al., 2010). Этот метод определения пола до сих пор широко распространен, поскольку требует минимального оборудования и опыта и позволяет получить результат непосредственно на месте. Однако морфометрия никогда не дает безошибочного результата, и надежность определения пола достигает 80% для гагарки *Alca torda* (Grecian et al., 2003), 80% для белобрюшки *Cyclorhynchus psittacula* и 94% для большой конюги *Aethia cristatella* (Клёнова и др., 2012), 87% для леванского буревестника *Puffinus yelkouan* (Bourgeois et al., 2007), 90% для балеарского буревестника *Puffinus mauretanicus* (Genovart et al., 2003), 85% для синелобого амазона *Amazona aestiva* (Berkunsky et al., 2009), 88% для вяхиря *Columba palumbus* (O'Huallachain, Dunne, 2010), 95% для лебедя-шипиона *Cygnus olor* (Brown et al., 2003), 96% для взрослых и 90% для неполовозрелых коскоробов *Coscoroba coscoroba* (Calabuig et al., 2011).

Молекулярно-генетический метод определения пола очень надежен (Griffiths et al., 1998; Morinha et al., 2012), но относительно дорог, требует специально оборудованной лаборатории и времени для проведения анализов. Этот метод также требует поимки птиц для взятия образцов (крови, перьев, мазка слюны изо рта), хотя в последние годы получают распространение методы выделения ДНК из неинвазивных генетических проб – линных перьев, фекалий, подскорлуповой оболочки яиц (Jensen et al., 2003; Regnaut et al., 2006; Balkiz et al., 2007). Однако для надежного определения пола по неинвазивным пробам требуется высокая квалификация персонала и адаптация существующих подходов к конкретным образцам каждого вида (Beja-Pereira et al., 2009). Ошибки персонала при сборе образцов и некорректно подобранные условия генетического анализа на практике могут несколько снижать точность метода.

Как альтернативный подход, для многих видов птиц для определения пола может быть использован биоакустический метод. Этот метод полностью бесконтактный, он не требует отлова и процедур взятия проб для анализов, поэтому полностью исключает возможность травмирования птиц. Половые различия в голосах птиц могут быть связаны с различиями в строении вокальных аппаратов (Johnsgard, 1961; Livezey, 1991, 1995), особенностями издавания звуков самцами и самками при одинаковом вокальном аппарате (Niemeier, 1979) или как с различиями в вокальных аппаратах, так и в способах издавания звуков (Ballintijn, ten Cate, 1997). Определение пола по голосу в первую очередь целесообразно применять для тех видов птиц, для которых этот метод дает 100%-ю надежность, т.е. однозначно определяет данную особь как самца либо самку. Если признаки криков птиц разного пола перекрываются хотя бы в небольшой степени, то у части особей пол может быть определен ошибочно.

Определение пола по голосам обычно проводится по компьютерному изображению звука – спектрограмме, показывающей зависимость частоты звука от времени (Володин, Володина, 2008). Этот способ гораздо более надежен и объективен, чем определение на слух, и подходит для большего числа видов птиц.

У птиц высота голоса определяется частотой, с которой колеблются мембранные ткань нижней гортани — сиринка. Эта частота называется основной частотой звука и измеряется в герцах ($1 \text{ Гц} = 1 \text{ колебание в секунду}$, $1 \text{ кГц} = 1000 \text{ колебаний в секунду}$). На спектрограмме основная частота представлена самой нижней полосой в стопке кратных друг другу частотных полос, которые носят название гармоник. Этот акустический параметр наиболее часто различается в звуках самцов и самок. Другим важным параметром является доминантная частота, на которой сосредоточена максимальная энергия звука.

Ниже мы приведем обзор исследований, в которых были определены признаки, позволяющие надежно различать самцов и самок по их крикам у видов, у которых половой диморфизм в размерах и окраске отсутствует или выражен очень слабо. Мы систематизировали эти исследования в соответствии с таксономической принадлежностью птиц. Кроме словесных описаний, там, где это возможно, мы иллюстрируем различия между полами на спектрограммах криков разных видов птиц.

Определение пола на основе структуры криков у взрослых птиц

У оранжевоклювого фруктового голубя *Ptilinopus iozonus* (отряд **Columbiformes**) крики воркования самцов всегда были ниже по частоте и длиннее, чем крики самок (рис. 1) (Baptista, Gaunt, 1997). Эти особенности были использованы при подборе пар для разведения в неволе с целью спасения этого исчезнувшего в природе островного вида. В результате разведения вид был вновь выпущен в прежние места обитания. Кроме того, имеются данные, что еще у нескольких видов голубей (другие пять видов рода *Ptilinopus*, а также *Columba livia*, *C. squamosa*, *Zenaida graysoni*, *Tutur tympanistra*, *Treron vernans*, *Phapitreron leucotis*) крики самок несколько выше по частоте, чем крики самцов (Baptista, Gaunt, 1997), однако количественные данные по крикам этих видов отсутствуют.

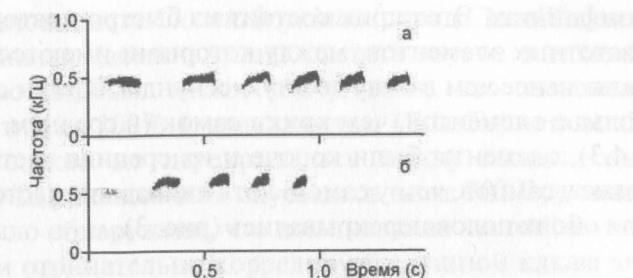


Рис. 1. Последовательность криков воркования (coo call) самца (а) и самки (б) оранжевоклювого фруктового голубя (из Baptista, Gaunt, 1997)

У кольчатой горлицы *Streptopelia decaocto* частота криков воркования самцов также была выше, чем у самок, однако значения основной частоты незначительно перекрывались между полами (Ballintijn, ten Cate, 1997). Вместе с тем пол мог быть определен со 100%-й точностью при сравнении числа воркований в последовательности — самцы издавали в среднем от 6.3 до 11.3, тогда как самки — от 3.3 до 4.6 воркований на последовательность (рис. 2). В исследовании были использованы 9 самцов и 6 самок.

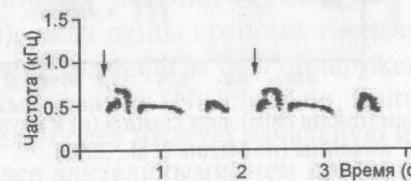


Рис. 2. Последовательность из двух воркований (coo call) кольчатой горлицы, которые, в свою очередь, состоят из трех элементов каждый. Начало каждого воркования промаркировано стрелкой (из Ballintijn, ten Cate, 1997)

Среди козодоев (отряд **Caprimulgiformes**) сравнение криков вокального репертуара с целью поиска половых различий было проведено для австралийского мраморного лягушкорота *Podargus ocellatus* (Smith, Jones, 1997). Наиболее яркие различия между полами были обнаружены только в крике гоббле (gobble call), который самцы и самки издают в течение всего года при территориальных

конфликтах. Этот крик состоит из быстро повторяющихся низкочастотных элементов, между которыми имеются короткие интервалы менее чем в одну десятую секунды. Крики самцов содержали больше элементов, чем крики самок (в среднем 5.8 по сравнению с 4.3), элементы были короче и их средняя частота была заметно ниже у самцов, чем у самок, хотя диапазоны частот и длительности для обоих полов перекрывались (рис. 3).

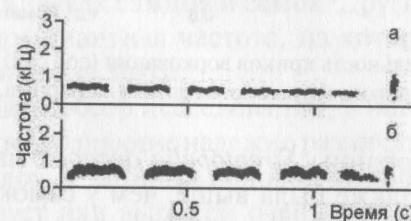


Рис. 3. Крики гоббле (gobble call) самца (а) и самки (б) мраморного лягушкорота (из Smith, Jones, 1997)

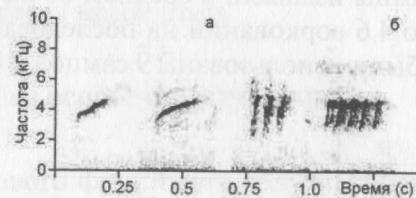


Рис. 4. Дистантные крики (distant calls) двух самцов (а) и двух самок (б) японской амадины (из Mizuta et al., 2003)

Среди мономорфных воробынных птиц (**отряд Passeriformes**) яркие половые различия в криках были найдены у дикой японской амадины *Lonchura striata phaethontoptila* с острова Тайвань (Mizuta et al., 2003). Дистантные крики самцов этого вида всегда содержали только одну ноту, а крики самок – три и больше нот, в среднем 3.67 ноты на крик (рис. 4). Это позволяло определять пол птиц со 100%-й надежностью, в том числе и на слух в полевых условиях, что было подтверждено данными генетического анализа. Использование морфометрических признаков позволило различать пол птиц только с 87%-й надежностью. В исследовании было использовано 13 самцов и 13 самок.

У дальневосточного аиста *Ciconia boyciana* (**отряд Ciconiiformes**) наиболее интенсивная (доминантная) частота звуков щелканья клювом самцов всегда была ниже, чем у самок, что позволило определять пол птиц со 100%-й надежностью (Eda-Fujiwara et al., 2004). Частота звуков не перекрывалась между полами: она не превышала 670 Гц у самцов и не опускалась ниже 703 Гц у самок (рис. 5). Также было обнаружено, что доминантная частота звуков щелканья клювом отрицательно коррелирует с длиной клюва аистов. Исследование было выполнено на 7 самцах и 7 самках.

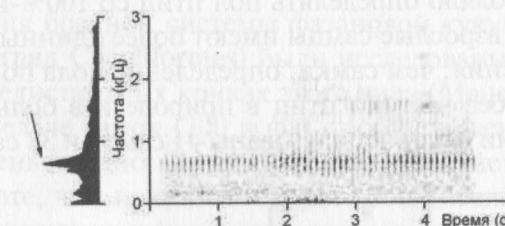


Рис. 5. Звук щелканья клювом (clatter) дальневосточного аиста (запись авторов). Доминантная частота звука (отмечена стрелкой) составляет 663 Гц. Это означает, что птица, которая издает этот звук, – самец

У черношейной поганки *Podiceps nigricollis* (**отряд Podicipediformes**), вида птиц, который гнездится в густой растительности, половой диморфизм был обнаружен в специфическом крике саморекламирования (Nuechterlein, Buitron, 1992). У самцов такие крики имели более низкую начальную и максимальную частоту и были более длительными, чем крики самок (рис. 6). Хотя

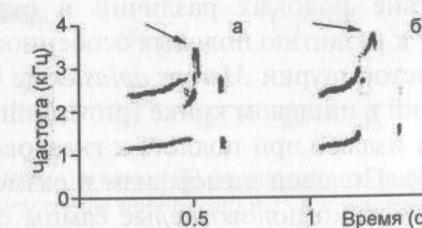


Рис. 6. Крики саморекламирования (advertising call) самца (а) и самки (б) черношейной поганки (из Nuechterlein, Buitron, 1992). Стрелкой отмечена максимальная основная частота криков

параметры криков перекрывались между полами, эксперименты по проигрыванию криков саморекламирования холостым самцам показали, что поганки реагируют только на крики самок и игнорируют крики самцов. В исследовании были использованы 38 самцов и 27 самок.

У зеленого древесного удода *Phoeniculus purpureus* (отряд Coraciiformes) основная частота криков «kek» самцов была вдвое ниже, чем у самок (Radford, 2004). Частота криков не перекрывалась между полами и была ниже 600 Гц у самцов и выше 700 Гц у самок, что позволяло определять пол птиц со 100%-й надежностью (рис. 7). Хотя взрослые самцы имеют более длинный клюв и иной оттенок оперения, чем самки, определение пола по крикам может применяться без поимки птиц в природе и в больших вольерах. В исследовании были использованы 41 самец и 38 самок.

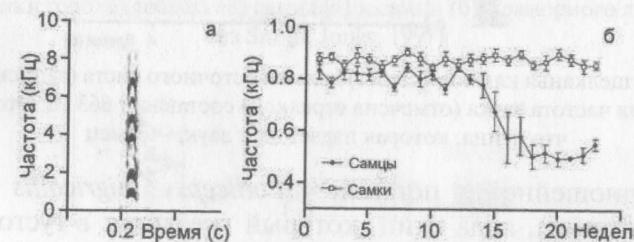


Рис. 7. Контактный крик «kek» (kek call) самки зеленого древесного удода (а) и появление различий в основной частоте криков самцов и самок (б) после вылета из гнезда (из Radford, 2004)

Однако отсутствие половых различий в окраске оперения не всегда приводит к развитию половых особенностей в вокализациях. Так, у золотистой щурки *Merops apiaster* не было обнаружено половых различий в пищевом крике (provisioning call) взрослых птиц, который они издают при подлете к гнездовой норе (рис. 8) (Lessells et al., 1995). Половой диморфизм в размерах золотистых щурок отсутствует, однако половозрелые самцы обычно немного ярче окрашены, чем самки. В исследование были включены крики от 14 самцов и 14 самок.

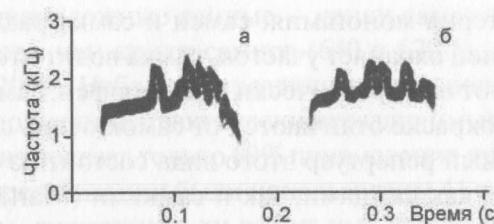


Рис. 8. Пищевой крик (provisioning call) самца (а) и самки (б) золотистой щурки (из Lessells et al., 1995)

Для изучения брачной системы фазановой кукушки *Centropus phasianinus* (отряд Cuculiformes) были исследованы половые различия в дальнедистантных криках этого вида (Maurer et al., 2008). Хотя самцы мельче самок (300 и 400 г соответственно), оба пола окрашены очень сходно. Крики самцов оказались значительно выше по частоте, чем крики самок для обоих исследованных типов звуков, которые кукушки могли издавать как по отдельности, так и в дуэтах (рис. 9). Хотя авторы не приводят разброса крайних значений, средние величины доминантной частоты криков самцов в полтора раза выше, чем у самок, как для пониживающегося ухающего крика (456 и 339 Гц соответственно), так и для скрежещущего крика (503 и 314 Гц соответственно). В исследовании были использованы 9 самцов и 9 самок.

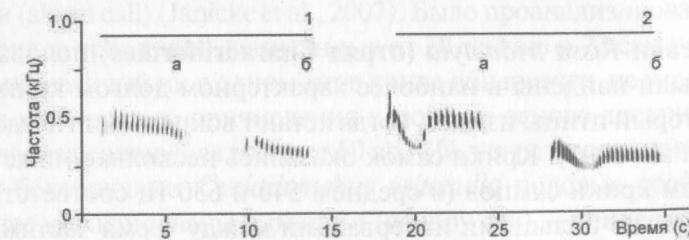


Рис. 9. Крики самцов (а) и самок (б) фазановой кукушки: 1 – пониживающийся ухающий крик (descending whoops call) и 2 – скрежещущий крик (scale call) (из Maurer et al., 2008)

Белая куропатка *Lagopus lagopus* (отряд Galliformes) интересна тем, что это единственный представитель тетеревиных, для

которого характерна моногамия: самец и самка разделяют заботу о потомстве, самец охраняет участок, самка водит птенцов (Martin, Cooke, 1987). Этот вид практически мономорфен: самцы чуть крупнее самок и по окраске отличаются от самок очень слабо и только весной. Вокальный репертуар этого вида состоит из 11 типов криков, издаваемых как самцами, так и самками (Martin et al., 1995). Практически все типы криков самцов имеют сильную амплитудную модуляцию, из-за которой звуки становятся «широкополосными» и звучат более грубо, тогда как в криках самок хорошо видна тональная структура, как, к примеру, в крике «кроу», который издается при территориальных конфликтах пар и при вокальном взаимодействии между родителями и выводком (рис. 10). Однако никаких измерений криков в статье не приведено.

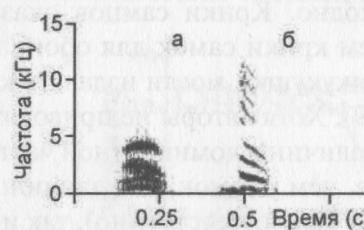


Рис. 10. Крики «кроу» (“krrow” call) самца (а) и самки (б) белой куропатки (из Martin et al., 1995)

У моевки *Rissa tridactyla* (отряд Charadriiformes) половые различия были найдены в наиболее характерном долгом крике (long call), который птицы издают, когда летают вокруг мест гнездования (Aubin et al., 2007). Крики самок оказались несколько ниже по частоте, чем крики самцов (в среднем 540 и 630 Гц соответственно) и с несколько большими интервалами между тремя частями крика (рис. 11). Хотя значения акустических параметров перекрывались между полами, дискриминантный анализ позволил разделить крики самцов и самок со 100%-й точностью. В исследовании были использованы 18 самцов и 14 самок.

Однако в следующем исследовании криков моевок из другой популяции, сделанном той же исследовательской группой, были обна-

ружены противоположные данные – крики самок были несколько выше по частоте, чем крики самцов (640 и 620 Гц соответственно) (Mulard et al., 2009). Небольшие различия между полами делали крики птиц этой популяции практически неразличимыми, и дискриминантный анализ показал только 69% причисления криков к правильному полу. В исследовании были использованы 41 самец и 35 самок. Таким образом, существуют ли вокальные ключи для определения пола у этого вида, остается неясным (Mulard et al., 2009).

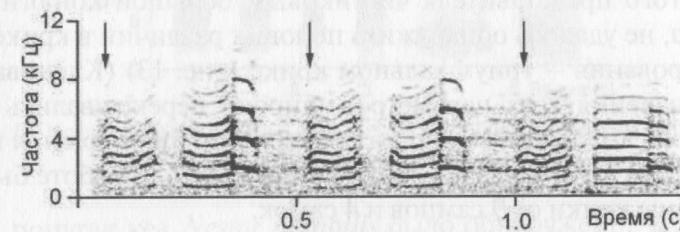


Рис. 11. Долгий крик (long call, “kittiwake” call) моевки (запись авторов). Начало каждого крика промаркировано стрелкой

У другого представителя ржанкообразных, бурого поморника *Catharacta antarctica*, также не было обнаружено половых различий в криках. В вокальном репертуаре этого вида присутствуют три типа криков: громкий крик (loud call), крик контакта (contact call) и крик тревоги (alarm call) (Janicke et al., 2007). Было проанализировано более 5000 криков трех типов, записанных от 20 самцов и 22 самок, однако половых различий ни в одном типе крика обнаружить не удалось. Величина правильного причисления к полу на основе дискриминантного анализа составляла всего от 60 до 73% для разных типов криков.

Для белобрюшки *Cyclorhynchus psitaculla* полевые особенности были проанализированы в ржании (whinny call) – крике саморекламирования, состоящем из серии трелей (рис. 12) (Клёнова и др., 2012). Длительности трели (0.39 с) и число импульсов в трели (16.6) самцов были выше, чем у самок (0.29 с и 10.7 соответственно), однако значения перекрывались между полами. Вероятность правильного причисления криков к полу на основе дискриминантного анализа составляла 94%. В исследовании были использованы 8 самцов и 5 самок.

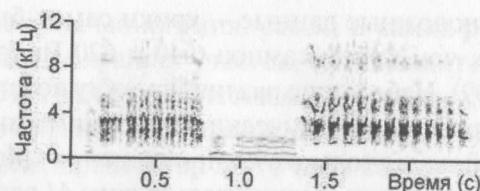


Рис. 12. Ржание (whinny call) самца белобрюшки (запись авторов)

У другого представителя чистиковых, большой конюги *Aethia cristatella*, не удалось обнаружить половых различий в крике само-рекламирования — триумфальном крике (рис. 13) (Клёнова и др., 2012). Значения всех параметров широко перекрывались между самцами и самками, и величина правильного причисления криков к полу (72%) не отличалась от случайной (69%). В работе были использованы крики от 9 самцов и 4 самок.

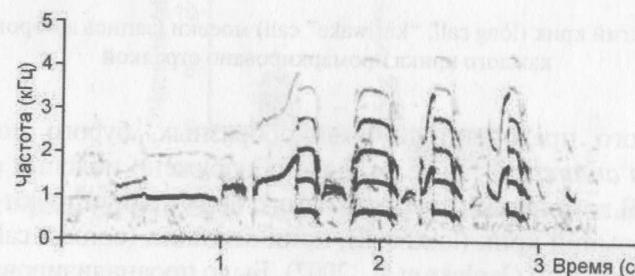


Рис. 13. Триумфальный крик (trumpet call) самца большой конюги (запись авторов)

Для попугаев (**отряд Psittaciformes**) исследование половых различий в криках стресса (distress call) было проведено на шести близкородственных видах рода длиннокрылых попугаев *Poicephalus* (Venuto et al., 2001). Два вида обладают внешним половым диморфизмом; пол птиц четырех видов был определен с помощью лапароскопии. Крики стресса были похожи у всех шести видов и представляли собой гармонические слабо модулированные по частоте крики с основной частотой 165–205 Гц и большим числом гармоник (рис. 14). Крики самок были длиннее и с более высокой доминантной частотой, чем крики самцов, однако диапазоны значений перекрывались между полами. В работе были использованы крики от 4 до 10 представителей каждого вида.

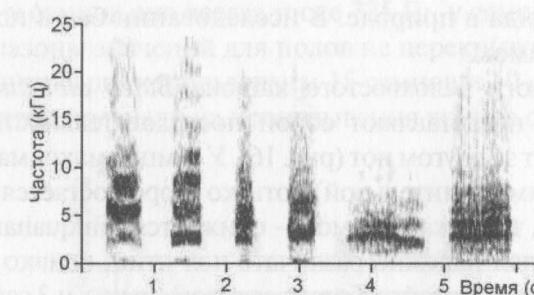


Рис. 14. Крики стресса (distress call) шести видов длиннокрылых попугаев (из Venuto et al., 2001)

Для попугая кеа *Nestor notabilis* было обнаружено, что независимо от типа, в криках самцов основная частота несколько ниже, чем в криках самок, а сами крики длиннее (Schwing et al., 2012). Однако, как и у предыдущего вида, различия в криках не позволяли надежно различать пол птиц.

У ночной нелетающей птицы — малого серого киви *Apteryx owenii* (**отряд Apterygiformes**) — громкие свистовые крики (loud whistle call) самцов и самок значительно различались (Digby et al., 2013). Средняя основная частота криков самцов (2800 Гц) была в полтора раза выше, чем в криках самок (1800 Гц) (рис. 15).

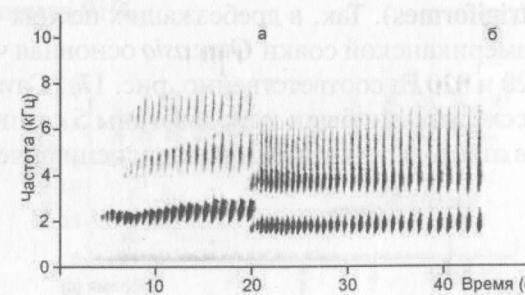


Рис. 15. Свистовые крики (loud whistle call) самца (а) и самки (б) малого серого киви (из Digby et al., 2013)

Самцы этого вида несколько мельче самок (1.2 и 1.4 кг соответственно), однако определение пола по хорошо слышимому свистовому крику возможно на расстоянии, что важно для проведения учетов этого вида в природе. В исследовании были использованы 9 самцов и 6 самок.

Крики тревоги белохвостого канюка *Buteo albicaudatus* (отряд **Falconiformes**) представляют собой последовательность из быстро следующих друг за другом нот (рис. 16). У самцов максимальная частота от первой (самой длительной) ноты ко второй остается неизменной или возрастает, тогда как у самок — снижается (Farquahar, 1993). Этот признак позволял надежно различать пол птиц, однако работа была сделана на ограниченной выборке — всего 3 самцах и 3 самках. У этого вида также наблюдается половой диморфизм в размерах тела: длина крыльев и вес тела у самок больше, чем у самцов.

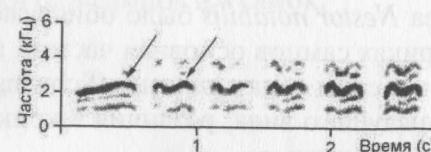


Рис. 16. Крик тревоги (alarm call) самца белохвостого канюка, стрелками показаны точки максимальной частоты первой и второй ноты на первой, наиболее интенсивной гармонике крика (из Farquahar, 1993)

Большое число исследований полового диморфизма в криках птиц было проведено с представителями отряда ночных хищных птиц (**отряд Strigiformes**). Так, в дребезжащих песнях (bounce song) самцов североамериканской совки *Otus asio* основная частота ниже, чем у самок (720 и 820 Гц соответственно, рис. 17) (Cavanagh, Ritchison, 1987). В исследовании были использованы 5 самцов и 3 самки, совы кричали в ответ на проигрывания видоспецифических криков.

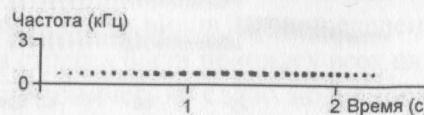


Рис. 17. Дребезжащая песня (bounce song) североамериканской совки (из Cavanagh, Ritchison, 1987)

Дребезжащая песня самцов западной малой ушастой совы *Otus kennicottii* также ниже по частоте, чем песня самок (Herting, Belthoff, 2001). Наилучшим диагностическим признаком является доминантная частота, у самцов она всегда ниже 725 Гц, у самок выше 725 Гц, причем диапазоны значений для полов не перекрываются (рис. 18). В исследовании были использованы 15 самцов и 10 самок. Вокальные ответы птиц получали на проигрывания криков самцов.

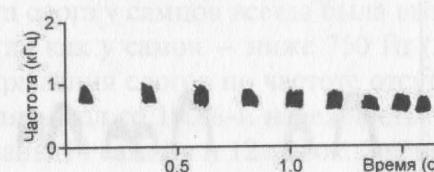


Рис. 18. Дребезжащая песня (bounce song) самца западной малой ушастой совы (из Herting, Belthoff, 2001)

У пестрой неясыти *Strix varia* крики самцов ниже по частоте и длиннее, чем крики самок (Odom, Mennill, 2010). Эти различия были обнаружены как в сторожевом крике (inspection call) (самцы — максимальная частота 590 Гц, длительность 0.73 с; самки — 640 Гц и 1.20 с соответственно), так и в последней ноте уханья (самцы — максимальная частота 540 Гц, длительность 0.38 с; самки — 590 Гц и 0.76 с соответственно) (рис. 19). Авторы обнаружили половые различия в криках 2 самцов и 4 самок и затем применили их для определения пола сов в природе по записям их криков. Вероятность правильного определения пола на основе кластерного анализа составила 91%.

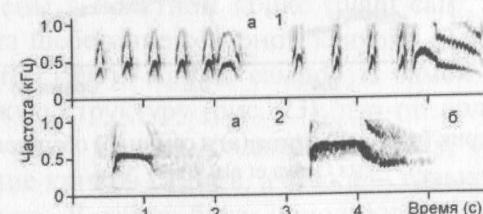


Рис. 19. Крики самцов (а) и самок (б) пестрой неясыти: 1 — уханье (one-phrased hoot) и 2 — сторожевой крик (inspection call) (из Odom, Mennill, 2010)

Половые различия в частоте криков африканской лесной неясыти *Strix woodfordii* были использованы для 12-летнего исследования популяционной структуры этого вида (Delport et al., 2002). Как и у других видов сов, ухающие крики самцов африканских неясытей ниже по частоте, чем крики самок (рис. 20) (Steyn, Scott, 1972).

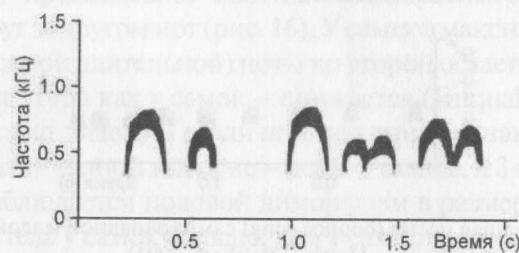


Рис. 20. Ухающий крик (hoot call) самки африканской лесной неясыти (из Delport et al., 2002)

В ухающих криках (u-hu call) обыкновенного филина *Bubo bubo* наблюдается та же закономерность – крики самцов значительно ниже по частоте, чем крики самок (Grava et al., 2008). Максимальная основная частота криков самцов составляет 390 Гц, тогда как криков самок – 550 Гц (рис. 21). Эти различия настолько значительны, что позволяли без труда определять пол птицы на слух. В исследовании были использованы 9 самцов и 9 самок.

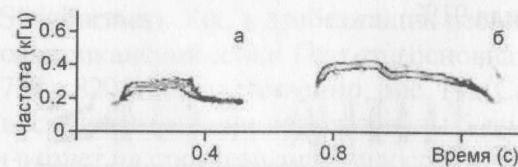


Рис. 21. Ухающий крик (u-hu call) самца (а) и самки (б) обыкновенного филина (из Grava et al., 2008)

Для трубконосых (отряд **Procellariiformes**) крики имеют важное значение для распознавания пола партнера, поскольку большинст-

во видов являются ночных. Для таких видов сильные половые различия в криках – это скорее правило, чем исключение. У северной качурки *Oceanodroma leucorhoa* половые различия были обнаружены только в одном из трех типов криков – щебетании (chatter call), который состоит из нескольких, различающихся по рисунку частотной модуляции, слогов (Taoka et al., 1989a). Различия были найдены только в центральном слоге этого крика: максимальная основная частота слога у самцов всегда была выше 800 Гц (в среднем 990 Гц), тогда как у самок – ниже 750 Гц (в среднем 650 Гц) (рис. 22). Перекрывания слогов по частоте отсутствовали, что позволило определять пол со 100%-й надежностью. В исследовании были использованы 14 самцов и 12 самок. Эксперименты по проигрыванию криков птицам, сидящим в норах, показали, что северные качурки различают пол особей своего вида: самцы избирательно отвечают только на крики самцов, а самки – только на крики самок.

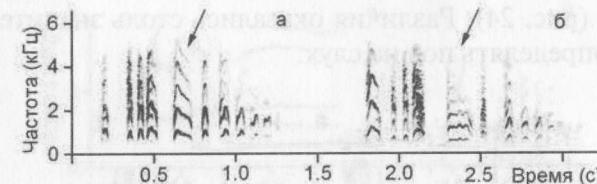


Рис. 22. Щебетание (chatter call) самца (а) и самки (б) северной качурки (запись авторов). Стрелкой отмечена центральная нота крика

Для малой качурки *Oceanodroma monorhis* половые различия были обнаружены в полетном крике (flight call), очень похожем по структуре на щебетание северной качурки (Taoka et al., 1989b; Taoka, Okumura, 1990). Крики самцов и самок имели различную ритмическую структуру (рис. 23), что позволяло определять пол птицы на слух. Самцы, сидящие в норах, отвечали только на проигрывание криков самцов, а самки – только на проигрывание криков самок. В работе были использованы крики 50 самцов и 50 самок.

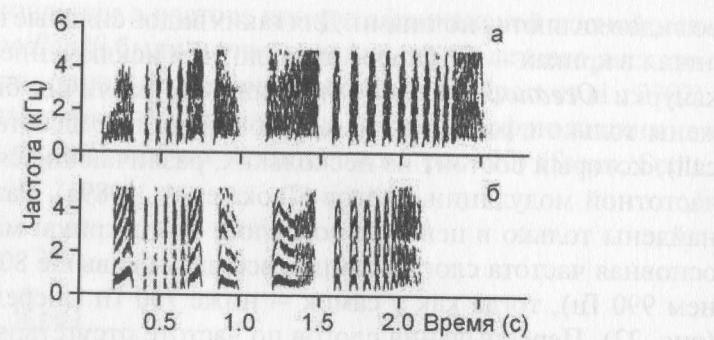


Рис. 23. Полетный крик (flight call) самца (а) и самки (б) малой качурки (из Taoka et al., 1989б)

У мадейрской качурки *Oceanodroma castro* половые различия также были обнаружены в полетном крике (James, Robertson, 1985a). Крики самцов были тональными, мелодичными, тогда как крики самок всегда содержали шумовое заполнение и звучали хрипло и резко (рис. 24). Различия оказались столь значительны, что позволяли определять пол на слух.

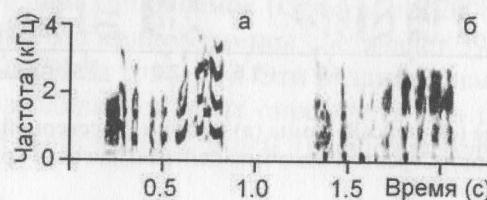


Рис. 24. Полетный крик (flight call) самца (а) и самки (б) мадейрской качурки (из James, Robertson, 1985а)

В вокальном репертуаре самцов серой вилохвостой качурки *Oceanodroma furcata* был обнаружен крик, который отсутствует у самок этого вида (Simons, 1981). Это тональный высокочастотный свист, который самцы издавали рядом со входом в гнездовую нору или непосредственно в норе при взаимодействиях с самкой (рис. 25).

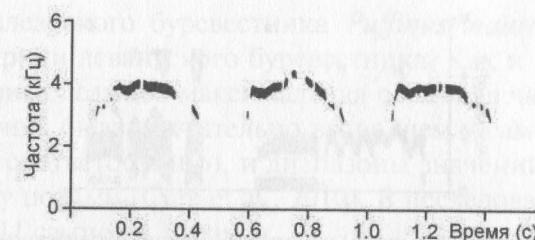


Рис. 25. Свистовой однонотный крик (single-syllable call) самца серой вилохвостой качурки (из Simons, 1981)

Самцы большого пестробрюхого буревестника *Puffinus gravis* издавали из нор крики с более высокой основной частотой, чем самки, кроме того, их крики имели большую длительность, в то время как крики самок были более низкочастотными и короче по длительности (рис. 26) (Brooke, 1988). В исследовании были использованы 12 самцов и 10 самок.

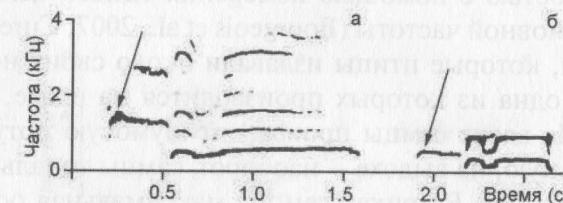


Рис. 26. Крики из нор самца (а) и самки (б) большого пестробрюхого буревестника (из Brooke, 1988). Стрелкой отмечена максимальная основная частота крика

Сходная картина наблюдалась у малого буревестника *Puffinus assimilis* (James, Robertson, 1985б). Крики, которые самцы издавали из нор и во время полета, имели более высокую частоту и звучали более звонко, тогда как крики самок были ниже по частоте, более зашумленные и звучали как скрежет (рис. 27). Различия в криках позволяли определять пол на слух. В исследовании было использовано 14 самцов и 14 самок.

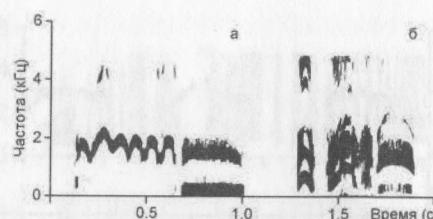


Рис. 27. Крики из нор самца (а) и самки (б) малого буревестника (из James, Robertson, 1985)

У обыкновенного буревестника *Puffinus puffinus*, как у предыдущих видов, крики самцов были выше по частоте и более тональными, тогда как крики самок — ниже по частоте и более зашумленными (Brooke, 1978). Были использованы крики от 18 самцов и 11 самок.

Самцы левантского буревестника *Puffinus yelkouan* также кричат выше самок, и пол птиц может быть определен по крикам со 100%-й точностью с помощью измерения одного-единственного параметра основной частоты (Bourgeois et al., 2007; Cure et al., 2009, 2011). Крики, которые птицы издавали около своих нор, состоят из двух нот, одна из которых производится на вдохе, а другая — на выдохе. На вдохе самцы производят шумовую ноту, тогда как самки тональную, на выдохе — наоборот, самцы тональную, самки шумовую (рис. 28). В криках самцов максимальная основная частота тональной ноты крика всегда выше 740 Гц (в среднем 885 Гц), тогда как в криках самок — ниже 530 Гц (в среднем 472 Гц). В двух исследованиях были использованы крики 28 самцов и 18 самок.

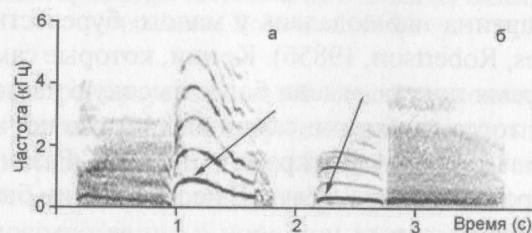


Рис. 28. Крики из нор самца (а) и самки (б) левантского буревестника (из Cure et al., 2009). Стрелкой показана максимальная основная частота тональной ноты

Крики балеарского буревестника *Puffinus mauretanicus* очень похожи на крики левантского буревестника. Как и у предыдущего вида, в криках самцов максимальная основная частота тональной ноты крика была значительно выше, чем у самок (в среднем 776 и 430 Гц соответственно), и диапазоны значений не перекрывались между полами (Cure et al., 2010). В исследовании были использованы 11 самцов и 10 самок.

Крики средиземноморского буревестника *Calonectris diomedea* сильно отличаются по структуре от двух предыдущих видов и состоят из четырех нот (Bretagnolle, Lequette, 1990; Cure et al., 2009). Однако крики самцов вновь значительно выше по основной частоте, чем крики самок (рис. 29). Наиболее информативной является максимальная основная частота конечной тональной ноты: в криках самцов она всегда выше 640 Гц (в среднем 739 Гц), тогда как в криках самок частота этой ноты всегда ниже 360 Гц (в среднем 291 Гц). В двух исследованиях были использованы крики 62 самцов и 45 самок.

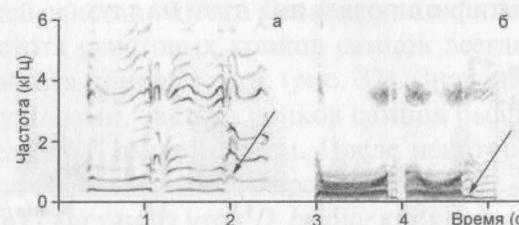


Рис. 29. Крики самца (а) и самки (б) средиземноморского буревестника (из Cure et al., 2009). Стрелкой показана максимальная основная частота конечной тональной ноты

У голубого буревестника *Halobaena caerulea* крики самцов также были выше по основной частоте, чем крики самок (Bretagnolle, Genevois, 1997). Кроме этого, ритмика крика значительно различалась между полами — крики самок включали короткие ноты, которые не встречались у самцов (рис. 30). Сравнение криков 404 самцов и 100 самок из 11 гнездовых популяций показали неизменность общего рисунка криков самцов и самок этого вида.

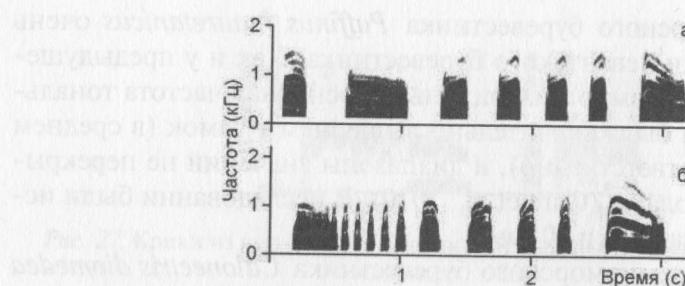


Рис. 30. Крики самца (а) и самки (б) голубого буревестника (из Bretagnolle, Genevois, 1997)

Самцы и самки тонкоклювой китовой птички *Pachyptila belcheri* издают из гнездовых нор шумовые крики, состоящие из нескольких нот (Genevois, Bretagnolle, 1995). Половые различия были обнаружены во временной структуре крика. Самки всегда начинали крик с длинной ноты, за которой следовали короткие, тогда как самцы начинали крик с короткой ноты (рис. 31). Эти особенности позволяли идентифицировать пол птиц на слух.

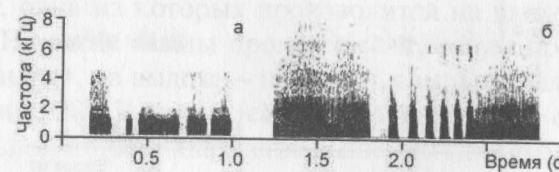


Рис. 31. Крики самца (а) и самки (б) тонкоклювой китовой птички (из Genevois, Bretagnolle, 1995)

Однако и среди трубконосых есть мономорфные виды, у которых не было найдено заметных различий между криками самцов и самок. Так, в отличие от вышеперечисленных видов, тайфунник Булвера *Bulweria bulwerii* на колониях ведет себя очень тихо. Птицы никогда не кричат в воздухе или при подлете к колонии. Вокальный репертуар этого вида состоит из негармонических щелчков, издаваемых по одному или сериями (James, Robertson, 1985в). Половые различия в этих звуках выражены очень слабо. Как пра-

вило, самки издают щелчки в несколько более высоком темпе, чем самцы, но достоверных различий по этому признаку обнаружено не было. В исследовании были использованы 18 самцов и 24 самки.

У снежного буревестника *Pagodroma nivea* также не было обнаружено хорошо выраженных различий в криках самцов и самок (Barbraud et al., 2000). Крики самцов были несколько ниже по основной частоте, но диапазоны значений сильно перекрывались между полами. Однако, как и у предыдущего вида, темп издавания ритмических криков был несколько выше у самок, чем у самцов. Были использованы крики от 26 самцов и 24 самок.

Среди гусеобразных (**отряд Anseriformes**) наиболее подробно изучены половые особенности в криках нескольких видов свистящих уток, у которых самцы и самки совершенно не различаются ни по окраске, ни по поведению: партнеры совместно строят гнездо, поочередно насиживают кладку и вместе заботятся о птенцах. Свистящие утки получили свое название за громкие свистовые крики (loud whistle call), которые самцы и самки издают в течение всего года (Volodin et al., 2005, 2009).

У белолицей свистящей утки *Dendrocygna viduata* максимальная основная частота свистовых криков самцов всегда была гораздо ниже, чем частота криков самок (рис. 32). Значения не перекрывались между полами, частота криков самцов была ниже 4500 Гц, тогда как у самок — выше 5300 Гц. После некоторой тренировки пол птиц было возможно легко определять на слух (Володин и др., 2003). У рыжих свистящих уток *D. bicolor* крики самцов также всегда были ниже по основной частоте, чем крики самок (рис. 32). Частота криков самцов была ниже 2100 Гц, тогда как у самок — выше 2800 Гц. У кубинских свистящих уток *D. arborea*, наоборот, крики самцов были выше по основной частоте, чем крики самок, вдобавок у самцов в криках часто наблюдалась вторая частота, что приводило к бифонации (двухголосию) (рис. 32). Частота криков самцов была выше 2600 Гц, а частота криков самок — ниже 2550 Гц. У осенних свистящих уток *D. autumnalis* частотный диапазон криков самцов и самок перекрывался, однако длительность нот в концевой части крика всегда была больше у самцов (более 0.13 с), чем у самок (менее 0.12 с) (рис. 32). Также в криках самцов обычно при-

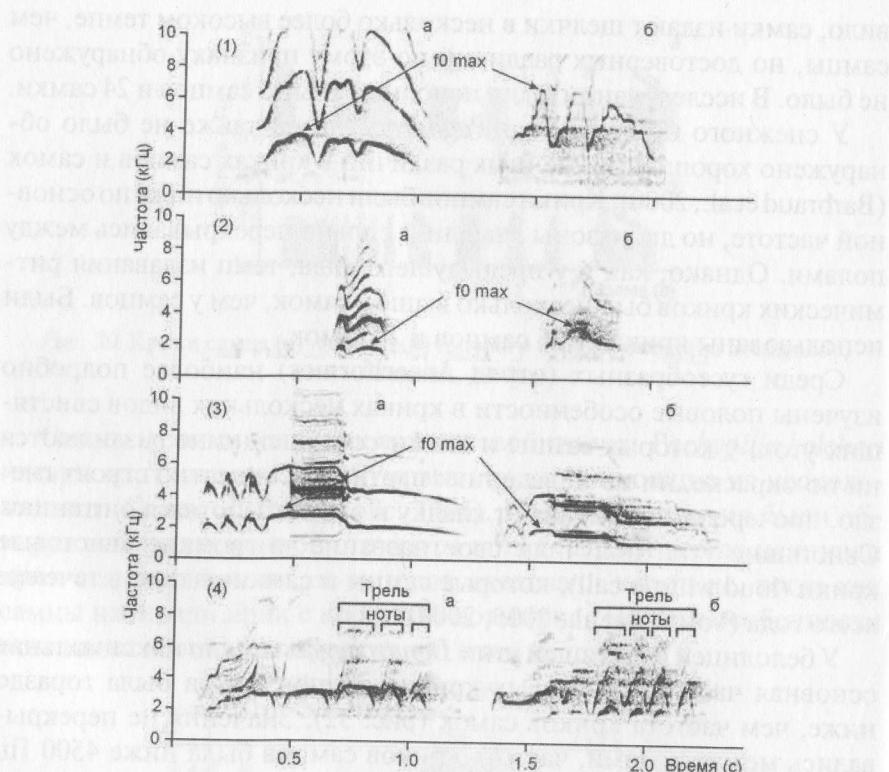


Рис. 32. Громкие свистовые крики (loud whistle call) самцов (а) и самок (б) четырех видов свистящих уток: 1 – белолицей; 2 – рыжей; 3 – кубинской; 4 – осенней. Стрелки указывают на максимальную основную частоту крика (f_0 max), скобки – на длительность и число нот в концевой трельевой части крика (из Volodin et al., 2009)

существовала бифонация, которая никогда не встречалась в криках самок. У всех четырех видов значения параметров криков не перекрывались между полами, что давало возможность безошибочно установить пол птицы по единственному громкому свистовому крику (Volodin et al., 2009). Наряду с записью издаваемых спонтанно криков, были сделаны проигрывания видоспецифических криков, которые вызывали немедленный вокальный ответ (Володин и др., 2005). Исследование было проведено на 14 самцах и 9 самках

белолицых, 6 самцах и 5 самках рыжих, 10 самцах и 7 самках кубинских и 4 самцах и 4 самках осенних свистящих уток.

У краснозобых казарок *Branta ruficollis* не было обнаружено различий в особых триумфальных криках (two-syllable call) самцов и самок (рис. 33): вероятность правильного причисления криков к полу на основе дискриминантного анализа (87%) не отличалась от случайной величины (79%) (Volodin et al., 2008). Однако в дуэтных криках пары, известных для гусеобразных под названием триумфальной церемонии, максимальная основная частота криков самки всегда была значительно ниже, чем у самца, кроме того, в дуэте самки всегда издавали серии двухударных криков, тогда как самцы – серии одноударных криков (рис. 33) (Володин, 1990а). Триумфальную церемонию исполняют только партнеры гетеросексуальной пары, в случае образования пары из двух самцов кричит только один из них (Володин, 1990б). Таким образом, у этого вида пол птиц было возможно определить по его партии в дуэтном крике. В исследовании были использованы 22 самца и 12 самок.

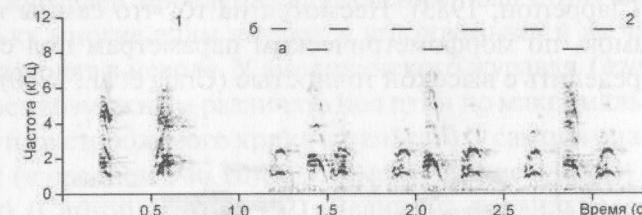
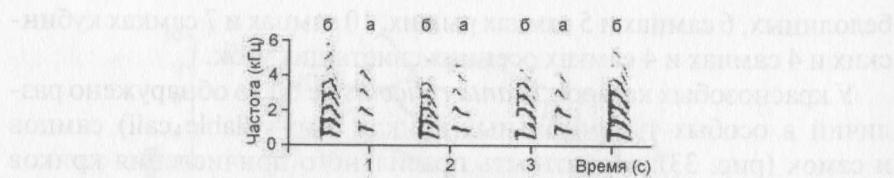
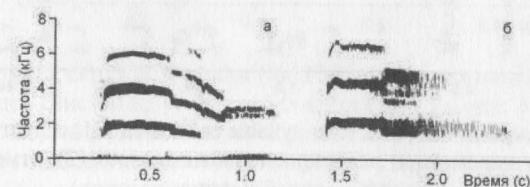


Рис. 33. Двухударный крик (two-syllable call) самца (1) и дуэтный крик (триумфальная церемония) пары краснозобых казарок (2), отмечены крики самца (а) и самки (б) (запись авторов)

У другого вида водоплавающих, белолобого гуся *Anser albifrons*, крики самки во время триумфальной церемонии так же были ниже по основной частоте, чем крики самца (рис. 34) (Кречмар, 2003). Однако для хохлатой паламедеи *Anhima cornuta* сообщалось, что в дуэтных криках голос самца звучит ниже и грубее, чем голос самки (Gill et al., 1974). Скудность данных не позволяет сделать заключения о структуре самцовской и самочьей частей в дуэтном крике гусеобразных.



Среди журавлеобразных (**отряд Gruiformes**) возможность надежного различения пола по каркающим крикам (crowing call) сообщалась для султанок *Porphyrio porphyrio* (Clapperton, 1983). Это территориальный крик, который самцы и самки издают в любое время суток. Крики самцов несколько ниже по основной частоте и чисто тональные, тогда как крики самок выше по частоте и в концевой части модулированы по амплитуде (рис. 35). За счет этого крики самок звучат более грубо и гортанно. После тренировки эти различия оказались пригодными для различения пола на слух в полевых условиях (Clapperton, 1983). Несмотря на то, что самцы немного крупнее самок, по морфометрическим параметрам пол султанок сложно определить с высокой точностью (Craig et al., 1980).



У другого вида пастушковых, американской лысухи *Fulica americana*, основная частота в криках самцов более чем в два раза превышала таковую в криках самок (Cosens, 1981). Вне зависимости от типа крика максимальная основная частота в криках самцов всегда была выше 1000 Гц, тогда как у самок – ниже 1000 Гц, что позволяло надежно идентифицировать пол птиц даже на слух

(рис. 36). У этого вида отсутствует внешний половой диморфизм, хотя самцы в среднем на 7% тяжелее самок. Вероятно, половые различия в криках определяются различиями в размере и форме сиринкса самцов и самок (Gullion, 1950). В исследовании были использованы 14 птиц из четырех кладок.

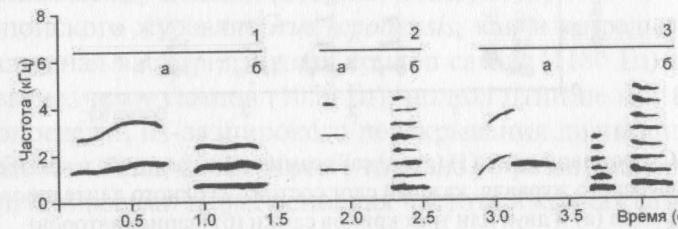


Рис. 36. Крики самцов (а) и самок (б) американской лысухи: 1 – писк (squeak), 2 – однонотный крик распознавания (1-note recognition call), 3 – двунотный крик распознавания (2-note recognition call) (из Cosens, 1981)

Для журавлей проблема определения пола стоит очень остро, поскольку многие виды являются угрожаемыми и их часто содержат и разводят в неволе. У американского журавля *Grus americana* оказалось возможным различать пол птиц по максимальной основной частоте сторожевого крика (guard call): у самцов она была ниже 1000 Гц (в среднем 946 Гц), а у самок – выше 1100 Гц (в среднем 1115 Гц) (Carlson, Trost, 1992). Величина правильного причисления к полу на основе дискриминантного анализа для 141 самца и 118 самок составила 99%, т.е. неверно пол был определен только для 3 птиц из 259.

Однако для даурского журавля *Grus vipsio* сторожевые крики не позволили надежно определить пол птиц (Bragina, Beme, 2013). Хотя основная частота в криках самок (1170 Гц) была значительно выше, чем в криках самцов (790 Гц), диапазоны частот (790–1350 и 600–1110 Гц соответственно) значительно перекрывались между полами (рис. 37). В исследовании были использованы 5 самцов и 5 самок. Однако пол даурских журавлей мог быть надежно определен по их партии в дуэте, который состоит из повторяющихся слогов (Archibald, 1976; Swengel, 1996). Каждый слог дуэта всегда

начинался с длительного крика самца, за которым следовало от одного до трех коротких криков самки (рис. 37).

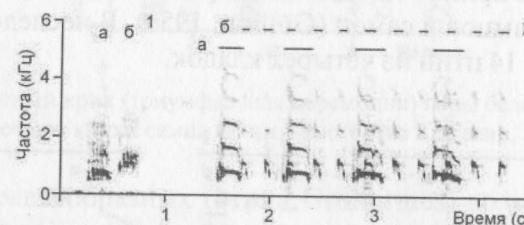


Рис. 37. Сторожевой крик (1) (guard call) самца (а) и самки (б) и четыре слога дуэта (2) даурского журавля, каждый слог состоит из одного длительного крика самца (а) и двух или трех криков самки (б) (запись авторов)

Для стерха *Grus leucogeranus* не было обнаружено надежных половых различий ни для одного типа звуков (Брагина, Беме, 2007). Хотя средние значения основной частоты звуков самок всегда были выше во всех типах звуков, диапазоны значений значительно перекрывались между полами, не позволяя надежно определить пол конкретной птицы. Наилучшей различительной способностью обладали трели (рис. 38): у самок основная частота не опускалась ниже 810 Гц (среднее – 950 Гц), а у самцов не поднималась выше 860 Гц (среднее – 700 Гц), причем для сидящих парами птиц (9 самцов и 9 самок) частота трелей самок всегда была выше таковой самцов. Однако партии самца и самки стер-

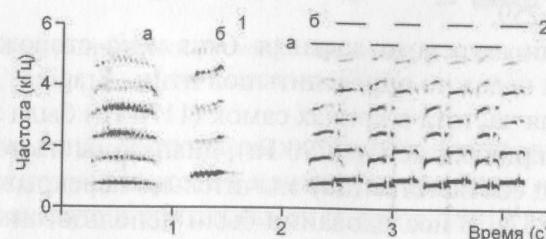


Рис. 38. Трель (1) самца (а) и самки (б) и четыре слога дуэта (2) стерха, каждый слог состоит из одного длительного крика самца (а) и одного длительного крика самки (б) (запись авторов)

ха в дуэте не различались – каждый из партнеров кричал только по одному длительному крику в повторяющихся слогах (рис. 38) (Swengel, 1996; Bragina, Beme, 2010). Среднее значение максимальной основной частоты звуков самок в дуэте (1100 Гц) было выше, чем у самцов (890 Гц), однако диапазоны значений перекрывались между полами (Bragina, Beme, 2010).

У японского журавля *Grus japonensis*, как и у предыдущих видов, основная частота дуэтных криков самок (1180 Гц) в среднем была выше, чем у самцов (1050 Гц), но пол птиц не мог быть надежно определен из-за широкого перекрывания диапазонов значений (Klenova et al., 2008). Кроме того, из 10 размножающихся пар журавлей, в восьми парах основная частота в криках самок всегда была выше, чем в криках самцов, тогда как в двух других парах, наоборот, она всегда была ниже таковой у самцов. Однако пол птиц мог быть надежно определен по их партии в дуэте, который состоял из повторяющихся слогов. Каждый слог дуэта всегда начинался с длительного (0.46 с) крика самца, за которым следовало от одного до четырех коротких (0.24 с) криков самки (рис. 39). В исследовании были использованы 10 самцов и 10 самок.

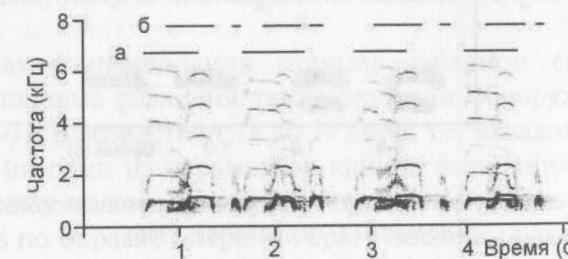


Рис. 39. Четыре слога дуэта японского журавля, каждый слог состоит из одного длительного крика самца (а) и двух криков самки (б) (запись авторов)

Определение пола на основе структуры криков у птенцов

Существование половых различий в криках дискомфорта птенцов было показано для нескольких представителей отряда куриных. У суточных цыплят домашних кур *Gallus gallus* крики

самцов были несколько короче и выше по доминантной частоте, чем у самок (Тихонов, 1986). Средняя точность акустического определения пола составила 98%, что позволило широко применять этот метод при промышленном разведении домашних кур. У птенцов японского перепела *Coturnix japonica* половая принадлежность могла быть установлена по длительности криков: у самцов она составляла 0.10–0.15 с, а у самок – 0.05–0.08 с (рис. 40), точность определения пола составляла 95% (Тихонов, 1986). У суточных птенцов цесарки *Numida meleagris* крики самцов имели низкочастотную составляющую (800–1300 Гц) при одинаковых с самками областях доминантных частот (2800–3200 Гц) (рис. 40), точность определения пола составляла 94–96% (Тихонов, 1986).

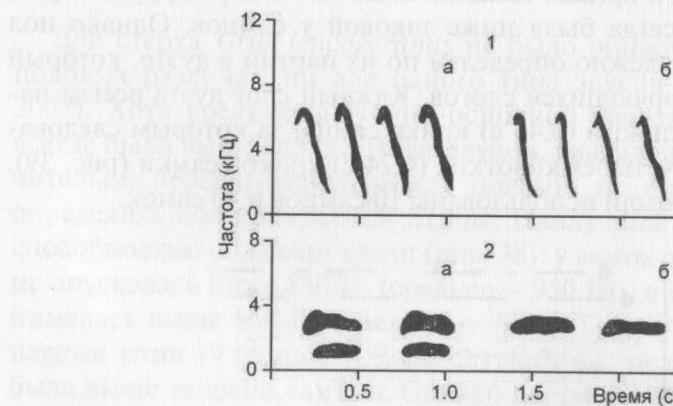


Рис. 40. Крики самцов (а) и самок (б) суточных птенцов японского перепела (1) и цесарки (2) (из Тихонов, 1986)

Однако для других птиц хорошо выраженных половых различий в криках птенцов найдено не было даже у тех видов, у которых они присутствовали во взрослом состоянии. Так, у зеленого древесного удода крики «kek» птенцов были неразличимы, и только в возрасте 3–5 месяцев основная частота криков молодых самцов становится вдвое ниже, чем у самок (Radford, 2004). Аналогично, крики птенцов американской лысухи оставались неразличимыми до возраста 2–3 месяцев, когда основная частота в криках самок снижалась

более чем вдвое (Cosens, 1981). Полоспецифические особенности в криках средиземноморского буревестника развивались только к возрасту 80 дней; крики птенцов и молодых птиц не различались между полами (Bretagnolle, Thibault, 1995). У птенцов серого гуся *Anser anser* основная частота криков самцов становилась ниже таковой у самок только с 15-дневного возраста, до этого пол птенцов по голосу не мог быть определен (ten Thoren, Bergmann, 1987).

У суточных птенцов озерной чайки *Larus ridibundus* крики дискомфорта самцов имели более низкую доминантную частоту (2620 Гц), чем у самок (2930 Гц), однако диапазоны частот очень сильно перекрывались между полами (Кошмянова и др., 1984). Исследование было проведено на 59 птенцах.

У птенцов деревенской ласточки *Hirundo rustica* половые различия в криках выпрашивания пищи (begging call) полностью отсутствовали у птенцов в возрасте 12 дней и были очень слабо выражены в возрасте 15–16 дней, незадолго до вылета из гнезда (Saino et al., 2003, 2008). Дискриминантный анализ по всему комплексу акустических признаков показал всего 71% причисления криков к правильному полу. В исследовании были использованы 41 самец и 41 самка.

В криках выпрашивания птенцов западной сиалии *Sialia mexicana* половые различия также не были обнаружены (Monk, Koenig, 1997). В возрасте от 14 до 19 дней, т.е. незадолго до вылета из гнезда, ни один из параметров криков выпрашивания не различался между полами. Интересно, что пол птенцов можно было определить по окраске оперения сразу после вылупления. Исследование было проведено на 6 самцах и 6 самках.

У птенцов японских журавлей, как и у взрослых птиц, не удалось обнаружить надежных акустических маркеров пола. В двух типах свистовых криков птенцов от вылупления до 5,5-месячного возраста, издаваемых как в спокойных ситуациях (Клёнова и др., 2004, Клёнова и др., 2008), так и в ситуации дискомфорта (Клёнова и др., 2005), величина правильного причисления к полу на основе дискриминантного анализа варьировала от 67 до 93%. Средняя основная частота в криках самок (3560 Гц) была немного выше, чем

в криках самцов (3370 Гц), однако значения широко перекрывались между полами. В исследованиях были использованы 6 самцов и 8 самок.

В свистовых криках двух других видов журавлей – стерха и красавки *Anthropoides virgo* – половые различия также не были обнаружены (Гончарова, 2013). В свистовых криках птенцов в возрасте от вылупления до 6-месячного возраста величина правильного причисления к полу на основе дискриминантного анализа составляла всего 69–70% для стерха и 62–75% для красавки. Исследование было проведено на 9 самцах и 2 самках стерха и 8 самцах и 3 самках красавки.

Заключение: возможности и ограничения биоакустического метода определения пола

Таким образом, пол у мономорфных видов птиц может быть определен двумя способами: на основе полоспецифических особенностей криков или по партии птицы в дуэте пары. Определение пола по структуре отдельных криков надежно только в том случае, если значения хотя бы одного параметра криков самцов и самок не перекрываются, т.е. между криками птиц разного пола наблюдаются качественные различия. Это было обнаружено для кольчатой горлицы, японской амадины, дальневосточного аиста, зеленого древесного удода, малого серого киви, западной малой ушастой совы, обыкновенного филина, северной качурки, левантского, балеарского и средиземноморского буревестников, тонкоклювой китовой птички, белолицей, рыжей, кубинской и осенней свистящих уток, султанки и американской лысухи.

В тех случаях, когда признаки криков птиц разного пола перекрываются, пол конкретной особи может быть определен лишь с некоторой долей вероятности, что обычно недостаточно для практического применения. В этом случае биоакустический способ определения пола может рассматриваться только как предварительный и использоваться в тех случаях, когда другие способы определения пола недоступны. Такие различия в звуках были об-

наружены у мраморного лягушкорота, черношейной поганки, белобрюшки, попугая кеа, пестрой неясыти, американского журавля и стерха.

Второй способ определения пола основан на качественных различиях вокальных партий самца и самки в дуэтах брачных партнеров. Этот способ может быть применен для краснозобой казарки, японского и даурского журавлей. В случае гомосексуальных пар либо оба партнера исполняют одинаковые партии (журавли – Брагина, Беме, 2007), либо один из партнеров молчит (краснозобые казарки – Володин, 1990б).

Как можно проводить биоакустическое определение пола? Иногда различия в криках самцов и самок настолько велики, что могут хорошо определяться на слух после небольшой тренировки, как у японской амадины, малого серого киви, обыкновенного филина, малой и мадейрской качурок, малого буревестника, тонкоклювой китовой птички, белолицей свистящей утки, краснозобой казарки, султанки, американской лысухи и японского журавля. Однако в большинстве случаев требуется записать крик и посмотреть его спектrogramму. Для этого можно использовать очень простое звукозаписывающее оборудование и бесплатные акустические программы, доступные в интернете (Володин, Володина, 2008).

Однако главным условием применения биоакустического метода является получение записей криков для анализа. В некоторых случаях вокальные ответы можно получить на проигрывания видеоспецифических криков, которые можно взять из фонотек и в том числе на сайте www.bioacoustica.org, или даже их имитаций человеком (к примеру, для черношейной поганки, западной малой ушастой совы, североамериканской совки, северной и малой качурок, свистящих уток). Этот способ может быть особенно полезен в тех случаях, когда в вольере содержится лишь несколько или даже одна птица данного вида, что часто бывает в зоопарках. Также надо стараться приурочивать записи криков к ситуациям, вызывающим возбуждение и повышенную активность птиц, таким как кормление, уборка, пересадки и другие зоотехнические процедуры. В других случаях для записи криков может потребоваться много времени

ни и удача, и это является главным ограничением на применение биоакустического метода определения пола у птиц.

Для поиска связанных с полом признаков звуков у прежде неизученного вида птиц необходимо большое число (не менее 20) индивидуально меченых особей известного пола (пол может быть определен генетическим методом или посмертно). Необходим регулярный доступ к птицам в разных ситуациях для записи разных типов звуков и, по согласованию и с помощью зоотехнического персонала, возможность стимулирующих воздействий, таких как временное разделение птиц через решетку. Очень интересный и малоизученный вопрос – период онтогенеза, в течение которого формируются половые особенности голоса. Поэтому при работе с птенцами необходимо делать регулярные записи на разных стадиях взросления.

Половой диморфизм в криках мономорфных видов птиц с более высокой вероятностью может быть найден у тех видов, у которых по каким-либо причинам затруднено или невозможно визуальное определение половой принадлежности конспецифика. Это виды, ведущие ночной образ жизни (к примеру, совы, козодои, трубконосые), обитающие в густой растительности (бескилевые, попугай, воробышные) или гнездящиеся в норах (трубконосые, ржанкообразные, пингвины). Также можно ожидать обнаружить различия в криках самцов и самок у видов, имеющих половой диморфизм в вокальной анатомии (к примеру, водоплавающие: Johnsgard, 1961). Кроме того, вероятность обнаружить яркие половые различия в криках высока в тех случаях, когда они уже найдены у одного или нескольких родственных видов птиц. Биоакустический способ определения пола птиц может представлять собой хорошее дополнение или альтернативу к классическим инвазивным методам определения пола как в неволе, так и в природных популяциях.

Благодарности

Исследование было поддержано грантами РФФИ (12-04-00260а и 12-04-00414а) и Президента РФ (МК-1781.2012.4).

Список литературы

- Брагина Е.В., Беме И.Р. 2007. Половые и индивидуальные различия в вокальном репертуаре взрослых стерхов (*Grus leucogeranus*, Gruidae) // Зоологический журнал, 86. С. 1468–1481.
- Володин И.А. 1990а. Поведенческий репертуар краснозобой казарки *Rufibrenta ruficollis*. 2. Акустическое поведение // Зоологический журнал, 69, вып. 10. С. 98–106.
- Володин И.А. 1990б. Установление и поддержание социальных связей в группах краснозобых казарок в условиях неволи // Бюллетень МОИП, отдел биологический, 95, вып. 3. С. 42–50.
- Володин И.А., Володина Е.В. 2008. Методические рекомендации по изучению звукового поведения животных // Руководство по научным исследованиям в зоопарках. М. С. 67–83.
- Володин И.А., Володина Е.В., Клёнова А.В. 2003. Безошибочное определение пола по громким свистовым крикам у мономорфных белолицых свистящих уток *Dendrocygna viduata* // Научные исследования в зоологических парках, вып. 16. М. С. 90–100.
- Володин И.А., Володина Е.В., Матросова В.А., Холодова М.В. 2005. Определение пола кубинских свистящих уток *Dendrocygna arborea* по ответам на трансляцию видовых криков // Научные исследования в зоологических парках, вып. 18. М. С. 105–112.
- Гончарова М.В. 2013. Развитие признаков индивидуальности и пола в звуках трех видов журавлей: японского журавля (*Grus japonensis*), стерха (*G. leucogeranus*) и красавки (*Anthropoides virgo*) // Дипломная работа, биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. М. 89 с.
- Клёнова А.В., Володин И.А., Володина Е.В., Кашенцева Т.А. 2005. Половые различия в свистовых криках при дискомфорте у птенцов японского журавля // Орнитология, 32. С. 105–111.
- Клёнова А.В., Володин И.А., Володина Е.В., Кашенцева Т.А. 2008. Соотношение индивидуальных, половых и родственных различий в свистовых звуках птенцов японского журавля (*Grus japonensis*) в онтогенезе // Зоологический журнал, 87. С. 458–465.
- Клёнова А.В., Володин И.А., Володина Е.В., Нестренко О.Н. 2004. Индивидуальные и половые различия в криках птенцов японского журавля (*Grus japonensis*) // Научные исследования в зоологических парках, вып. 17. М. С. 103–118.
- Клёнова А.В., Зубакин В.А., Зубакина Е.В., Колесникова Ю.А. 2012. Проявление признаков индивидуальности и пола в криках самореклами-

рования родственных видов конюг (*Charadriiformes, Alcidae*): большой конюг (*Aethia cristatella*) и белобрюшки (*Cyclorhynchus psittacula*) // Зоологический журнал, 91. С. 869–880.

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.*) // Научные доклады высшей школы, биологические науки. № 6. С. 30–33.

Кречмар Е.А. 2003. Тревожные дуэты белолобого гуся, *Anser albifrons* // Зоологический журнал, 82. С. 1239–1249.

Тихонов А.В. 1986. Акустическая сигнализация и экология поведения птиц // М.: Изд-во МГУ. 236 с.

Archibald G.W. 1976. The unison call of cranes as a useful taxonomic tool // PhD thesis. Ithaca: Cornell University. 167 p.

Aubin T., Mathevon N., Staszewski V., Boulinier T. 2007. Acoustic communication in the Kittiwake *Rissa tridactyla*: potential cues for sexual and individual signatures in long calls // Polar Biology, 30. P. 1027–1033.

Balkiz O., Dano S., Barbraud C., Tekin S., Özesmi U., Dündar M., Béchet A. 2007. Sexing greater flamingo chicks from feather bulb DNA // Waterbirds, 30. P. 450–453.

Ballintijn M.R., ten Cate C. 1997. Sex differences in the vocalizations and syrinx of the collared dove (*Streptopelia decaocto*) // Auk, 114. P. 22–39.

Baptista L.F., Gaunt S.L.L. 1997. Bioacoustics as a tool in conservation studies // In: Behavioral approaches to conservation in the wild (Eds. by Clemmons J.R., Buchholtz R.). Cambridge: Cambridge Univ. Press. P. 212–242.

Barbraud C., Mariani A., Jouventin P. 2000. Variation in call properties of the snow petrel, *Pagodroma nivea*, in relation to sex and body size // Australian Journal of Zoology, 48. P. 421–430.

Beja-Pereira A., Oliveira R., Alves P.C., Schwartz M.K., Luikart G. 2009. Advancing ecological understandings through technological transformations in noninvasive genetics // Molecular Ecology Resources, 9. P. 1279–1301.

Berkunsky I., Mahler B., Reboreda J.C. 2009. Sexual dimorphism and determination of sex by morphometrics in blue-fronted amazons (*Amazona aestiva*) // Emu, 109. P. 192–197.

Boersma P.D., Davies E.M. 1987. Sexing monomorphic birds by vent measurements // Auk, 104. P. 779–783.

Bourgeois K., Cure C., Legrand J., Gomez-Diaz E., Vidal E., Aubin T., Mathevon N. 2007. Morphological versus acoustic analysis: what is the most efficient method for sexing yelkouan shearwaters *Puffinus yelkouan*? // Journal of Ornithology, 148. P. 261–269.

Bragina E.V., Beme I.R. 2010. Siberian crane duet as an individual signature of a pair: comparison of visual and statistical classification techniques // Acta Ethologica, 13. P. 39–48.

Bragina E.V., Beme I.R. 2013. Sexual and individual features in the long-range and short-range calls of the white-naped crane // Condor, 115. P. 501–507.

Bretagnolle V., Genevois F. 1997. Geographic variation in the call of the blue petrel: Effects of sex and geographical scale // Condor, 99. P. 985–989.

Bretagnolle V., Lequette B. 1990. Structural variation in the call of the Cory's shearwater (*Calonectris diomedea*, Aves, Procellariidae) // Ethology, 85. P. 313–323.

Bretagnolle V., Thibault J.C. 1995. Method for sexing fledglings in Cory's shearwaters and comments on sex-ratio variation // Auk, 112. P. 785–790.

Brooke M.L. 1978. Sexual differences in the voice and individual recognition in the Manx shearwater (*Puffinus puffinus*) // Animal Behaviour, 26. P. 622–629.

Brooke M.L. 1988. Sexual dimorphism in the voice of the greater shearwater // Wilson Bulletin, 100. P. 319–323.

Brown A.W., Brown L.M., Stevick P.T. 2003. Sexing mute swans *Cygnus olor* by discriminant analysis // Ringing and Migration, 21. P. 174–180.

Buchanan O.M. 1966. Homosexual behavior in wild orange-fronted parakeets // Condor, 68. P. 399–400.

Calabuig C.P., Greenb A.J., Ferrera M., Muriela R., Moreirac H. 2011. Sexual size dimorphism and sex determination by morphometric measurements in the coscoroba swan // Studies on Neotropical Fauna and Environment, 46. P. 177–184.

Carlson G., Trost C.H. 1992. Sex determination of the whooping crane by analysis of vocalizations // Condor, 94. P. 532–536.

Cavanagh P.M., Ritchison G. 1987. Variation in the bounce and whinny songs of the Eastern screech-owl // Wilson Bulletin, 99. P. 620–627.

Clapperton B.K. 1983. Sexual differences in pukeko calls // Notornis, 30. P. 69–70.

Conover M.R. 1989. Parental care by male-female and female-female pairs of ringbilled gulls // Colonial Waterbirds, 12. P. 148–152.

Conover M.R., Hunt G.L. 1984. Experimental evidence that female-female pairs in gull result from a shortage of breeding males // Condor, 86. P. 472–476.

Copestake P.G., Croxall J.P., Prince P.A. 1988. Use of cloacal sexing techniques in mark-recapture estimates of breeding population size in Wilson's storm petrel *Oceanites oceanicus* in South Georgia // Polar Biology, 8. P. 271–279.

- Cosens S.E. 1981. **Development of vocalizations in the American coot** // Canadian Journal of Zoology, 59. P. 1921–1928.
- Craig J.L., McArdle B.H., Wetin P.D. 1980. **Sex determination of the pukeko or swamphen** // Notornis, 27. P. 287–291.
- Cure C., Aubin T., Mathevon N. 2009. **Acoustic convergence and divergence in two sympatric burrowing nocturnal seabirds** // Biological Journal of the Linnean Society, 96. P. 115–134.
- Cure C., Aubin T., Mathevon N. 2010. **Intra-sex vocal interactions in two hybridizing seabird species (*Puffinus* sp.)** // Behavioral Ecology and Sociobiology, 64. P. 1823–1837.
- Cure C., Aubin T., Mathevon N. 2011. **Sex discrimination and mate recognition by voice in the yelkouan shearwater *Puffinus yelkouan*** // Bioacoustics, 20. P. 235–250.
- Delpont W., Kemp A.C., Ferguson W.H. 2002. **Vocal identification of individual African wood owls *Strix woodfordii*: a technique to monitor long-term adult turnover and residency** // Ibis, 144. P. 30–39.
- Digby A., Bell B.D., Teal P.D. 2013. **Vocal cooperation between the sexes in little spotted kiwi *Apteryx owenii*** // Ibis, 155. P. 229–245.
- Eda-Fujiwara H., Yamamoto A., Sugita H., Takahashi Y., Kojima Y., Sakashita R., Ogawa H., Miyamoto T., Kimura T. 2004. **Sexual dimorphism of acoustic signals in the oriental white stork: non-invasive identification of sex in birds** // Zoological Science, 8. P. 817–821.
- Elie J.E., Mathevon N., Vignal C. 2011. **Same-sex pair-bonds are equivalent to male-female bonds in a life-long socially monogamous songbird** // Behavioral Ecology and Sociobiology, 65. P. 2197–2208.
- Fabricius E. 1981. **Homosexualitet hos gragashanar *Anser anser*** // Var Fagelv rld, 40. P. 427–446.
- Farquhar C. 1993. **Individual and intersexual variation in alarm calls of the white-tailed hawk** // Condor, 95. P. 234–239.
- Genevois F., Bretagnolle V. 1995. **Sexual dimorphism of voice and morphology in the thin-billed prion (*Pachyptila belcheri*)** // Notornis, 42. P. 1–10.
- Genovart M., McMinn M., Bowler D. 2003. **A discriminant function for predicting sex in the Balearic shearwater** // Waterbirds, 26. P. 72–76.
- Gill F.B., Stokes F.J., Stokes C.C. 1974. **Observations on the horned screamer** // Wilson Bulletin, 86. P. 43–50.
- Grava T., Mathevon N., Place E., Balluet P. 2008. **Individual acoustic monitoring of the European eagle owl *Bubo bubo*** // Ibis, 150. P. 279–287.
- Grecian V.D., Diamond A.W., Chardine J.W. 2003. **Sexing razorbills *Alca torda* breeding at Machias seal island, New Brunswick, Canada, using discriminant function analysis** // Atlantic Seabirds, 5. P. 73–80.

- Green P.T. 1989. **Sexing birds by discriminant analysis: further considerations** // Ibis, 131. P. 442–447.
- Griffiths R., Double M.C., Orr K., Dawson R. 1998. **A DNA test to sex most birds** // Molecular Ecology, 7. P. 1071–1075.
- Guallar S., Quesada J., Gargallo G., Herrando S., Romero J.M. 2010. **Use of discriminant analysis in the sex determination of passerines breeding in the western Mediterranean** // Revista Catalana d'Ornitologia, 26. P. 38–50.
- Gullion G.W. 1950. **Voice differences between sexes in the American coot** // Condor, 52. P. 272–273.
- Hanson H.C. 1949. **Methods of determining age in Canada geese and other waterfowl** // Journal of Wildlife Management, 13. P. 177–183.
- Herting B.L., Belthoff J.R. 2001. **Bounce and double trill songs of male and female western screech-owls: characterization and usefulness for classification of sex** // Auk, 118. P. 1095–1101.
- Hunt G.L., Newman A.L., Warner M.H., Wingfield J.C., Kaiwi J. 1984. **Comparative behavior of male-female and female-female pairs among western gulls prior to egg-laying** // Condor, 86. P. 157–162.
- James P.C., Robertson H.A. 1985a. **The calls of male and female Madeiran storm-petrels (*Oceanodroma castro*)** // Auk, 102. P. 391–393.
- James P.C., Robertson H.A. 1985b. **Sexual dimorphism in the voice of the little shearwater *Puffinus assimilis*** // Ibis, 127. P. 388–390.
- James P.C., Robertson H.A. 1985c. **The call of bulwer's petrel (*Bulweria bulwerii*), and the relationship between intersexual call divergence and aerial calling in the nocturnal Procellariiformes** // Auk, 102. P. 878–882.
- Janicke T., Ritz M.S., Hahn S., Peter H.-U. 2007. **Sex recognition in brown skuas: do acoustic signals matter?** // Journal of Ornithology, 148. P. 565–569.
- Jensen T., Pernasetti F.M., Durrant B. 2003. **Conditions for rapid sex determination in 47 avian species by PCR of genomic DNA from blood, shell-membrane blood vessels, and feathers** // Zoo Biology, 22. P. 561–571.
- Johnsgard P.A. 1961. **Tracheal anatomy of the Anatidae and its taxonomic significance** // Wildfowl Trust Annual Report, 12. P. 58–69.
- Klenova A.V., Volodin I.A., Volodina E.V. 2008. **Duet structure provides information about pair identity in the red-crowned crane (*Grus japonensis*)** // Journal of Ethology, 26. P. 317–325.
- Lessells C.M., Rowe C.L., McGregor P.K. 1995. **Individual and sex differences in the provisioning calls of European bee-eaters** // Animal Behaviour, 49. P. 244–247.
- Livezey B.C. 1991. **A phylogenetic analysis and classification of recent dabbling ducks (Tribe Anatini) based on comparative morphology** // Auk, 108. P. 471–507.

- Livezey B.C. 1995. A phylogenetic analysis of the whistling and white-backed ducks (Anatidae, Dendrocygninae) using morphological characters // Annals of Carnegie Museum, 64. P. 65–97.
- Martin K., Cooke E. 1987. Bi-parental care in willow ptarmigan - a luxury? // Animal Behaviour, 35. P. 369–379.
- Martin K., Horn A.G., Hannon S.J. 1995. The calls and associated behavior of breeding willow ptarmigan in Canada // Wilson Bulletin, 107. P. 496–509.
- Maurer G., Smith C., Ssler M., McGrath R.D. 2008. Solo and duet calling in the pheasant coucal: sex and individual call differences in a nesting cuckoo with reversed size dimorphism // Australian Journal of Zoology, 56. P. 143–149.
- Miller W.J., Wagner F.H. 1955. Sexing mature Columbiformes by cloacal characters // Auk, 72. P. 279–285.
- Mizuta T., Yamada H., Lin R.S., Yodogawa Y., Okanoya K. 2003. Sexing white-rumped munias in Taiwan, using morphology, DNA and distance calls // Ornithological Science, 2. P. 97–102.
- Monk D.S., Koenig R.D. 1997. Individual, brood and sex variation in begging calls of western bluebirds // Wilson Bulletin, 109. P. 328–332.
- Morinha F., Cabral J.A., Bastos E. 2012. Molecular sexing of birds: A comparative review of polymerase chain reaction (PCR)-based methods // Theriogenology, 78. P. 703–714.
- Mulard H., Aubin T., White J.F., Wagner R.H., Danchin E. 2009. Voice variance may signify ongoing divergence among black-legged kittiwake populations // Biological Journal of the Linnean Society, 97. P. 289–297.
- Niemeier M.M. 1979. Structural and functional aspects of vocal ontogeny in *Grus canadensis* (Gruidae: Aves) // PhD thesis. University of Nebraska, Lincoln. 135 p.
- Nuechterlein G.L., Buitron D. 1992. Vocal advertising and sex recognition in eared grebes // Condor, 94. P. 937–943.
- O'Dwyer T.W., Priddel D., Carlile N., Bartle J.A., Buttemer W.A. 2006. An evaluation of three field techniques for sexing Gould's petrels (*Pterodroma leucoptera*) (Procellariidae) // Emu, 106. P. 245–252.
- Odom K.J., Mennill D.J. 2010. A quantitative description of the vocalizations and vocal activity of the barred owl // Condor, 112. P. 549–560.
- O'Huallachain D., Dunne J. 2010. Analysis of biometric data to determine the sex of woodpigeons *Columba palumbus* // Ringing & Migration, 25. P. 29–32.
- Purchase H.G. 1978. Raising geese // USDA, Farmers' Bulletin, 2251. P. 1–14.
- Radford A.N. 2004. Voice breaking in males results in sexual dimorphism of green woodhoopoe calls // Behaviour, 141. P. 555–569.

- Regnaut S., Lucas F.S., Fumagalli L. 2006. DNA degradation in avian faecal samples and feasibility of non-invasive genetic studies of threatened capercaillie populations // Conservation Genetics, 7. P. 449–453.
- Saino N., de Ayala R.M., Boncoraglio G., Martinelli R. 2008. Sex difference in mouth coloration and begging calls of barn swallow nestlings // Animal Behaviour, 75. P. 1375–1382.
- Saino N., Galeotti P., Sacchi R., Boncoraglio G., Martinelli R., Molle A. 2003. Sex differences in begging vocalizations of nestling barn swallows, *Hirundo rustica* // Animal Behaviour, 66. P. 1003–1010.
- Schwing R., Parsons S., Nelson X.J. 2012. Vocal repertoire of the New Zealand kea parrot *Nestor notabilis* // Current Zoology, 58. P. 727–740.
- Serventy D.L. 1956. A method of sexing petrels in field observations // Emu, 56. P. 213–214.
- Simons T.R. 1981. Behavior and attendance patterns of the fork-tailed storm petrel // Auk, 98. P. 145–158.
- Smith G.C., Jones D.N. 1997. Vocalizations of the marbled frogmouth I: Descriptions and an analysis of sex differences // Emu, 97. P. 290–295.
- Steyn P., Scott J. 1972. Notes on the breeding biology of the wood owl // Ostrich, 44. P. 118–125.
- Swanson D.A., Rappole J.H. 1992. Determining the sex of adult white-winged doves by cloacal characteristics // North American Bird Bander, 17. P. 137–139.
- Swengel S.R. 1996. Sex determination // In: Cranes: their biology, husbandry, and conservation (Eds. by Ellis D., Gee G., Mirande C.). Baraboo: ICF. P. 223–229.
- Taoka M., Okumura H. 1990. Sexual differences in flight calls and the cue for vocal sex recognition of swinhoe's storm-petrels // Condor, 92. P. 571–575.
- Taoka M., Sato T., Kamada T., Okumura H. 1989a. Sexual dimorphism of chatter-calls and vocal sex recognition in Leach's storm-petrels (*Oceanodroma leucorhoa*) // Auk, 106. P. 498–501.
- Taoka M., Won P.-O., Okumura H. 1989b. Vocal behavior of swinhoe's storm-petrel (*Oceanodroma monorhis*) // Auk, 106. P. 471–474.
- Thoren A., Bergmann H.-H. 1987. Die Entwicklung der Lautausserungen bei der Graugans (*Anser anser*) // Journal of Ornithology, 128. P. 181–207.
- Turner L. 1953. A rapid method of sexing Canada geese // Journal of Wildlife Management, 17. P. 542–543.
- Venuto V., Ferraiuolo V., Bottoni L., Massa R. 2001. Distress call in six species of African *Poicephalus* parrots // Ethology, Ecology and Evolution, 13. P. 49–68.

Volodin I., Kaiser M., Matrosova V., Volodina E., Klenova A., Filatova O., Kholodova M. 2009. The technique of noninvasive distant sexing for four monomorphic *Dendrocygna* whistling duck species by their loud whistles // Bioacoustics, 18. P. 277–290.

Volodin I.A., Klenova A.V., Volodina E.V. 2008. Modelling bioacoustical monitoring through years with captive population of the red-breasted goose // Казарка, Бюллетень Рабочей группы по гусеобразным Северной Евразии, 11, вып. 1. С. 22–46.

Volodin I.A., Volodina E.V., Klenova A.V., Filatova O.A. 2005. Individual and sexual differences in the calls of the monomorphic white-faced whistling duck *Dendrocygna viduata* // Acta Ornithologica, 40. P. 43–52.

Summary

I.A. Volodin, E.V. Volodina, A.V. Klenova, V.A. Matrosova. Sexing monomorphic birds by voice. Zoo and wildlife management faces a problem of bird sexing, as many bird taxa lack any gender differences in size and coloration. The problematic groups are numerous and include geese, cranes, rallies, raptors, owls, parrots, doves, auks, shearwaters, and some passerines. Behavioural observations are unreliable, as many birds without external sex dimorphism often establish same-sex pairs, not differing by behaviour from heterosexual pairs. The widespread techniques, based on genetic, laparoscopy or cloacal inspection, need in capture followed by rather painful handling, that is at least unpleasant for birds. Moreover, in hands of inexperienced keepers these methods are unreliable and potentially traumatic for the birds, what is especially undesirable with rare species. This paper reviews literature and own data on an alternative non-invasive approach of bird sexing based on the structure of their calls. We consider birds of 63 species from 16 orders without of external sexual dimorphism. For many bird species even one call per individual is already sufficient for 100% reliable sexing. In addition, we consider the cases when sexing is possible by a sex-specific vocal displays or duet parties. In many cases the reliable sexing is possible just by ear. In some other cases, it would be necessary to record a call and to visualize it spectrogram using inexpensive acoustic equipment and free available software. The bioacoustical sexing is restricted when birds are silent or call rarely. We propose a simple way to provoke vocalization using playbacks of calls available from sound libraries, what is especially actual when only a single or few birds of a given species are kept in an enclosure. We conclude that acoustic sexing may represent a feasible alternative to the classical invasive sexing techniques both in the wild and in zoo management practice.

Генетические методы определения пола: проблемы и способы их решения

O.H. Нестеренко

Московский зоопарк

Введение

Одной из причин неудач разведения птиц в неволе являются ошибки в определении пола птиц. Примерно у 60% видов птиц во взрослом состоянии половой диморфизм не выражен, а пол неполовозрелых особей по внешним признакам зачастую определить практически невозможно. Особенно важно уметь определять пол птенцов, так как обычно в другие зоопарки и питомники передают именно неполовозрелых птиц. Поведение членов пары не может служить надежным критерием. При содержании в неволе нередко образуются гомосексуальные пары, в которых один из партнеров начинает вести себя, как самец, а другой – как самка. Размеры также не являются надежным способом определения, так как варьируют в силу индивидуальной изменчивости и в зависимости от условий выращивания. Метод лапароскопии применяется только к половозрелым птицам, кроме того, его применение представляет определенную опасность для птиц.

Наиболее надежны генетические (цитогенетические: проточная цитометрия и кариотипирование) и молекулярно-генетические методы.

Последние можно разделить на две группы:

a. Определение пола по W-хромосоме (Griffiths and Holland, 1990; Rabenold et al., 1991; Dvorak et al., 1992; Millar et al., 1992; Ito et al., 2001);

б. Определение разницы между Z- и W-хромосомами, основанное на ПЦР (полимеразно-цепная реакция). Например:

– **RAPD** (Random Amplified Polymorphic DNA) – ПЦР со случайной амплификацией полиморфной ДНК (Griffiths, Tiwari, 1993; Lessells, Mateman, 1998);

– **AFLP** (Amplified Fragment Length Polymorphism – Полиморфизм длин амплифицированных фрагментов) (Griffiths, Orr, 1999);