

ЕВРОАЗИАТСКАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ЗООПАРКОВ И
АКВАРИУМОВ
EUROASIAN 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 17
Volume 17

Москва
Moscow

2004

Индивидуальные и половые различия в криках птенцов японского журавля (*Grus japonensis*)

А. В. Кленова¹, И. А. Володин^{1,2}, Е. В. Володина², М. В. Холодова³,
О. Н. Нестеренко²

¹ Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова,
² Московский зоопарк, ³ Институт проблем экологии и эволюции им.
А.Н. Северцова РАН

Введение

Учитывая современную низкую численность многих видов журавлей, в последнее время все большее внимание уделяется их сохранению и восстановлению численности в природе. Для повышения эффективности работ, ведущихся в этом направлении, необходимо проведение комплексного мониторинга как популяций диких журавлей, так и птиц, выращенных в неволе и реинтродуцированных в природу. Однако журавли очень чувствительны к фактору беспокойства со стороны человека; кроме того, в настоящее время практически не существует способов эффективного отлова птиц таких размеров, что сильно затрудняет их мечение. Помимо этого, мечение журавлей с помощью ножных колец, а именно этот способ чаще всего применяется при наблюдении за этими птицами, имеет ряд недостатков: ножные кольца сложно разглядеть у летящего или стоящего в густой траве журавля, набор цветовых комбинаций довольно ограничен, журавли часто ломают и теряют свои кольца, ножными кольцами практически невозможно метить маленьких птенцов (Смиренский, Андронов, 1988; Андропова, 2002). Поэтому предпочтительным является использование бесконтактных методов прослеживания птиц, одним из которых является акустический мониторинг. В последние годы возможности спектрографического анализа звуков значительно расширились, благодаря чему методы акустического мониторинга активно разрабатываются и успешно применяются в различных природоохранных программах (обзор: Baptista, Gaunt, 1997).

Для разработки метода акустического мониторинга в первую очередь необходимо обнаружить четкие, легко выделяемые и сохраняющиеся в течение всей жизни индивидуальные особенности в громких криках взрослых журавлей. Кроме того, учитывая, что формирование взрослого голоса происходит у журавлей только на 8-10 месяц жизни (Archibald, 1976; Gebauer, Kaiser, 1998), т.е., как правило, уже после выпуска в природу выращенных в неволе птиц (Андропова, Андронов, 2002), необходимо также определение индивидуальных различий в звуках птенцов и оценка степени их изменения по мере роста птенца до и после формирования взрослого голоса.

Помимо этого, обнаружение половых различий в звуках птенцов позволит значительно упростить определение пола журавлят в неволе и в природе. В настоящее время в зоопарках и питомниках пол птенцов определяют методами генетического анализа (Нестеренко и др., 1996; Максудов и др., 1997; Griffiths et al., 1998). При всех положительных качествах (прежде всего, высокой точности определения) эти методы имеют ряд недостатков: 1) необходимость отлова птенцов для взятия крови или перьев, что приводит к стрессу и даже травмам как птенца, так и его родителей; 2) длительные сроки, требующиеся для получения результатов анализа; 3) значительные финансовые затраты; и 4) возможность применения не ранее 3-х месячного возраста птенца.

Методы определения пола, основанные на компьютерном анализе записей звуков, могут стать прекрасным дополнением или альтернативой к существующей практике. Положительные стороны этого подхода – возможность раннего, с момента рождения, установления пола птенца, быстрота и дешевизна определения с помощью повсеместно распространенных персональных компьютеров и бесплатных программ для анализа звуков, а также полное отсутствие беспокойства как для птенцов, так и для родителей, поскольку записи звуков могут быть сделаны снаружи вольеры с расстояния до 10 м от птенца.

Все эти проблемы чрезвычайно актуальны для японского журавля (*Grus japonensis*), численность которого в природе оценивается примерно в 1700-2000 особей (Meine, Archibald, 1996). В последние годы начат выпуск выращенных в неволе молодых японских журавлей на территории заповедника «Хинганский»; за 12 лет было выпущено 25 журавлей, однако удалось проследить судьбу только двоих (Андронов, Роздина, 2002; Андропова, 2002; Андропова, Андронов, 2002).

Японский журавль является моногамным видом птиц. В сезон размножения пары занимают отдельные гнездовые территории, на которые другие журавли не допускаются. Выводок как правило состоит из одного-двух птенцов. Молодые птицы нуждаются в родительской опеке почти весь первый год жизни. Осень, зиму и весну журавли проводят в крупных стаях на местах зимовок. Распад семьи происходит весной, перед началом нового сезона размножения. В это же время у молодых птиц происходит ломка голоса, при которой высокочастотный птенцовый голос заменяется на низкочастотный, трубный, характерный для взрослых журавлей. Журавли достигают половозрелости к двум годам, а к размножению приступают обычно на третий - четвертый год жизни (Смиренский, 1988; Meine, Archibald, 1996).

В нескольких исследованиях, проведенных на американском (*Grus americana*), канадском (*G. canadensis*) и других видах журавлей, было показано наличие половых (Archibald, 1976; Carlson, Trost 1992) и индивидуальных различий (Weekley, 1985; Fitch, Kelly, 2000) в голосах. На основе

унисонального крика был разработан метод долговременного акустического мониторинга отдельных пар серых журавлей (*G. grus*) на гнездовых территориях (Wessling, 2000). Однако, до сих пор отсутствуют работы, в которых проводился бы анализ индивидуальных и половых различий в звуках птенцов какого-либо вида журавлей. Поэтому целью нашего исследования был поиск индивидуальных и половых различий в звуках птенцов японского журавля в возрасте от вылупления до 40 дней.

Материал и методы

Место и объекты исследования

Материал для исследования был собран в Питомнике редких видов журавлей Окского государственного биосферного заповедника (ОГБЗ), расположенном в 300 км к юго-востоку от Москвы в Мещерской низменности.

Объектами исследования послужили 6 (3 самца и 3 самки) рожденных в неволе птенцов японского журавля в возрасте до 40 дней. Пятеро птенцов были выращены взрослыми журавлями, один – воспитан людьми ручным методом (о методах содержания журавлей в питомнике см. Кашенцева, Роздина, 2002). Один из “родительских” птенцов погиб в возрасте 37 дней от болезни, все остальные благополучно дожили до зимы.

Определение пола

Определение пола было проведено методом PCR-амплификации ДНК (Griffiths et al., 1998) праймерами, специфичными для половых хромосом (P2 и P8) независимо в двух разных лабораториях: искусственного размножения животных Московского зоопарка (по ДНК, выделенной из крови) и кабинете методов молекулярной диагностики Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (по ДНК, выделенной из перьев); причем обе лаборатории получили одинаковые данные, подтвердив результаты друг друга.

Сбор и первичная обработка материала

Для записи звуков были использованы магнитофон Агидель-302С с динамическим микрофоном Tesla-AMD-411N и магнитофон Marantz PMD-222 с конденсаторным микрофоном Sennheizer K6-ME67. Это оборудование позволяло качественно записывать звуки в диапазоне от 50 Гц до 12 кГц. Основной массив записей для данной работы был собран в период с 18 мая по 26 июля 2003 г.; кроме того, были проведены дополнительные записи в периоды с 15 по 21 августа, с 13 по 20 сентября и с 8 по 10 ноября 2003 г. Записи звуков каждого из птенцов проводили с интервалом в 5-8 дней, утром или вечером, перед, во время, либо после кормления, в течение 45-60 минут, с расстояния 3-15 м. Суммарно за первые 40 дней жизни от всех птенцов было собрано около 2500 минут (42 часа) записей.

Для спектрографического анализа звуков была использована компьютерная программа Avisoft-SASLab Pro, версия 4.2. Анализ звуков был проведен с частотой дискретизации 22 кГц. Для предотвращения алиазинга и повышения разрешения по частоте частоту дискретизации затем понижали до

11 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) 93,75%. Это обеспечивало разрешение по частоте в 21 Гц и разрешение по времени в 2.9 мс.

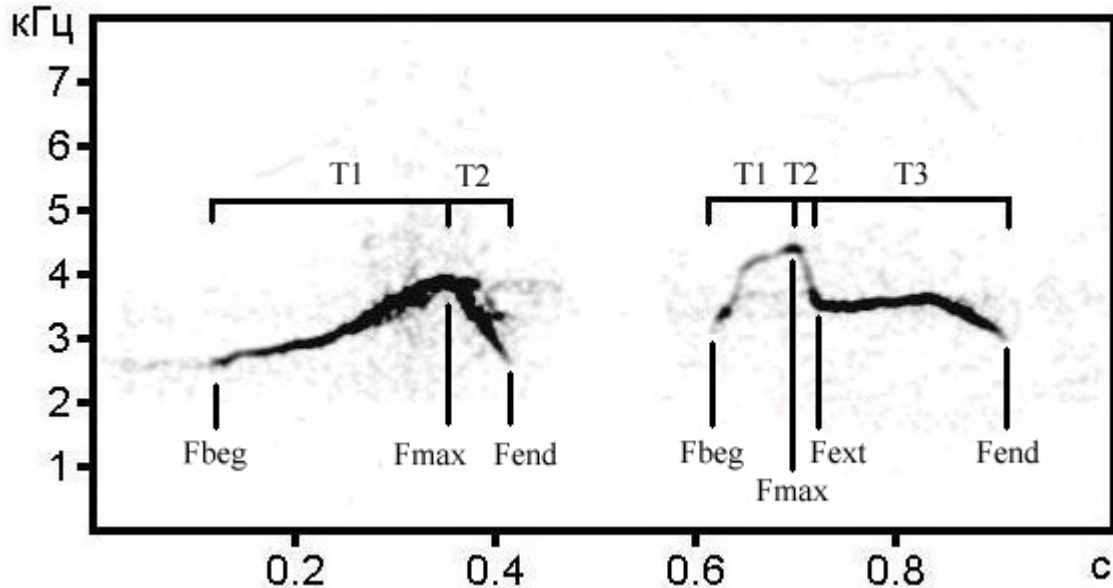


Рисунок 1. Спектрограммы и измеряемые параметры тональных звуков типа 1 (слева) и типа 2 (справа). Для звуков типа 1 измеряли три частотных (F_{beg} – начальная частота, F_{max} – максимальная частота и F_{end} – конечная частота) и три временных параметра ($T1$ – длительность от начала до частотного максимума звука, $T2$ – длительность от частотного максимума до конца звука, и $T_{total} = T1+T2$ – общая длительность звука). Для звуков типа 2 измеряли четыре частотных (F_{beg} – начальная частота, F_{max} – максимальная частота, F_{ext} – частота точки перегиба и F_{end} – конечная частота) и шесть временных параметров ($T1$ – длительность от начала до частотного максимума звука, $T2$ – длительность от частотного максимума до точки перегиба, $T3$ – длительность от точки перегиба до конца звука, $T4 = T1 + T2$ – длительность модулированной части звука, $T5 = T2 + T3$ – длительность немодулированной части звука. и $T_{total} = T1+T2+T3$ – общая длительность звука).

Как и у других видов журавлей (Nesbitt, Bradley, 1996; Budde, 1999, 2001; Худякова, 2002), у птенцов японского журавля все звуки по структуре можно разделить на две основные группы: тональные и трелевые. Трелевые сигналы птенцы обычно издают в комфортных ситуациях, тогда как тональные – в дискомфортных. Мы выделили два структурных типа тональных сигналов – тип 1 и тип 2 (Рис. 1). Однако, между всеми типами звуков существуют сплошные ряды переходов, причем переходные звуки, как правило, количественно преобладали, особенно в первые дни жизни птенца. В нашей работе был проведен анализ обоих типов тональных сигналов, при этом в обработку включали только звуки, как можно более полно соответствующие крайним формам, а переходные - опускали.

Для дальнейшего анализа мы измеряли частотные и временные параметры звуков. На спектрограммах тональных сигналов типа 1 мы измеряли три частотных и три временных, а на спектрограммах сигналов типа 2 – четыре частотных и шесть временных параметров (Рис. 1). Всего было проанализировано 611 звуков первого типа и 581 звук второго типа.

Статистическая обработка

Для оценки индивидуальных и половых различий в тональных звуках был применен пошаговый дискриминантный анализ. Для этого весь массив наблюдений был разделен на четыре периода: 1) с 0 по 3-ий, 2) с 4 по 14-ый, 3) с 15 по 24-ый и 4) с 25 по 40-ой день жизни птенца. Из каждого периода для каждого птенца было отобрано от 9 до 20 звуков типа 1 и от 11 до 20 звуков типа 2, причем если количество звуков для данного периода было больше 20, то из них случайным образом выбирали 20, если меньше – то включали все звуки. Сформированные таким образом выборки были использованы для анализа как индивидуальных, так и половых различий в звуках.

Параметр T_{total} для тональных звуков типа 1 и параметр T_2 для звуков типа 2 не были включены в анализ, поскольку были высоко скоррелированы с другими временными параметрами. Все остальные были включены в дискриминантный анализ, который в процессе пошаговой процедуры последовательно отбирал параметры звуков, вносящие наибольший вклад в дискриминацию на каждом из шагов.

Статистическая обработка была проведена в пакете статистических программ STATISTICA версия 5.0.

Результаты

Индивидуальные различия.

Пошаговый дискриминантный анализ был проведен независимо для каждого типа звуков, сначала отдельно по периодам, а потом – за весь 40-дневный отрезок времени. Результаты дискриминантного анализа на наличие индивидуальных различий для тонального сигнала типа 1 и параметры, внесшие в него наибольший вклад, представлены в таблице 1, для тонального сигнала типа 2 – в таблице 2.

Таким образом, для обоих типов сигналов были получены схожие результаты. Процент правильного определения индивидуальной принадлежности звуков достаточно высок для каждого отдельного периода и варьирует от 75,3 до 94,6% для сигналов первого типа и от 84,6 до 97,0% для сигналов второго типа, что значительно превышает случайно ожидаемый уровень, равный для 6 птенцов 17%. Но при включении в анализ звуков суммарно за весь 40-дневный период процент правильного определения резко понижается до 58% в первом случае и до 67,7% - во втором (при этом процент правильного определения звуков от самки 2 в обоих случаях практически не отличался от случайно ожидаемого). Интересно, что самец 6 лучше всех

выделялся как в общей выборке, так и отдельно по периодам. Хуже всех вычленились из выборок самки 1 и 2 (сестры). Наиболее значимыми параметрами для дискриминации были Fend, Fmax и T1 для сигналов первого типа и Fbeg, T4, и Fend для сигналов второго типа.

Таблица 1. Причисление тональных сигналов типа 1 к соответствующему птенцу по каждому из периодов и за весь 40-дневный период на основе пошагового дискриминантного анализа.

Номер птенца	Период 1		Период 2		Период 3		Период 4		Все периоды	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Самка 1	20	85	12	75	20	100	20	90	72	61,1
Самка 2	20	80	17	100	20	85	20	90	77	31,2
Самец 3	14	92,9	20	85	20	100	20	90	74	67,6
Самец 4	10	70	0	0	20	95	20	100	50	78
Самка 5	20	55	0	0	11	81,8	20	65	51	21,6
Самец 6	9	66,7	20	100	20	100	20	90	69	86,9
Всего	93	75,3	69	91,3	111	94,6	120	87,5	393	58
3 лучших параметра	Fend, Fmax, T1		Fmax, Fbeg, Fend		Fend, T1, Fmax		Fend, Fmax, T1		Fmax, T2, Fend	

Обозначения: n – число звуков, включенных в анализ; % - процент правильного причисления звуков к данной особи; «Всего» - общее количество звуков, включенных в анализ, и суммарный процент правильного причисления; «3 лучших параметра» - параметры, внесшие наибольший вклад в дискриминацию (в порядке убывания).

Таблица 2. Причисление тональных сигналов типа 2 к соответствующему птенцу по каждому из периодов и за весь 40-дневный период на основе пошагового дискриминантного анализа.

Номер птенца	Период 1		Период 2		Период 3		Период 4		Все периоды	
	n	%	N	%	n	%	n	%	n	%
Самка 1	0	0	11	90,9	20	65	0	0	31	61,3
Самка 2	0	0	15	80	20	80	20	95	55	27,3
Самец 3	20	100	20	100	20	90	20	100	80	81,3
Самец 4	20	80	20	100	0	0	20	95	60	58,3
Самка 5	12	100	20	90	20	95	20	95	72	73,6
Самец 6	20	100	20	100	11	100	20	100	71	88,7
Всего	72	94,9	106	94,3	91	84,6	100	97,0	369	67,7
3 лучших параметра	Fmax, T4, Fext		Fbeg, Fend, T3		Fbeg, Fend, T4		Fbeg, Fmax T3		Fbeg, T4, Ttotal	

Обозначения: как в таблице 1.

Половые различия.

Так же, как и в предшествующих случаях, пошаговый дискриминантный анализ сначала был проведен отдельно по каждому периоду, а потом – для всего 40-дневного промежутка времени. Результаты дискриминантного анализа на наличие половых различий для тонального сигнала типа 1 и параметры, внесшие в него наибольший вклад, представлены в таблице 3, для тонального сигнала типа 2 – в таблице 4.

Таблица 3. Причисление тональных сигналов типа 1 к соответствующему полу по каждому из периодов и за весь 40-дневный период на основе пошагового дискриминантного анализа.

Пол птенцов	Период 1		Период 2		Период 3		Период 4		Все периоды	
	n	%	N	%	n	%	n	%	n	%
Самцы	33	42,4	40	87,5	60	85	60	73,3	193	67,4
Самки	60	80	29	89,7	51	62,7	60	78,3	200	66
Всего	93	66,7	69	88,4	111	74,8	120	75,8	393	66,7
3 лучших параметра	T1, Fmax, Fbeg		Fmax, Fend, T1		T2, Fend, Fmax		T2, Fbeg, T1		T2, Fend, Fmax	

Обозначения: как в таблице 1.

Таблица 4. Причисление тональных сигналов типа 2 к соответствующему полу по каждому из периодов и за весь 40-дневный период на основе пошагового дискриминантного анализа.

Пол птенцов	Период 1		Период 2		Период 3		Период 4		Все периоды	
	n	%	N	%	n	%	n	%	n	%
Самцы	60	93,3	60	91,7	31	41,9	60	96,7	211	80,1
Самки	12	91,7	46	78,3	60	85	40	82,5	158	58,9
Всего	72	93,1	106	85,9	91	70,3	100	91	369	71
3 лучших параметра	T4, Fmax, Fbeg		T4, Fend, Fbeg		T4, Fend, Fbeg		T5, Fmax, Fbeg		Fend, Fbeg, Ttotal	

Обозначения: как в таблице 1.

Из таблиц 3 и 4 видно, что половые различия в звуках проявляются не так отчетливо, как индивидуальные. Тем не менее, в отдельные периоды они довольно значительны, и процент отнесения звуков к правильному полу варьирует от 66,7 до 88,4% для сигналов первого типа и от 70,3 до 93,1% для сигналов второго типа (при случайной величине правильного причисления 50%). При включении в анализ звуков за весь исследуемый промежуток времени процент правильного определения был также не очень высок (66,7% в первом и 71% - во втором случаях) и практически не отличался от случайного. Однако, если индивидуальные различия проявлялись одинаково хорошо в

обоих типах сигналов, то половые различия ярче выражены в тональных сигналах второго типа.

Интересно, что набор наиболее значимых для анализа параметров сигнала второго типа был достаточно постоянен и включал T4, Fbeg и Fend. В периоды 1, 2 и 3 параметр T4 (длительность первой, модулированной части звука) являлся наиболее важным для половой дискриминации (табл. 3). Однако, выборки звуков второго типа от самцов и самок очень сильно различались, особенно в период 1. Поэтому мы посчитали полезным объединить звуки за периоды 1 и 2 и за периоды 1, 2 и 3 для поиска половых различий в сигналах второго типа (табл. 5).

Таблица 5. Причисление тональных сигналов типа 2 к соответствующему полу по периоду 1, объединенному периоду 1+2 и объединенному периоду 1+2+3 на основе пошагового дискриминантного анализа.

Пол птенцов	Период 1		Период 1+2		Период 1+2+3	
	N	%	n	%	n	%
Самцы	60	93,3	120	93,3	151	83,4
Самки	12	91,7	58	82,8	118	81,4
Всего	72	93,1	178	89,9	269	82,5
3 лучших параметра	T4, Fmax, Fbeg		T4, Fend, Fbeg		T4, Fend, Fbeg	

Обозначения: как в таблице 1.

Суммирование звуков за периоды 1 и 2 (от 0 до 14 дневного возраста птенцов) и за периоды 1, 2 и 3 (от 0 до 25 дневного возраста) позволило значительно расширить выборку звуков, включенных в дискриминантный анализ, включить крики двух самок, записи для которых были сделаны лишь начиная со второго периода, и практически выровнять выборки звуков для самцов и самок. Величина правильного определения пола в период 1+2 практически не изменилась по сравнению с периодом 1 и осталась на уровне 90%. Величина правильного определения пола в период 1+2+3 также была высокой - 82,5%. Интересно, что результаты по половым различиям в звуках, полученные на объединенных выборках, были более высокими, чем отдельно по периодам 2 и 3 (табл. 4 и 5). Таким образом, у журавлят в возрасте до 25 дней были обнаружены хорошо выраженные половые различия в тональных сигналах типа 2, связанные в первую очередь с длительностью модулированной части, а также конечной и начальной частотами звука.

Обсуждение

Индивидуальные различия

У многих видов животных могут возникать ситуации, когда родителям и детенышам требуется обнаруживать и распознавать друг друга среди особей своего вида. При этом для узнавания могут использоваться визуальные,

ольфакторные или акустические сигналы. У птиц система акустической коммуникации развита очень хорошо, поэтому вокальное распознавание между родителями и птенцами встречается часто (обзор Falls, 1982).

Большинство исследований, посвященных этому вопросу, проводилось на различных колониальных видах птиц, у которых существует реальная опасность перепутать своих птенцов (или родителей) с чужими. В условиях плотных колоний, при отсутствии жестко фиксированного гнездового места (как у императорского пингвина *Aptenodytes forsteri* (Jouventin, Roux, 1979)), или если птенцы покидают гнезда еще не способными к самостоятельному существованию (как у пингвинов Адели *Pygoscelis adeliae* (Jouventin, Roux, 1979), стариков *Synthliboramphus antiquus* (Jones et al, 1987), гагарки *Alca torda* (Ingold, 1973), ласточки-береговушки *Riparia riparia* (Beecher et al., 1981a, 1981b), сосновой сойки *Gymnorhinus cyanocephala* (McArthur, 1982), западной сialis *Sialia mexicana* (Monk, Koenig, 1997)), вероятность ошибки при взаимном распознавании резко возрастает, поэтому действие отбора будет направлено на формирование индивидуальных различий в криках, позволяющих родителям и птенцам надежно узнавать друг друга. При этом все перечисленные выше исследования косвенно или напрямую показывают, что вокальное распознавание возникает лишь незадолго до того, как оно действительно становится необходимо. Так у птенцов ласточки-береговушки (Beecher et al., 1981a, 1981b) за несколько дней до вылета из гнезда индивидуально неразличимые крики выпрашивания заменяются на двусложные «сигнатурные» крики, которые хорошо различаются по спектрограммам даже визуально.

Лишь немногие работы были сделаны на видах, не имеющих очевидной выгоды от взаимного распознавания между птенцами и их родителями. Среди них можно упомянуть исследование по пампасной ласточке (*Stelgidopteryx ruficollis*), в котором показаны неспособность родителей отличать своих птенцов от чужих и существование очень слабых и нечетких индивидуальных различий в звуках слетков (Beecher, 1982). У этого вида, в отличие от ласточки-береговушки, птенцы после вылета из гнезда не собираются в многочисленные стайки, а держатся семейными группами и всегда возвращаются на ночь в свои норки. Отсутствие распознавания между родителями и птенцами показано также для обыкновенного буревестника (*Puffinus puffinus*), что возможно связано с тем, что птенцы этого вида после вылета из гнездовой норы самостоятельно учатся находить пищу и не опекаются родителями (Brooke, 1978).

Японского журавля, как и других представителей семейства журавлей, также формально можно отнести к видам, которым акустическое распознавание между родителями и птенцами не является необходимым. Во время сезона размножения пары журавлей занимают отдельные гнездовые территории размером от 1 до 12 км², на которые посторонние журавли не

допускаются, поэтому вероятность спутать своих птенцов с чужими, например, встретившись где-нибудь на границе территории, обычно невелика. В выводке может быть один либо два птенца, причем во втором случае разделения семьи не происходит, и родители вместе водят обоих птенцов. По наблюдениям Смиренского (1988), взрослые птицы не оказывали предпочтения какому-либо из птенцов, а напротив, были очень привязаны к обоим. В течение дня и ночью птенцы могли находиться вместе с одним из родителей или по одному с каждым. На гнездовых территориях семьи остаются в течение 4-5 месяцев после вылупления птенцов (Флинт 1987; Meine, Archibald, 1996). Таким образом, в это время надежное взаимное распознавание между родителями и птенцами журавлей, по-видимому, не является необходимым.

Осенний отлет японских журавлей на места зимовок проходит в конце октября – начале ноября. При этом птицы собираются в небольшие стаи, насчитывающие от 6 до 30 особей (Шибаяев, 1975; Шибнев, 1988). На зимовках японские журавли проводят ночь в больших скоплениях на рисовых полях или в долинах мелких рек и ручьев, а днем обычно разлетаются по полям (Флинт, 1987). Птенцы остаются с родителями до весны, обычно весеннюю миграцию они также осуществляют вместе. Все это время опека родителей важна для птенцов. Вместе с тем, при объединении журавлей в миграционные скопления появляется необходимость индивидуального узнавания между родителями и птенцами, что может, в частности, основываться на различиях в криках между особями.

Мы показали, что в первые 40 дней жизни птенцов в пределах небольших временных промежутков довольно хорошо выражены индивидуальные различия в криках. Эти различия проявляются у птенцов с первых дней жизни и обнаружены в обоих типах тональных сигналов. В тональном сигнале второго типа различия проявляются несколько сильнее, чем в сигнале первого типа, хотя отчасти это может определяться небольшими различиями в выборках (табл. 1, 2). Тем не менее, при сравнении звуков за весь 40-дневный промежуток времени четких индивидуальных различий обнаружить не удалось, что может быть связано с тем, что после вылупления птенцы очень интенсивно растут, увеличивая за 40 дней свой вес более чем в 10 раз, в связи с чем меняются и звуки.

Каково возможное функциональное значение обнаруженных различий? Индивидуальные различия в громких тональных звуках могут проявляться просто как следствие индивидуальности в строении вокального аппарата. Индивидуальные различия в криках в этом случае выступают как "побочный шум" различий в морфологии. С другой стороны, можно предположить, что взрослые журавли, выращивающие пару птенцов, способны различать их по голосам и оказывать предпочтение одному из них, например, при недостатке корма.

Можно предложить также другое объяснение факту существования индивидуальных различий в звуках маленьких птенцов. В первые 8-9 месяцев жизни вокализации птенцов разных видов журавлей остаются практически неизменными (то есть сохраняется высокая птенцовая частота звуков, несмотря на то, что птенцы непрерывно растут), зато потом за 2-3 недели они полностью изменяются, формируя голоса взрослых журавлей (Archibald, 1976; Nesbitt, Bradley, 1996). К примеру, у серого журавля во время ломки голоса происходит резкое снижение частоты с 2-3 кГц до 0,7-1 кГц (Gebauer, Kaiser, 1998). По нашим наблюдениям, звуки птенцов японских журавлей, записанные в сентябре и ноябре 2003 года, по-прежнему оставались высокочастотными и мало отличались от криков тех же особей в первые 40 дней их жизни. В природе осенью журавли находятся в стаях, и те индивидуальные различия, которые были заложены в криках с самого рождения, приобретают важное значение для взаимного опознавания между особями.

Половые различия.

Помимо индивидуальных, в криках птенцов японских журавлей были также найдены половые различия. Эти различия выражены хорошо (процент правильного причисления к полу тональных сигналов второго типа в отдельные периоды достигал 91-93%), но в меньшей степени, чем индивидуальные. Особый интерес представляют результаты дискриминантного анализа, полученные при суммировании звуков за периоды 1 и 2 и 1, 2 и 3. Процент правильного причисления тональных сигналов второго типа составлял в первом случае 89,9%, а во втором - 82,5%. Это означает, что качественно записав последовательность из 10-20 тональных звуков, можно будет определить пол птенца почти сразу после его рождения. Однако необходимо подтвердить полученные результаты для большего числа особей.

Существование половых различий в звуках птенцов было показано для большого числа разных видов птиц. Так, Тихонов (1986) показал существование четких половых различий у цыплят различных пород кур, птенцов японского перепела (*Coturnix japonicus*), птенцов цесарки (*Numida meleagris*), а также для птенцов озерной чайки (*Larus ridibundus*). В звуках дискомфорта птенцов краснозобой казарки (*Branta ruficollis*) половые различия также были обнаружены уже с первого дня жизни (Костин, Фокин, 1986). В этих работах существование половых различий объяснялось значительным половым диморфизмом в морфологии вокального аппарата. В работе, посвященной деревенской ласточке (*Hirundo rustica*), половые различия у птенцов в криках выпрашивания пищи были обнаружены в возрасте около 16 дней (то есть незадолго до вылета из гнезда), тогда как в 12 дней они еще отсутствовали (Saino et al., 2003). Авторы предполагают, что эти различия помогают родителям перераспределять свой вклад в пользу птенцов одного из

полов, так как в одни годы им может оказаться выгоднее выращивать самцов, а в другие – самок.

Журавли строго моногамны, и оба партнера несут примерно одинаковые затраты на выращивание птенцов. В этом случае нет необходимости в перераспределении родительского вклада в пользу одного из полов и связанной с этим системы вокального опознавания пола птенцов. Однако, половые различия в голосе могут использоваться полувзрослыми журавлями при образовании пары. Образование пар молодыми журавлями обычно происходит на 1-2-ом году жизни (Флинт, 1987; Meine, Archibald, 1996). Тем не менее, известны случаи и более раннего образования пар. Так, в эксперименте по обучению выращенных в неволе птенцов американского журавля путям миграций с помощью дельтаплана, в группе из пяти птенцов, зимующих в полной изоляции от взрослых журавлей, две птицы образовали пару и сохраняли связь во время весенней миграции и летом на местах гнездовых, тогда как трое остальных птенцов держались отдельно и друг от друга, и от этой пары (Ильяшенко, 2002). Таким образом, молодые журавли, по-видимому, способны определять пол друг друга в достаточно раннем возрасте (5-7 месяцев), когда их голос еще имеет птенцовые характеристики.

Все представители семейства журавлиных – мономорфные виды. Как между молодыми, так и взрослыми самцами и самками существует лишь небольшой диморфизм в размерах тела (Флинт, 1987; Андропова, Кастрикин, 2002). При этом голос может выступать как дополнительный маркер половой принадлежности, что подтверждается существованием четких половых различий в криках половозрелых журавлей разных видов (Archibald, 1976; Carlson, Trost 1992). Наши данные свидетельствуют о том, что эти различия закладываются уже в раннем возрасте.

Выводы

1. Индивидуальная изменчивость тональных сигналов позволяет различать птенцов японских журавлей по их крикам сразу после рождения. Эти различия закладывают основу для дальнейшего развития индивидуальности в криках молодых журавлей, которые приобретают важное значение позднее, при образовании предлетных скоплений и на зимовках.
2. Половые различия в криках птенцов выражены слабее, чем индивидуальные. Они сильнее проявляются в тональных сигналах второго типа, чем первого, позволяя определять пол с вероятностью до 90%. Прежде всего эти различия связаны с длительностью модулированной части сигналов второго типа. Эти данные могут быть использованы для разработки метода акустического определения пола у птенцов японского журавля.

Благодарности

Мы искренне признательны всем сотрудникам Питомника редких видов журавлей ОГБЗ, в особенности Т.А. Кашенцевой, за помощь и советы при сборе материала, а также за предоставление данных по морфометрии журавлей; Е.В. Брагиной – за моральную поддержку и техническую помощь; И.М. Маровой – за помощь в работе с литературой; а также И.Р. Беме – за предоставление необходимой литературы и поддержку на всех этапах работы.

Список литературы

- Андронов В.А., Роздина О.И., 2002. **О проекте искусственного управления популяцией японских журавлей.** Информационный бюллетень рабочей группы по журавлям Евразии, (4-5): 60-62.
- Андропова Р.С., 2002. **О деятельности станции реинтродукции редких видов птиц Хинганского заповедника в 2002 г.** Информационный бюллетень рабочей группы по журавлям Евразии, (4-5): 57-59.
- Андропова Р.С., Андронов В.А., 2002. **Деятельность станции реинтродукции редких видов птиц.** В сб. «Журавли Евразии (распределение, численность, биология)», М., с.278-282.
- Андропова Р.С., Кастрикин В.А., 2002. **Морфометрический метод определения пола у молодых японских журавлей.** В сб. «Журавли Евразии (распределение, численность, биология)», М., с. 239-244.
- Ильяшенко Е.И., 2002. **Результаты обучения американских журавлей миграции с помощью мотодельтаплана (по материалам отчета о первой группе мигрирующих американских журавлей, реинтродуцированных на востоке Северной Америки, 13 сентября 2002г.).** Информационный бюллетень рабочей группы по журавлям Евразии, (4-5): 31-33.
- Кашенцева Т.А., Роздина О.И., 2002. **Этапы разведения журавлей в искусственных условиях.** В сб. «Эколого-экономическая оценка технологии воспроизводства редких и исчезающих видов (на примере стерха)», М., с. 28-31.
- Костин И.О., Фокин С.Ю., 1986. **Развитие акустической сигнализации у краснозобой казарки в онтогенезе.** Орнитология, 21: 69-76.
- Максудов Г.Ю., Нестеренко О.Н., Панченко В.Г., 1997. **Опыт сотрудничества между лабораторией искусственного размножения животных Московского зоопарка и питомником редких видов журавлей Окского биосферного заповедника.** Научные исследования в зоологических парках, 9: 170-180.
- Нестеренко О.Н., Антоненкова В.Г., Алискеров С.В., 1996. **Определение пола птиц по хромосомным препаратам.** Научные исследования в зоологических парках, 6: 80-86.

- Смиренский С.М., 1988. **Взаимоотношения птенцов и размер выводка у японского – *Grus japonensis* (P.L.S. Muller) и даурского – *Grus vipio* (Pallas) журавлей.** В сб. «Журавли Палеарктики. Биология, морфология, распространение», Владивосток, с.45-53.
- Смиренский С.М., Андронов В.А., 1988. **Первые результаты мечения даурских журавлей цветными кольцами в СССР.** В сб. «Журавли Палеарктики. Биология, морфология, распространение», Владивосток, с. 193-194.
- Тихонов А.В., 1986. **Акустическая сигнализация и экология поведения птиц.** М.: Изд-во МГУ, 240 с.
- Флинт В.Е., 1987. **Семейство журавлиные.** В кн. «Птицы СССР: журавлеобразные, курообразные», (ред. Ильичев В.Д., Флинт В.Е.), Л., Наука, с. 266-335.
- Худякова Т.А., 2002. **Ранний постнатальный онтогенез акустической сигнализации у птенцов стерха (*Grus leucogeranus*).** Курсовая работа, МГУ, Биол. фак-т, каф. зоол. позвоночн-х, 82 стр.
- Шибанов Ю.В., 1975. **О пролете журавлей в южном Приморье.** В сб. «Орнитологические исследования на Дальнем Востоке», Владивосток, с. 254-261.
- Шибанов Ю.В., 1988. **Пролет японского и даурского журавлей в районе заповедника «Кедровая падь»** В сб. «Журавли Палеарктики. Биология, морфология, распространение», Владивосток, с. 194-195.
- Archibald G.W., 1976. **The Unison Call of Cranes as a Useful Taxonomic Tool.** Ph. D. thesis., Cornell University, Ithaca, N.Y., 167 pp.
- Baptista L.F., Gaunt S.L.L., 1997. **Bioacoustics as a tool in conservation studies.** In: «Behavioral Approaches to Conservation in the Wild», (Eds. Clemmons J.R., Buchholtz R.) Cambridge Univ. Press, Cambridge, p. 212-242.
- Beecher M.D., 1982. **Signature systems and kin recognition.** Amer. Zool., 22: 477-490.
- Beecher M.D., Beecher I.M., Limpkin S., 1981a. **Parent-offspring recognition in Bank Swallows (*Riparia riparia*): I. Natural history.** Anim. Behav., 29: 86-94.
- Beecher M.D., Beecher I.M., Hahn S., 1981b. **Parent-offspring recognition in Bank Swallows (*Riparia riparia*): II. Development and acoustic basis.** Anim. Behav., 29: 95-101.
- de Brooke M L., 1978. **Sexual differences in the voice and individual vocal recognition in the Manx Shearwater (*Puffinus puffinus*).** Anim. Behav., 26: 622-629.
- Budde C., 1999. **The vocal repertoire of the Grey Crowned Crane *Balearica regulorum gibbericeps*. I: The tonal and the non-harmonic calls.** Bioacoustics, 10: 161-173.

- Budde C., 2001. **Ontogeny of calls of a nonpasserine species: the Grey Crowned Crane *Balearica regulorum gibbericeps***. Afr. J. Ecol., 39: 33-37.
- Carlson G., Trost C.H., 1992. **Sex determination of the Whooping Crane by analysis of vocalization**. Condor, 94: 532-536.
- Falls J.B., 1982. **Individual recognition by sounds in birds**. In: "Acoustic Communication in Birds". Vol. 2, (Eds. Krodsma D.H., Miller E.H.), New York: Academic Press, p. 237-278.
- Fitch W.T., Kelly J.P., 2000. **Perception of vocal tract resonances by Whooping Cranes *Grus Americana***. Ethology, 106: 559-574.
- Gebauer A., Kaiser M., 1998. **Anmerkungen zur Lautenwicklung und zum Stimmbruch beim Grauen Kranich (*Grus grus*)**. Brandenburgische Umwelt Berichte, 3: 25-33.
- Griffiths R., Double M.C., Orr K., Dawson R., 1998. **A DNA test to sex most birds**. Molec. Ecology, 7: 1071-1075.
- Ingold P., 1973. **Zur lautlichen Beziehung des Elters zur seinem Kueken bei Tordalken (*Alca torda*)**. Behaviour, 45: 154-190.
- Jones I.L., Falls J.B., Gaston A.J., 1987. **Vocal recognition between parents and young of ancient murrelets, *Synthliboramphus antiquus* (Aves: Alcidae)**. Anim. Behav., 35: 1405-1415.
- Jouventin P., Roux P., 1979. **Le chant du Manchot Adelie (*Pygoscelis adeliae*). Role dans la reconnaissance individuelle et comparaison avec la Manchot empereur non territorial**. Oiseau Rev. Franc. Ornithol., 49: 31-37.
- McArthur P.D., 1982. **Mechanisms and development of parent-young recognition in the Pinon Jays (*Gimnorhinus cyanocephalus*)**. Anim. Behav., 30: 62-72.
- Meine C.D., Archibald G.W., 1996. **The Cranes: status survey and conservation action plan**. World Conservation Union, Gland, Switzerland, 205 pp.
- Monk D.S., Koenig R.D., 1997. **Individual, brood and sex variation in begging calls of Western Bluebirds**. Wilson Bull. 109: 328-332.
- Nesbitt S.A., Bradley R.A., 1996. **Vocalizations of sandhill cranes**. Proc. North Am. Crane Workshop, 7: 29-35.
- Saino N., Galeotti P., Sacchi R., Boncoraglio G., Martinelli R., Molle A., 2003. **Sex differences in begging vocalizations of nestling barn swallows, *Hirundo rustica***. Anim. Behav., 66: 1003-1010.
- Weekley F.L., 1985. **Individual and regional variation in calls of greater sandhill crane**. M.S. Thesis, Univ. Wisconsin, Stevens Point, 67 pp.
- Wessling B., 2000. **Individual recognition of cranes, monitoring and vocal communication analysis by sonography**. Proceedings of the IV European Crane Workshop. Verdun.

Summary

Klenova A.V., Volodin I.A., Volodina E.V., Kholodova M.V., Nesterenko O.N. *Sexual and individual differences in calls of the Red-crowned crane (Grus japonensis) chicks.* Bioacoustical data on the Red-crowned crane are scarce, and are nearly absent for juvenile chicks. However, this knowledge is important for conservation purposes, especially for programs of captive breeding and reintroduction of cranes into nature. The focus of our research is studying of individual and sexual differences in calls of the Red-crowned crane chicks throughout first 40 days of their lives. In brooders, sexing of chicks is based on DNA analysis, not earlier three-months age. Among imperfections of this method are stressing of capture and blood sampling, delays with results, expensiveness, inapplicability in the wild. The sound-based methods, developed from our bioacoustical study, may be a good alternative or enrichment to the current practice. We analyzed two tonal call types, recorded from 6 chicks (3 males and 3 females) from 0 to 40 day life in the brooder of Oksky Natural Reserve (Russia) in summer 2003. Sex of these chicks was independently confirmed by two laboratories. We measured three frequency and three temporal parameters for calls of type 1, and four frequency and six temporal parameters for calls of type 2. Sample sizes varied from 9 to 20 calls per individual. In spite of high interindividual variability, for limited time periods of 4 to 15 days, discriminate function analysis showed up to 97% of correct assignment to individual (with 17% random value for 6 individuals) and up to 93% of correct assignment to sex (random value is 50% for two sexes). Totally for all 40-days period, discrimination was lower, probably, because of quick changes in voices during the growth.

These cues to individuality and to sex in juvenile voices may lay a foundation of future developing individual and sexual features in voices of adolescents. It may become important in autumn flocks, when parent can mix up its own chick with others, or during pairing of young cranes. These data have a practical application to developing the noninvasive bioacoustical sexing in the Red-crowned crane chicks or, taking into account long preservation of juvenile calls in crane repertoires, for monitoring of young cranes, released into nature.