

Биоакустика

3 февраля 00:20

Как животное понимает человека? Может ли человек говорить на языке животных?

Биоакустика (наука о звуках, которые издают животные) с появлением новых приборов и компьютерных программ, анализирующих звуки животных, переживает свое второе рождение. В каком направлении, и какими способами идет расшифровка значений звуков, издаваемых животными? Многие хозяева домашних любимцев утверждают, что животные отлично понимают их речь. Как животное понимает человека? Может ли человек говорить на языке животных? О языке зверей как эмоциональном подтексте языка человека - биологи Елена и Илья Володины.

Участники:



Илья Александрович Володин – кандидат биологических наук, сотрудник лаборатории этологии Московского зоопарка

Елена Владимировна Володина – кандидат биологических наук, сотрудник лаборатории этологии Московского зоопарка

Обзор темы

Биоакустика - это наука о звуках, которые издают животные. Датой ее рождения можно считать появление в 1872 году знаменитой книги Чарльза Дарвина “Выражение эмоций у человека и животных”. В то время звуки животных можно было описать только с помощью звукоподражания. С возникновением магнитофонной записи возможности исследователей значительно расширились, однако настоящая революция в биоакустике

произошла сравнительно недавно с появлением приборов и компьютерных программ, анализирующих звуки животных.

Исследователь, задавшийся целью найти вокальные индикаторы эмоционального состояния у животных, обязательно сталкивается с двумя взаимосвязанными проблемами. Во-первых, очень трудно получить надежную информацию об эмоциональном состоянии кричащего животного. И, во-вторых, важно отделить звуковые признаки, действительно являющиеся маркерами эмоционального состояния от структурных изменений, обусловленных иными причинами. “Голоса” зверей несут информацию об их чувствах, настроениях и физическом состоянии.

Понять значение того или иного звука можно с помощью ситуативного анализа. Принцип его таков: если в тот момент, когда животное издает звук, точно описать ситуацию, а потом проанализировать, что происходит со звуками при ее изменении, то можно понять, какие нюансы ситуации вызывают изменения в структуре звуков. Конечно, далеко не всегда описать ситуацию просто, поскольку разные ситуации занимают разные промежутки времени. Ожидание опасности длится доли секунды, встреча дружески расположенных животных - минуты, а гон (брачный период) - дни и недели. Но пока для анализа звукового поведения животных ничего лучше ситуативного анализа не придумали. Ведь нельзя же измерить чувства животного так, как меряем давление или частоту пульса. О силе эмоций у животных можно судить только по их поведению.

Рассмотрим механизмы продукции звуков у животных на примере гепардов. При звуковоспроизведении у них задействованы по меньшей мере три различных механизма. Так тональные звуки у кошачьих издаются путем фонации, а воркование - путем вибрации. При фонации звук генерируется посредством аэродинамически запускаемых вибраций голосовых связок в ларинксе. Воркование же производится посредством механической активации ларингеальных мышц, которая вызывает периодическое соединение голосовых связок в ларинксе. Такое воркование производится в течение всего дыхательного цикла, тогда как фонация почти всегда производится только на выдохе. Частота пульсации в ворковании гепарда составляет 26 Гц в фазе выдоха и 21 Гц в фазе вдоха. “Трещание” производится при одновременном действии обоих механизмов, и фонации, и вибрации. Этим, по-видимому, объясняется отмеченная гармоническая структура расположения формант в “трещании”, что неудивительно, поскольку сложный “двойной” механизм звукопродукции этих криков дает на выходе как бы прерывистый тональный сигнал.

При шипении голосовые связки, по-видимому, не участвуют в звукопродукции, и воздушный поток из легких проходит через узкую щель на

выходе из вокального тракта, по аналогии с механизмом продукции шипящих звуков в человеческой речи.

Рассмотрим примеры расшифровки языка гепардов. Огромную роль играют звуки у гепардов во время ухаживания и выращивания детенышей. Оказалось, что если самец чувствует запах самки, готовой к размножению, то в его “вокальном” репертуаре появляется характерное “трещание” - звук, который самцы не издают ни в каких других ситуациях. А по поведению определить готовность гепардов к размножению почти невозможно. В нашем климате выращивать детенышей теплолюбивых животных можно только летом, поэтому служители зоопарка начинают работу со своими подопечными за три месяца до наступления теплого сезона. Самцам дают понюхать мочу самок. О готовности самца к размножению можно узнать из звуковых ответов. Если компьютерный переводчик распознал “трещание”, самца переселяют в клетку к самке, после чего население зоопарка пополняется пятнистыми малышами.

Если же держать самцов гепардов вместе с самками, то, как правило, вместо “супружеских” у них складываются “дружеские” отношения и потомства ждать не приходится. Поэтому самца и подсаживают к самке только во время течки. Несколько дней самец “ухаживает” за самкой. В этот период гепарды “трещат”, рычат и мяукают, причем в основном “трещат” самцы, а мяукают самки. Затем животные спариваются, при этом самец тоже издает характерное “трещание”. Интересно, что гепарды-самки тоже бывает “трещат” - “пр-пр”, когда общаются с детенышами. В чем смысл такого “трещания” мы рассмотрим ниже. Упрощенно, можно свести задачу перевода языка животных к начальным проблемам всякого перевода: различить (классифицировать) виды звуков и, далее, понять, что они значат. Эти задачи не исчерпывают все тонкости перевода.

Классификация звуков встречает объективные трудности. Во-первых, различить некоторые эмоциональные проявления на слух невозможно, и только современные технологии позволяют это делать. Эксперименты показали, например, что ворчания, воспринимаемые человеком как один сигнал, зеленые мартышки воспринимают как четыре разных сигнала, причем каждый из них имеет свой смысл, зависящий не от “контекста”, а от акустических свойств самого сигнала. И все же, есть достижения на пути решения проблем, общие принципы описания и классификации вокальных репертуаров, биологические основы дискретности вокальных репертуаров животных.

Еще один пример из вокального репертуара гепардов. Заботливые мамы гепардов не только мяукают, но и “чирикают”. Эти звуки назвали так, потому что они кажутся неожиданно звонкими для таких крупных животных (даже

чирикание воробья по высоте звука в два раза ниже). Самка эти звуки издает реже, зато детеныши “чирикают” часто и очень громко. Так вот, различить на слух “мяукание” и “чирикание” человеческое ухо не способно.

На помощь исследователю пришли специально разработанные компьютерные программы, которые конструируют достаточно наглядные изображения звуков. С помощью компьютера создается графическая зависимость частоты звуковой волны от времени - спектрограмма (сонограмма) или интенсивности звука от времени - осциллограмма. Чтение спектрограмм, конечно, тоже дело непростое, так как возможно появление на них “нечетких” структур. Причина появления таких неточностей - многочисленные помехи на пути от сигнала из головного мозга к голосовым связкам гортани и дальше через вокальный тракт в носовую и ротовую полости. Чуть менее глубокий вдох, поворот головы, движение во время производства звука, ларингит и масса других причин могут вызывать появление промежуточных звуков.

Продолжим описание вокального репертуара гепардов на современном научном уровне. В репертуаре гепарда учеными было выделено три класса звуков: звуки с внутренней пульсацией (4 типа), тональные звуки (3 типа) и шумовые звуки (1 тип). Звуки, в которых одновременно встречаются признаки разных структурных классов, определены как промежуточные, а звуки, в которых одна структура последовательно сменяет другую - как переходные.

Большой класс звуков, к которым относится мяуканье, имеет гармоническую структуру. Это означает, что на спектрограмме каждый звук выглядит в виде стопки частотных полос - гармоник, частоты которых кратны друг другу. Например, если нижняя составляет 300 Гц, вторая будет - 600 Гц, третья - 900 Гц и так далее. Гармоники могут быть по-разному изогнуты: в виде дуги, перевернутой галочки, запятой и т. п. Мяуканье имеет форму короткой дуги, а “чирикание” - зеркального отражения запятой. Кроме этих коротких тональных звуков у гепардов есть долгий, длительностью до одной секунды, крик - вой, на спектрограмме также имеющий гармоническую структуру.

Другой класс звуков, которые умеют издавать гепарды, - пульсирующие (как будто у них что-то перекачивается в горле). Таких звуков четыре типа: рычание, “трещание”, мурлыканье и “бульканье”. Их также трудно различить на слух, но вполне возможно на спектрограмме. Они различаются по частоте пульсации: в рычании - около 35 пульсов в секунду, в мурлыканьи - 24, в “трещании” - примерно 17, а при “бульканьи” звук пульсирует с переборами, нерегулярно.

У мурлыканья есть еще одна особенность. Этот звук производится непрерывно на протяжении и вдоха и выдоха, выражая чрезвычайно хорошее расположение духа. Мурлыкать гепард может десять минут, даже больше, не

прерываясь и на долю секунды. Такое непрерывное урчание не мешает гепарду ни дышать, ни ходить, ни ласкаться. Так же мурлыкают дальние родственники гепардов - домашние кошки. Человек на такие звуки не способен. Мы не можем ни петь, ни говорить, не переводя дыхания. Исследования американского ученого Карла Шипли и его коллег показали, что при мурлыканьи голосовые связки кошек не вибрируют, а ритмично смыкаются в потоке воздуха 24 раза в секунду, независимо от того, проходит воздух через гортань при вдохе или при выдохе.

Непрерывная вокализация во время вдоха и выдоха наблюдается и у сумчатого большого полосатого кукуса. Подавляющее большинство звуков млекопитающих производится только во время выдоха. Только для некоторых видов описаны звуки, которые издаются во время обеих фаз дыхания. По структуре эти звуки представляют собой последовательности практически неограниченной продолжительности из ритмически организованных пульсов. Механизм издавания таких звуков отличается от обычной фонации, поскольку при их продукции не задействованы самоподдерживающиеся осцилляции голосовых связок. К таким вокализациям относятся звуки мурлыканье пумы. Но звуки мурлыканья кошачьих встречаются исключительно в контексте комфортного, расслабленного поведения, тогда как у кукусов эти звуки сопровождают агрессивное поведение. Кроме того, кошачьи производят мурлыканья без видимых физических усилий, а у кукусов пульсирующие звуки производятся при хорошо заметном сильном напряжении мышц тела.

Еще один вид звуков, которые издает гепард, на спектрограмме выглядит сплошным серым облаком. Это - шипение. Когда гепард угрожает, он обычно сначала громко шипит, затем изо всех сил ударяет обеими передними лапами о грунт, после чего издает долгое рычание. Если удар приходится не о землю, а о деревянный пол клетки, грохот получается оглушительный.

Мурлыканье, “трещание” и вой легко различаются даже на слух. Но гепарды способны производить одновременно и мурлыканье, и “трещание” или издавать эти звуки один за другим подряд без какого-либо промежутка между ними. Мы назвали эти звуки: “переходный с мяуканья на “трещание””.

Английский исследователь Петер Марлер предложил подразделять звуковые репертуары животных на дискретные (отрывистые) и континуальные (непрерывные). В дискретном репертуаре все звуки одного типа похожи друг на друга и четко отличаются от звуков другого типа. А в континуальном репертуаре все звуки связаны между собой переходными формами. Позже было предложено считать репертуар набором нескольких континуумов.

Вторая проблема состоит в том, что ученые хотят иметь объективную классификацию звукового репертуара, имеющую под собой реальную основу.

Пока признаки, по которым классифицируют звуки, выбирает исследователь, все классификации носят субъективный характер.

Немецкий зоолог Уве Юргенс и его коллеги, работали в центре при клинике, куда поступали больные, получившие черепно-мозговые травмы. При операциях на мозге чрезвычайно важно не затронуть речевые зоны, поскольку это очень сильно влияет на возможность человека вернуться к нормальной жизни. Для того чтобы прогнозировать исход операций, ученые моделировали их на мозге маленьких обезьянок - саймири. Были получены данные, которые подтвердили, что типы звуков закодированы в разных структурах головного мозга. У обезьян были обнаружены центры рычания, шипения, мурлыканья и другие - для каждого из типов звуков.

Значит, классификация звуков никакой не произвол ученого, а имеет под собой реальную основу: определенные их типы локализованы, закодированы в определенных участках мозга. Это касается и других млекопитающих, в том числе и гепардов. К примеру, расположение центров рычания и шипения у кошачьих и у саймири совпадает.

И все же, что такое звериный язык - язык эмоций или язык сообщений? Передают ли животные информацию или просто звуками выражают то, что они чувствуют? Оказывается, звуки, которые издают животные, могут выражать не только эмоции, но и передавать сообщения. Другое дело, что, обусловленные эволюцией, возможности передачи сообщений у каждого животного свои.

Эксперименты показали, что обычно каждому типу звука соответствует не один, а несколько участков мозга, расположенных как в эволюционно “древних”, так и в “новых” его отделах. Таким образом, один и тот же тип звука может быть представлен в функционально различных зонах мозга. Оказалось, что если звук “выходит” из участков, расположенных в зонах, связанных с эмоциями (миндалине, гипоталамусе, перегородке или срединном таламусе), то он выражает эмоцию, а если из других зон, тогда он не зависит от эмоционального состояния животного. Такие звуки животное производит обычно в расчете на вознаграждение. Гепарды Московского зоопарка, например, научились громким мяуканьем требовать у служителей, чтобы они выпустили их на прогулку. В детстве же их эмоции выплескивались в бурном вокальном потоке, включающем практически весь звуковой репертуар.

Мало того, один и тот же звук может иметь различную природу. Иногда собака лает, чтобы получить лакомство, а иногда, наоборот, злобно облаивает чужака или же радостным лаем приветствует хозяина. Один и тот же тип звука - лай - “рождается” в разных зонах мозга.

Звери и могут производить звуки независимо от эмоций, они практически не способны их регулировать. Так вы можете научить собаку лаять за лакомство, но заставить ее лаять с разной громкостью, высотой или с определенными интервалами между звуками вам не удастся. Вне связи с эмоциями звери издают только те типы звуков, которые имеют свои участки в “неэмоциональной” зоне головного мозга - передней лимбической коре. Собаку можно научить лаять по команде, но научить ее по команде рычать невозможно. По-видимому, рычание закодировано только в участках мозга, отвечающих за эмоции.

Ничего похожего на речь у зверей нет. У человека речевые звуки имеют свое “представительство” в новой коре - зоне, откуда у зверей вообще не исходит никаких звуков. Даже у очень высокоорганизованного животного - шимпанзе - из речевых зон коры возникают только слабые колебания голосовых связок, недостаточные для того, чтобы произвести звук. Зато у человека невозможно вызвать звуки из тех мозговых зон, которые отвечают за “язык” зверей!

Появление речи - это революция. За то, что человек получил речь, он потерял способность издавать звериные звуки: и “эмоциональные” и “неэмоциональные”. И теперь человек и звери с трудом понимают друг друга. Те области мозга, которые у зверей отвечают за эмоциональные звуки, у человека отвечают только за эмоции (страх, расслабленное удовлетворение, эйфория). А те области, которые у зверей связаны с неэмоциональными звуками, у человека контролируют интонации речи. Действительно, мы можем по своему желанию произнести фразу с любой заданной интонацией; угрожающей, просительной, ласковой и т. п. Для этого вовсе не обязательно злиться, чего-то хотеть или испытывать нежность. Конечно, у человека есть и эмоциональные звуковые проявления, такие как смех и плач. Но где “центры смеха и слез” располагаются в мозге, пока не известно.

Перевод с языка животного – это по большей части – перевод с языка эмоций. Большинство звуков зверей относится к “эмоциональным”, и весьма незначительная доля звуковой палитры производится вне связи с эмоциями.

Завершив классификацию звуков, издаваемых гепардами, можно заняться проблемой определения эмоциональное состояние животного по издаваемым им звукам. Работая со спектрограммами, ученые обратили внимание на странную закономерность. И самцы и самки способны издавать абсолютно одинаковые по структуре звуки – “трещание”. Но у самцов оно составляло львиную долю, а у самок оно было редкостью: преобладали короткие слитные звуки - мяуканье и “чириканье”. Но те же самые самки, став мамами, резко изменяли свои вокальные пристрастия и начинали подолгу “трещать”. Мяукать и “чирикать” они предоставляли своим детенышам. Самка - самец и мама - детеныши - это две формы союзов, в которых партнеры асимметричны по своим социальным ролям. В первом союзе (самка - самец) самец сильнее и,

по сути, он определяет ход событий в период “ухаживания”. Во втором союзе (мама - детеныши) сильнее мама, она способна защитить не только себя, но и детенышей.

Оба варианта союзов представляют отношения “сильного, более уверенного” и “слабого, менее уверенного”. Поскольку социальная асимметрия взаимоотношений определяется различиями в субъективном эмоциональном состоянии животных, можно предположить, что эти структурно различные, но сходные функционально звуки несут и разную эмоциональную нагрузку. В обоих случаях у более уверенного животного число пульсирующих звуков многократно преобладало над числом коротких тональных звуков. Получается, что пульсирующая структура звука у гепардов связана с большей уверенностью, а тональная - с меньшей уверенностью. Это подтвердили и прямые наблюдения. Если удастся подойти к вольеру с гепардами незамеченными, видно, как самка играет со своими детенышами, часто издавая при этом “трещания”. Если же вдруг мамаша замечала постороннего, у нее к “трещанию” добавлялся тональный компонент - и получался звук, выражающий смесь уверенности и неуверенности.

То, что такие связи (пульсирующий звук - уверенность и тональный звук - неуверенность) действительно существуют, подтвердилось и в другом эксперименте. Мы сравнили звуковые репертуары взрослых гепардов и полутора - трехмесячных детенышей. Малыши уже с рождения умеют воспроизводить все то, что и взрослые гепарды. Однако в детских голосах частота всех звуков в среднем на несколько килогерц выше, чем у взрослых. То есть звуки детенышей тоньше и писклявее, чем у взрослых. Ведь у детенышей голосовые связки намного тоньше, чем у взрослых, а высота звука зависит напрямую от толщины связок. А вот с длительностями звуков разных типов все не столь однозначно. Рычания и “трещания” длиннее у взрослых, а мяуканье - у детенышей.

По-видимому, эти различия имеют эмоциональную природу. Мяуканье - тональный сигнал, характерный для неуверенных животных, длиннее у детенышей. Что касается “чириканья”, одинаковая его длительность у всех возрастных групп объясняется, по-видимому, тем, что этот звук сформировался в ходе эволюционного процесса из мяуканья и используется и детенышами и их родителями для выражения беспокойства. Когда детеныш издает серию таких звуков, мама начинает волноваться и приближается к нему, усиленно “треща”. То есть, взрослая самка реагирует на беспокойство детеныша, стараясь его успокоить и демонстрируя свою уверенность. Потревоженный наблюдателем во время игры с детенышами самка меняет трещание на трещание с тональным компонентом. По-видимому, эмоциональные состояния, которым соответствуют переходные звуки, можно определить как маргинальные, амбивалентные, конфликтные, либо быстро

меняющиеся. Можно также предполагать, что промежуточные звуки соответствуют некоторым “смешанным” состояниям.

Воркование связано у гепарда с комфортным, дружелюбным поведением у довольных, расслабленных животных в спокойной обстановке, где поведение животных вполне предсказуемо как для наблюдателя так, по всей видимости, и для них самих. Следовательно, внутреннее состояние гепардов при ворковании можно трактовать как уверенное. Имеются данные, подтверждающие, что внутреннее состояние, испытываемое млекопитающими при ворковании (или аналоге воркования), для них субъективно приятно, а вот тональные звуки такой структуры, как чирикание издаются, когда животному неприятно.

Кстати, именно поэтому биоакустика имеет практическое приложение не только для изучения поведения животных в зоопарках и питомниках. Во многих исследованиях, использующих различные способы независимого контроля внутреннего состояния животных, показано, прежде всего, что звуки животных несут “честную” информацию об их эмоциях и мотивациях. Так, например, структура криков поросят изменяется в зависимости от величины пищевой порции и неприятного для животного воздействия, что структура звуков саймири связана с субъективными неприятными или приятными ощущениями у этих животных. И мы уже отмечали, что звуки разной структуры локализованы в различных областях вокальных центров мозга. У людей точно так же структурные признаки вокализации несут правдивую информацию об их внутреннем состоянии: более сильный стресс отражен в тех звуках, в которых паузы непомерно длинны по отношению к частоте. Поэтому практическая сфера применения вокальных индикаторов внутреннего состояния животных и человека потенциально очень широка. Такие индикаторы используются, к примеру, в детекторе лжи, для аварийной остановки станков в ответ на крик.

Сейчас биоакустические методы оценки субъективных состояний животных и человека, таких как благополучие, страдание, и т.п., привлекают особое внимание в связи с разработкой законодательства по гуманному содержанию животных на фермах, в лабораториях и зоопарках, а также в связи с медицинскими программами. Звуки удобны в качестве индикаторов внутреннего состояния, поскольку их легко записывать и анализировать. Кроме того, биоакустический анализ не требует травмирующих манипуляций или обездвиживания, необходимых, например, при взятии крови. Это тем более важно при работе с редкими, исчезающими видами, когда исследователь особенно сильно ограничен в возможностях манипуляций с животными.

Рычание и вой довольно затруднительно интерпретировать в терминах уверенности и неуверенности. Вой гепарда функционально, по-видимому,

связан с заявлением права на территорию и производится при разного рода вторжениях или угрозах вторжений на нее (таких как посадка самки в группу самок-резидентов, посадка самца на территорию самок во время течки, приближение группы людей к гепарду, содержащемуся на большой огороженной территории в Бухарском питомнике). В этих ситуациях животное, с одной стороны, было уверено в своих правах, но в ходе событий для него была доля непредсказуемости. Исходя из этих соображений, исследователи достаточно условно поместили вой среди “неуверенных” вокализаций.

При рычании гепард угрожает, находясь на короткой дистанции от объекта угрозы. Во время этой вокализации низка вероятность бегства, то есть, в этом смысле высока предсказуемость поведения животного, как для него самого, так и для окружающих. В ряде случаев, когда были сделаны записи реакции детенышей гепардов на подход служителей и на взятие их в руки, наблюдалась следующая последовательность смены типов вокализаций по мере сокращения дистанции: агрессивная демонстрация с шипением и ударом лапы об пол сменялась рычанием, а затем мяуканьем. Поэтому можно предположить, что рычание производится более уверенным животным, чем мяуканье.

О связи рычания с уверенностью у животных хорошо знают дрессировщики-практики. Так, укротители крупных кошачьих для установления доминирования дрессировщика над зверем применял болевые воздействия до тех пор, пока агрессивные оскачивания и броски животного сопровождались рычанием. Социальная асимметрия считается в таких случаях установленной с момента, когда зверь прекращает рычать и ограничивается только оскачиванием. Строго в этот момент все болевые воздействия дрессировщику необходимо прекратить, иначе высока вероятность так подавить животное, что оно окажется далее непригодным к дрессировке. Такой жертвой неграмотной работы цирковых дрессировщиков был самец гепарда Оман. Даже помещенный в комфортные условия Бухарского джейраньего питомника, он уже не был способен поддерживать необходимую величину социальной асимметрии во взаимоотношениях с самкой, и в результате не был способен размножаться. Хотя в его звуковом репертуаре был вой, но вокализации с ритмической пульсацией отсутствовали. Из всего сказанного следует, что звуки с ритмической пульсацией, по-видимому, выражают большую уверенность животного, чем тональные звуки.

Термин “агрессивное поведение” говорит о готовности животного атаковать или активно себя защищать; термин “неагрессивное поведение” охватывает дружественные и умиротворяющие формы поведения. И рычание, и шипение издаются гепардами при невозможности избежать близкого контакта при нарушении индивидуальной дистанции и сопровождаются угрожающими позами. Следовательно, обе эти вокализации отнесены к агрессивным.

Шипение также часто следует за рычанием в вокальных последовательностях, которые сопровождают яростную демонстрацию с мощным ударом лапами о грунт. Вой также сопровождался агрессивными поведенческими демонстрациями и издавался хозяевами территорий, что обычно было ассоциировано с низкой вероятностью бегства.

Биоакустика используется не только для изучения поведения животных, но и для определения их видовой или половой принадлежности. С помощью биоакустики удастся, например, безошибочно определять пол по громким свистовым крикам у мономорфных, белолицых свистящих уток (*Dendrocygna viduata*).

Рассматриваемый вид характерен отсутствием полового диморфизма как в размерах и окраске, так и в поведении. Задача определение пола птиц без внешнего полового диморфизма - постоянно возникающая проблема как при содержании и разведении мономорфных видов в природе, так и при наблюдении за ними в природных условиях. Наблюдения за поведенческими демонстрациями далеко не всегда дают надежные результаты, поскольку многие (если не большинство) мономорфных видов птиц легко образуют гомосексуальные пары, причем поведение партнеров в нормальных и гомосексуальных парах часто неразличимо. Определение пола с помощью других методов, как правило, требует обязательной поимки птиц и применения довольно болезненных процедур, что в большинстве случаев нежелательно или невозможно. Поэтому в последнее время как альтернативный разрабатывается бесконтактный и исключаящий травмы способ определения пола у птиц по структуре криков. Основанием для поиска различий в голосах самцов и самок является сложность морфологического строения вокального аппарата птиц и наличие дополнительных расширений воздухоносных путей, часто наблюдаемая только у одного пола. Исследования, проведенные на самых разных группах птиц, показали, что надежность определения пола по структуре криков не ниже, чем при использовании травматических процедур.

И взрослые, и молодые самцы и самки ведут себя сходным образом, и никаких особенностей, позволяющих визуально идентифицировать пол птиц, не обнаружено. Свистящие утки получили свое название за характерные громкие свистовые крики, имеющие четкие видовые особенности. Эти крики обычно используются птицами в стаях по окончании сезона размножения во время кормления или полетов. Крики одной птицы часто "заводят" остальных и скоро кричит уже вся стая. Только громкие свистовые крики могут быть использованы для определения половой принадлежности.

Для спектрографического анализа звуков использовали компьютерную программу, провели статистическую обработку результатов. Исследователи обнаружили различия в значениях частотных и временных параметров

громких свистовых криков у самцов и самок белолицых свистящих уток. Значения всех параметров основной частоты криков самок оказались значительно выше, чем у самцов. Громкие свистовые крики самцов белолицых свистящих уток значительно ниже по частоте, чем у самок, что хорошо заметно при визуальной инспекции спектрограмм. Различия между временными параметрами криков тоже есть, но носят более сложный характер.

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

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

Метод акустического определения пола у мономорфных видов еще не получил широкого распространения, однако имеются многочисленные свидетельства в пользу того, что он может быть очень перспективен.

Возможный практический интерес также может представлять метод акустического определения пола у суточных птенцов курообразных и гусеобразных, разработанный первоначально на сельскохозяйственной птице. Метод пробуют применять и при выращивании охотничьих видов птиц.

Каждый вид животных имеет свой вокальный репертуар, свои особенности звуковоспроизведения. Некоторые животные способны издавать одновременно два типа звуков. К ним относятся дхоли, “язык” которых Илья и Елена Володиной также изучали.

Дхоли – это красные волки, “рыжие псы”, знакомые нам по произведениям Киплинга. Некогда эти волки образовывали многочисленные стаи и обитали

на обширных территориях Азии. Сейчас красный волк сохранился только в Китае и в Индии. Ученых заинтересовала их звуковая общительность. Дхоли “болтают” между собой почти целый день, даже во время еды. Возможно, это способ поддерживать постоянный контакт между членами стаи в условиях плохой видимости, горного рельефа и густой растительности. Эти звери никогда не воют, как их родственники - шакалы, койоты и серые волки. В вокальном репертуаре дхолей имеется 11 типов звуков. Среди них несколько тональных, есть и звуки с ритмической пульсацией. Но самое поразительное - это двухголосие, или бифонация. Красные волки могут кричать два разных типа звука - “писк” (высокий) и “вяканье” (низкий) - как по отдельности, так и одновременно!

Правила физики диктуют, что вокальный тракт любого млекопитающего - в виде открытой с одного конца трубки, на “слепом” конце которой находятся две голосовые связки, - дает звук в виде стопки гармоник, где частота каждой последующей кратна предыдущей. Что же наблюдается у красного волка?

Гармоники в спектрограмме звуков дхоля следуют таким образом: 1500 Гц, 3000 Гц, 4500 Гц, но потом появляется некратная им полоса 7000 Гц. Вдобавок ко всему, эта верхняя полоса не повторяет форму нижних частотных полос, а совершенно на них непохожа. Более того, появляются дополнительные частотные полосы, которых вообще не должно было бы быть, и которые выгибаются в противоположную сторону и даже перекрещиваются с “нормальными” гармониками.

Исследователи тщательно проверили оборудование, исключили отражение верхних частот на нижние (так называемый алиазинг-эффект) с помощью компьютерной программы. Бифонических звуков было не один-два, чтобы можно было заподозрить, что звуки разных животных наложились друг на друга, их было очень много. Они встречались у всех 15 дхолей, которых записывали, когда было точно известно, что зверь кричит один. Такая картина могла и должна была наблюдаться в одном единственном случае - если в гортани у красных волков имеется второй, сцепленный с первым, источник звука.

Простейший пример двух источников колебаний - шарик на пружине, к которой в каком-либо месте подвешен еще один шарик на пружине. Можно представить, какие сложные формулы будут описывать колебания этих шариков? Так вот, взаимодействие таких шариков - источников волновых колебаний (звуки - это тоже волновые колебания) - в качестве модели происходящего в гортани у красных волков, предложили ученые.

Двухголосие у млекопитающих встречается нечасто; иногда оно возникает из-за болезни животного. Однако некоторым видам животных оно присуще и в обычном состоянии. Профессор Александр Александрович Никольский

обнаружил такие звуки во время гона у бухарских оленей. Как повседневное явление у нормальных здоровых животных двухголосие было обнаружено немецким ученым Инкой Вилден и ее коллегами и у дальних родственников красного волка - гиеновых собак.

Как же расшифрованы звуки волков? Прерывистые звуки “стаккато” и некоторые формы тональных звуков соответствуют ситуации агрессивного контакта между парами из соседних вольер, которые общаются через сетку. “Писк” регистрировали преимущественно во время мирного общения пары волков. Звуки, похожие на хныканье, слышали только во время половых взаимодействий. По всем этим звукам можно определить, чем занято животное. Но считать это знанием их “языка” еще нельзя. Сделать “синхронный перевод” означает понять, какие эмоции стоят за поведением и звуками, - сделать перевод с языка эмоций на язык слов. Это непросто даже в том случае, если речь идет о человеческих эмоциях (какую сложную гамму чувств заключает в себя слово “любовь”).

Например, самец дхоля издает серию удлиненных звуков “яп”, когда его самку приходится отсадить из-за проблем со здоровьем или на время родов. Такой же крик производят родители и их подростки детеныши, когда их рассаживают в разные клетки. Какие же эмоции могут лежать в основе этого звука? Страдание? Скука? Неуверенность в себе? Покинутость?..

Если выросшие волчата живут в одной вольере со своим отцом, то они продолжают издавать те же звуки, что и малыши, полностью зависящие от родителей. Что же они хотят этим выразить? Они “говорят”, что признают старшинство отца. В волчьей стае это - единственный способ сосуществовать вместе. А когда эти детеныши были маленькими, точно такой же крик означал: “Я голоден! Ты должен немедленно отрыгнуть мне еды!”. Другая ситуация. Во время “ухаживания” за самкой самец начинает издавать высокие звуки, которые совершенно необычны для него в любой другой период года. Эти крики означают, что он не “большой и страшный волк”, а “приятный, располагающий к себе парень, совсем не опасный и очень симпатичный”. Значит, переводчик должен учитывать, что значение звуков зависит от поведенческого контекста и социальной роли животного.

Несмотря на все сложности, наши знания о звериных языках пополняются. И чем лучше мы понимаем язык зверей, тем глубже постигаем эмоциональный подтекст языка человеческого.

За последние 30 лет есть достижения в разработке научной базы для установления связей между структурой звуков и эмоциональным состоянием млекопитающих. Успех научных разработок в этой области позволяет продолжить поиск соответствий между специфическими, структурными признаками звуков и особенностями эмоционального состояния

млекопитающих. Эти связи, интригующие ученых со времен Дарвина, могут также иметь важное прикладное значение в качестве индикаторов иерархических связей, намерений, благополучия и других аспектов поведения животных, важных для их изучения, сохранения видов.

Библиография

Володин И.А., Гольцман М.Е., Борисова Н.Г. Ситуативные изменения звуков больших песчанок (*Rhombomys opimus* Licht.) при оборонительном поведении//Доклады РАН. 1994. Т. 334. № 4

Володина Е.В., Володин И.А. Вокализации, сопровождающие репродуктивное поведение у редких видов кошачьих (Felidae)/ Научные исследования в зоологических парках. М., 1996. Вып. 6

Володина Е.В. Вокальный репертуар гепарда *Acinonyx jubatus* (Carnivora, Felidae) в неволе: структура звуков и поиск возможностей для оценки внутреннего состояния у взрослых животных//Зоол. Журнал. 2000. Т. 79. № 7

Володина Е.В., Володин И.А. Вокальные индикаторы эмоционального состояния у млекопитающих//Успехи современной биологии. 2001. Т. 121. № 2.

Володин И.А., Володина Е.В., Исаева И.В. Вокальный репертуар красного волка, *Canis alpinus* (Carnivora, Canidae) в неволе// Зоол. Журнал. 2001. Т. 80. № 10

Володина Е., Краснова Е. Толковый словарь языка четвероногих//Наука и жизнь. 2001. № 9

Володин И.А., Володина Е.В. Непрерывная вокализация во время вдоха и выдоха у большого полосатого кукуся, *Dactylopsila trivirgata* (Marsupialia, Petauridae)//Зоол. Журнал. 2002. Т. 81. № 11

Никольский А.А. Звуковые сигналы млекопитающих в эволюционном процессе. М., 1984.

Романенко Е. В. Физические основы биоакустики. М., 1974

Fitch W.T. The evolution of speech: a comparative review// Trends in Cognitive Science. 2000. V. 4. № 7

Fitch W.T., Neubauer J., Herzl H. Calls out of chaos: the adaptive significance of nonlinear phenomena in mammalian vocal production//Anim. Behav. 2002. V. 63. № 3

Frazer Sissom D.E., Rice S.D.A., Peters G. How cats purr//J. Zool. 1991. V. 223

Hauser M.D. The evolution of communication. Cambridge, 1996

Wilden I., Herzl H., Peters G, Tembrock G.. Subharmonics, bifonation, and deterministic chaos in mammal vocalization// Bioacoustics. 1998. V. 9

Тема № 208

Эфир 03.02.03

Хронометраж 51:21

Copyright © 2003 [HTB](#)