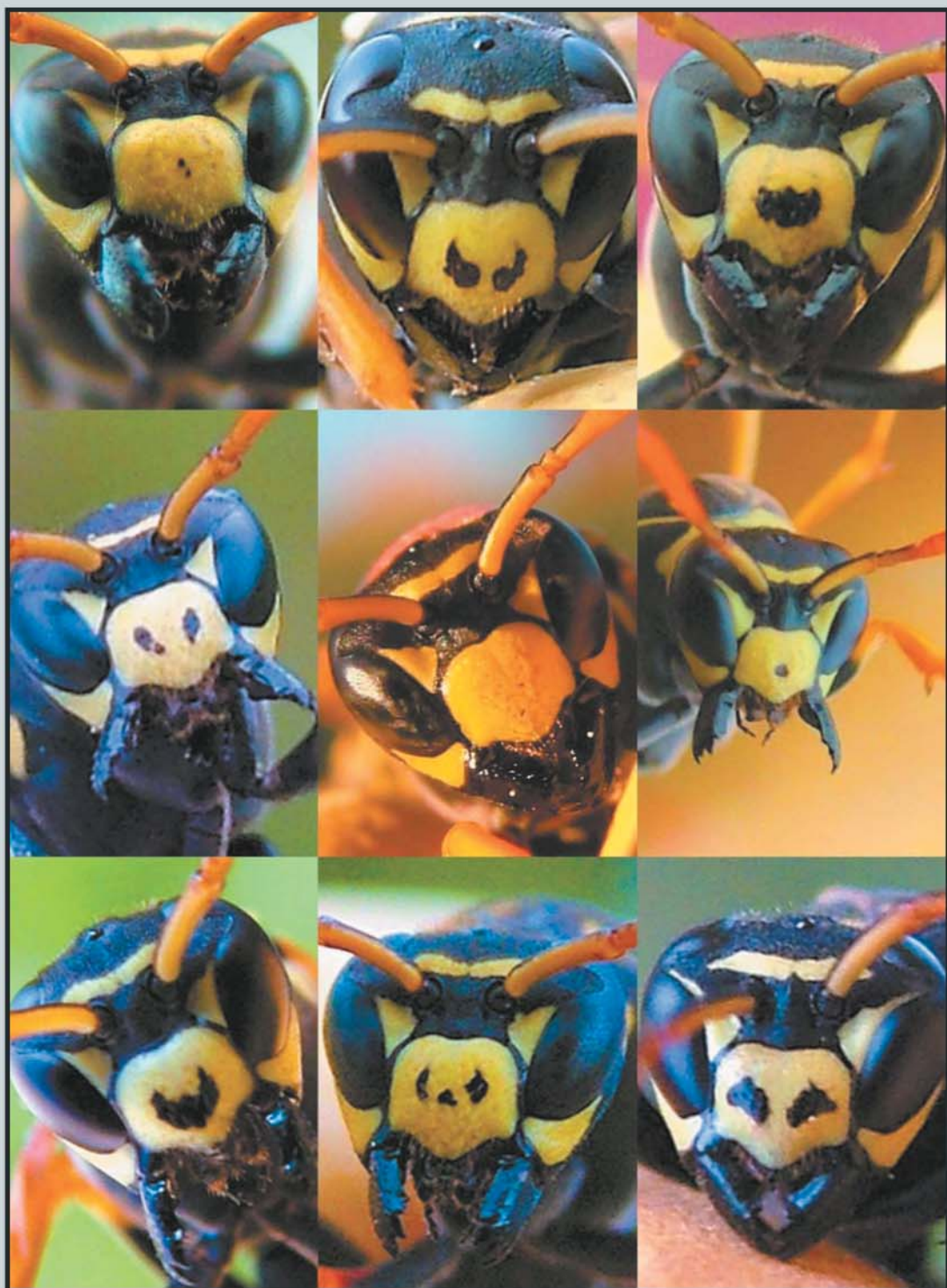


ПРИРОДА

8 08



Дуэли и серенады в мире животных: на носсах и голосах

Е.В.Володина, И.А.Володин

Помните, как в сказке Киплинга любознательный слоненок получил свой длинный нос? Ну, конечно, его вытянул в хобот злой крокодил, который пытался утащить слоненка в реку. Однако так просто бывает только в сказках. На самом деле ученые давно пытаются выяснить происхождение и предназначение столь странного морфологического образования у животных. Надо сказать, что необычным носом обладают не только слоны, но и другие млекопитающие, например сайгак (*Saiga tatarica*) — сравнительно небольшое (масса тела взрослого самца не превышает 35 кг, а самок еще меньше) копытное животное семейства полорогих. Носовая раковина у сайгака редуцирована и смещена так, что ноздри сдвинуты далеко назад, а перед ними над выступающими вперед зубами выросло нечто напоминающее хобот. Биологическая роль этого так называемого носового преддверия долго оставалась неясной, хотя предположений было немало.

Зачем сайгаку большой нос?

Самая первая и, казалось бы, наиболее очевидная гипотеза — это предположение о роли носа



Елена Владимировна Володина, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела научных исследований Московского зоопарка. Область научных интересов — изучение структуры и функции звуков, механизмы звукопродукции.



Илья Александрович Володин, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории поведения животных кафедры зоологии позвоночных Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Занимается социальным поведением млекопитающих и птиц, анализом двигательного поведения и биоакустическим мониторингом популяций.

как регулятора теплообмена. Дело в том, что сайгак обитает на обширных открытых пространствах степей и полупустынь с резко континентальным климатом — очень сухим и жарким летом и холодной зимой. Во время кочевков сайгаки преодолевают огромные расстояния — до нескольких тысяч километров, т.е. больше, чем какое либо-из

копытных в мире. Укрыться от палящего солнца летом и от морозов с сильным ветром зимой животным негде, поэтому, чтобы выжить, им необходимы какие-то приспособления, регулирующие обмен тепла и влаги в организме. Эту функцию вполне мог бы выполнять большой нос, однако анатомические исследования, проведенные еще в XIX в.

© Володина Е.В., Володин И.А., 2008

Д.Мюрие [1] и в XX в. В.И.Лодыженской [2], практически полностью отвергают такую вероятность. В носовом преддверии сайгака очень мало кровеносных сосудов, да и эпителий внутри носа такой же, как снаружи, т.е. покрыт шерстью. При таком строении нос сайгака не способен выполнять роль теплообменника или сохранять влагу. Поэтому гипотезу участия носа в сохранении тепла зимой и удаления избыточного тепла летом, а также использования носа для сохранения воды приходится отвергнуть как несостоятельную, хотя она и кажется наиболее вероятной.

А.Г.Банников с коллегами предположили, что носовое преддверие сайгака может служить фильтром для пыли [3]. Основана эта гипотеза на изучении найденных погибшими или добытых на охоте сайгаков. Носовые преддверия всех этих животных содержали частицы пыли, склеившиеся в небольшие комочки. Крупный выстланный шерстью нос, способный отфильтровывать пыль, вполне мог бы предохранять чувствительный обонятельный эпите-

лий от повреждений. Но тогда почему такая адаптация появилась только у сайгака? Почему столь впечатляющие дополнительные приспособления для фильтрации пыли не развиваются, к примеру, у лошадей, бизонов, джейранов или каких-нибудь африканских антилоп, также живущих в пыльных степях?

Возможно, возникновение такой адаптации именно у сайгака связано с особенностями его биологии. Это — стадное животное и одно из самых быстрых копытных на планете. Спасаясь от хищников, взрослый сайгак движется со скоростью 70—80 км/ч, а новорожденный сайгачонок спустя всего 10—12 мин уже бежит так быстро, что люди не могут поймать его, чтобы помечить [4]. Для поддержания высокой скорости в течение продолжительного времени сайгак использует наиболее быстрый и одновременно энергетически экономичный аллюр — иноходь, выбрасывая вперед одновременно обе левые ноги, а затем обе правые. Чтобы создать максимальную свободу плечевой мускулатуре, шею сайгак удерживает почти горизонтально, из-за

чего голова опущена очень низко над землей. В результате ноздри постоянно погружены в сплошное пылевое облако, которое поднимается от огромного бегущего стада. Очевидно, что в этом случае дыхательные органы животного подвергаются значительной опасности, и нет ничего удивительного, что в процессе эволюции у сайгака развился орган, выполняющий функцию пылевого фильтра. Такой необходимости нет ни у лошадей, ни у бизонов, поскольку у этих довольно крупных животных голова во время бега находится высоко от земли. Что же касается некрупных антилоп, то ни одна из них не мигрирует на *такие* расстояния, с *такой* скоростью и *такими* огромными стадами, как сайгаки.

Казалось бы, гипотеза о роли носового преддверия как пылевого фильтра логична и обоснована. Единственное, что эта гипотеза не объясняет — ярко выраженный половой диморфизм в размерах носов у сайгака. Ведь пылевой атаке подвергаются как самцы, так и самки, поэтому и увеличенное преддверие носа должно было развиваться в рав-



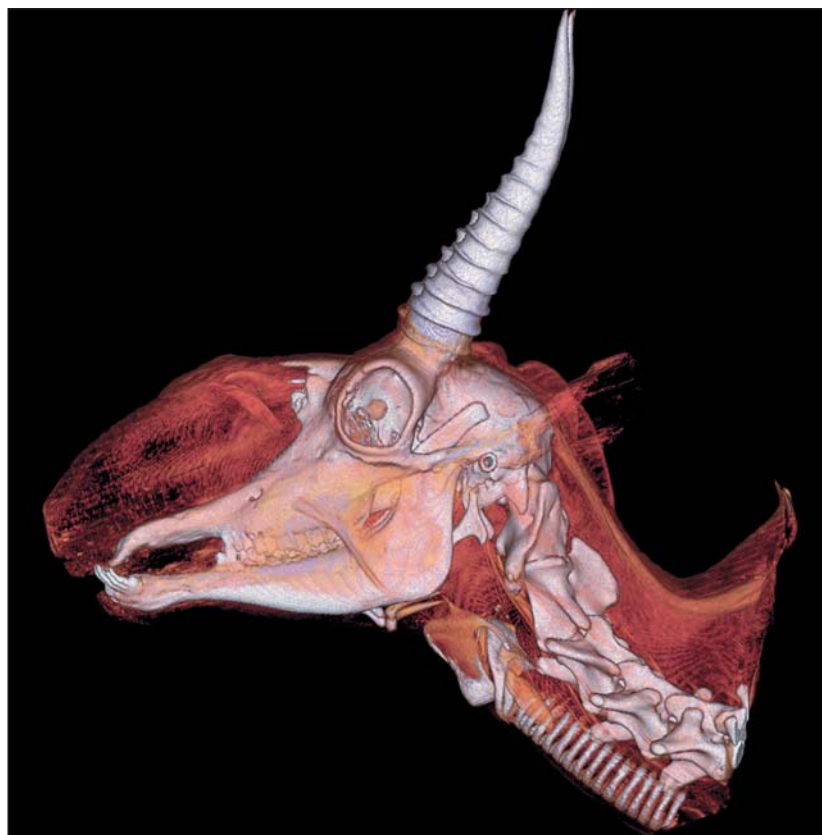
Самец и самка сайгака. Их носы похожи на гофрированный шланг, который легко гнется в любую сторону.

Фото авторов

ной мере и у тех, и у других. Отличаться они должны лишь пропорционально размерам самих животных. Однако носы самцов не только несоразмерно больше, чем у самок, но и еще больше увеличиваются зимой, когда пыли практически не бывает. Как же это можно объяснить?

Пытаясь разобраться в этом, Р.Фрай, морфолог из Института исследований животных в природе и неволе им.Г.В.Лейбница (Берлин), изучил анатомию головы погибшего в Кёльнском зоопарке самца сайгака [5]. Сначала была проведена компьютерная томография головы, а затем сделаны тонкие срезы мягких тканей, причем чтобы сохранить их естественное положение и не допустить сминания, препарат подвешивали в воде. Выяснилось, что все мышцы, управляющие носовым преддверием, чрезвычайно подвижны и тесно связаны плотной соединительной тканью воедино. Поэтому любые изменения его формы обеспечиваются скоординированным действием сразу нескольких мышц, а не какой-то одной. Но не слишком ли это роскошно для простого фильтра от пыли?

Объяснение пришло, когда результаты анатомических исследований дополнились данными из совсем другой области биологии — биоакустики. На протяжении нескольких лет мы изучали двигательное и акустическое поведение самцов сайгака во время гона зимой в Зоопитомнике Московского зоопарка под Волоколамском. Исследования велись не в естественных условиях, а в питомнике потому, что в природе сайгаки близко людей не подпускают, да и спариваются обычно ночью. Возможно, именно поэтому, несмотря на существующую обширную литературу, посвященную сайгаку, о поведении самцов во время гона до недавних пор ничего известно не было, как, впрочем, и о других аспектах поведения этих животных.



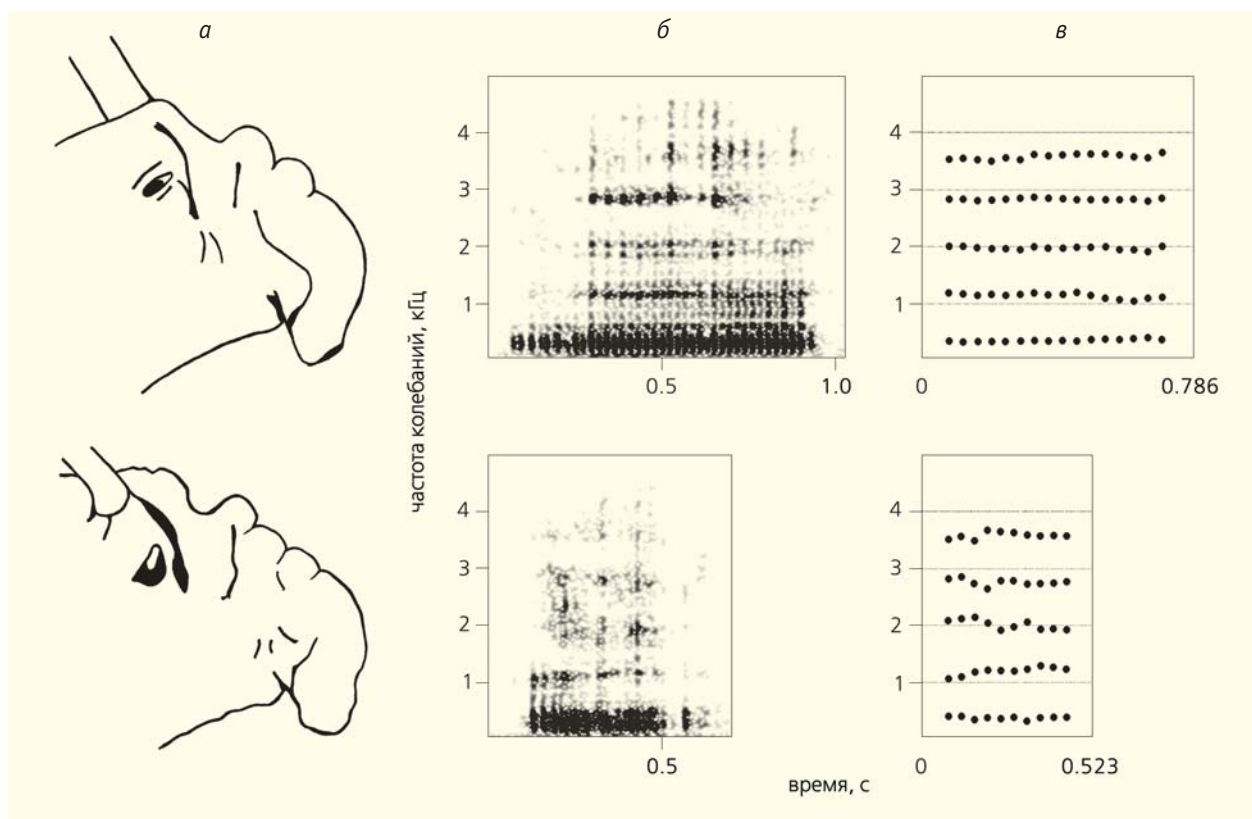
Компьютерная томография головы самца сайгака. Видно, что носовая область черепа сильно укорочена и практически сразу перед глазами начинается огромное носовое преддверье — эластичный хобот без каких-либо костных или хрящевых структур. Публикуется с любезного разрешения Р.Фрая.

Только в условиях полувольного содержания в больших вольерах, где самцы, с одной стороны, ведут себя естественно, а с другой, не могут полностью исчезнуть из поля зрения, можно сделать высококачественные аудио- и видеозаписи сайгаков. В результате анализа этих записей удалось узнать много нового в биологии и поведении этого удивительного животного.

Чтобы привлечь и защитить

В период гона самец тщательно охраняет гарем, собирая самок в табун и отгоняя от них других самцов. Столь же агрессивен он и к людям, рассматривая их в качестве соперников (возможно, потому, что люди

примерно того же размера). Охраняя гарем, самец громко хоркает, и при этом принимает специфическую вокальную позу: удерживая шею почти горизонтально, задирает тяжелую рогающую голову вверх и остается в такой позе на протяжении всего крика, который длится около полсекунды. Кричат самцы исключительно через нос, на выдохе, с плотно закрытым ртом. Это было хорошо видно на видеозаписях, сделанных в морозные январские дни, по паре, выходящему из носа сайгаков во время крика. Непосредственно перед тем как издать громкое хорканье, самец сильно напрягает и удлиняет мягкий нос, так что он выглядит как сложная кривая S-образная труба. Носовое преддверие растягивается так, что значительно нависает



Индивидуальные различия в удлинении носа (а) у двух самцов сайгака и акустические признаки их криков — спектрограммы гонных криков (б) и треки, показывающие ход формант на протяжении крика (в).



Самец сайгака во время гона зимой. В этот период он угрожает даже людям — бегаёт вдоль сетки вольера, принимает вокальную позу, при этом его нос удлиняется, и громко кричит — хоркает.

Здесь и далее фото авторов

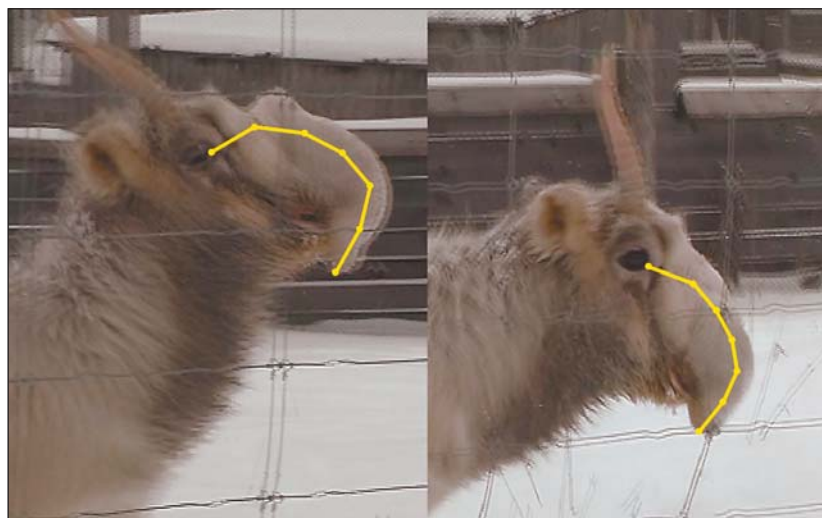
надо ртом, при этом ноздри выгибаются вперед. В вокальной позе заметны индивидуальные различия, особенно в числе складок на поверхности преддверия: у трех самцов было только по одной складке, у одного две, и еще у одного — целых три. Кроме того, изгиб носа у четырех самцов был гладким, а у одного больше напоминал зигзаг.

Собирая самок в табун и отгоняя от них соперников, гаремный самец регулярно вздергивает голову и кричит почти непрерывно. Это требует огромных энергетических затрат, поэтому за несколько дней гона самец может дойти до крайнего истощения. В неволе его, конечно, стараются вовремя изолировать от стада, заменяя другим самцом, но в природе, судя по литературным данным, многие из таких полностью растративших силы самцов погибают [3].

Зачем же самцы тратят столько сил на такое, казалось бы, бессмысленное и энергетически затратное поведение? Для чего им каждый раз перед криком надо задирать голову и делать нос трубой? Ведь известно, что самки, общаясь с детенышами, тоже кричат через нос, но при этом не напрягают его и не закидывают голову. Мы предположили, что гаремный самец принимает специфическую вокальную позу, чтобы изменить структуру звуков, которые для самцов-соперников должны быть устрашающими, а для самок — привлекательными. Мы проанализировали звуки самцов с помощью компьютерной спектрографической программы Avisoft и выяснили, что громкое хорканье гаремного самца представляет собой серию пульсов, которая соответствует частоте колебания голосовых связок животного, т.е. около 40—45 колебаний в секунду. Каждый пульс и соответственно весь звук целиком охватывают широкую полосу частот.

Весь дальнейший анализ звуков был основан на теории источника-фильтра, которая была предложена Г.Фантом в 1960 г. для речи человека и продолжает оставаться ключевой в современной биоакустике как человека, так и животных [6]. В соответствии с этой теорией, сигнал голосового источника (колеблющихся в потоке воздуха голосовых связок) проходит через вокальный тракт (глотку, ротовую и носовую полости), у которого есть свои акустические резонансы и антирезонансы. Это означает, что вокальный тракт выполняет функции своеобразного фильтра, усиливающего и ослабляющего определенные частоты звукового сигнала.

На структуре звука, который мы в итоге слышим, и исходящем у большинства животных изо рта, а у сайгака — из носа, сказываются особенности как голосового источника, так и вокального тракта. Параметры голосового источника, такие как



Во время гона у гаремного самца в течение крика носовой вокальный тракт удлинится по сравнению с расслабленным носом после крика в среднем на 21.7%.

длина и массивность голосовых связок, определяют частоту голосового тона. А параметры вокального тракта, так называемые форманты, которые зависят от длины пути звука от голосовых связок до выхода из вокального тракта, определяют тембр звука. Но ведь очевидно, что когда гонный самец сайгака вытягивает нос, путь для звука также должен удлиниться. Таким образом, нашей задачей было посмотреть, как изменяются форманты в криках сайгака, издаваемых с расслабленным и с вытянутым носом.

Такие звуки удалось записать только от одного самца. Издавая крики, он не тратил усилия на то, чтобы принимать вокальную позу и напрягать нос, поэтому его вокальный тракт не был дополнительно удлинён. Для сравнения «зимних» и «летних» криков самцов сайгака мы использовали компьютерную программу Praat.

Э.Ваннони, биоакустик из Италии, показала нам, как она использует эту программу для анализа формант в звуках гаремных самцов лани, которые в период гона кричат, оттягивания вниз гортань так, что она почти достигает грудины [7]. После крика гортань рывком возвращается в исходное положение. Хотя

механизмы удлинения вокального тракта у сайгака и лани кажутся совсем разными, приводить они должны к одному и тому же акустическому эффекту — форманты звука становятся ниже.

Поскольку у сайгака при вокализации задействована не ротоглоточная, а носоглоточная полость, первым делом необходимо было измерить длину назального вокального тракта у самца сайгака. Оказалось, что расстояние от голосовых связок до конца носового преддверия составляет 380 мм, что стало отправной точкой для расчета формант в звуках сайгака. Чтобы оценить удлинение назального вокального тракта во время крика в сравнении с состоянием покоя, мы анализировали видеозаписи. Среди отснятого видеоматериала мы выбирали по два видеокадра от одного и того же самца сайгака: один кадр в момент крика, а второй — с уже расслабленным носом после крика. Важно было выбрать такие кадры, где самец стоял точно боком к камере. Положение головы отслеживали по положению рогов — идеальным считался профиль, где контуры рогов накладывались друг на друга. Если таких не находилось, мы брали профили наиболее

близкие к идеальным. Не всегда также удавалось подобрать кадры с максимальным напряжением или расслаблением носа, поскольку животное могло двигаться в момент крика так, что частично скрывалось за сугробами снега или изгородями. С помощью программы AutoCAD мы проводили кривую линию от угла глаза до кончика носового преддверия сайгака, которая соответствовала длине назального вокального тракта во время и после крика, и сравнивали их длину. Оказалось, что вытягивание носа во время крика удлиняло вокальный тракт самца примерно на 20%; при этом формантные частоты их криков снижались также примерно на 20%. Сомнений не оставалось — формирование носа перед криком и удлинение назального вокального тракта действительно приводят к снижению формант крика у гонных самцов.

Для чего же сайгаку нужно снижать формантные частоты своих гонных криков?

Это любовь!

Более длинным вокальным трактом обладают, как правило, крупные животные, поэтому, увеличивая его длину за счет вытягивания носа, сайгак старается казаться больше, чем он есть на самом деле. Этот феномен не так уж необычен и носит название вокального преувеличения размера. Помимо уже упомянутых самцов лани, другой яркий

и близкий для нас пример — это наш собственный вид. Действительно, у человека гортань расположена очень низко по сравнению с родственными нам шимпанзе [8]. В отличие от лани, низкое положение гортани человека постоянное, а не динамическое, т.е. встречающееся только во время крика. Развившись в ходе эволюции, низко расположенная гортань дала большую свободу движениям языка, обеспечив тем самым возможность развития речи. Но у мальчиков-подростков, по сравнению с девочками, во время полового созревания гортань опускается еще ниже, что сопровождается ломкой голоса. Голос становится низким и глубоким — и, как показали научные исследования, гораздо более привлекательным для женщин. В своей статье «Голоса мужчин и выбор женщин» С.Коллинс [9] приводит данные, свидетельствующие о том, что когда женщины могут руководствоваться только слухом, то они предпочитают мужские голоса с низкими формантами. Дальнейшие исследования показали, что предпочтения в пользу низкого мужского голоса развиваются у женщин во время полового созревания, тогда как маленькие девочки, наоборот, предпочитают «добрые» высокие голоса [10]. Результаты экспериментов свидетельствуют, что поскольку предпочтение низких мужских голосов может оказывать влияние на выбор супруга, то выбор женщин мог оказаться существенным факто-

ром полового отбора, действующим на дополнительное эволюционное опускание гортани у мужчин.

Почему же самки предпочитают глубокие мужские голоса с низкими формантными или основными частотами? С одной стороны, это понятно — низкий голос, как правило, свойствен более крупным самцам, которые способны не только привлечь и защитить больше самок, но и более опасны для соперников. Однако, по-видимому, есть и еще одна причина — низкий мужской голос свидетельствует о старшем возрасте самца, более опытного и приспособленного, коли он сумел дожить до столь преклонных лет.

Интересно, что эти механизмы полового отбора работают не только у млекопитающих. К примеру, как установили швейцарские исследователи А.Джакот и Х.Шубер, частота криков саморекламирования самцов полевых сверчков также понижается с возрастом [11]. Именно низкие глубокие голоса «мужчин в самом расцвете сил», производимые с помощью модифицированных передних частей крыла, оказываются самыми привлекательными для ищущих спутника жизни самок этого вида.

Так что же это за эволюционная сила, которая превращает голоса и людей, и зверей сразу и в инструмент для исполнения серенад, и в оружие для турниров? Вы уже знаете ответ — и абсолютно правы! Конечно, это любовь! ■

Литература

1. Murie J. On the Saiga Antelope, *Saiga tatarica* (Pall.) // Proceeding Zoological Society, L., 1870. P.451—503.
2. Лодыженская В.И. К морфологии верхних дыхательных путей сайги (*Saiga tatarica*) // Ученые записки Карело-Финского Университета. 1952. Т.4. Вып.3. С.17—41.
3. Банников А.Г., Журнов Л.В., Лебедева Л.С., Фандеев А.А. Биология сайгака. М., 1961.
4. Данилкин А.А. Полология. М., 2005.
5. Frey R., Volodin I., Volodina E. // Journal of Anatomy. 2007. V.211. P.717—736.
6. Fant G. Acoustic theory of speech production. Mouton, 1960.
7. Vannoni E., McElligott A.G. // Ethology. 2007. V.113. P.223—234.
8. Fitch W.T. // Trends in Cognitive Science. 2000. V.4. P.258—267.
9. Collins S.A. // Animal Behaviour. 2000. V.60. P.773—780.
10. Saxton T.K., Caryl P.G., Roberts S.C. // Ethology. 2006. V.112. P.1179—1185.
11. Jacot A., Scheuber H. // Ethology. 2007. V.113. P.615—620.