

ПРИРОДА

7 12



Землеройка-барабанщик

И.А.Володин, О.Г.Ильченко, Е.В.Володина, А.С.Зайцева, А.Л.Чеботарева

В Московском зоопарке появилось удивительное животное — землеройка-красавка, или пегий пutorак (*Diplothesodon pulcbellum*). Этот крошечный (размером с очень маленькую мышь или с половинку большой мыши) представитель подсемейства белозубочьих землероек отряда насекомоядных встречается в песках Туркмении, Узбекистана, Казахстана и на юге России. Названия «пегий» и «красавка» легко объяснимы. Пutorаки и правда очень красивы, с густой блестящей серо-стальной шерсткой и большим белым овалом на спине. А «пutorакой» (женского рода) ранее называли другого зверька из отряда насекомоядных — выхухоль [1].

В поведении землероек вообще много удивительного. Все они очень маленькие и очень подвижные и из-за своих миниатюрных размеров должны питаться очень часто. При пониженной температуре землеройки могут впадать в оцепенение, и тогда температура их тела становится равной температуре окружающей среды. Но даже если тепло, пегие пutorаки, подобно другим землеройкам, могут снижать температуру тела при недостатке еды [2] или даже без видимых причин. Это позволяет бережнее расходовать энергию. Большую часть своей активности в течение суток пегие пutorаки посвящают поиску и поеданию своей добычи: мелких ящериц, пауков, различных на-



Илья Александрович Володин, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории поведения животных кафедры зоологии позвоночных МГУ им. М.В.Ломоносова. Область научных интересов — социальное поведение млекопитающих и птиц, методы компьютерного анализа звукового и двигательного поведения, механизмы звукопродукции, биоакустический мониторинг популяций.

Ольга Геннадиевна Ильченко (в центре), заведующая секцией мелких млекопитающих Московского зоопарка. Занимается разработкой технологий разведения редких видов в неволе, изучает социальное и репродуктивное поведение, развитие поведения в онтогенезе.

Елена Владимировна Володина (вторая слева), кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела научных исследований Московского зоопарка. Занимается исследованием структуры и функции звуков, индивидуальной и половой специфики криков.

Александра Сергеевна Зайцева (первая слева), магистрант биолого-почвенного факультета Санкт-Петербургского государственного университета. Изучает онтогенез вокального поведения и морфологических признаков землероек в неволе.

Анастасия Леонидовна Чеботарева, магистрант Московского городского педагогического университета. Исследует социальное и репродуктивное поведение мелких млекопитающих в неволе.

секомых и их личинок [2, 3]. Охотиться и кушать они готовы всегда, поэтому в условиях неволи приходится постоянно следить за их диетой и оборудовать клетки специальными беговыми колесиками, в которых они могли бы поупражняться.

Как и все землеройки, пегие пutorаки растут и взрослеют очень быстро. Полуторамесячный зверек уже считается взрослым и способен размножаться. Подросшие детеныши способны сами разыскивать пищу, но могут не найти обратной дороги. Чтобы не потеряться, детеныш крепко ухватывает маму сзади за шкурку челюстями, следующий цепляется за первого, и так до тех пор, пока весь выводок не выстроится в маленький караванчик, который мама затем заводит обратно в нору. При формировании и перемещении караванчика можно слышать тихие попискивания, означающие, что все дети на месте и никто из них не потерялся. Если же один из детенышей начинает пищать громко, это означает, что он случайно отцепился. Такой детеныш может отстать и погибнуть, если «поезд» уйдет без него. Слыша громкие звуки отставшего, мать притормаживает, чтобы дать ему возможность снова присоединиться к караванчику.



Землеройка-красавка, или пегий пutorак.

Фото В.Е.Шутова

Пегие пutorаки очень говорливы. Детеныши писками сообщают маме о том, что голодны. Даже совсем маленькие детеныши способны издавать хорошо слышимые щелчки. Эхо, отраженное от этих щелчков, по-видимому, помогает им не наткаться на стенки в полной темноте гнезда. Кроме щелчков они издают и другие звуки, хорошо различимые на человеческий слух. Особенно часто их можно слышать во время ухаживания

самца за самкой и при конфликтах из-за добычи [4].

Особые способности

Однако до сих пор не очень ясно, существует ли у землероек также и ультразвуковая эхолокация, неслышимая для человека. Такой эхолокацией пользуются летучие мыши для того, чтобы на лету в полной темноте обнаруживать летающих насекомых.



Размером пегий пutorак невелик: с очень маленькую мышью. Слева — взрослый, справа — детеныши.

Здесь и далее фото авторов



Семейство пutorаков выстраивается в маленький «поезд». Хотя шестнадцатидневные дети уже не сильно отличаются по размеру от матери, в природе они еще могут не найти обратной дороги.

В отличие от слышимых звуков, которые распространяются не только вперед, но и в стороны, ультразвук распространяется очень узким пучком и отражается от летящей ночной бабочки

обратно — к широким ушам-локаторам летучей мыши. А могут ли издавать и воспринимать издавать отраженный ультразвук землеройки? Прямых подтверждений этому получено не было,

хотя эксперименты, проведенные в 60-х годах прошлого столетия, вроде бы и не отвергают такой возможности [5, 6]. Однако старые методы не позволяли качественно записывать ультразвук. Обнаруженные ультразвуки обязательно принадлежали землеройкам, поскольку ультразвуковую составляющую могли иметь даже удары их лапок по клетке. Но даже в недавно проведенных исследованиях, посвященных эхолокации землероек, никаких ультразвуковых записей получено не было [7], и выводы о способностях землероек к ультразвуковой эхолокации основаны по большей части на наблюдениях за их поведением.

Ореол тайн вокруг землероек продолжает вдохновлять исследователей, тем более что возможностей для этого все больше и больше. Появились суперчувствительные микрофоны и цифровые рекордеры для записи звука и ультразвука, а также специальные программы, позволяю-



Экспериментальная установка из двух валенков, вставленных один в другой, для записи звуков пегих пutorаков при ориентации в незнакомом пространстве в темноте.

щие видеть звук и ультразвук на экранах компьютеров. Весной 2011 г. в Московском зоопарке родилось уже шестое поколение пегих пугорак, а в зоопарке из сотрудников научного отдела и студентов-практикантов образовалась группа энтузиастов, собирающихся посвятить предстоящее лето изучению поведения этих интересных животных.

На повестке дня стоял вопрос, каким образом записывать ультразвук. Пластиковые контейнеры из магазина «КЕА», в которых жили пугорак, были плохо пригодны для этой цели. Идеально гладкие стенки контейнеров отражали звук, давая очень сильное эхо, которое портило звукозапись. Неожиданная идея возникла при взгляде на комплект зимней спецодежды. А почему бы не посадить пугорак в валенок? Поскольку он не отражает, а поглощает звук, то, вставленные один в один, валенки стали практически идеальной студией звукозаписи для маленького ночного животного. Была надежда, что, попав внутрь валенка, пугорак начнет обследовать помещение, используя при этом эхолокацию. Однако этот эксперимент оказался безуспешным. Ни одно животное не издавало ни звуков, ни щелчков. Одно из двух: либо пугорак вообще не имели никакой ультразвуковой сигнализации, либо просто были не в настроении издавать какие-либо звуки в уютном и комфортабельном интерьере валенка. Очевидно, что дизайн экспериментов следовало менять.

Из имеющихся в литературе описаний экспериментов по поиску эхолокации у землероек наиболее многообещающим выглядел тест на приподнятом над землей диске. В экспериментах Гоулда с соавторами [5] высаженные на диск землеройки тут же начинали его обследовать, используя при этом весь доступный им арсенал способов и органов чувств: перемещения, обнюхивание, различные звуки и эхолокационные ультразвуковые щелчки. Как раз это мы и хо-

тели бы получить от пугорак. Было решено приступить к серии экспериментов, используя в качестве импровизированного приподнятого диска перевернутое ведро из тонкого пластика.

Живые мобильники

Эксперименты с ведром привели к большому успеху, но совсем не тому, который мы ожидали. На прогибающемся под лапками доньшке ведра пугорак вибрировали, как маленькие мобильные телефоны с включенным режимом вибрации! Это удивительное явление также иногда встречалось, когда зверька брали в руки, сажали в карман или приподнимали вверх вместе с его укрытием, сделанным из отрезка пластикового шланга. Во всех этих ситуациях общим было то, что прежде ровная поверхность грунта прогибалась или исчезала под зверьком, так что земля как бы уходила у него из-под ног.

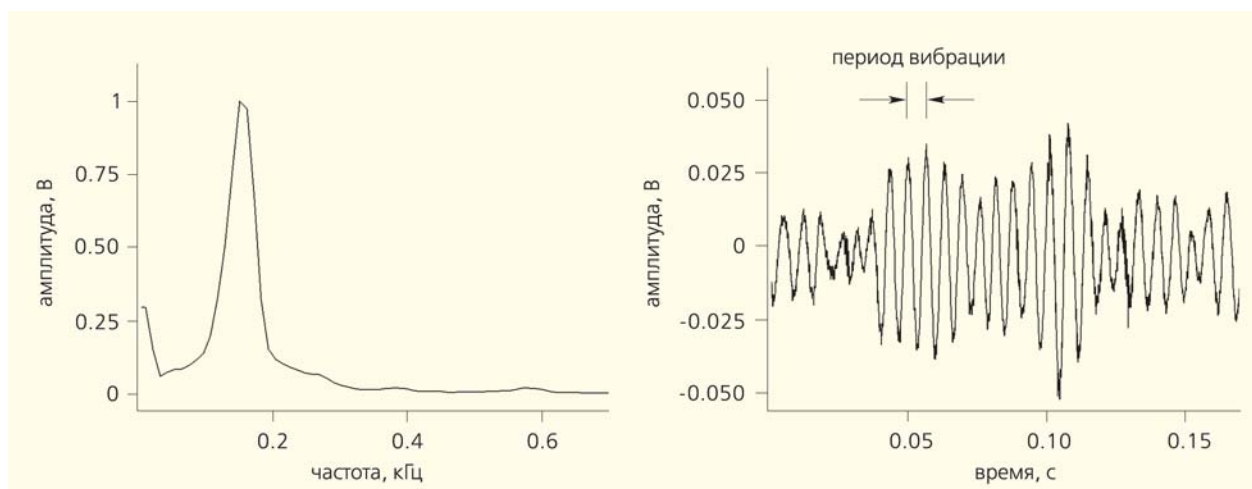
Это было настоящее открытие. Прежде вибрацию никогда не находили, да и не пытались искать у землероек. Так к списку удивительных способностей землероек-красавок добавилась еще и вибрация, т.е. способность генерировать низкочастотные сейсмические волны.

Землеройка как источник сейсмической активности

Чтобы поподробнее изучить вибрацию у пугорак, методику предстояло несколько усовершенствовать. Вибрация — это сейсмический сигнал, а для регистрации сейсмических волн нужны геофоны — приборы, воспринимающие именно грунтовые, а не воздушные вибрации. Но любая сейсмическая вибрация имеет также и акустический компонент. Поэтому мы могли записывать возникающие в воздухе при вибрации пугорак звуковые волны с помощью



Чтобы записать звуки вибрации, даже усиленные мембраной барабана, микрофоны приходилось держать очень близко от вибрирующего животного.



Звуковые волны, записанные при вибрации путорака на мембране барабана (слева — спектр, справа — осциллограмма), позволяют увидеть период вибрации и измерить частоту следования вибрационных пульсов. Спектральный пик на 160 Гц соответствует частоте вибрации.

рекордеров для записи слышимых звуков и неслышимого ультразвука.

Однако нужно было подобрать вибростенд получше нашего пластикового ведра. Оно все же довольно плохо преобразовывало сейсмические колебания в воздушные. Вибрация становилась хорошо заметной только тогда, когда путорак находился в самом центре его доньшка. В качестве замены ведру решили попробовать привезенный из отпуска в Египте нарядный деревянный барабан. Бара-

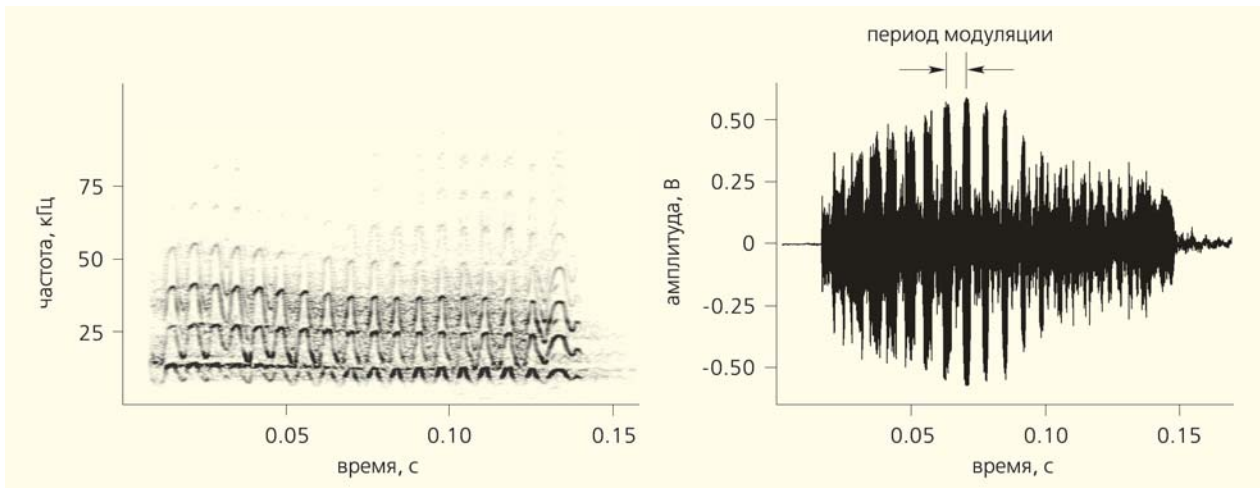
бан был высотой около 40 см, с туго натянутой круглой кожаной мембраной около 25 см в диаметре. Чем не имитация приподнятого диска из экспериментов Гоулда [5, 6]! Стояло лето, поэтому из-за жары мембрана барабана несколько подсохла и заскорузла. Но после протирки влажной тряпочкой растянулась и стала звонко гудеть при малейшем постукивании. Этот барабан мы установили вертикально в большой пластиковый кювет с толстым слоем песка внизу для мягкости: на тот случай, если пу-

торак вдруг решит соскочить с барабана вниз. Теперь оптимизированная установка была готова для проведения новой серии экспериментов по изучению вибрации у путораков. Этот опыт имитировал приход животного на новую, неизвестную для него территорию с неизвестным для него грунтовым покрытием.

Было решено, что в экспериментах примут участие животные разного пола и возраста. Это было важно для того, чтобы оценить влияние этих факторов на способность путораков вибрировать. Среди 19 наших будущих участников экспериментов было примерно поровну самцов и самок, и на девять взрослых приходилось десять подростков. Поскольку путораки — зверьки ночные, исследователям также пришлось на время перейти на вечерне-ночной образ жизни. Каждого путорака проверили на способность вибрировать, высаживая поодиночке на несколько минут на барабан. Одиннадцать из 19 зверьков вибрировали на барабане, который при этом издавал гулкие звуки. Путораки вибрировали всем телом, и было видно, что хвостик при этом тоже дрожит. После эксперимента путораков взвешивали на электронных весах, для того чтобы посмотреть, будет ли различать-



Наши путораки привыкли к тому, что их часто берут в руки.



Так выглядит на экране компьютера громкий дребезжащий звук «джик» пегого пutorака (слева — спектрограмма, справа — осциллограмма). Дребезжание появляется из-за волнообразных изгибаний, видимых на спектрограмме звука — модуляции основной частоты. Удивительно, что период дребезжания в джиках пutorаков совпадает с периодом вибрационных пульсов.

ся частота вибрации у более тяжелых и более легких по весу животных.

На всякий случай все звукозаписи тщательно проверили на возможное присутствие ультразвука. Сделать это на слух невозможно, поэтому мы использовали специальную программу, которая позволяет увидеть его на экране компьютера. Однако никакого ультразвука мы не нашли. Зато от трех пutorаков были записаны щелчки в слышимом звуковом диапазоне. Кроме того, почти все пutorаки издавали громкие резкие звуки, которые мы назвали «джиками» из-за их дребезжащего звучания. Записи содержали и звуки от вибрации пutorаков на барабане. Они хорошо отличались от постороннего шума как на слух, так и по изображению на экране компьютера*. Мы даже смогли оценить скорость вибрации зверьков, измерив расстояние между последовательными вибрационными пульсами, высвечивающимися на экране. Оказалось, что пutorаки вибрируют с периодичностью 160 колебаний в секунду. Мы с удивлением обнару-

жили, что периодичность вибрации строго совпадала с периодичностью дребезжания в джиках тех же самых пutorаков.

Факты и артефакты

Теперь полученные результаты надо было как следует обдумать и обсудить. Нет ли каких-то подводных камней в нашей методике исследований? А вдруг это была не вибрация, а просто дрожание от холода, голода или страха?

Все факты говорили в пользу того, что мы нашли самую настоящую вибрацию. Жарким летом 2011 г. температура в экспериментальном помещении не опускалась ниже 25°C, так что дрожание для терморегуляции можно было сразу исключить. Дрожание из-за голода тоже было невозможно, потому что всех животных как следует кормили перед экспериментами. И третью причину возможного экспериментального артефакта — страх, тоже можно исключить. Все зверьки родились в зоопар-



В незнакомой обстановке самка сразу начинает собирать детей.

* Эти звуки и видео вибрирующих пutorаков можно посмотреть в Галерее звуков животных на сайте http://www.bioacoustica.org/gallery/mammals_rus.html.

ке и привыкли к людям и к тому, что их регулярно переносят на руках. Более того, пугорак вибрировал, только когда не боялись и спокойно обследовали барабан. Беспокойное животное не вибрировало, а просто спрыгивало с барабана вниз, в песчаную подстилку.

А зачем пугораку вибрировать? Имеет ли это какое-нибудь значение для коммуникации между животными? Вероятнее всего, нет. Эти зверьки одиночные, ночные. Кроме того, у них есть громкие крики и сильный специфический запах. Вибрация — сигнал очень низкой интенсивности, тогда как звуки и запахи гораздо лучше приспособлены для того, чтобы сигнализировать чужаку или потенциальному брачному партнеру о своем присутствии. Наиболее вероятная гипотеза — то, что с помощью вибрации пугорак могут оценивать плотность грунта. Как правило, землеройки очень плохо копают и предпочитают прятаться в щелях и чужих норах, однако пугорак роют в песке собственные норы до нескольких метров длиной со ско-

ростью 1—2 см/с [3, 8]. Кроме того, пугорак роют в песке маленькие ямки, до тридцати за ночь, когда ищут в песке насекомых [3]. Вероятно, вибрация тела может служить им для сейсмического исследования плотности грунта, для того чтобы избежать энергетически затратного рытья плотно слежавшегося песка.

А что известно о вибрации у других животных?

В мире животных вибрация распространена довольно широко, и особенно часто встречается среди насекомых, пауков, амфибий и рептилий [9]. Многие насекомые используют постукивание по растению или земле в качестве брачных сигналов. Встречается вибрация и среди млекопитающих. Наземные пустынные грызуны стучат лапками о землю, предупреждая других членов колонии о появлении опасности. Подземные палестинские слепыши стучат своей уплощенной сверху головой о стенку прорытого ими туннеля, чтобы прогнать чужака, на-

рушившего границы территории [10]. Но мало только передавать вибрацию, нужны также и механизмы, чтобы ее воспринимать. Обратная сторона вибрации — это сейсмическая чувствительность, т.е. то самое шестое чувство, которое позволяет пауку понять по вибрации паутины, что в нее попала муха, а хищной личинке муравьиного льва ощутить появление муравья на краю ловчей воронки [9]. Среди насекомых, к которым относятся и землеройки, способность воспринимать сейсмические волны известна для златокротов, живущих в пустыне Намиб в Южной Африке [11]. Для восприятия низкочастотной сейсмической вибрации от кочек травы, где живет их любимая пища — термиты, златокроты имеют очень сильно увеличенную косточку среднего уха — молоточек. У златокрота массой всего 20 г молоточек весит в полтора раза больше, чем у человека в 70 кг! Правда, никто никогда не видел, чтобы златокрот сам генерировал вибрации, так, как это делали наши землеройки-красавки. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 12-04-00260А.

Литература

1. *Даль В.И.* Толковый словарь живого великорусского языка. Т. III. М., 1955.
2. *Кузнецов В.И.* К экологии малой белозубки (*Crocidura suaveolens* Pall.) и пегого пугорак (*Diplomesodon pulchellum* Licht.) пустыни Каракум // Терриология. Т.1. Новосибирск, 1972. С.266—276.
3. *Дубровский В.Ю., Брагин М.А., Бульчев В.П. и др.* Особенности биологии пегого пугорак (*Diplomesodon pulchellum* Licht. 1823) в Волго-Уральских песках // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 2011. Т.116. № 3. С.24—31.
4. *Мовчан В.Н., Шибков А.А.* Структурные особенности акустических сигналов землероек (Soricidae) // Зоол. журнал. 1982. Т.61. №11. С.1695—1705.
5. *Gould E., Negus N.C., Novick A.* Evidence for echolocation in shrews // J. Exp. Zool. 1964. V.156. P.19—38.
6. *Gould E.* Communication in three genera of shrews (Soricidae): Suncus, Blarina, and Cryptotis // Communications in Behavioral Biology. 1969. Part A. V.3. P.11—31.
7. *Siemers В.М., Schauer mann G., Turni H. et al.* Why do shrews twitter? Communication or simple echo-based orientation // Biol. Lett. 2009. V.5. P.593—596.
8. *Стальмакова В.А.* К экологии пегого пугорак в Кара-Кумах // Известия Туркменского филиала АН СССР. Вып.2. Ашхабад, 1949. С.65—68.
9. *Hill P.S.M.* How do animals use substrate-borne vibrations as an information source? // Naturwissenschaften. 2009. V.96. P.1355—1371.
10. *Kimchi T., Reshef M., Terkel J.* Evidence for the use of reflected self-generated seismic waves for spatial orientation in a blind subterranean mammal // J. Exp. Biol. 2005. V.208. P.647—659.
11. *Narins P.M., Lewis E.R., Jarvis J.J. et al.* The use of seismic signals by fossorial Southern African mammals: a neuroethological gold mine // Brain Res. Bull. 1997. V.44. P.641—646.