

К управлению поведением птиц

Б. М. Звонов, д. б. н., Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН

Рассмотрены механизмы передачи акустической информации у птиц. В репродуктивный период основой индивидуальной и видовой акустической информации является рекламирующая песня. Показано, что определяющим в кодировании как индивидуальной, так и видовой информации является временное построение составляющих песни. Приводятся данные о возможности слуховой системы птиц к анализу подобной информации. Разработан алгоритм построения синтезатора репеллентных сигналов для птиц на основании полученных знаний и введен в компьютерную программу.

В историческом плане управление поведением птиц определяется необходимостью регулировать отношение к ним в зависимости от того, надо ли их привлечь или отпугнуть. В принципе это задача одинаковая – в обоих случаях это управление поведением.

Сначала рассмотрим, в какие поведенческие ситуации из жизни птиц мы можем вмешаться? Во-первых, акустическое отпугивание птиц в интересах человека, а может быть и в интересах птиц. В этом случае должны использоваться искусственно генерируемые сигналы с учетом знания функционирования слуховой системы и основных принципов формирования естественных сигналов бедствия птиц. Во-вторых, привлечение птиц с помощью акустических сигналов. Поводы для привлечения могут быть различны: учет численности, сбор для кормления, охотничьи манки, сбор птенцов и т.д. Во всех случаях в основе искусственного формирования призывных сигналов лежат естественные сигналы с учетом принципов их построения.

С помощью акустических сигналов возможна синхронизация вылупления птенцов в производственных инкубаторах. В этом случае акустические сигналы можно создавать на основе коммуникативных сигналов несушки, а можно синтезировать их временные и частотные характеристики на основе знаний формирования слуховой системы птенцов в эмбриональный период. Тогда из знаний вокальных характеристик несушки достаточно использовать лишь периодичность озвучивания насиживаемых эмбрионов в течение суток.

С помощью акустических сигналов можно стимулировать рост и развитие птенцов при выращивании их в птицеводческих хозяйствах.

Как правило, подобные задачи до последнего времени решались эмпирическим путем, т.е. путем перебора каких-либо акустических сигналов звукоиздающими инструментами, собственным голосом или воспроизведением фрагментов магнитофонных записей акустических сигналов птиц.

Ситуация значительно изменилась с привлечением физических методов анализа акустических сигналов птиц и других животных. Это позволило выйти за пределы «кладоискательства» и перейти к управлению поведением птиц на научной основе.

Первые же попытки анализа физической структуры звуков охотничьих манков показали, что основой их эффективности является соблюдение временной структуры звукового потока при сохранении лишь диапазона частот, воспринимаемых слуховой системой. Оказалось, что отклонение в частотном диапазоне не существенно для надежности привлечения птиц, а отклонение во временных параметрах практически недопустимо, т.к. эффективность привлечения исчезает полностью. Этот вывод подсказал, какие параметры акустического сигнала учитывать не только при привлечении птиц, но и при отпугивании. Чтобы убедиться в правильности вывода, необходимо было провести исследования по многим направлениям, связанным с акустическим общением птиц, включая и возможности слуховой системы к восприятию как частотных составляющих сигнала, так и их временной дискретности.

Каковы механизмы создания межвидовых различий?

Сравнивались голоса сверчков: пятнистого сверчка (*Locustella lanceolata*) и обыкновенного (*L. naevia*) (Звонов, 1975). Эта пара интересна тем, что по внешним морфологическим признакам оба вида отличаются незначительно. Кроме того, на территории России эти виды имеют значительную зону перекрытия своих ареалов. Это дает основание предполагать, что если оба вида в зоне симпатрии не имеют свободного визуального контакта, так как живут в густой траве, то, возможно, голос выполняет функцию одного из изолирующих механизмов.

Анализ сонограмм и осциллограмм брачных сигналов обоих видов показал, что принцип построения этих сигналов у них одинаков. Оба вида используют ритмическую последователь-

ность спаренных слогов, разделенных временным интервалом. В пределах такого построения возможны отклонения во временных и частотных параметрах отдельных слогов брачного сигнала для достижения межвидовых различий.

Оба слога пятнистого сверчка имеют одинаковую длительность – около 15 мс. Интервал между спаренными слогами составляет 10 мс., а между отдельными парами – 25 мс. Первый и второй слоги в паре охватывают различные диапазоны частот (5.5–7.0 и 6.0–7.0 кГц соответственно) при использовании равной частотной полосы. Отдельные слоги брачного сигнала обыкновенного сверчка имеют различную длительность. Первый слог – 1–2 мс., второй – 8–10 мс. Интервал между спаренными слогами – 12–15 мс., а между отдельными парами – 20 мс. Оба слога брачной песни обыкновенного сверчка имеют одинаковую основную частоту – 5.5 кГц, но ширина частотного спектра каждого из слогов различна: для первого слога 1.8 кГц в диапазоне частот 4.5–6.3, второго слога – 0.7 в диапазоне частот 5.1–5.8 кГц.

Различия коснулись временных параметров сигналов. В полтора раза увеличилась частота следования слогов в брачной песне обыкновенного сверчка по отношению к пятнистому. Сократилась длительность отдельных слогов, причем, если у пятнистого сверчка оба слога в паре имеют одинаковую длительность, то у обыкновенного сверчка первый слог в паре на 7–8 мс. короче второго, а второй слог обыкновенного сверчка, в свою очередь, на 5–10 мс. короче равнозначных слогов пятнистого сверчка.

С целью выяснения механизма, обеспечивающего индивидуальное акустическое опознавание в пределах одного вида, была произведена запись видовой территориальной песни соловьиной широкохвостки (*Cettia cetti*) в гнездовой период [2]. В этот период у данного вида существует четкое территориальное разграничение на участки, и каждый самец, облетая свою территорию, исполняет видовую рекламирующую песню, обозначая территориальные границы своего участка. На наш слух песни всех особей похожи, и мы легко этот вид по песне отличаем от других видов. Однако, каждый самец исполняет индивидуальную песню, благодаря которой маркирует свой территориальный участок.

Записи проводили в мае. В это время происходит откладывание яиц и начинается их насиживание, т.е. это тот период, когда пары устойчивы и охрана индивидуального гнездового участка является важной биологической функцией. В то же время это тот период, когда еще возможно появление холостых самцов и внедрение на территориальный участок соседей; и четкие индивидуальные акустические признаки являются

ведущими в идентификации особей. Анализ полученных записей самца показывает, что территориальная песня является надежным маркером и его физические характеристики стабильны как по частотному диапазону, так и по временным параметрам. Видовая рекламирующая песня первой особи представляет последовательность восьми слогов в диапазоне частот от 1.5 до 8.0 кГц. Характерной особенностью этого сигнала является постоянство временных параметров песни в течение всего периода записи, причем интервал между 1–м и 2–м слогами всегда в 3, 5 раза больше, чем между 2–м и 3–м. В свою очередь, интервал между 2–м и 3–м, 5–м и 6–м слогами несколько больше, чем между остальными. Такая закономерность для этого самца прослеживается в течение всего гнездового периода.

При рассмотрении индивидуальных особенностей территориальной песни другого самца обнаружено, что его территориальная песня также состоит из 8 слогов. Прослеживается та же особенность – интервал между 1–м и 2–м слогом значительно больше, чем между остальными. Однако, по сравнению с самцом «А», интервал между 5–м и 6–м слогами увеличен. Увеличена и длительность всей песни. Именно эти компоненты составляют ее индивидуальность.

Анализ тревожных сигналов этих особей показал, что оба сигнала строятся на ритмической основе с некоторым увеличением длительности интервалов между слогами к их концу у обеих особей. В этих сигналах ярко выражена тенденция к близости их временных структур, так как они в противоположность территориальным песням несут информацию не только для своего партнера, но и для соседних особей и видов, извещая об опасности, что естественно сближает их по своей структуре.

Прослеживая индивидуальные особенности двух самцов в течение всего брачного периода, мы попытались затем выяснить, как широко изменчивость по временным параметрам территориальной песни, да и по количеству слогов, представлена в отдельной популяции этого вида.

При анализе песен десяти самцов, которые являются соседями по участкам, отмечено, что все особи данного вида непременно различаются по ритмической структуре и не различаются по частотному диапазону. Различия по временным параметрам строятся на количественной основе, представляя довольно пеструю картину «выбора» отдельными самцами индивидуальных особенностей, которые в отношении различий в длительности интервалов между слогами могут приходиться на различные участки песни. У всех самцов широкохвостки одной популяции обнаружены различия в территориальной песне, которые

выражаются либо в количественном (цифровом) составе слогов (от 8 до 11), либо во временных интервалах между отдельными слогами или длительностью самих слогов.

Однако, при всех различиях представленных территориальных песен, выявлено сходство, которое определяет видовую принадлежность – интервал между первыми двумя слогами всегда больше, чем между 2–м и 3–м, и этот важный фактор видовой принадлежности вынесен в начало песни, а индивидуальные различия следуют в ее продолжении. Кроме того, все песни располагаются в одном частотном диапазоне. Таким образом, во всех жизненных ситуациях основным механизмом передачи жизненно важной информации является использование временной дискретности акустического сигнала.

Все перечисленные принципы, которыми «пользуются» птицы в своем общении используют и люди для общения с птицами. Самый известный пример – манки, с помощью которых охотники подманивают животных и птиц на охоте. Все манки делают по простому принципу – он должен обеспечить нужный частотный диапазон, в котором общаются животные и птицы, а охотник своим дыханием обеспечивает нужные временные параметры отдельных слогов и интервалы между ними. Чем точнее он передает эти параметры, тем действеннее эффект привлечения. Люди с хорошим слухом и высокой техникой владения манком достигают большого эффекта.

Мы провели анализ тревожных сигналов птенцов разных видов и возрастов и можем констатировать, что тревожная ситуация в акустических сигналах у птенцов носит универсальный характер и выражается повышением ритмической активности, а ее рисунок в каком-то виде отображает видовой характер. Такой же характер построения тревожных сигналов обнаружен и у взрослых птиц [4].

Принципы построения тревожных сигналов птиц легли в основу построения синтезаторов репеллентных сигналов [3].

В настоящий момент нам удалось на этой основе выработать алгоритм построения синтезатора репеллентных сигналов для птиц и заложить это в компьютерную программу, которая позволит создать условия для непривыкания к акустическому репеллентному сигналу.

Что в самых общих чертах нам известно о восприятии и анализе акустических сигналов слуховой системой птиц с точки зрения акустической коммуникации? Наружное ухо создает направленность восприятия звуков. Внутреннее ухо – своеобразный усилитель сигналов и передаточное звено к слуховому нерву и улитке. Уже на улитке и слуховом нерве происходит частотный анализ

звуков, и отдельные волокна слухового нерва передают информацию о частотных составляющих на слуховые ядра мозга. На первичных слуховых ядрах наблюдается тонотопическая организация отдельных клеток, являясь зеркальным отражением улитки и определенной формой частотного анализа. Все слуховые нейроны первичных акустических ядер, независимо от частотной настройки, специализированы. Во-первых, есть спонтанно активные, а есть – молчащие. Среди них – срабатывающие «on-off», только «on» и только «off», спонтанно активные, замолкающие на время действия акустического сигнала или в несколько раз увеличивающие активность. Молчащие нейроны активизируются на все время действия звука. Таким образом, любой из нейронов так или иначе фиксирует либо начало акустического сигнала, либо его окончание, либо и то и другое, либо всю длительность. Следовательно, многократным дублированием реакций отдельных нейронов обеспечивается максимальная степень фиксации временных характеристик акустических сигналов, интервалов между стимулами (время молчания). И это происходит на всех частотах, воспринимаемых слуховой системой.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Звонов Б. М.** Акустические различия голосов близких видов сверчков. Вестник МГУ. Биол. и почвовед. 1975. № 1. С. 37–40.
- 2. Звонов Б. М.** Цифровой код в передаче акустической информации у птиц. Изв. АН СССР. Сер. биол. 1989. С. 50–57.
- 3. Звонов Б. М., Терсков Н. Г.** Способ синтезирования репеллентных сигналов животных и устройство для его осуществления. Патент Российской Федерации на изобретение № 2147178 от 10.04.2000 г.
- 4. Ильичев В. Д., Звонов Б. М.** Структурная организация и механизм действия криков бедствия птиц. Докл. АН СССР. 1986. т. 289. №1. 247–249.

To management of behavior of birds

B. M. Zvonov, Doctor of Biology

Mechanisms of transfer of the acoustic information at birds are considered. During the reproductive period a basis of the individual and specific acoustic information is the advertising song. It is shown, that determining in coding both individual, and the specific information time construction making songs is. Cited the data on an opportunity of acoustical system of birds to the analysis of the similar information. The algorithm of construction of synthesator repellent signals for birds is developed on the basis of the received knowledge and entered into the computer program.