

Анализ звуков экстренного пробуждения от зимнего сна у рукокрылых Среднего Поволжья

М.А. Манюкин, Д.Г. Смирнов

Пензенский государственный педагогический университет, ул. Лермонтова, 37, Пенза 440026; eptesicus@mail.ru

Целью настоящей работы было исследование звуков, издаваемых рукокрылыми в случаях экстренного пробуждения от зимнего сна, с применением методов нелинейной динамики. Сбор данных проводился в искусственных подземельях, расположенных в окрестностях с. Ширяево Ставропольского р-на Самарской области (Жигулёвский заповедник) в зимние периоды с 2005 по 2009 гг. Звуки зверьков записывали в полевых условиях на магнитную ленту при помощи портативного аналогового магнитофона марки Sony TC-D5M в момент их пробуждения, которое провоцировалось путем легкого прикосновения к животным. В задачи входило описание звуков экстренного пробуждения по ряду акустических параметров (длительность сигнала, период следования, пауза, скажность, частотная и амплитудная модуляция). Звуки исследовались на наличие нелинейных феноменов: детерминированного хаоса, субгармоник, бифонаций, сайдебандов, частотных скачков как структурных элементов сигналов (Анищенко 2002). Была изучена видовая и половая специфичность сигналов.

Оригинальный материал составляют фонограммы акустических сигналов семи видов рукокрылых семейства Vespertilionidae: *Eptesicus nilssonii* (Keyserling et Blasius, 1839), *Plecotus auritus* (Linnaeus, 1758), *Myotis mystacinus* (Kuhl, 1817), *M. brandtii* (Eversmann, 1845), *M. nattererii* (Kuhl, 1817), *M. dasycneme* (Boie, 1825), *M. daubentonii* (Kuhl, 1817). Всего было записано 473 фонограммы.

В момент пробуждения зверьки издавали серии, состоящие из 3–22 сигналов, разделенных паузами. Средняя продолжительность сигналов составляла 1.24 ± 0.58 с, продолжительность пауз 1.35 ± 0.70 с. Структура звуков, как правило, комбинированная, представлена широкополосными и гармоническими компонентами, а также нелинейными проявлениями. Гармоническая составляющая имеет участки с постоянным значением основной частоты и модулированные по частоте участки. Каждый сигнал начинается коротким (0.033–0.100 с) широкополосным, или, иными словами, шумовым участком с высокой амплитудой. В некоторых случаях этот участок обладает остаточной энергией в области основной частоты, что позволяет классифицировать его как фонацию в режиме детерминированного хаоса. Оставшаяся часть сигнала незначительно меняется по амплитуде.

Исключение составляют сигналы бурых ушанов, имеющие импульсную амплитудную модуляцию. В некоторых сигналах наблюдается такое явление, как бифонация. Оно выражается в наличии на конце сигнала узкополосной составляющей, частотная модуляция которой лежит в диапазоне 9.3–13.1 кГц. Во многих сигналах присутствуют субгармоники, сайдебанды, частотные скачки.

Таблица 1. Предсказание причисления сигналов экстренного пробуждения к каждому конкретному виду на основе дискриминантного анализа.

Table 1. Prediction of attributing the bat sounds produced during sudden awakening, by the results of discriminant analysis.

| Вид Species | <i>E. nilssonii</i> | <i>P. auritus</i> | <i>M. mystacinus</i> | <i>M. brandtii</i> | <i>M. nattereri</i> | <i>M. dasycneme</i> | <i>M. daubentonii</i> | Корректное причисление Correct attribution % |
|-----------------------|---------------------|-------------------|----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---|
| <i>E. nilssonii</i> | 49 | | | 1 | | | | 98.00 |
| <i>P. auritus</i> | | 73 | | | 5 | | | 93.59 |
| <i>M. mystacinus</i> | | | 70 | | | | 2 | 97.22 |
| <i>M. brandtii</i> | | | 1 | 42 | | | | 97.67 |
| <i>M. nattereri</i> | | 1 | | | 48 | 3 | | 92.31 |
| <i>M. dasycneme</i> | | 1 | | | 1 | 31 | | 93.94 |
| <i>M. daubentonii</i> | | | 2 | | | | 40 | 95.24 |
| Всего / Total | 49 | 75 | 73 | 43 | 54 | 34 | 42 | 95.41 |

Наличие и характер нелинейных феноменов в звуках значительно усложняет их структуру, создавая основу внутривидовой и межвидовой изменчивости (Володин и др. 2005). Исходя из этого, продолжительность присутствия нелинейных феноменов использована для исследования сигналов на видовую и половую специфичность. На основе дискриминантного анализа абсолютной продолжительности нелинейных феноменов построена классификационная матрица причисления сигналов к конкретным видам (табл. 1). Анализ показал 95.41% корректного причисления сигналов к видам, что значительно выше случайного (14.23% для 7 видов). Величина корректного индивидуального причисления варьирует от 92.31% до 98.00%, что подтверждает наличие надежных межвидовых различий сигналов по продолжительности нелинейных феноменов. Сигналы экстренного пробуждения от зимнего сна содер-

жат значимые половые различия. Этот факт подтверждается результатами дисперсионного анализа (табл. 2).

Таблица 2. Результаты дисперсионного анализа половых различий сигналов экстренного пробуждения.

Table 2. Results of analysis of variance for sex differences in sounds produced by bats during sudden awakening.

| Вид Species | Wilks lambda | F | df1 | df2 | p |
|----------------------------|-----------------|--------|-----|-----|-------|
| <i>Eptesicus nilssonii</i> | 0.22 | 67.06 | 5 | 95 | <0.05 |
| <i>Plecotus auritus</i> | 0.38 | 58.86 | 5 | 180 | <0.05 |
| <i>Myotis mystacinus</i> | 0.29 | 62.21 | 5 | 129 | <0.05 |
| <i>Myotis brandtii</i> | 0.33 | 35.77 | 5 | 78 | <0.05 |
| <i>Myotis nattereri</i> | 0.22 | 63.04 | 5 | 87 | <0.05 |
| <i>Myotis dasycneme</i> | 0.01 | 990.94 | 5 | 68 | <0.05 |
| <i>Myotis daubentonii</i> | 0.31 | 38.82 | 5 | 86 | <0.05 |

ЛИТЕРАТУРА

- Анищенко В.С. 2002. Знакомство с нелинейной динамикой. М., Ижевск, Ин-т компьютерных исследований, 144 с.
- Володин И.А., Володина Е.В., Филатова О.А. 2005. Структурные особенности, встречаемость и функциональное значение нелинейных феноменов в звуках наземных млекопитающих. – Журн. общей биол. **66(4)**: 346–362.

SUMMARY

Manyukin M.A., Smirnov D.G. 2010. Analysis of the sounds produced by bats, wintering in the Middle Volga province, after sudden awakening. – *Plecotus et al.* **13**: 24–26.

Investigation of bat vocalization in winter was conducted in abandoned mines of the Middle Volga. We wakened up the animals by a light touch and recorded their sounds using portable recorder Sony TC-D5M. In total, 473 phonograms of seven bat species were analyzed. The series of sounds consisted of 3–22 signals of mean duration 1.24 ± 0.58 s with mean interval 1.35 ± 0.70 s between them. As a rule, the signals included as the constant frequency, as well as frequency modulated harmonic components. In addition, many calls showed so-called non-linear phenomena: determined chaos, sub-harmonics, biphonations, sidebands, frequency jumps. Based on the duration of such non-linear portions, we cleared up that the sounds of awakening bats had been well differed between the species (Table 1). Moreover, within the each species there were significant differences revealed between calls of males and females (Table 2).

Key words: bats, awakening, vocalization, non-linear phenomena.