

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РФ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Г.БЕЛИНСКОГО

ИЗВЕСТИЯ

ПЕНЗЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени В.Г. БЕЛИНСКОГО

—≡ СЕКТОР МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ≡—

№ 6 (10)

Пенза, 2008

- изводства от тяжелых металлов методом напорной флотации // Химическая промышленность. 1999. № 9. С. 25–27.
19. Зубарева Г. И., Зубарев М. П. Очистка хромсодержащих сточных вод гальванического производства от хрома (VI) // Химическая промышленность. 2000. № 10. С. 16–17.
20. Зубарева Г. И. Технологические схемы глубокой очистки гальваносточков от ионов тяжелых металлов с применением высокоэффективных собира-
телей // Химическая промышленность. 2001. № 8. С. 13–16.
21. Перелыгин Ю. П., Безбородова О. Е., Зорькина О. В. Химическое обезвреживание хромсодержащих растворов и промывных сточных вод гальванического производства с использованием отходов производства антибиотиков // Гальванотехника и обработка поверхностей. 2004. Т. 12. № 4. С. 42–45.
22. Проскураков В. А., Шмидт Л. И. Очистка сточных вод в химической промышленности. Л.: Химия, 1977. 464 с.

УДК 597.851 (471.327)

БИОАКУСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ ЗЕЛЕННЫХ ЛЯГУШЕК *RANA KL. ESCULENTA*-КОМПЛЕКС (ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ)

М. М. ЗАКС

Пензенский государственный педагогический университет им. В. Г. Белинского
кафедра зоологии и экологии

*В работе приведены предварительные данные биоакустического анализа брачных криков зеленых лягушек (*Rana kl. esculenta*-комплекс) из окрестностей г. Пензы и их сравнение с сигналами лягушек из Германии.*

К средневропейским зеленым лягушкам относятся озерная (*Rana ridibunda* Pallas, 1771), прудовая (*R. lessonae* Cramerano, 1882) и съедобная (*Rana kl. esculenta* Linnaeus, 1758) лягушки, объединяемые в настоящее время под названием *R. kl. esculenta*-комплекс. В последние десятилетия они привлекают к себе пристальное внимание исследователей в качестве модели необычного видообразования среди позвоночных животных. *R. ridibunda* и *R. lessonae* являются обычными менделеевскими видами, а *R. kl. esculenta* образуется в результате их гибридизации [4], [5]. Гибрид *R. kl. esculenta* дает потомство, включающее особей с генотипом только одного из родителей. Геном другого элиминируется в процессе гаметогенеза [2]. Для обозначения этого способа размножения были предложены термины «гибридогенез» [8] или «кредитогенез» [1]. Систематический статус съедобной лягушки продолжает обсуждаться. Согласно принятому взгляду, это клептон, т. е. новая категория таксона видовой группы, характер которой не совпадает с биологической концепцией вида [2]. В связи с гибридогенным происхождением, возникают сложности с идентификацией *R. esculenta* в полевых условиях. Для определения видовой принадлежности зеленых лягушек используются морфологические, цитологические, биохимические и биоакустические методы. Использование последнего метода (с применением компьютерного анализа записей сигналов) имеет ряд существенных преимуществ. При его использовании можно произвести быструю предварительную оценку видового состава зеленых лягушек в исследуемой местности, совершить выборочный отлов самцов нужной формы, вести наблюдения за их брачным поведением [3]. Брачные крики самцов всех трех форм зеленых лягушек хорошо различаются и эти различия могут быть зафиксированы на спектрограммах и осциллограммах.

Использование биоакустического метода не требует значительного беспокойства животных и изъятия

особей из популяции. Таким образом, этот способ видовой идентификации является удобным, широко используется зарубежными исследователями (см. например: [6], [7]), однако в России он пока не получил должного распространения.

Целью настоящей работы является апробация биоакустического метода на примере изучения звуковых сигналов зеленых лягушек обитающих в окрестностях г. Пензы, установление различий между ними по основным акустическим параметрам, а также сравнение сигналов, записанных в Пензенской области и Германии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Звуковые сигналы записывались в полевых условиях, при температуре воды от 23,5°C до 24°C. Фиксировались как индивидуальные, так и хоровые крики. В последнем случае, с помощью программы Sound Forge 6.0, из общего хора вырезались отдельные звуки. Для записи использовали профессиональный магнитофон “SONY TC-D5M” и микрофон “ВВК DM-100”. Запись производилась с берега водоёма, микрофон располагался на расстоянии 0,5–1,5 м от животных. Частотные и временные характеристики сигналов получены с помощью программы SpectraLab v.4.32.11 for Win. Для каждого звука измеряли общую длительность в миллисекундах (мс), промежуток между пиками (мс), количество пульсов, отношение длительности к количеству пульсов, доминантную частоту в начале сигнала в герцах (Гц), доминантную частоту в конце сигнала (Гц), максимальную доминантную частоту сигнала (Гц) и амплитуду сигнала (Гц) [6]. Таким образом, для каждого звука измеряли 8 параметров. Там, где точное снятие показателей было затруднено, оно проводилось с использованием трёхкратной повторности с последующим вычислением среднего арифметического. Было записано и проанализировано 14 звуков *Rana ridibunda* и 13 звуков *R. lessonae*.

Брачные крики *R. ridibunda* записывались в точке «Солдатское озеро» лесной искусственный водоем, с прибрежным зарастанием, располагающийся в черте города (западная часть г. Пензы, 53°10'38" с.ш., 44°58'35" в.д.), крики *R. lessonae* записывались в точке «Согласие» старичное озеро, находящееся в смешанном лесу, на территории дачного посёлка (северо-западная часть г. Пензы, 53°14'02" с. ш., 45°04'34" в. д.). Помимо анализа собственных записей, были обработаны брачные крики лягушек с компакт-дис-

ка «Heimische Froschlurche, Rufe zur Paarungszeit» (Der Naturschutzbund, Deutschland): 8 звуков *R. ridibunda*, 7 звуков *R. lessonae* и 7 звуков *R. esculenta*. Статистическая обработка данных проведена в пакете STATISTICA 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Звуковые сигналы *R. ridibunda*, *R. esculenta* и *R. lessonae* различаются по структуре, временным и частотным характеристикам (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1.

Значения среднего арифметического (m) и стандартного отклонения (SD) временных (мс) и частотных (Гц) параметров звуковых сигналов озерной (*R.r.*), прудовой (*R.l.*) и съедобной (*R.e.*) лягушек. Записи из окрестностей г. Пензы – (П), Германии – (Г)

Виды, число звуков (n)	Дл-ть (мс)	Ч-та нач. (Гц)	Ч-та кон. (Гц)	Макс. ч-та (Гц)	Ампл-да (Гц)	n пульсов	Дл-ть/n пульсов	Интервал (мс)
<i>R.r.</i> (П) n=14	497,5	2099,2	1917,1	2411,5	487,9	7,0	71,4	75,4
SD	105,6	182,1	252,4	257,1	167,2	1,6	3,9	6,1
<i>R.l.</i> (П) n=13	790,0	1290,8	1848,0	1848,0	569,8	33,3	25,1	28,0
SD	267,9	186,0	224,4	223,9	149,2	3,2	6,3	6,6
<i>R.r.</i> (Г) n=8	602,5	2109,6	2047,5	2455,8	450,5	6,0	109,1	122,8
SD	109,1	347,4	328,1	350,5	299,2	0,9	7,4	8,0
<i>R.l.</i> (Г) n=7	1331,0	1740,3	2344,0	2385,4	645,1	39,0	33,7	26,8
SD	310,3	585,1	312,3	391,8	220,5	2,9	6,5	4,8
<i>R.e.</i> (Г) n=7	984,0	1460,7	1853,6	2110,1	602,7	16,0	61,4	60,0
SD	241,9	69,4	207,2	224,4	217,0	4,2	3,8	5,6

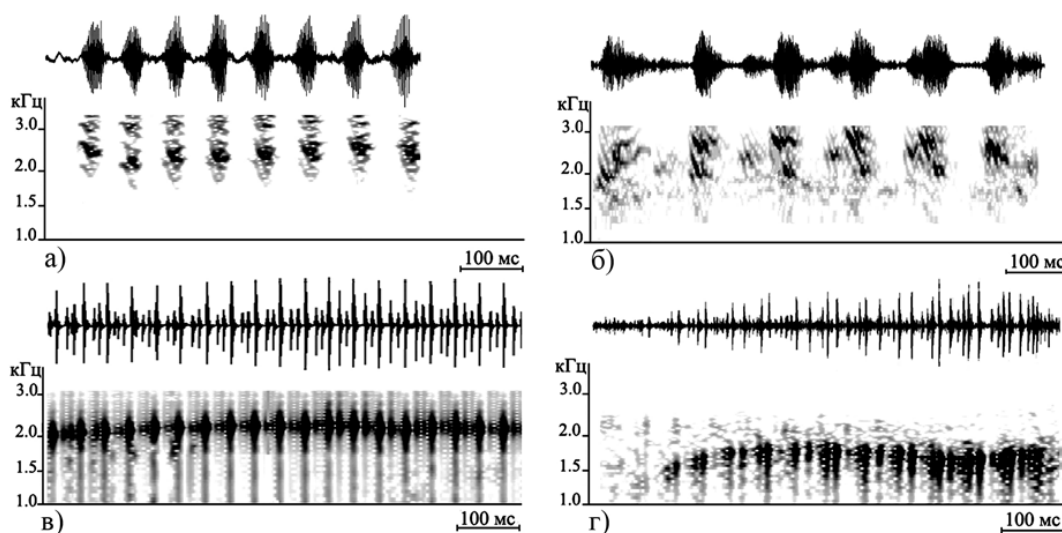


Рис. 1. Спектрограммы и осциллограммы звуковых сигналов: а) озёрной (*R. ridibunda*) лягушки из окрестностей г. Пензы, б) озерной (*R. ridibunda*), в) прудовой (*R. esculenta*) и г) съедобной (*R. esculenta*), лягушек из Германии

Сигнал *R. ridibunda* представляет собой трель, состоящую из 4–10 отдельных пульсов, большой длительности (рис. 1, а). Общая продолжительность сигнала варьирует от 280 до 724 мс. Рисунок частотной модуляции возрастает в середине крика, затем снижается к концу сигнала (табл. 1).

Акустические параметры крика *R. ridibunda* из Германии (рис. 1, б) отличаются от таковых из Пензенской области (табл. 1). Длительность крика составляет 428–706 мс. Характер изменения частот сигнала сходен с таковым для озерной лягушки из Пензенской области.

Брачный крик *R. lessonae* представляет собой трель из 25,3–35,67 коротких пульсов (рис. 1, в). Минимальный предел длительности сигнала составляет 512 мс, максимальный – 1432 мс. Частота сигнала прудовой лягушки постепенно возрастает от начала к концу (табл. 1).

Брачный крик *R. lessonae* из Германии также имеет ряд отличий от полученных нами данных. Крик состоит из 35–44 пульсов, длительность составляет 984–1766 мс. Рисунок частотной модуляции сигнала постепенно повышается от начала к концу сигнала (табл. 1).

Звуковой сигнал *R. esculenta* по основным акустическим параметрам занимает промежуточное положение между родительскими видами. Трель из 14–26 пульсов средней продолжительности. Длительность сигнала колеблется в пределах 921–1498 мс. Частота возрастает в середине крика, затем после незначительного спада вновь повышается в конце (табл. 1).

Анализируя достоверность видовых различий для каждого из изученных признаков, было выявлено, что такие характеристики, как «отношение длительности к количеству пульсов» и «количество пульсов» различают все выборки с высокой степенью достоверности ($0 \leq p \leq 0.015$). По признаку «интервал между пульсами» не различаются только прудовые лягушки из окрестностей Пензы и из Германии, все остальные выборки отличаются достоверно ($p=0.0$). «Амплитуда» – на-

именее информативный признак для акустического анализа брачных криков зеленых лягушек, который по нашим данным различает только выборки *R. ridibunda* (Пенза) и *R. esculenta* (Германия) ($p = 0.0371$).

Сложный характер временных и частотных признаков звуковых сигналов зеленых лягушек вызвал необходимость проведения пошагового дискриминантного анализа. Результаты анализа представлены на рис. 2 в виде распределения звуковых сигналов в пространстве первых двух функций, а также в табл. 2. Величина правильного причисления сигналов составила 100 % для четырех из пяти исследованных выборок. Исключение (85,7 %) составила выборка *Rana lessonae* (Германия), где одна особь была отнесена к *Rana lessonae* (Пенза). Полученные данные указывают на довольно высокую надежность выделения сравниваемых групп из общей выборки. Дискриминация была основана на шести из восьми изученных параметрах звуковых сигналов. Из анализа были исключены, как недостоверные, показатели частоты в конце сигнала и частотная амплитуда. Первая дискриминантная функция объясняет почти 73 % различий, а наибольший вклад в ее дискриминацию, судя по коэффициентам корреляции (табл. 2), вносят такие показатели, как количество пульсов и интервал между пульсами. По оси этой функции хорошо выражены межвидовые различия и промежуточное расположение съедобной лягушки, что, вероятно, обусловлено ее гибридным происхождением (рис. 2, табл. 2).

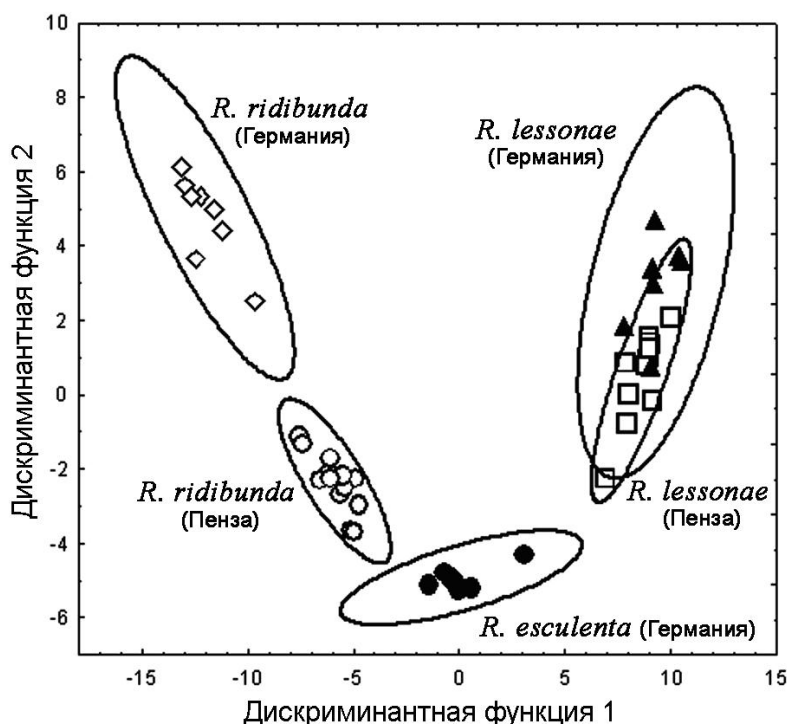


Рис. 2. Распределение звуковых сигналов озерной (*R. ridibunda*), прудовой (*R. lessonae*) и съедобной (*R. esculenta*) лягушек в пространстве двух первых дискриминантных функций.

Эллипсы рассеивания прудовой лягушки из Пензенской области и из Германии практически полностью перекрываются (рис. 2), что предполагает отсутс-

твие существенных различий между ними. Напротив, эллипсы показывающие распределение озерной лягушки из Германии и Пензенской области распо-

жены отдельно, что свидетельствует о существенных различиях в акустической структуре брачных криков географически отдаленных популяций одного вида лягушек. Таким образом, приведенные данные указывают, вероятно, на отсутствие географической изменчивости параметров звуковых у прудовой лягушки, и довольно значительную географическую изменчивость звуков озерной лягушки. Однако, окончательное решение вопроса об изменчивости характера звуковых

сигналов зеленых лягушек требует увеличения объема данных.

На графике дискриминантного анализа (рис. 2) видно, что съедобная лягушка по основным акустическим параметрам занимает промежуточное положение между родительскими видами, т. е. наследование признаков звуковых сигналов съедобной лягушки происходит, видимо, по принципу, сходному с наследованием морфологических признаков.

Таблица 2.

Результаты пошагового дискриминантного анализа параметров звуковых сигналов озерной (*R. ridibunda*), прудовой (*R. lessonae*) и съедобной (*R. esculenta*) лягушек

Признак	Факторные нагрузки			
	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4
Длительность	0,13	0,05	-0,57	-0,65
Доминантная частота начала	-0,11	0,06	0,30	-0,66
Максимальная доминантная частота	-0,07	0,01	0,09	-0,64
Количество пульсов	0,60	0,36	-0,37	-0,40
Длительность/количество пульсов	-0,62	0,22	-0,62	-0,38
Интервал между пульсами	-0,64	0,28	-0,49	0,14
χ^2 -тест	357,36	174,49	67,96	26,80
Степени свободы	24	15	8	3
Доля объясненной дисперсии	72,91	11,26	1,63	0,88

В связи с вышеизложенным, можно сделать вывод, что особенности звуковой сигнализации являются хорошим диагностическим признаком. Спектральные характеристики звукового сигнала специфичны для каждого из трёх видов зеленых лягушек и обнаруживаемые различия являются в большинстве случаев статистически достоверными. Анализ временных и частотных параметров брачных криков представляет собой точный и удобный способ идентификации видов *Rana esculenta*-комплекс. Таким образом, проведенные нами исследования указывают на перспективность использования биоакустического метода при изучении видов зеленых лягушек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боркин Л. Я., Даревский И. С. Сетчатое (гибридогенное) видообразование у позвоночных // Журн. общ. биол. 1980. Т. 41. № 4. С. 485–506.
2. Кузьмин С. Л. Земноводные бывшего СССР. М.: Товарищество научных изданий КМК, 1999. 298 с.
3. Лада Г. А. Среднеевропейские зелёные лягушки (гибридогенный комплекс *Rana esculenta*): введение в проблему // Флора и фауна Черноземья. Тамбов: Изд-во Тамбовского университета, 1995. С. 88–109.
4. Berger L. Embryonal and larval development of F1 generation of green frogs different combinations // Acta zool. Cracov. 1967. Vol. 12. № 7. P. 123–160.
5. Berger L. Morphology of the F1 generation of various crosses within *Rana esculenta*-complex // Acta zool. Cracov. 1968. Vol. 13. № 13. P. 301–324.
6. Lode T. Character convergence in advertisement call and mate choice in two genetically distinct water frog hybridogenetic lineages (*Rana kl. esculenta*, *Rana kl. grafi*) // J. Zool. Syst. Evol. 2001. № 39. С. 91–96.
7. Roesli M., Reyer H.-U. Male vocalization and female choice in the hybridogenetic *Rana lessonae/Rana esculenta* complex // Animal behaviour. 2000. № 60. P. 745–755.
8. Tunner H. G. Die Klonale Struktur einer Wasserfröschpopulation // Z. zool. Syst. und Evolut.-forsch. 1974. Bd. 12. № 4. S. 309–314.

УДК 612.015

ВЫДЕЛЕНИЕ ПЕПТИДНЫХ ФРАКЦИЙ СЫВОРОТКИ КРОВИ БОЛЬНЫХ АЛКОГОЛИЗМОМ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ВЛИЯНИЯ НА АКТИВНОСТЬ ОСНОВНЫХ КАРБОКСИПЕПТИДАЗ

А. К. КОРНЕВА, А. Г. БОБЫЛЁВ, А. В. КУЗНЕЦОВА, А. А. ВИНОГРАДОВА, М. Т. ГЕНГИН
 Пензенский государственный педагогический университет им. В. Г. Белинского
 кафедра биохимии

Из сыворотки крови здоровых людей и больных алкоголизмом выделены пептидные фракции. Были использованы два метода – осаждение белков при кипячении (*t*-МСМ) и при добавлении трихлоруксусной кислоты (ТХУ-МСМ).