

УДК 597.851: 591.151 (497.2)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОПУЛЯЦИОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ОЗЕРНОЙ ЛЯГУШКИ *RANA RIDIBUNDA* PAL. ИЗ ВОДОЕМОВ БОЛГАРИИ

Т.Ю. Пескова, Ж.М. Желев

ГОУ ВПО «Кубанский государственный университет»,
г. Краснодар

Рецензент Н.С. Попов

Ключевые слова и фразы: озерная лягушка; популяция; морфометрическая и морфофизиологическая изменчивость.

Аннотация: Установлена возможность дифференцировать выборки озерной лягушки Болгарии по комплексу морфометрических и морфофизиологических признаков. При обитании в водоемах разной степени антропогенного загрязнения есть сходные корреляционные связи изученных показателей, но одновременно существуют и различия в корреляционной структуре признаков озерной лягушки.

Введение

Цель данного исследования – сравнить морфометрическую и морфофизиологическую изменчивость озерной лягушки в водоемах Болгарии: внутривидовую (у особей разного пола и разных морф), а также межвидовую (у особей из водоемов разной степени антропогенного загрязнения).

Материалы и методы

Объект исследования – озерная лягушка *Rana ridibunda* Pal. Сбор земноводных проведен в 2007 г. в двух регионах Болгарии: река Сазлийка, вблизи ТЭЦ «Марица-Исток-1» – водоем 1 (55 особей: 28 самцов и 27 самок) и окрестности г. Димитровграда, река Марица – водоем 2 (35 особей: 17 самцов и 18 самок). Судя по данным химического анализа воды, степень загрязнения двух водоемов, из которых были взяты выборки озерных лягушек, существенно различается: водоем 1 (река Сазлийка) можно считать относительно чистым, а водоем 2 (из района Димитровграда) – загрязненный, в нем отмечено превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) (хотя бы в отдельные сезоны года) по фенолу, солям тяжелых металлов, нефтепродуктам и фосфатам.

Для каждой особи получено 17 показателей: длина тела L, длина головы L.c., длина бедра F и длина голени T, масса тела и внутренних органов (печени, почек, сердца, селезенки, гонад), а также морфофизиологические индексы (‰) указанных органов, количество гемоглобина и эритроцитов. Статистическая обработка была проведена с помощью пакета программ Statistika. Для сравнения систем связей признаков у особей из популяций, обитающих в водоемах с различной степенью антропогенного загрязнения, был использован коэффициент корреляции Пирсона. С его помощью установлена высокая частота статистически достоверных связей признаков в учтенном комплексе, среди которых присутствуют связи различной силы (как слабые, так и средней силы, и сильные). Возможность дифференцировать выборки озерной лягушки из чистых и загрязненных водоемов оценена в дискриминантном анализе.

Результаты и их обсуждение

Биометрическая характеристика самцов и самок озерной лягушки. К настоящему времени известно несколько работ по биометрическому исследованию самцов и самок ряда видов земноводных. Так, M. Kminiak (1971) описал разную степень достоверности половых отличий по морфометрическим признакам у хвостатых и бесхвостых амфибий, обитающих на северо-востоке Словакии. Данные относительно полового диморфизма по морфометрическим признакам у бурых лягушек рода *Rana* очень противоречивы. Так, S. Obradovic, B. Janev (1997) обнаружили половой диморфизм по большинству (28 из 33) признаков в популяциях остромордой лягушки *Rana arvalis* из центральной Хорватии, в то время как у травяной лягушки *R. temporaria* – только 7 различающихся признаков из 33. При морфометрическом анализе тех же видов бурых лягушек в

Подмосковье получены совершенно иные результаты, а именно – половой диморфизм сильнее выражен у травяной лягушки [14]; по более поздним исследованиям половой диморфизм отмечен у обоих видов бурых лягушек [5]. Наконец, в популяциях бурых лягушек Белорусского Поозерья половой диморфизм проявляется лишь по двум из 12 морфометрических признаков, касающихся пропорций конечностей [3].

Ранее отмечали, что у озерной лягушки существуют географические различия в проявлении полового диморфизма по разным признакам [2]. Анализ 11 выборок показал, что не только степень выраженности половых различий, но и даже направленность этих различий неодинакова в разных популяциях. Так, в средней полосе России (Ивановская область) не найдено полового диморфизма в размерах тела озерной лягушки [16]. В Западном Предкавказье для озерной лягушки, по данным Т.Ю. Песковой (2002), полового диморфизма по комплексу морфометрических показателей не наблюдается (чаще всего, основные различия между самцами и самками касаются только линейных размеров тела). В Приднестровье у озерной лягушки вычислена достоверная зависимость от пола некоторых индексов, например, F/T , $D.p./C.int.$, $T/C.int.$ [6]. С увеличением возраста озерных лягушек степень выраженности полового диморфизма (в длине тела и в его пропорциях) возрастает, при этом возрастные различия значительно превышают различия, обусловленные полом животных [8].

Из девяти морфометрических признаков, использованных в исследовании Т.Ю. Песковой (2002), в нашем исследовании были учтены только пять (длина L и масса тела M , длина головы $L.c.$, длина бедра F и длина голени T). Но к ним были добавлены такие показатели как абсолютные и относительные размеры печени, сердца, селезенки, почек, гонад, а также гематологические показатели – количество эритроцитов и гемоглобина.

По полученным данным, с помощью дискриминантного анализа установлен половой диморфизм по комплексу перечисленных морфологических и морфофизиологических признаков. При этом именно морфофизиологические показатели вносят основной вклад в дискриминацию самцов и самок в обеих исследованных популяциях озерной лягушки из водоемов Болгарии.

По нашим данным, в более чистой популяции (популяция 1), судя по величине расстояния Махаланобиса, самцы и самки озерной лягушки достоверно различаются по комплексу морфологических и морфофизиологических признаков. Ошибка отнесения (ситуация, когда особь, фактически принадлежащая к одной выборке, в данном случае к самцам или самкам, по итогам анализа причислена к другой) достаточно мала. Процент отнесения в соответствующую группу для самцов 96,4 %, а для самок, хоть и несколько меньший – 81,5 %, но достаточно высокий. В популяции из чистого водоема главные информативные признаки по степени убывания информативности располагаются следующим образом: масса печени, индекс печени, масса тела, индекс гонад, масса гонад, длина тела, длина голени.

В популяции из загрязненного района (популяция 2) также значительна величина расстояния Махаланобиса по разделению особей по полу; процент отнесения самцов 94,1 %, а самок 83,3 %. Главные информативные признаки по степени убывания информативности располагаются следующим образом: масса печени, масса тела, длина тела, индекс печени, индекс гонад, масса гонад, длина голени.

Таким образом, в обеих популяциях для дифференцировки особей по полу общими информативными признаками являются следующие: масса тела, масса печени, индекс печени, индекс гонад.

По нашим данным, у самцов чистой популяции большинство линейных показателей и масса тела достоверно коррелируют с количеством гемоглобина, а также с массой таких органов как печень и сердце.

У самок чистой популяции отмечены достоверные корреляции линейных показателей (L , F , T , $L.c.$) и массы тела с массой органов (печени, сердца, селезенки, почек, гонад), а также с количеством эритроцитов (но не гемоглобина); из индексов органов только индекс сердца достоверно коррелирует с массой органов, массой тела и количеством эритроцитов.

Таким образом, половой диморфизм проявляется в том, что у самцов большинство корреляций экстерьерных показателей связаны с количеством гемоглобина и изредка с массой печени и сердца, но не с индексами внутренних органов. У самок большинство корреляций экстерьерных показателей связаны с массой органов и количеством эритроцитов, а также с индексами сердца и печени.

У самцов популяции из загрязненного биотопа линейные показатели, как правило, коррелируют с массой большинства органов (печень, селезенка, почки) и их индексами (печень,

сердце, селезенка, почки); масса гонад коррелирует только с индексом гонад и количеством эритроцитов, а масса сердца не имеет корреляций ни с одним из исследованных показателей. Из индексов внутренних органов индекс печени и индекс селезенки имеют достоверные корреляции с 9 из 16 использованных в данном анализе показателей (например, индекс печени скоррелирован со всеми четырьмя линейными показателями: массой тела, массой печени, массой селезенки и обоими гематологическими показателями). Отмечены достоверные корреляции гематологических показателей (особенно числа эритроцитов) с абсолютными и относительными размерами тела и органов.

У самок длина тела коррелирует с 14 из 16 исследованных показателей (абсолютные значения и индексы), кроме индексов почек и гонад. Кроме того, большое число корреляционных связей отмечены для массы тела и всех внутренних органов (печени, сердца, селезенки, почек, гонад), а также количества гемоглобина (с 9–13 показателями).

Обращает на себя внимание разнонаправленность корреляционных связей самцов и самок. Так, например, минимальное число корреляционных связей или их полное отсутствие характерно у самцов для массы сердца и гонад, а также индекса гонад, в то время как у самок эти показатели имеют очень высокое число корреляционных связей. Для индексов печени и селезенки самцов, наоборот, отмечено существенно большее количество корреляционных связей, чем для тех же индексов самок. Из двух исследованных гематологических показателей у самцов больше корреляционных связей с количеством эритроцитов, чем гемоглобина, а у самок противоположная картина.

Достоверные корреляции между размерами селезенки, печени, сердца и гематологическими показателями, по нашему мнению, вероятнее всего, сопряжены с деятельностью в качестве кроветворных органов печени (продуцирование нейтрофилов, эозинофилов и эритроцитов) и селезенки (продуцирование базофилов и лимфоцитов, эритропоэз и разрушение эритроцитов).

Биометрическая характеристика разных морф озерной лягушки. При сравнении комплекса признаков особей озерной лягушки морф *striata* и *maculata*, в популяции из чистого водоема (1 популяция) величина расстояния Махаланобиса невелика (1,106), соответственно процент отнесения незначительный (для морфы *striata* 55,6 %, для морфы *maculata* – 71,4 %). Наиболее информативные признаки: масса гонад, масса сердца, масса тела, масса печени, длина бедра, индекс сердца.

В популяции из загрязненного водоема (популяция 2) величина расстояния Махаланобиса выше (4,76), соответственно выше и процент отнесения – 85,0 % для морфы *striata* и 86,7 % для морфы *maculata*. Наиболее информативные признаки: масса гонад, длина голени, индекс гонад, длина бедра, масса печени, индекс печени, индекс почек, масса почек.

Следовательно, по комплексу признаков различия особей озерной лягушки морф *striata* и *maculata* существуют только в загрязненной популяции. Так, среднее значение индекса гонад статистически достоверно более высокое у самок морфы *striata* по сравнению с особями морфы *maculata* в загрязненном биотопе в 1,8 раза ($t = 2,20$); у самцов различий в величине гонад между особями разных морф нет. В литературе мы не встречали упоминания о различиях в размерах гонад самок разных морф озерной лягушки.

Нам известны литературные данные относительно изменчивости морфологических признаков различных морф сеголеток озерной лягушки в местах сброса шахтных вод Карагандинского угольного бассейна (Казахстан), то есть в загрязненном биотопе [1]. Бесполовые особи в изучаемой выборке являются самыми мелкими, с достоверно укороченными задними конечностями, с меньшей массой тела и массой печени, а также индексом печени.

Дискриминантный анализ, проведенный на четырех группах лягушек, сформированных по признаку «пол–морфа», показал следующее (табл.1).

В популяции из чистого водоема самцы каждой из двух морф отличаются по комплексу признаков от самок обеих морф (и *striata*, и *maculata*), но не отличаются между собой; самки каждой из двух морф отличаются по комплексу признаков от самцов обеих морф (и *striata*, и *maculata*), но не отличаются между собой. Таким образом, фактор «пол» имеет большее значение для дискриминации особей. Процент отнесения велик для полосатых самцов (fs) и бесполовых самок (fm).

В популяции из грязного водоема достоверно различаются между собой особи всех четырех групп озерных лягушек: полосатые самцы от самок обеих морф и бесполовых самцов; бесполовые самцы от самок обеих морф и полосатых самцов; полосатые самки от самцов обеих морф и бесполовых самцов; бесполовые самки от самцов обеих морф и полосатых самок.

Величина расстояния Махаланобиса между группами самцов и самок двух морф в исследованных популяциях озерной лягушки

| Место обитания популяции | классификация | ms | fs | fm | mm |
|--------------------------|---------------|----------|----------|----------|----------|
| чистый водоем | ms | 0,00000 | 15,1917 | 7,731246 | 2,77756 |
| | fs | 15,1917 | 0,00000 | 4,043219 | 14,11946 |
| | fm | 7,73125 | 4,04322 | 0,000000 | 8,25147 |
| | mm | 2,77756 | 14,1195 | 8,251468 | 0,00000 |
| загрязненный водоем | ms | 0,00000 | 26,06083 | 9,51017 | 11,00809 |
| | fs | 26,06083 | 0,00000 | 14,85270 | 38,29475 |
| | fm | 9,51017 | 14,85270 | 0,00000 | 15,48898 |
| | mm | 11,00809 | 38,29475 | 15,48898 | 0,00000 |

Обозначения: ms – самцы морфы striata, fs – самки морфы striata, mm – самцы морфы maculata, fm – самки морфы maculata

Биометрическая характеристика озерной лягушки из чистого и загрязненного водоемов.

Следующим этапом работы была оценка корреляционной структуры морфометрических и морфофизиологических признаков озерной лягушки в водоемах Болгарии разной степени антропогенного загрязнения.

Половой диморфизм корреляционной структуры исследованных признаков озерной лягушки из обоих водоемов был описан выше.

В целом для популяции из чистого водоема (самцы и самки вместе) можно отметить, что линейные показатели (L, F, T, L.c.), как правило, коррелируют с массой тела, а также с массой печени и сердца.

В целом для популяции из загрязненного водоема (самцы и самки вместе) характерно большое число корреляционных связей для гематологических показателей, длины и массы тела, а также массы селезенки с остальными исследованными показателями (как экстерьерными, так и интерьерными).

Таким образом, сходны в обеих исследованных популяциях озерной лягушки Болгарии, следующие корреляционные связи: линейных показателей (длина тела, длина бедра, длина голени, длина головы), как правило, с массой тела и количеством гемоглобина.

Основные различия в корреляционной структуре признаков для озерной лягушки популяций из водоемов разной степени загрязненности: при обитании в чистом водоеме линейные показатели самцов и самок положительно коррелируют с массой печени и сердца, а при обитании в грязном – с массой селезенки и почек.

Нам известно несколько литературных источников, в которых сравнивается изменчивость морфометрических показателей озерной лягушки из водоемов разной степени загрязнения. Так, С.В. Чернышенко (1991) приводит сведения о возможности использования комплексных статистических алгоритмов в биоиндикации на примере анализа параметров популяций озерной лягушки из контрастных зон обитания Украины. Межпопуляционная изменчивость морфометрических показателей озерной лягушки в водоемах г. Краснодара и его окрестностей проявляется в том, что неполовозрелые животные в популяции из загрязненного водоема (загрязнение отходами хлопчатобумажного комбината) по большинству признаков крупнее, чем в популяции из чистого водоема, а половозрелые – мельче. Видимо, в первые годы жизни амфибии быстрее растут в загрязненном водоеме, чем в чистом, а с возрастом это соотношение меняется на противоположное. Наиболее информативные признаки, показывающие различия между популяциями, – это Lt.p., D.r.o., L.o., Sp.p. и F. Процент отнесения особей в свою популяцию оказался максимальным, то есть 100 % [17]. В целом в Западном Предкавказье особи озерной

лягушки из популяций, обитающих в чистых и загрязненных водоемах, различаются как численными значениями некоторых из учтенных морфометрических признаков, так и корреляционной структурой комплекса этих признаков [9].

Следовательно, в разных частях видового ареала у озерной лягушки существуют специфические комбинации морфометрических и морфофизиологических показателей. Аналогичная ситуация, судя по литературе, отмечена и для бурых лягушек [3,4].

В результате нашего исследования установлена возможность дифференцировать выборки озерной лягушки Болгарии по комплексу морфометрических и морфофизиологических признаков, при этом для дискриминации особей озерной лягушки фактор «пол» имеет большее значение, чем фактор «морфа». В исследованных популяциях озерной лягушки из водоемов разной степени антропогенного загрязнения есть некоторые сходные корреляционные связи изученных показателей, но одновременно существуют и различия в корреляционной структуре признаков.

Считаем своим долгом выразить благодарность доценту кафедры зоологии КубГУ Решетникову С.И. за помощь в статистической обработке материала.

Список литературы

1. Айтбаева, Б.Т. Особенности проявления и изменчивости морфологических признаков различных морф сеголеток озерной лягушки в местах сброса шахтных вод / Б.Т. Айтбаева, К.Я. Атаханова // Влияние генотипа и комплекса экологических факторов на жизнедеятельность организмов. – Караганда, 1989. – С. 6–12.
2. Александровская, Т.О. Анализ полового диморфизма у озерной лягушки (*Rana ridibunda*) в пределах ареала / Т.О. Александровская. // Вопросы герпетологии. – Л. : Наука, 1981. – С. 5–6.
3. Косова, Л.В. Сравнительная оценка морфометрической структуры популяций остромордой и травяной лягушек на территории Поозерья / Л.В. Косова. // Сохранение биологического разнообразия Белорусского Поозерья. – Витебск, 1996. – С. 36–37.
4. Косова, Л.В. Внутривидовая изменчивость морфологических признаков остромордой лягушки *Rana arvalis* (Anura, Ranidae) Беларуси / Л.В. Косова, М.М. Пикулик, В.М. Ефимов, Ю.К. Галактионов // Зоологический журнал, 1992. – Т.71, №4. – С. 34–44.
5. Ляпков, С.М. Половой диморфизм по морфометрическим признакам у остромордой лягушки (*Rana arvalis*) / С.М. Ляпков, В.Г. Черданцев, Е.М. Черданцева // Зоологический журнал. – 2007. – Т.86. – №10. – С. 1237–1249.
6. Некрасова, О.Д. Диагностика комплекса *Rana esculenta* (Amphibia, Ranidae) в гибридных популяциях Приднепровья / О.Д. Некрасова, С.Ю. Морозов-Леонов // Вестник зоологии, 2001. – №5. – С. 45–50.
7. Песков, В.Н. Внутривидовая изменчивость пропорций тела у озерной лягушки (*Rana ridibunda*) / В.Н. Песков, И.М. Коцержинская // Вопросы герпетологии. Пушино; М. – Изд-во МГУ, 2001. – С. 224–226.
8. Песков, В.Н. Внутривидовая дифференциация озерных лягушек *Rana ridibunda* (Amphibia, Anura) по длине и пропорциям тела / В.Н. Песков, И.М. Коцержинская // Вестник зоологии, 2004. – №5. – С. 47–55.
9. Пескова, Т.Ю. Структура популяций земноводных как биоиндикатор антропогенного загрязнения среды. – М. : Наука, 2002. – 132 с.
10. Пикулик, М.М. Морфометрическая и фенетическая дифференциация популяций амфибий (на примере *Rana arvalis*) / М.М. Пикулик, Л.В. Косова // Деп. в ВИНТИ 23.11.92, №9325–В 92.
11. Чернышенко, С.В. Комплексные статистические алгоритмы в биоиндикации на примере анализа параметров популяций озерной лягушки из контрастных зон обитания / С.В. Чернышенко. // Биоиндикаторы и биомониторинг. – Загорск, 1991. – С. 294–299.
12. Физикохимичен анализ на проба повърхностна вода от р.Марица. – Хасково, 2008. – 32 с.
13. Kminiak, M. Biometrische Untersuchungen der Populationen einiger Amphibienarten auf dem Gebiet Spišská Magura (nordöstliche Slowakei) / M. Kminiak. // «Zool listy», 1971. – 20, №1. – P. 29–38. РЖ Биология 1971, 9И300.
14. Lyapkov, S.M. Sexual dimorphism in morphometric characters and its formation in *Rana temporaria* and *Rana arvalis* / S.M. Lyapkov. // Herpetology 97: Abstr. III World Congr. Herpetol. – Prague, 1997. – P. 9.
15. Obradovic, S. Morphometric study of two brown frog populations (*Rana arvalis* and *Rana temporaria*) from Central Croatia / S. Obradovic, B. Janev // Herpetology 97: Abstr. III World Congr. Herpetol. – Prague, 1997. – P. 21.

16. Okulova, N.M. The green frogs in Ivanovo province / N.M. Okulova, L.Y. Borkin, A.S. Bogdanov, A.Y. Guseva // *Advances in Amphibian Res. in the Former Soviet Union*, 1997. – 2. – P. 71–94.

17. Peskova, T.Yu. Interpopulation variability of morphometric parameters of *Rana ridibunda* on Northern Caucasus / T.Yu. Peskova. // 12th Ordinary General Meeting Societas Europea Herpetologica: Abstr. St-Petersburg, 2003.– P.128.

Comparative Estimation of Population Variability of Lake Frog *Rana ridibunda* Pal. in Ponds of Bulgaria

T.Yu. Peskova, Zh. M. Zhelev

Kuban State University, Krasnodar

Key words: lake frog; population; morphometric and morphophysiological variability.

Abstract: The paper studies the possibility to differentiate samples of the lake frog of Bulgaria by a set of morphometric and morphophysiological signs. Inhabiting the ponds of different degree of anthropogenic pollution there are similar correlation links between the examined indicators, but simultaneously there are also distinctions in sign correlation structure of the lake frog.

© Т.Ю. Пескова, Ж.М. Желев, 2009