



УДК: 597.828:591.1.1(477.6/7)

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ И МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗЕЛЕННЫХ ЛЯГУШЕК ГОРОДСКОЙ И СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ ЮГО-ВОСТОКА УКРАИНЫ¹

А.П. Корж, В.Ю. Задорожня

Запорожский национальный университет, Украина, 69600, г. Запорожье, ул. Жуковского, 66

E-mail: 312922@rambler.ru;
zadorovic@rambler.ru

Морфометрические параметры популяций *Pelophylax ridibundus* городской и сельской местности не имеют достоверных отличий. Изученные показатели асимметрии не позволяют однозначно оценить состояние данных популяций, поскольку у одних и тех же животных, в зависимости от методик, результаты колеблются от условной нормы до критического состояния. Морфофизиологические индексы внутренних органов показывают в урбанизированных условиях активизацию компенсаторных механизмов, направленных на поддержание гомеостаза организма. Использование лишь морфометрических параметров амфибий не всегда позволяет адекватно оценить состояние их популяций и качество среды обитания.

Ключевые слова: зеленые лягушки, асимметрия, урбанизация, гомеостаз, морфометрия, органометрия.

Введение

В современных условиях существования биосферы доминирующим фактором, вызывающим деградацию всех экосистем, является техногенное загрязнение. Особо критическая ситуация наблюдается в урбоэкосистемах, в пределах которых происходит изменение как физических, так и химических показателей среды, что не может не отражаться на состоянии популяций живых организмов.

Подобная ответная реакция биосистем на всю совокупность внешних и внутренних воздействий является основой для биоиндикационных оценок качества среды. Любая популяция характеризуется некоторыми особенностями, совокупность которых определяет ее биологическую специфику. Анализ межпопуляционных различий позволяет оценить степень их адаптивности к конкретным условиям существования, что приобретает особое практическое значение для районов с повышенной антропогенной нагрузкой.

Симметричность билатеральных параметров является важным свойством большинства живых организмов [1]. Относительный рост частей тела у представителей одного вида в разных экологических условиях может протекать с неодинаковой скоростью, что отражается на симметрии билатеральных признаков [2]. От экологических особенностей среды существования зависят и размеры внутренних органов, что напрямую связано с их функциональной нагрузкой [3].

Поэтому отдельные морфометрические и морфофизиологические показатели отражают стабильность развития организмов в целом, а, следовательно, качество условий их местобитаний, что может так же выступать предпосылкой для экологической оценки состояния соответствующих популяций [1, 4].

Перспективным объектом биоиндикационных исследований считаются популяции бесхвостых амфибий [5–8]. Лягушки достаточно широко распространены и, благодаря специфическим особенностям онтогенеза, являются связующим звеном между водными и наземными экосистемами. Они играют важную роль в трофических цепях, обеспечивая нормальное функционирование биоценозов, а также могут выступать индикаторами состояния соответствующей местности в целом.

Оценку состояния популяций амфибий можно осуществлять с использованием различных параметров, в частности – как экстерьерных, так и интерьерных признаков [9]. Оценка экстерьерных признаков может быть основана на анализе меристических (морфометрических) [10] и немаристических [11] параметров организма, которые отражают определенный уровень морфологических отклонений (фенодевиаций): от незначительных колебаний

¹ Публикуется по решению конференции «Структурно-функциональные изменения в популяциях и сообществах на территориях с разным уровнем антропогенной нагрузки», г. Белгород, 9 – 12 октября 2012 г.



флуктуирующей асимметрии до явных аномалий развития. Таким образом, анализ определенных показателей позволяет выявлять нарушения внутривидовых процессов разной степени выраженности.

На территории Украины достаточно широко распространенным видом является зеленая лягушка *Pelophylax ridibundus* Pall., 1771 (синоним *Rana ridibunda*) – фоновый вид, который по долинам крупных рек проникает на юг степной зоны [12]. Несмотря на повсеместность распространения этого представителя зеленых лягушек, в урбанизированных районах появляются дополнительные факторы, увеличивающие риск их вымирания [10]. Поэтому особый интерес вызывает оценка состояния популяций лягушки в условиях с разной степенью преобразования среды обитания.

Целью работы был анализ морфометрических и морфофизиологических параметров лягушек, обитающих в условиях с разной степенью урбанизации.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились в августе–октябре 2011 года на территории двух биотопов: балка Космическая (г. Запорожье), расположенная на периферии города, но вблизи крупной автотрассы, и с. Малозахарьино (Днепропетровская область) – слабо урбанизированная территория.

Объектом исследования служили зеленые лягушки *Pelophylax ridibundus*. Лягушек отлавливали ручным способом и доставляли в лабораторию биологического факультета Запорожского национального университета. В лабораторных условиях определяли морфометрические характеристики и производили забор органов для морфофизиологического анализа по общепринятым методикам [13].

При анализе морфометрических показателей учитывали: массу и длину тела, длину головы, плеча, предплечья, бедра, голени, длину самого длинного пальца на передней и задней конечностях. По соотношению длины головы к длине тела оценивали степень пропорциональности тела. Уровень флуктуирующей асимметрии рассчитывали по следующим показателям: средняя частота асимметрического проявления на признак (соотношение количества асимметрических проявлений на особь в отношении к числу проанализированных признаков) [14]; среднее число случаев асимметрии на особь (отношение количества случаев асимметрии в выборке к количеству особей); доля асимметричных особей по всем признакам (количество асимметричных лягушек в отношении к объему выборки, %) [15]; рассчитывали интегральный показатель флуктуирующей асимметрии (ИПФА) как среднее значение для всех показателей флуктуирующей асимметрии в выборке [13]. Оценку морфофизиологических параметров производили по индексам сердца, почек, печени, селезенки, которые рассчитывали как отношение массы органа к массе тела, выраженное в промилле [4].

Статистическую обработку полученных данных выполняли при помощи методов описательной статистики (расчет среднего арифметического, ошибки, стандартного отклонения). Для сравнительного анализа отличий между группами данных разных выборок использовали непараметрический критерий Пирсона и ранговый критерий Спирмена. Все расчеты проводили с использованием пакета прикладных программ Statistica 10.

Результаты и их обсуждение

Проведенные нами исследования показали, что отличия по массе и длине тела лягушек в балке Космическая и с. Малозахарьино оказались недостоверными при некотором превышении по этим параметрам особей из городской популяции (табл.). Коэффициенты вариации для этих показателей находились в пределах 7.35–27.12%. Коэффициенты корреляции Пирсона (0,93; $P < 0,001$) и Спирмена (0,83; $P < 0,01$) показали достоверную зависимость между этими параметрами для балки Космическая, в то время как для с. Малозахарьино связь оказалась недостоверной.

Таблица

Морфометрические показатели *Pelophylax ridibundus* в исследованных биотопах

Показатели	Биотопы	
	Балка Космическая (г. Запорожье) n=23	с. Малозахарьино (Днепропетровская область), n=0
1	2	3
Масса тела, г	53.3±4.81	46.6±3.84
Длина тела, мм	78.67±2.40	73.6±1.61
Длина головы, мм	24.89±0.91	22.22±0.97



Окончание табл.

1		2	3
Длина плеча, мм	R	15,56±0,87	15,67±0,53
	L	14,44±0,69	15,77±0,52
Длина предплечья, мм	R	16,67±0,67	17,55±0,69
	L	15,56±0,88	16,67±0,58
Длина бедра, мм	R	35,0±1,85	32,89±1,22
	L	35,5±1,53	33,44±1,06
Длина голени, мм	R	38,11±1,82	37,89±0,98
	L	39,56±1,38	38,67±1,19
Длина среднего пальца на верхней, мм	R	13,33±0,83	14,11±0,48
	L	13,88±0,92	14,22±0,62
Длина среднего пальца на нижней конечностях, мм	R	35,89±2,45	35,67±0,85
	L	34,44±2,35	36,11±1,29
Средняя частота асимметрического проявления на признак		0,91±0,03	0,74±0,08
Средняя частота асимметрического проявления на особь		5,33	4,67
Доля асимметричных особей по всем признакам, %		100	100
ИПФА		0,052	0,026

На наш взгляд, некоторое увеличение размеров лягушек в городских условиях, где температура оказывается несколько выше в сравнении с остальной территорией [10, 16], может благоприятствовать ускорению обмена веществ и более быстрому росту животных. В то же время, связь между этими параметрами является не такой однолинейной и может зависеть от других экологических воздействий, например обилия пищи [9].

Коэффициент пропорциональности тела для особей из обоих биотопов существенно не отличался: для лягушек из городской среды он составил $0,32 \pm 0,02$, а для особей из сельской местности – $0,30 \pm 0,01$, при этом коэффициент вариации по этому показателю для амфибий из обоих биотопов находился в пределах 7,85–16,8%. Так же недостоверными оказались отличия и по остальным морфометрическим признакам.

Билатеральная асимметрия лягушек двух биотопов имела одинаковую степень выраженности. У лягушек из городской территории наибольший коэффициент вариации (20,43–20,5%) был получен для длины пальца задней конечности, наименьший (10,43%) – для длины левой голени. У особей из популяции с. Малозахарино наибольший коэффициент вариации (13,05%) был получен для пальца левой передней конечности, наименьший (7,15%) – для пальца правой задней конечности. Поскольку динамика коэффициента вариации меристических показателей может отражать экологическую ригидность вида [6], мы можем констатировать значительно большую нагрузку на особей городской популяции, поскольку разброс признаков у них оказался выше.

Показатели флуктуирующей асимметрии у лягушек из двух биотопов выявились достаточно высокими: в обоих биотопах все исследованные особи были ассиметричны; средняя частота асимметрического проявления на особь и на признак оказалась достаточно высокой в обоих исследуемых районах (напряженное состояние особей). В то же время, ИПФА в районах исследования позволяет классифицировать качество среды следующим образом: с. Малозахарино – I балл (условная норма); балка Космическая – IV балл (загрязненная территория). Оценка же полученных результатов с использованием шкалы в авторской интерпретации [17], позволяет оба изученных региона оценить как условную норму.

Таким образом, использование морфометрии и асимметрических характеристик особей не всегда позволяет получить адекватную информацию о состоянии популяций. Более того, интерпретация этих данных для оценки качества среды обитания оказывается еще менее адекватной и крайне противоречивой.

Несмотря на морфометрическую тождественность исследуемых популяций, были обнаружены достоверные отличия по морфофизиологическим параметрам лягушек (рис. 1, 2). Как масса, так и индекс сердца оказались несколько большими (на 11,7 и 30,5% соответственно) в сельской местности, в то время как масса и индекс печени достоверно большими были в городской местности соответственно на 38,8 и 36,2% (при $P < 0,05$). Отличия по массе и индексам почек и селезенки оказались недостоверными, однако первые несколько больше были в сельской, а вторая – в городской местности.

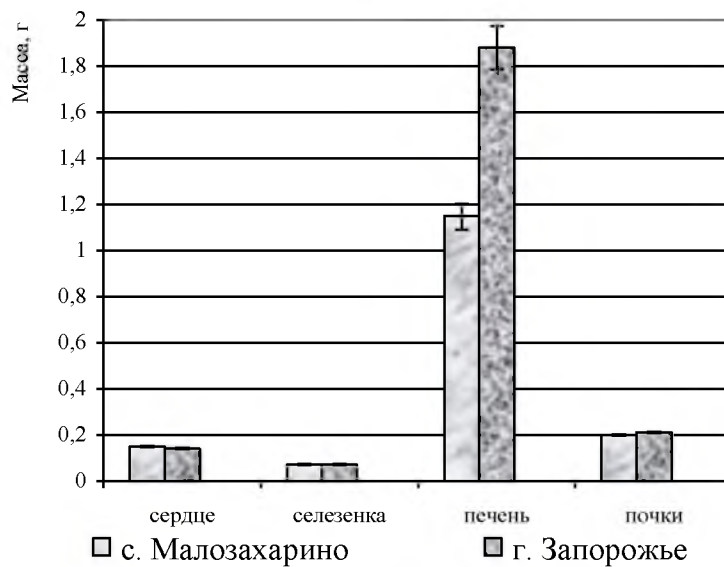


Рис. 1. Масса органов (г) *Pelophylax ridibundus* в разных биотопах

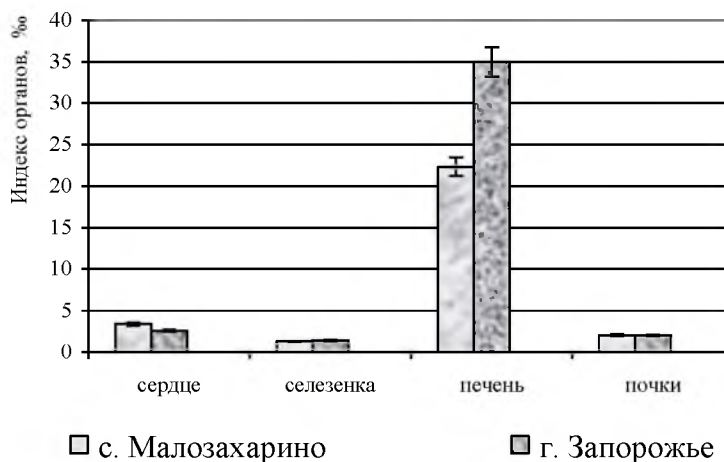


Рис. 2. Морфофизиологические индексы органов *Pelophylax ridibundus* в исследованных биотопах

Стандартным критерием экологического благополучия популяции считается индекс печени. Печень выполняет в организме не только энергетическую функцию (энергетическое депо), но и накапливает белковые запасы, среди которых присутствуют ферменты, выполняющие в организме функцию детоксикации ксенобиотиков различного генеза [18]. Поэтому именно печень играет ведущую роль в процессах детоксикации ксенобиотиков и вредных веществ; относительный вес печени может рассматриваться показателем содержания микроэлементов в среде обитания [19, 20].

Полученные нами результаты относительно изменений веса и индекса печени могут свидетельствовать о наличии у амфибий, обитающих в пригороде г. Запорожье, активизации защитных механизмов. Также была обнаружена достоверная прямая корреляция Спирмена (0.69; $P < 0.05$) между массами сердца и печени у амфибий из пригорода Запорожья, отсутствовавшая в сельской местности.

Селезенка в организме амфибий выполняет функции детоксикации и кроветворения. Интенсификация функций органов и тканей под влиянием неблагоприятных экологических факторов вызывает повышение резистентности организма и ускоряет выведение из него несвойственных веществ [8].

По всей видимости, скоррелированные изменения показателей сердца, печени и селезенки можно рассматривать как своеобразный компенсаторный механизм, направленный на поддержание гомеостаза организма в условиях повышенной антропогенной нагрузки.

Таким образом, полученные нами данные подтверждают высказанное ранее предположение [21, 22] о том, что использование только отдельных морфометрических показателей амфибий в биоиндикационных исследованиях далеко не всегда может дать адекватную оценку состояния популяций соответствующих видов. В дальнейшем предполагается расширить район исследований популяций *Pelophylax ridibundus*.



Выводы

1. Морфометрические параметры исследованных популяций *Pelophylax ridibundus* не имеют достоверных отличий.
2. Изученные показатели асимметрии не позволяют однозначно оценить состояние популяций амфибий, поскольку у одних и тех же животных результаты колеблются от условной нормы до критического состояния.
3. Морфофизиологические индексы внутренних органов свидетельствуют об активизации компенсаторных механизмов, направленных на поддержание гомеостаза организма в урбанизированных условиях.
4. Использование лишь морфометрических параметров амфибий не всегда позволяет адекватно оценить состояние их популяций и качество среды обитания.

Список литературы

1. Захаров В.М. Асимметрия животных (популяционно-фенологический подход). – М.: Наука, 1987. – 216 с.
2. Гелашвили Д.Б., Солдатов Е.Н., Чупрунов Е.В. Меры сходства и разнообразия в оценке флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков / Проблемы экологического эксперимента (Планирование и анализ наблюдений) / Под. ред. чл.-корр. РАН Г.С. Розенберга и д.б.н. Д.Б. Гелашвили. – Тольятти: СамНИ; «Кассандра», 2008. – С. 151–159.
3. Марчинковская А.А. Сравнительный анализ морфофизиологических показателей бесхвостых видов амфибий из разных по степени техногенного влияния зон обитания // Вісник Дніпропетровського національного університету. Біологія. Екологія. – 2006. – Вип 13, №1. – С. 151–158.
4. Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринский Л.Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных: Тр. Института экологии растений и животных. – Свердловск, 1968. – 387 с.
5. Файзулин А.И. Земноводные как биоиндикаторы состояния окружающей среды в условиях среднего Поволжья: половозрастная структура популяций // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Специальный выпуск «Безопасность. Технологии. Управление». – 2008. – Вып. 9. – С. 271–274.
6. Вершинин В.Л. Амфибии как биоиндикаторы состояния урбанизированных экосистем // Урбо-экосистемы. Проблемы и перспективы. Материалы III международной научно-практической конференции. – 2008. – С. 21–25.
7. Камкина И.Н. Проблемы адаптации амфибий в условиях повышенных техногенных нагрузок / Биосфера и человечество. Сборник материалов конференции молодых ученых памяти Н.В. Тимофеева-Ресовского (24–28 апреля 2000 г.). – 2000. – С. 122–123.
8. Спирина Е.В. Амфибии как биоиндикационная тест-система для экологической оценки водной среды обитания. Автореферат дис ... к.б.н. (03.00.16 – экология). – Ульяновск, 2007. – 23 с.
9. Методика комплексной оценки состояния сообщества и популяций доминирующих видов или видов-индикаторов мелких млекопитающих, амфибий и рыб / С.Н. Гашев, Н.А. Сазонова, А.Г. Селюков и др. – Тюмень: ТюмГУ, 2005. – 94 с.
10. Вершинин В.Л., Гилева Э.А., Глотов Н.В. Флуктуирующая асимметрия мерных признаков у остромордой лягушки: методические аспекты // Экология. – 2007. – №1. – С. 75–77.
11. Некрасова О.Д. Оцінка стану навколишнього середовища за допомогою видів-біоіндикаторів на прикладі амфібій / Збірник праць зоологічного музею. – 2006. – №38. – С. 44–79.
12. Писанец Е.М. Фауна амфибий Украины: вопросы разнообразия и таксономии. Сообщение 2. бесхвостые амфибии (Anura) // Збірник праць зоологічного музею. – 2006. – №38. – С. 44–79.
13. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов и др. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 67 с.
14. Чубинишвили А.Т. Гомеостаз развития в популяциях озерной лягушки (*Rana ridibunda* Pall), обитающих в условиях химического загрязнения в районе средней Волги // Экология. – 1998. – Т. 29. – С. 71–74.
15. Романов И.С., Ковалев М.Ю. Флуктуирующая асимметрия серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Cyprinidae) из некоторых водоемов Дальнего Востока / Вопросы ихтиологии. – 2004. – Т. 44, № 1. – С. 109–117.
16. Воронков Н. А. Экология общая, социальная, прикладная: Учебник для студентов высших учебных заведений. Пособие для учителей. – М.: Агар, 1999. – 424 с.
17. Шестакова Г.А., Стрельцов А.Б., Констаттинов Е.Л. Методика сбора и обработки материала для оценки качества среды (по берёзе повислой – *Betula pendula* Roth.). – Калуга: Калужский государственный педагогический университет, 2000. – 7 с.
18. Мисюра А.Н., Марчинковская А.А. Сравнительная характеристика морфофизиологических показателей представителей батрахофауны из биотопов разной степени загрязнения / Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2007. – №2 – С. 157–162.



19. Вершинин В.Л. Морфофизиологические особенности сеголеток бурьх лягушек на городских территориях // Животные в условиях антропогенного ландшафта. Сб. науч. трудов. – Свердловск, 1992. – С. 4–12.

20. Петров В.С., Шарыгин С.А. О возможности использования амфибий и рептилий для индикации загрязнений окружающей среды // Наземные и водные экосистемы. – Горький, 1981. – Вып. 4. – С. 41–48.

21. Rowe L., Repasky R.R., Palmer A.R. Size-dependent asymmetry: Fluctuating asymmetry versus anti-symmetry and its relevance to condition-dependent signaling // Evolution (USA). – 1997. – Vol. 51. – №5. – P. 1401–1408.

22. Swaddle J.P., Witter M.S. On the ontogeny of developmental stability in a stabilized trait // Proc. Roy. Soc. London. B. – 1997. – Vol. 264. – №1380. – P. 329–334.

GREEN FROGS MORPHOMETRIC AND MORPHOPHYSIOLOGICAL INDICATORS IN THE URBAN AND COUNTRYSIDE AREAS OF THE SOUTHEAST UKRAINE

**A.P. Korzh,
V.Y. Zadorozhnyaya**

Zaporizhzhya National University, 66,
Zhukovsky St., Zaporizhzhya, 69600,
Ukraine

E-mail: 312922@rambler.ru;
zadorovic@rambler.ru

Morphometric parameters of *Pelophylax ridibundus* populations in the urban and countryside areas have no authentic differences. The studied indicators of asymmetry do not allow the given populations condition to be estimated definitely because the same animals, depending on the research methods, demonstrate the research results fluctuation from conditional norm to the critical state. Internals morphophysiological indexes in the urbanized conditions show compensatory mechanisms activation directed on the organism homeostasis maintenance. The bare usage of amphibians morphometric parameters does not always allow their populations condition and their environment quality to be estimated adequately.

Keywords: green frogs, asymmetry, urbanization, homeostasis, morphometry, organometry.