



УДК 597.8

Об оценке состояния окружающей среды по уровню флуктуирующей асимметрии у бесхвостых амфибий на примере озерной лягушки (*Rana ridibunda*)

ЛАДА
Георгий Аркадьевич

ФГБОУ ВПО "Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина",
esculenta@mail.ru

ЛЕВИН
Алексей Николаевич

ФГБОУ ВПО "Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина",
esculenta@mail.ru

АРТЕМОВА
Людмила Викторовна

ФГБОУ ВПО "Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина",
esculenta@mail.ru

РЫБКИНА
Наталья Серафимовна

ФГБОУ ВПО "Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина",
esculenta@mail.ru

Ключевые слова:

Бесхвостые земноводные
Rana ridibunda
флуктуирующая асимметрия
окружающая среда

Аннотация:

Обсуждается возможность использования оценки состояния окружающей среды по уровню флуктуирующей асимметрии у бесхвостых земноводных. На основании собственных результатов и материалов литературных источников делается вывод, что подобные работы должны сопровождаться продуманным выбором объектов исследования и используемых признаков, а также объективным поиском причин с учетом всей совокупности экологических факторов, действующих на развитие организмов.

© 2012 Петрозаводский государственный университет

Получена: 28 октября 2012 года

Опубликована: 15 ноября 2012 года

Введение

Бесхвостые амфибии, играя роль консументов второго и более высокого порядков в трофических цепях экосистем, быстро реагируют даже на незначительное антропогенное воздействие. Будучи доступными для исследования животными, они могут служить индикаторами степени антропогенного воздействия (Петров, Шарыгин, 1981; Пястолова и др., 1981; Леонтьева, 1982, 1995; Бобылев, 1983; Пястолова, 1985; Пястолова, Вершинин, 1989; Елисеева и др., 1995; Леонтьева, Семенов, 1997; Вершинин, 2009). В последние десятилетия стал весьма популярен метод оценки состояния окружающей природной среды по уровню флуктуирующей асимметрии (Захаров и др., 2000). Исследования, проведенные на разных объектах, в том числе на амфибиях (Chubinishvili, 1997; Чубинишвили, 1998а, б; Ушаков, Образцов, 2000; Замалетдинов, 2001, 2003; Масалыкин, Венгеров, 2001; Устюжанина, Стрельцов, 2001а, б; Файзулин, 2004; Хицова и др., 2004; Желев, Пескова, 2010; Пескова и др., 2011), показали, что наиболее высокий уровень флуктуирующей асимметрии характерен для

популяций, обитающих в условиях сильного загрязнения среды, наиболее низкий – в контрольных «чистых» популяциях. Цель работы – проверка возможности биоиндикации состояния окружающей природной среды по уровню флуктуирующей асимметрии у бесхвостых земноводных.

Материалы

Работа проводилась на территории Тамбовской области. В качестве объекта исследования выбран массовый вид бесхвостых амфибий – озерная лягушка (*Rana ridibunda*). В общей сложности, использовано 854 особи: 2000 г. – 80 экз., 2002 г. – 124 экз., 2004–2005 гг. – 650 экз.

Методы

В качестве анализируемых признаков у *Anura* рассматриваются элементы рисунка (число пятен или полос на дорсальной или вентральной стороне тела), кожных покровов (число пор), число зубов на челюстных костях, остеологические показатели (Захаров и др., 2000). Если применять щадящие методы, с прижизненным снятием показателей, то приходится ограничиться особенностями рисунка и кожных покровов (Лада, Соколов, 1999). Именно поэтому мы использовали 11 признаков окраски и кожных покровов лягушек: число полос и пятен на бедре, голени и стопе, число пятен на спине, число белых пятен на плантарной стороне 2-го, 3-го и 4-го пальцев задней конечности, число пор на плантарной стороне 4-го пальца задней конечности (Захаров и др., 2000).

Результаты

В 2000 г. (табл. 1) уровень флуктуирующей асимметрии в трех выборках лягушек (Чистые Пруды в Тамбовском районе, оз. Рамза в Кирсановском районе и р. Ворона в Инжавинском районе) оказался низким (от 0.29 до 0.36) (балльная оценка I). Выборка из р. Карай (Инжавинский район) отличалась высоким показателем стабильности развития – 0.61 (балльная оценка IV). При этом в последней точке нет явно выраженных антропогенных воздействий. Причина повышенного уровня флуктуирующей асимметрии неизвестна.

Таблица 1. Уровень флуктуирующей асимметрии в различных выборках озерной лягушки в 2000 г.
Table 1. The level of fluctuating asymmetry in different samples of the lake frog in 2000

№	Выборки (samples)	Показатель стабильности развития (The rate of stability in development)	Балльная оценка (Score)
1	Чистые Пруды (Chistie Prudy)	0.36±0.03	I
2	р. Ворона (Vorona River)	0.29±0.02	I
3	р. Карай (Karai River)	0.61±0.05	IV
4	оз. Рамза (Ramza Lake)	0.29±0.02	I

В 2002 г. исследованы выборки лягушек из 5 точек бассейна р. Цна (Тамбовский район) с предполагаемым различным уровнем антропогенного загрязнения (табл. 2). Самый высокий показатель нарушения развития (0.69, балльная оценка V) зарегистрирован в выборке из водоемов Тамбовской ТЭЦ. Далее следуют две выборки из р. Цна: из д. Лесная Опушка (0.63), где река принимает стоки промышленных предприятий г. Котовска, находящегося выше по течению, и из с. Кузьмина-Гать (0.60) – места, расположенного выше основных источников загрязнения и рассматривающегося в качестве условного контроля. Несмотря на столь разную предварительную оценку уровня антропогенного загрязнения, балльная оценка в обеих выборках – IV. На следующем месте – выборка из р. Цна в п. Перикса (0.56, балльная оценка III), располагающегося выше Тамбова, но значительно ниже Котовска. Наименьший показатель (0.54, балльная оценка II) получен для выборки лягушек из р. Жигалка, протекающей и впадающей в р. Цна в пределах г. Тамбов. Таким образом, имеет место противоречивая картина: часть результатов носила предсказуемый характер, другая часть отличалась от ожидаемых результатов.

Таблица 2. Уровень флуктуирующей асимметрии в различных выборках озерной лягушки в 2002 г.
Table 2. The level of fluctuating asymmetry in different samples of the lake frog in 2002

№	Выборки (samples)	Показатель стабильности развития (The rate of	Балльная оценка (score)
---	-------------------	---	-------------------------

stability in development)			
1	р. Цна, с. Кузьмина-Гать (Tsna River, Kuz'mina-Gat' village)	0.60±0.05	IV
2	р. Цна, д. Опушка (Tsna River, Opushka village)	0.63±0.06	IV
3	р. Жигалка, г. Тамбов (Zhigalka River, Tambov Town)	0.54±0.02	II
4	р. Цна, с. Перикса (Tsna River, Periksa village)	0.56±0.03	III
5	Водоемы Тамбовской ТЭЦ (ponds of Tambov termal power station)	0.69±0.06	V

В 2004–2005 гг. подобная работа была выполнена на выборках лягушек из 7 мест бассейна р. Цна (Тамбовский и Сямпурский районы) с предполагаемым различным уровнем антропогенного загрязнения (табл. 3). Некоторые из точек взятия выборок (р. Цна в п. Перикса, р. Жигалка, Тамбовская ТЭЦ) совпали с местами выполнения предшествующей работы, другие точки новые. Во всех выборках отмечен низкий показатель стабильности развития (балльная оценка 1), но при этом его величина незначительно увеличивается по мере предполагаемого роста уровня антропогенного загрязнения.

Таблица 3. Уровень флуктуирующей асимметрии в различных выборках озерной лягушки в 2004–2005 гг.

Table 3. The level of fluctuating asymmetry in different samples of the lake frog in 2004–2005

№	Выборки (Samples)	Средняя частота асимметричного проявления на признак (The mean frequency of asymmetric manifestation on the sign)			
		2004		2005	
		показатель стабильности развития (The rate of stability in development)	балльная оценка (score)	показатель стабильности развития (The rate of stability inf development)	балльная оценка (score)
1	р. Цна, с. Сямпур (Tsna River, Sampur village)	0.28±0.02	I	0.27±0.02	I
2	р. Цна, с. Перикса (Tsna River, Periksa village)	0.30±0.02	I	0.30±0.02	I
3	р. Цна, парк «Дружба» (Tsna River, woodland park "Druzhiba")	0.26±0.02	I	0.28±0.03	I
4	р. Жигалка, г. Тамбов (Zhigalka River, Tambov town)	0.32±0.02	I	0.33±0.02	I
5	р. Студенец, с. Ласки (Studenets River, Laski village)	0.36			

Обсуждение

На основании полученного опыта, демонстрирующего противоречивые результаты, мы вправе сделать следующие методические замечания. Во-первых, судя по литературным данным, метод оценки флуктуирующей асимметрии показал свои достоинства в регионах с мощной антропогенной нагрузкой, фактически – в зонах экологического бедствия. Они характеризуются очень высоким уровнем радиационного (Новозыбковский район Брянской области) или химического (район г. Чапаевска Самарской области) загрязнения. По-видимому, в подобных условиях загрязнение среды оказывает решающее воздействие на ход онтогенеза, нарушая его и приводя к проявлениям значительной асимметрии. В местах же со сравнительно низким уровнем антропогенного воздействия (как в нашем случае) уровень флуктуирующей асимметрии определяется всей совокупностью экологических факторов, действующих на развитие организмов – и антропогенных, и естественных.

Во-вторых, вызывает целый ряд вопросов выбор признаков внешней морфологии, используемых

для оценки флуктуирующей асимметрии амфибий, и их трактовка. Так, описание формальных различий между «полосой» и «пятном» (Захаров и др., 2000), мягко говоря, не повышает доверия к применяемой методике. Не лучше ли, опираясь на объективные данные, признать, что земноводные, в отличие от членистоногих, рыб, рептилий и птиц, фактически не имеют внешних морфологических признаков, подходящих для биотеста? Однако в таком случае данный метод можно считать вообще неприменимым к амфибиям, поскольку для изучения остеологических показателей и надежного подсчета числа зубов пришлось бы умерщвлять массу животных, что недопустимо.

Кроме того, хотелось бы отметить следующее: совершенно недопустимо упрощать методику сбора материала, объединяя в анализируемых выборках животных разных (точно не определенных) видов. Это, прежде всего, относится к группе видов зеленых лягушек (*Rana esculenta* complex), которые популярны как объекты исследования, но сложны для определения. Несмотря на близость трех видов этого комплекса, между ними существуют заметные морфологические, физиологические, генетические и экологические различия. Поэтому сравнивать между собой обобщенные выборки зеленых лягушек, как это иногда делается (Жданова, Гелашвили, 1997; Логинов, Гелашвили, 2001, 2005; Логинов и др., 2003а, б; Романова, 2005), некорректно.

Заключение

Применение популярных методов оценки состояния окружающей среды (в частности, по уровню флуктуирующей асимметрии) должно сопровождаться продуманным выбором объектов исследования и используемых признаков, а также поиском объективных причин варьирования показателей с учетом всей совокупности экологических факторов, действующих на развитие организмов.

Библиография

- Бобылев Ю. П. Бесхвостые амфибии как объект информационного мониторинга центрального степного Приднепровья [Anuran amphibians as an object of information monitoring of central steppe of Pridneprovye] // Исчезающие и редкие растения, животные и ландшафты Днепропетровщины: Сб. научных трудов. Днепропетровск, 1983. С. 111–118.
- Вершинин В. Л. Адаптивные и микроэволюционные процессы в популяциях амфибий урбанизированных территорий [Adaptive and microevolutional processes in populations of amphibians of urbanized territories] // Праці Українського Герпетологічного Товариства. 2009. № 2. С. 7–20.
- Елисеева К. Г., Войтович А. М., Трусова В., Огурцова С. Э. Цитогенетический мониторинг популяций амфибий [Cytogenetic monitoring of populations of amphibians] // Животный мир в зоне аварии Чернобыльской АЭС. Минск, 1995. С. 148–156.
- Жданова Н. П., Гелашвили Д. Б. Анализ стабильности развития лягушек рода *Rana* на антропогенной и заповедной территориях [Analysis of stability in the development of frogs of genus *Rana* in anthropogenic and reserved territories] // Проблемы общей биологии и прикладной экологии: Сборник трудов молодых ученых. Саратов, 1997. С. 52–54.
- Желев Ж. М., Пескова Т. Ю. Флуктуирующая асимметрия краснобрюхой жерлянки *Bombina orientalis* Linnaeus, 1761 (Amphibia, Anura, Discoglossidae) у южной границы ареала вида [Fluctuating asymmetry of fire-bellied toad *Bombina orientalis* Linnaeus, 1761 (Amphibia, Anura, Discoglossidae) near the south border of species area] // Проблемы изучения и сохранения позвоночных животных антропогенных водоемов: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. Саранск, 2010. С. 45–49.
- Замалетдинов Р. И. Использование показателя флуктуирующей асимметрии для оценки состояния популяций зеленых лягушек урбанизированных территорий [Using of the rate of fluctuating asymmetry for the evaluation of the condition of green frogs populations in urbanized territories] // Вопросы герпетологии: Материалы 1-го съезда Герпетологического общества им. А. М. Никольского. Пущино – М., 2001. С. 105–106.
- Замалетдинов Р. И. Экология земноводных в условиях большого города (на примере г. Казани): [Ecology of amphibians in the conditions of large city (on an example of Kazan' city)] Автореф. дис. ... канд. биол. наук.

Лада Г. А. , Левин А. Н. , Артемова Л. В. , Рыбкина Н. С. Об оценке состояния окружающей среды по уровню флуктуирующей асимметрии у бесхвостых амфибий на примере озерной лягушки (*Rana ridibunda*) // Принципы экологии. 2012. № 3. С. 82–88.

Казань, 2003. 24 с.

Захаров В. М., Баранов А. С., Борисов В. И., Валецкий А. В., Кряжева Н. Г., Чистякова Е. К., Чубинишвили А. Т. Здоровье среды: методика оценки. [Health of environment: methodology of evaluation.] М., 2000. 68 с.

Лада Г. А., Соколов А. С. Методы исследования земноводных: Научно-методическое пособие. [Methods of study of amphibians: scientific and methodic manual.] Тамбов, 1999. 75 с.

Леонтьева О. А. Индикаторная роль герпетофауны в биоценозах с различной антропогенной трансформацией [Herpetofauna as an indicator in biocenoses with different anthropogenic transformation] // Животный мир центра лесной зоны европейской части СССР. Калинин, 1982. С. 49–62.

Леонтьева О. А. Бесхвостые земноводные как биоиндикаторы антропогенной трансформации экосистем Подмоскovie [Anuran amphibians as bioindicators of anthropogenic transformation of ecosystems in the vicinity of Moscow] // Экологические исследования в Москве и Московской области: Животный мир. М., 1995. С. 37–50.

Леонтьева О. А., Семенов Д. В. Земноводные как биоиндикаторы антропогенных изменений среды [Amphibians as bioindicators of anthropogenic transformations of environment] // Успехи современной биологии. 1997. Т. 117, вып. 6. С. 726–737.

Логинов В. В., Гелашвили Д. Б. Морфогенетическая и цитогенетическая характеристики природных популяций зеленых лягушек гибридного комплекса *Rana esculenta* в естественных условиях Нижегородской области [Morphogenetic and cytogenetic characteristics of natural populations of green frogs of hybridogenetic complex *Rana esculenta* in the natural conditions of Nizhny Novgorod Region] // Актуальные проблемы герпетологии и токсикологии: Сборник научных трудов. Тольятти, 2001. Вып. 5. С. 62–69.

Логинов В. В., Гелашвили Д. Б. Меры фенотипической изменчивости природных популяций зеленых лягушек, обитающих на антропогенно-трансформированных и заповедных территориях Нижегородской области [Measures of phenotypic variation in natural populations of green frogs inhabiting the anthropogenically transformed and reserved territories of Nizhny Novgorod Region] // Актуальные проблемы герпетологии и токсикологии: Сборник научных трудов. Тольятти, 2005. Вып. 8. С. 117–124.

Логинов В. В., Гелашвили Д. Б., Чупрунов Е. В., Силкин А. А. Структурно-информационные показатели стабильности развития амфибий на антропогенно трансформированных территориях [Structural and information parameters of stability in the development of amphibians on anthropogenically transformed territories] // Актуальные проблемы герпетологии и токсикологии: Сборник научных трудов. Тольятти, 2003а. Вып. 6. С. 85–90.

Логинов В. В., Гелашвили Д. Б., Чупрунов Е. В., Силкин А. А. Структурно-информационный анализ стабильности развития амфибий [Structural and information analysis of stability in the development of amphibians] // 3-я конференция герпетологов Поволжья: Материалы региональной конференции. Тольятти, 2003б. С. 44–47.

Масалыкин А. И., Венгеров П. Д. Амфибии и рептилии [Amphibians and reptiles] // Зоологические исследования в заповедниках Центрального Черноземья: Труды Ассоциации ООПТ Центрального Черноземья России. Тула, 2001. Вып. 2. С. 230–233.

Пескова Т. Ю., Жукова Т. И., Величко Т. С. Флуктуирующая асимметрия озерной лягушки и зеленой жабы [Fluctuating asymmetry of lake frog and green toad] // Вопросы герпетологии: Материалы IV съезда Герпетологического общества имени А. М. Никольского. СПб., 2011. С. 219–223.

Петров В. С., Шарыгин С. А. О возможности использования амфибий и рептилий для индикации загрязнения окружающей среды [On the possibility of using of amphibians and reptiles for the indication of pollution of environment] // Наземные и водные экосистемы. Горький, 1981. С. 41–48.

Лада Г. А. , Левин А. Н. , Артемова Л. В. , Рыбкина Н. С. Об оценке состояния окружающей среды по уровню флуктуирующей асимметрии у бесхвостых амфибий на примере озерной лягушки (*Rana ridibunda*) // Принципы экологии. 2012. № 3. С. 82–88.

Пястолова О. А. Амфибии как индикаторы промышленного загрязнения окружающей среды [Amphibians as indicators of industrial pollution of environment] // Вопросы герпетологии: Авторефераты докладов 6-й Всесоюзной герпетологической конференции. Л., 1985. С. 174.

Пястолова О. А., Бугаева Е. А., Большаков В. Н. Личинки амфибий как биоиндикаторы загрязнения среды [Amphibian larvae as bioindicators of pollution of environment] // Вопросы герпетологии: Авторефераты докладов 5-й Всесоюзной герпетологической конференции. Л., 1981. С. 112.

Пястолова О. А., Вершинин В. Л. Практика экологического мониторинга на основе индикационных показателей амфибий [Practice of ecological monitoring on the basis of indicators of amphibians] // Вопросы герпетологии: Авторефераты докладов 7-й Всесоюзной герпетологической конференции. Киев, 1989. С. 205–206.

Романова Е. Б. Гематологические аспекты механизмов адаптации природных популяций зеленых лягушек в условиях антропогенного средового стресса [Haematological aspects of the mechanisms of adaptation of natural populations of green frogs in the conditions of anthropogenic environmental stress] // Актуальные проблемы герпетологии и токсикологии: Сборник научных трудов. Тольятти, 2005. Вып. 8. С. 169–176.

Устюжанина О. А., Стрельцов А. Б. Биоиндикационная оценка качества среды в поймах рек Оки и Угры по гомеостазу развития озерных лягушек (*Rana ridibunda*) [Evaluation of bioindicators of the environment quality in the floodplains of Oka and Ugra rivers on the basis of the homeostasis of the development of lake frogs (*Rana ridibunda*)] // Вопросы герпетологии: Материалы 1-го съезда Герпетологического общества им. А. М. Никольского. Пушино – М., 2001а. С. 298–299.

Устюжанина О. А., Стрельцов А. Б. Сравнительная оценка состояния природной среды по стабильности развития травяных (*Rana temporaria*) и озерных (*R. ridibunda*) лягушек [Comparative evaluation of the condition of natural environment on the basis of the stability of the development of grass (*Rana temporaria*) and lake (*R. ridibunda*) frogs] // Вопросы герпетологии: Материалы 1-го съезда Герпетологического общества им. А. М. Никольского. Пушино – М., 2001б. С. 296–298.

Ушаков В. А., Образцов А. А. Морфогенетические, фенетические и морфометрические подходы в определении стабильности развития популяций зеленых лягушек на территории Нижегородской области [Morphogenetic, phenetic and morphometric approaches to the detection of stability in the development of green frogs populations in the territory of Nizhny Novgorod Region] // Актуальные проблемы герпетологии и токсикологии: Сборник научных трудов. Тольятти, 2000. Вып. 4. С. 49–55.

Файзулин А. И. Эколого-фаунистический анализ земноводных Среднего Поволжья и проблемы их охраны. [Ecological and faunistic analysis of amphibians of Middle Volga Area and problems of their protection] Автореферат дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, 2004. 20 с.

Хицова Л. Н., Шерстяных В. А., Бутов Г. С. К оценке состояния окружающей среды по гомеостазу развития озерной лягушки в условиях Центрального Черноземья [To an evaluation of the condition of environment on the basis of the homeostasis of the development of the lake frog in the conditions of Central Black-soil Area] // Труды биологического учебно-научного центра ВГУ. Воронеж, 2004. Вып. 18. С. 122–124.

Чубинишвили А. Т. Оценка состояния природных популяций озерной лягушки (*Rana ridibunda*) в районе Нижней Волги по гомеостазу развития: цитогенетический и морфогенетический подходы [Evaluation of the status of natural populations of the lake frog (*Rana ridibunda*) in the Lower Volga Area on the basis of homeostasis of the development: cytogenetic and morphogenetic approaches] // Зоологический журнал. 1998а. Т. 77, № 8. С. 942–946.

Чубинишвили А. Т. Гомеостаз развития в популяциях озерной лягушки (*Rana ridibunda* Pall.), обитающих в условиях химического загрязнения в районе Средней Волги [The homeostasis of development in populations of marsh frog (*Rana ridibunda* Pall.) inhabiting in conditions of chemical pollution in the Middle Volga Area] // Экология. 1998б. № 1. С. 71–74.

Chubinishvili A. T. The status of natural populations of the *Rana esculenta*-complex in response to anthropogenic influences: a morphogenetic approach // Advances in amphibian research in the former Soviet Union. 1997. V. 2. P. 117–124.

Благодарности

Работа проводилась при финансовой поддержке федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (госконтракт № 14.B37.21.0202).

On the evaluation of environmental condition by the level of fluctuating asymmetry in anuran amphibian of lake frog (*Rana ridibunda*) as an example

**LADA
Georgiy**

Tambov State University, esculenta@mail.ru

**LYOVIN
Aleksey**

Tambov State University, esculenta@mail.ru

**ARTYOMOVA
Lyudmila**

Tambov State University, esculenta@mail.ru

**RYBKINA
Natalia**

Tambov State University, esculenta@mail.ru

Keywords:

Anuran amphibians
Rana ridibunda
fluctuating asymmetry
environment

Summary:

The possibility of the usage of environmental condition evaluation by the level of fluctuating asymmetry in anuran amphibians is discussed. On the basis of original results and literature cited the conclusion is made that similar studies must be provided with the thought-over choice of studied objects and used characteristics as well as by the objective search of the causes with the account of all the assemblage of ecological factors acting on the development of an organism.