

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АМФИБИЙ В МОНИТОРИНГЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ: ФЕНОТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ

© 2012 А. И. Файзулин, А. Е. Кузовенко

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Поступила в редакцию 29.09.2011

В 2005 – 2006 гг. исследована фенетическая структура популяций озерной лягушки (*Rana ridibunda* Pallas, 1771) в Среднем Поволжье. Установлено, что в условиях высокой антропогенной трансформации в большинстве популяций снижается внутривидовое разнообразие и увеличивается доля редких фенотипов.

Ключевые слова: фенетическая структура, популяции, озерная лягушка, антропогенные воздействия.

1. ВВЕДЕНИЕ

Земноводные относятся к группе животных, уязвимых при антропогенных воздействиях [2]. Особого внимания заслуживают толерантные виды, способные обитать в условиях высокой антропогенной нагрузки. На территории Среднего Поволжья озерная лягушка *Rana ridibunda* Pallas, 1771 – самый распространенный вид фауны земноводных [16], обитающий в условиях высокой антропогенной трансформации местообитаний. Полиморфизм по признакам окраски широко распространен у бесхвостых амфибий, в частности у лягушек рода *Rana* встречаются особи с дорсомедиальной полосой (морфа «striata») [23]. Наличие данного признака определяет доминантный аллель диаллельного аутосомного гена, что установлено для озерной *R. ridibunda* [21] и остромордой *R. arvalis* [20]. По литературным данным полосатые особи *R. arvalis* характеризуются определенными физиологическими особенностями. Это – относительно высокая энергоёмкость и чувствительность к недостатку кислорода – «заморными» явлениями [19], более низкое содержание металлов (кроме железа) [18], а также металлов стронция-90 (в 5 раз), марганца (в 3,5 раза), хрома (в 5 раз), никеля (в 4 раза), олова (в 2,5 раза), цинка (в 2,5 раз) [3], раннее половое созревание и короткая общая продолжительность жизни [11], пониженная натриевая проницаемость (более 3-х раз) [2]. Предполагают, что сходные физиологические особенности характерны и для полосатых особей озерной лягушки [2, 4]. По опубликованным дан-

ными, отмечается более низкое накопление кадмия в коже полосатых особей озерной лягушки, по сравнению с бесполосыми [22]. Для анализа фенотипического состава также используют отдельные фены окраски рисунка и их сочетания – морфы [1, 6, 17].

Многочисленные исследования отмечают изменения фенотипического разнообразия популяций в условиях антропогенной трансформации местообитаний [6, 10, 14, 16].

Целью нашей является анализ встречаемости признака striata и особенности проявления полиморфизма по признакам рисунка спины в популяциях озерной лягушки (*Rana ridibunda* Pallas, 1771) в условиях разнохарактерной антропогенной нагрузки на территории Среднего Поволжья.

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Нами проанализирован полиморфизм в репродуктивной и нерепродуктивной части популяции в 2005–2006 гг., на 5 обследованных участках с разным характером антропогенной нагрузки в районе г. Тольятти и окрестностях. Исследование проводили с 20 июля по 30 августа. Общий объем выборки составил 136 экз.

В качестве географического пункта с максимальной антропогенной нагрузки нами выбрана популяция из прибрежного мелководья Куйбышевского водохранилища у с. Климовка. Здесь, в период исследования, зарегистрированы превышение ПДК фенола в 6, марганца 4,9 раз, ПДК свинца в 12 раз (по данным Гидрометобсерватории, гор. Тольятти).

Повышенный уровень антропогенного воздействия испытывает популяция населяющая пруд-отстойник ливневой канализации Центрального района, г. Тольятти (на ул. Баныкино).

Файзулин Александр Ильдусович, старший научный сотрудник лаборатории популяционной экологии.

E-mail: amvolga@inbox.ru

Кузовенко Александр Евгеньевич, аспирант.

E-mail: prirodnick@yandex.ru

Пруд загрязнен бытовыми и промышленными отходами в результате рекреационной нагрузки и врезок в ливневую канализацию. Функционирование ливневой канализации и сброс отходов вызывает термальное загрязнение водоема.

Средний уровень антропопрессии отмечается для участка поймы Саратовского водохранилища у пос. Федоровка, Комсомольского района, г. Тольятти. Данный участок характеризуется малоэтажной застройкой примыкающей к берегу водоема, а также высокой рекреационной нагрузкой.

Пониженная антропогенная трансформация (выпас скота и рекреационная нагрузка) наблюдается в водоемах у с. Пискалы. Как зона с минимальной антропогенной нагрузкой (контроля) нами выбран участок в пойме р. Кондурча, окр. с. Старый Буян.

Вариации окраски спины оценивали по общепринятой градации Л. Я. Боркина, Н. Д. Тихенко (1979): 1. *Striata* (S). Полосатость – наличие светлой дорсомедиальной полосы; 2. *Maculata* (M). Пятнистость – наличие крупных (от 2-3 мм диаметром) пятен; 3. *Punctata* (P). Крапчатость – на верхней части присутствуют мелкие точки; 4. *Burnsi* (B). Чистая – полное отсутствие пятнистости и крапчатости на верхней части туловища. Отдельно анализировались доля в популяции полосатых (*striata*) и бесполосых (*non-striata*) особей.

Оценка разнообразия морф проводили по показателям предложенным Л. А. Животовским [5]: μ – показатель разнообразия полиморфных признаков, h – доля редких морф, M_{μ} – обобщенный показатель разнообразия, H_h – обобщенный показатель доли редких морф, а также индекс сходства – g и критерий идентичности – I , которое соответствует распределению χ^2 с $m-1$ степенями свободы, где m – число исследуемых полиморфных признаков. Рассчитывались соответствующие статистические ошибки S_{μ} , S_h и S_r . Статистическая оценка встречаемости самок и

самцов оценивалась по критерию Фишера, с поправкой Йетса и угловым ϕ – преобразованием частот [5].

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Распределение полосатых особей в районе исследования представлено на рис. 1. Как видно из графика, полосатые особи доминируют (доля выше 65 %) в условиях высокой антропогенной нагрузки и контроля, а в условиях средней антропогенной трансформации для популяций «Пискалы» и «Федоровка», доля не превышает 45 %. Наименьшая доля (меньше 15 %) полосатых особей наблюдается в популяции «Банькино».

Доля полосатых особей на статистически значимом уровне ниже в популяции «Банькино», по сравнению с «Кондурчей» ($P < 0,01$; $F = 17,48$), «Климовкой» ($P < 0,01$; $F = 13,50$), «Федоровкой» ($P < 0,01$; $F = 7,65$) и «Пискалы» ($P < 0,05$; $F = 4,78$).

Многими исследователями, отмечается, что в условиях антропогенной трансформации местообитаний, в популяциях озерной и остромордой лягушек преобладают полосатые особи [2, 3, 4, 8, 12]. По другим данным, доминирование полосатых или бесполосых особей связывают с природными факторами – характеру прибрежной водно-воздушной растительности, скорости течения водотока [9]. Выпадение морфы «*striata*» отмечено в условиях антропогенного воздействия [7, 13, 15].

Частоты морф дорсальной стороны тела представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что фенетическая структура популяций озерной лягушки обитающих в районе исследования существенно различается по составу морф. Для популяции «Кондурча» отмечены 6 морф, доминируют морфы S+M, более редки морфы S+M+P, M+P, M. В популяции «Пискалы» из 6 морф, преобладают S+M+P, M+P, а также P, более редки S+M, S+P и M. При

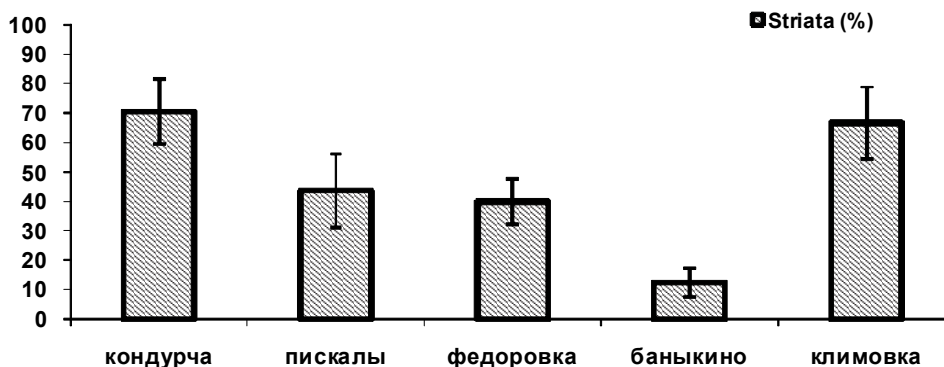


Рис. 1. Встречаемость полосатых фенотипов (*striata*) в районе исследования

Таблица 1. Встречаемость морф дорсальной стороны озерной лягушки в районе исследования

Пункты		Фенотипы (морфы)						
		S	S+M	S+P	S+M+P	M	M+P	P
Кондурча	n (экз.)	1	9	0	2	2	2	1
	$P \pm S_p$ (%)	5,9±5,7	52,9±12,1	–	11,8±7,8	11,8±7,8	11,8±7,8	5,9±5,7
Пискалы	n (экз.)	0	1	1	5	1	5	3
	$P \pm S_p$ (%)	–	6,3±6,1	6,3±6,1	31,3±11,6	6,3±6,1	31,3±11,6	18,8±9,6
Федоровка	n (экз.)	0	4	0	12	3	20	1
	$P \pm S_p$ (%)	–	10,0±4,7	–	30,0±7,3	7,5±4,2	50,0±7,9	2,5±2,4
Банькино	n (экз.)	0	0	0	6	14	25	3
	$P \pm S_p$ (%)	–	–	–	12,5±4,8	29,2±6,6	52,1±7,2	6,3±3,5
Климовка	n (экз.)	0	1	0	9	0	5	0
	$P \pm S_p$ (%)	–	6,7±6,4	–	60,0±12,6	–	33,3±12,2	–

возрастании антропогенной трансформации, отмечается обеднение фенотипического разнообразия. Так для популяций города Тольятти «Федоровка» и «Банькино» доминирует морфа M+P. В популяции «Федоровка» высокая частота фенотипа S+M+P, более редки морфы S+M, M, P. Для популяции пруда-отстойника ливневой канализации «Банькино» обычна морфа S+M+P, редка морфа P. В условиях наибольшей антропогенной трансформации – прибрежного мелководья Куйбышевского водохранилища – «Климовка» доминирует морфа S+M+P, обычна M+P, редки S+M.

Из табл. 1 видно, что сокращается число морф с увеличением антропогенной трансформации местообитаний от 6 в условиях низкой и средней, до 3 высокой. Обобщенная оценка изменения фенетической структуры проведена с помощью показателей разнообразия и доли редких морф (фенотипов).

Из рис. 2. видно, что наибольшее разнообразие и наименьшая доля редких фенотипов наблюдается в популяциях «Кондурча» и «Писка-

лы», в условиях низкого антропогенного воздействия. Напротив, в популяциях с повышением, антропогенного воздействия на популяции, фенотипическое разнообразие снижается, а доля редких фенотипов возрастает в ряду «Федоровка» – «Банькино» – «Климовка».

Подобные изменения сходны с ранее полученными данными для района устья р. Чапаевки [16] и Калужской области [14]. Оценки сходства и выявление статистически значимых различий между популяциями по полиморфизму признаков окраски представлена в таблице 2.

Наибольшее сходство ($r > 0,89$) имеют выборка «Федоровка» с выборками из географических пунктов «Пискалы», «Банькино». Среднее сходство ($7 < r < 8,5$) наблюдается для выборок из зоны контроля «Кондурча», с выборками – «Пискалы» и «Федоровка». На статистически значимом уровне ($P < 0,01$) отличаются популяции «Кондурча», с популяциями «Федоровка», «Банькино» и «Климовка». Также статически значимые ($P < 0,01$) различия выявлены между популяциями «Банькино» с «Федоровка», а так-

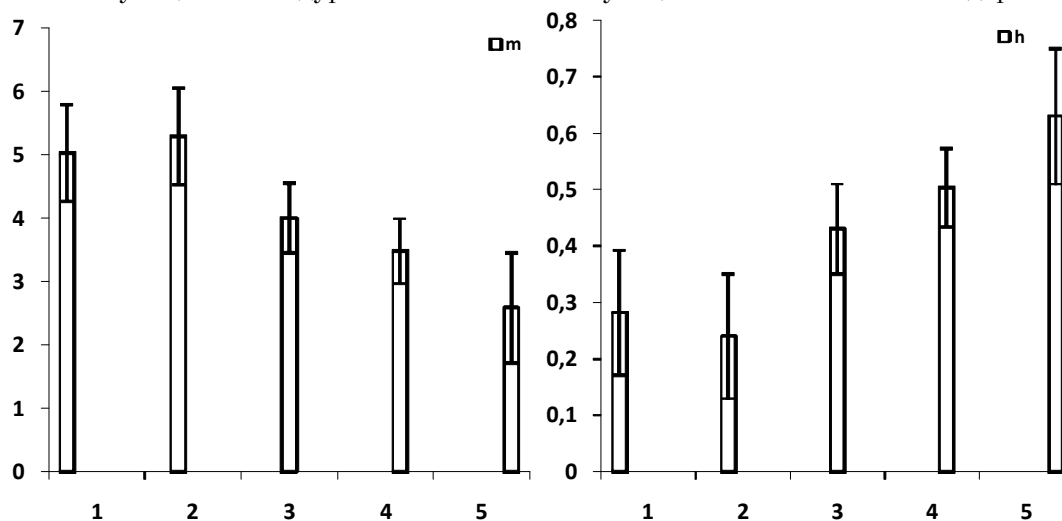


Рис. 2. Разнообразие а) фенотипическое ($\mu \pm S_\mu$) и б) доли редких фенотипов по признакам рисунка окраски спины. Цифрами обозначены: 1. Кондурча, 2. Пискалы, 3. Федоровка, 4. Банькино, 5. Климовка

Таблица 2. Показатели сходства популяции (γ) и критерий идентичности (I) озерной лягушки *Rana ridibunda*

Популяции		I – критерий идентичности				
		Кондурча	Пискалы	Федоровка	Банькина	Климовка
γ – показатель сходства	Кондурча	-	9,95	18,37*	25,49*	8,46*
	Пискалы	0,756±0,090	-	6,11	9,95	6,29
	Федоровка	0,793±0,083	0,917±0,049	-	14,49*	5,31
	Банькина	0,614±0,061	0,756±0,090	0,891±0,042	-	18,97*
	Климовка	0,615±0,121	0,820±0,075	0,914±0,056	0,691±0,098	-

же «Федоровка» и «Климовка». Наиболее высокий уровень сходства ($\gamma > 0,85$) отмечается для популяции «Федоровка» с популяциями «Пискалы», «Климовка» и «Банькино».

Полученные данные, подтверждают, что на фенотипический состав популяции озерной лягушки влияет комплекс факторов, как природного, так и антропогенного происхождения. Антропогенные воздействия снижают фенотипическое разнообразие, с доминированием отдельных фенотипов. По нашему мнению, причина такого изменения разнообразия связано, прежде всего, с исчезновением редких фенотипов. Преобладание особей имеющих адаптивные преимущества маркируемых признаком *striata* в условиях антропогенного воздействия не выявлено.

4. ВЫВОДЫ

1. Установлено снижение количества фенотипов с 6 морф в условиях низкой и среднего до 3 в условиях высокого антропогенного воздействия.

2. При обобщенной оценке разнообразия фенотипов, установлено снижение фенотипического разнообразия и увеличение доли редких фенотипов при возрастании антропогенного воздействия.

3. По фенотипическому составу популяции из района наиболее низкого антропогенного воздействия (контроля), на статистически значимом уровне отличается от популяций из района средней и высокой антропопрессии.

Благодарности. Автор благодарит И.В. Чихляева (Тольятти) и А.Г. Бакиева (Тольятти) за помощь при сборе материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боркин Л.Я., Тихенко Н.Д. Некоторые аспекты морфологической изменчивости, полиморфизма окраски, роста, структуры популяции и суточной активности *Rana lessonae* на северной границе ареала // Экология и систематика амфибий и рептилий. Труды ЗИН АН СССР т. 89. Л., 1979. С. 18–54.
2. Вершинин В.Л. Экологические особенности популя-

- ций амфибий урбанизированных территорий. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Екатеринбург, 1997. 47 с.
3. Вершинин В.Л. Морфа *Striata* и ее роль в путях адаптациогенеза рода *Rana* в современной биосфере // Доклады академии наук, 2004. Т.396, №2. С. 280–282.
4. Вершинин В.Л. Морфа *Striata* у представителей рода *Rana* (Amphibia, Anura) – причины адаптивности к изменениям среды // Журнал общей биологии. 2008. Т. 69, № 1. С. 65–71.
5. Животовский Л.А. Показатели популяционной изменчивости по полиморфным признакам // Фенетика популяций. М.: Наука, 1982. С. 38–44.
6. Замалетдинов Р.И. Фенотипическая структура популяций зеленых лягушек на урбанизированных территориях // Поволжский экологический журнал. 2002. № 2. С. 163–165.
7. Зарипова Ф.Ф., Юмагулова Г.Р., Файзулин А.И. Характеристика состояния популяции озерной лягушки *Rana ridibunda* Pallas, 1771 (Anura, Amphibia) в Республике Башкортостан по полиморфизму рисунка окраски спины // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 1. № 1. 2009. С. 78–82.
8. Ковылина Н.В. Использование озерной лягушки (*Rana ridibunda* Pall.) для оперативной индикации техногенного загрязнения водоемов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Волгоград: Волгоградская мед. академия, 1999. 18 с.
9. Лада Г.А. О генетическом полиморфизме озерной лягушки (*Rana ridibunda*) в Центральном Черноземье // Фенетика природных популяций: Мат-лы IV Всес. совещ. М., 1990. С. 151–152.
10. Лебединский А.А., Голубева Т.Б., Анисимов В.И. Полиморфизм бурых и зеленых лягушек в условиях антропогенных воздействий // Вопросы герпетологии. Киев: Наукова думка. 1989. С. 139–140.
11. Леденцов А.В. Динамика возрастной структуры и численности репродуктивной части популяции остромордой лягушки (*Rana arvalis* Nilss.): Автореф. дисс.... канд. биол. наук. Свердловск, 1990. 18 с.
12. Пескова Т. Ю. Влияние антропогенных загрязнений среды на земноводных. – Волгоград: Волгоградский государственный педагогический университет, 2001. 160 с.
13. Пикулик М.М. О влиянии условий существования личинок амфибий на их рост и генетический состав популяции // Докл. АН СССР. 1976. Т. 228, № 3. С. 756–759.
14. Устюжанина О.А., Стрельцов А.Б. Изменчивость и встречаемость морфы *striata* у *Rana ridibunda*, *R. lessonae*, *R. esculenta* в Калужской области // Зоол. ж. 2005. Т. 84, № 6. С. 699–706.
15. Ушаков В.А., Образцов А.А. Морфогенетические, фенетические и морфометрические подходы в определении стабильности развития популяций зеленых лягушек на территории Нижегородской области //

- Актуальные проблемы герпетологии и токсикологии: Сб. науч. тр. Вып. 4. Тольятти, 2000. С. 49–55.
16. *Файзулин А.И.* Эколого-фаунистический анализ земноводных Среднего Поволжья и проблемы их охраны: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2004. 19 с.
 17. *Файзулин А.И., Чихляев И.В.* Характеристика полиморфизма озерной лягушки (*Rana ridibunda*) Самарской Луки // Бюл. «Самарская Лука». № 11-01. Самара, 2001. С. 314–318.
 18. *Шарыгин А.* Микроэлементы и организме некоторых амфибий и рептилий и их динамика под воздействием антропогенных факторов: Автореф. дисс... канд. биол. наук. Свердловск, 1980. 24 с.
 19. *Шварц С.С., Иценко В.Г.* Динамика генетического состава популяций остромордой лягушки // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 73., 1968. № 4. С. 127–134.
 20. *Щунак Е.Л.* Наследование спинной полосы особями остромордой лягушки // Информационные материалы института экологии растений и животных. Свердловск: ИЭРиЖ УрО АН СССР, 1977. С. 36.
 21. *Berger L., Smielowski J.* Inheritance of vertebral stripe in *Rana ridibunda* Pall. (Amphibia, Ranidae) // Amphibia-Reptilia. 1982. Vol. 3. P. 145–151.
 22. *Faizulin A.I.* Adaptive strategies and assessment of tolerance to anthropogenic impacts on the territory of the Volga River Basin // Types of Strategy and not only (Materials of the Fourth Russian-Polish School of Young Ecologists. Togliatti: Cassandra, 2010. P. 11–14.
 23. *Hoffman E.A., Blouin M.S.* A review of color and pattern polymorphisms in anurans // Biological Journal of Linnean Society 2000. 70. № 4. P. 633–665.

AMPHIBIANS AS BIOINDICATORS OF ENVIRONMENT CONDITION IN THE MIDDLE VOLGA REGION: PHENETIC STRUCTURE OF POPULATION

© 2012 A.I. Faizulin, A.E. Kuzovenko

Institute of Ecology of the Volga River Basin RAS, Togliatti

In 2005-2006 years phenetic structure of marsh frog (*Rana ridibunda* Pallas, 1771) population was studied in Middle Volga region. It was established that in the conditions of high anthropogenic transformation intrapopulational diversity decreases and the proportion of rare phenotypes increases in most populations.
Keywords: phenetic structure, population, marsh frog, human impact.

Aleksandr Fayzulin, Candidate of Biology, Chief Research Fellow at the laboratory of Population Ecology.
E-mail: amvolga@inbox.ru;
Aleksandr Kuzovenko, Postgraduate.
E-mail: prirodnick@yandex.ru