

УДК 575.21+591.151 : 597.851

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛИМОРФИЗМА ЗЕЛЕННОЙ ЖАБЫ *BUFOTES VIRIDIS* (LAURENTI, 1768) УРБОЦЕНОЗОВ ЮЖНОГО УРАЛА (РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)

© 2021 А.И. Файзулин, Ф.Ф. Зарипова, М.В. Рубанова

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Россия

Статья поступила в редакцию 15.09.2021

Представлены результаты исследования особенностей полиморфизма популяций зеленой жабы в условиях Зауралья Республики Башкортостан. Установлено, что среди зеленых жаб на урбанизированных территориях Зауралья преобладают особи с типом окраски М3 («фон светлый, пятна слившиеся») и М4 («фон темный, пятна слившиеся»). Отмечено снижение показателя разнообразия в условиях малоэтажной застройки ($m=1.995$), а также промышленной ($m=2.843$) и зеленой зон ($m=2.986$) относительно контрольных участков ($3.286 < m < 3.99$).

Ключевые слова: полиморфизм, признаки рисунка окраски, зеленая жаба, *Bufotes viridis*, Республика Башкортостан.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-5-14-18

Исследование проведено по темам государственного задания ИЭВБ РАН – филиал СамНЦ РАН «Оценка современного биоразнообразия и прогноз его изменения для экосистем Волжского бассейна в условиях их природной и антропогенной трансформации (АААА-А17-117112040040-3) и «Экологические закономерности устойчивого функционирования экосистем и ресурсный потенциал Волжского бассейна» (АААА-А17-117112040039-7).

Анализ полиморфизма по вариациям окраски спины и брюха амфибий применяется для бурых [3-5, 12, 24] и зеленых [2-5, 7, 10, 23, 25, 28] лягушек. Реже используется анализ признаков окраски в других группах земноводных [31], в частности, у зеленых жаб *Bufotes viridis* (Laurenti, 1768) [1, 6, 16-20]. Зеленой жабе, так же как и лягушкам, присуща значительная изменчивость окраски и рисунка дорсальной стороны [13]. В некоторых популяциях этого вида рисунок спины состоит из пятен, образующих полосы [20]. Также отмечают [29], что частоты фенотипов, связанных с окраской, распределены по обследованной выборке зеленых жаб более равномерно, чем морфометрические признаки. Особенности проявления полиморфизма на разных участках ареала могут быть связаны с определенными различиями, обусловленными наличием криптических морф, рассматриваемых в качестве подвидов или видов [22, 31, 33] с протяженной зоной вторичного контакта в Волжском бассейне, в том числе и по территории Самарской области [26].

По литературным данным наблюдается за-

висимость проявления полиморфизма от степени антропогенного воздействия [5-7, 11, 17].

К настоящему времени исследование полиморфизма зеленой жабы проведено в Предкавказье [16, 19], Болгарии [6, 35], Самарской области [27], также фенотипические особенности окраски исследованы в Харьковской области Украины [29] и Прибалтике [21]. Проводятся исследования по изучению криптической ценности морф зеленых жаб в зависимости от условий обитания [9, 13, 16-19, 27, 30].

Цель нашего сообщения – представить анализ проявления полиморфизма по особенностям рисунка окраски особей в популяциях зеленых жаб, обитающих на урбанизированных территориях Самарской области.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В популяциях зеленой жабы в Западном Предкавказье [18], Южной Болгарии [6, 7] были отмечены четыре основные морфы: 1 – фон светлый, пятна отдельные; 2 – фон темный, пятна отдельные; 3 – фон светлый, пятна слившиеся; 4 – фон темный, пятна слившиеся. Исследовано пять популяций зеленой жабы в зоне Южного Зауралья: три из них расположены на территории населенных пунктов – г. Сибай и пос. Бузавлык Хайбуллинского р-на (в мае-июне 2011 г.), а две контрольные популяции были отобраны из Баймакского р-на (в июне 2011 г.).

Файзулин Александр Ильдусович, кандидат биологических наук, заместитель директора по науке, заведующий лабораторией. E-mail: alexandr-faizulin@yandex.ru
Зарипова Фалия Фуатовна, кандидат биологических наук, инженер-исследователь. E-mail: labvolga@yandex.ru
Рубанова Марина Васильевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник. E-mail: labvolga@yandex.ru

Местообитания амфибий с учетом принятой системы зонирования [22] отнесены к территории с преобладающей малоэтажной застройкой, зеленой зоне и контрольным участкам.

Зона техногенного воздействия (I), «Карагайлы»(n=40). В нерестовых водоемах отмечено существенное превышение ПДК (рыбохозяйственный норматив) по Cu (72,0), Zn (19,4) и Cd (1,4).

Зона малоэтажной застройки (II), Камышлы (n=20). Биотопами являются частный сектор населенного пункта или прилегающие к нему водоемы с разной степенью урбанизации. В нерестовых водоемах отмечено превышение ПДК (рыбохозяйственный норматив) по Cu (23,0) и Zn (12,0).

Зеленая зона (территория без застройки) (III), Бузавлык(n=17). Зона, отдаленная от населенных пунктов, представлена природными ландшафтами (озера, реки, луга), подверженными рекреационной нагрузке.

Контроль (IV), Муллакаево (n=30) и Контроль (V), Нигаматово (n=17). Территории, удаленные на 25 км от крупных и на 5 км от небольших городов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Относительное обилие особей четырех морф зеленой жабы в исследованных точках представлено в таблице 1.

Эти данные наглядно показывают, что на данной территории проявляется эффект расчленяющей окраски у морф 3 и 4. Так, в популяциях

амфибий в местообитаниях с критической («Карагайлы») и высокой («Камышлы») степенью трансформации на долю особей зеленых жаб со светлым фоном и слившимися пятнами (морфа 3) приходится 53,3 и 55,0% соответственно, а на долю особей с морфой 4 (фон темный, пятна слившиеся) – 30,0 и 45,0% для каждого биотопа. В указанных двух популяциях практически нет особей, имеющих отдельные пятна на светлом и темном фоне (морфы 1 и 2), кроме 5 экз. (16,67%), отловленных в биотопе «Карагайлы».

В южном биотопе изучаемых выборок зеленых жаб («Бузавлык») обнаружено достаточно равномерное распределение всех видов морф (от 23,5 до 29,4%), которому мы еще не можем дать объяснения. В отличие от городских популяций, в контрольных пунктах исследования (дер. Нигаматово и Муллакаево Баймакского р-на) наблюдается обратная картина. Здесь мы видим, что преобладает морфа 4 (от 47,1 до 53,3% соответственно), а на долю морфы 3 приходится 41,2 и 40,0% для приведенных биотопов. В этих контрольных точках было обнаружено по одному экземпляру особей с морфами 1 и 2.

Вероятнее всего, что для популяций зеленых жаб в местообитаниях с интенсивным антропогенным прессом наиболее адаптивными оказались особи с морфами 3 и 4, а в условиях контроля и пригородных территорий преобладающими стали особи с морфами 1 и 2.

Показатели разнообразия и доли редких морф для популяций зеленой жабы в Зауральском регионе представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

Таблица 1. Встречаемость морф дорсальной стороны зеленой жабы *Bufo viridis* (%)

Биотопы	Застройка	Морфы окраски спины			
		M1	M2	M3	M4
Карагайлы (n=40)	Промышленная	16,7±6,8	0	53,3±9,1	30,0±8,4
Камышлы(n=20)	Малоэтажная	0	0	55,0±11,1	45,0±11,1
Бузавлык (n=17)	Зеленая зона	23,5±10,3	23,5±10,3	23,5±10,3	29,4±11,1
Муллакаево (n=30)	Контроль	3,3±3,3	3,3±3,3	40,0±8,9	53,3±9,1
Нигаматово(n=17)	Контроль	5,9±5,7	5,9±5,7	41,2±11,9	47,1±12,1

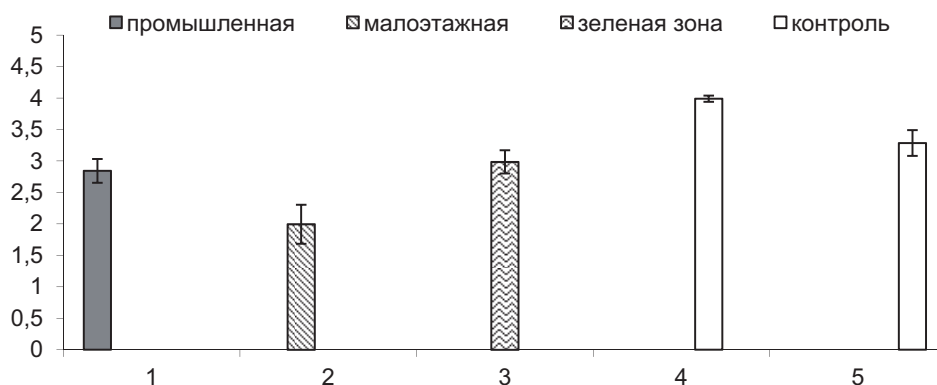


Рис. 1. Показатель разнообразия морф ($\mu \pm S_{\mu}$) зеленой жабы *Bufo viridis* в районе г. Сибай. Цифрами обозначены популяции: 1. Карагайлы; 2. Камышлы; 3. Бузавлык; 4. Муллакаево; 5. Нигаматово

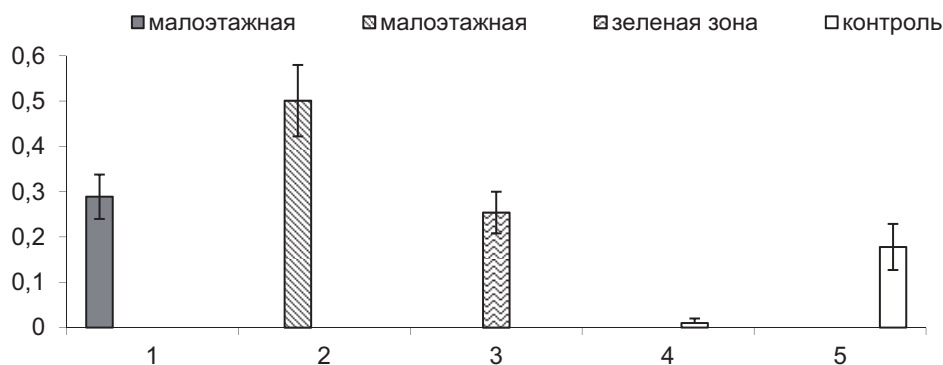


Рис. 2. Показатель доли редких морф ($h \pm S_n$) зеленой жабы *Bufo viridis* в районе г. Сибай. Цифрами обозначены популяции: 1. Карагайлы; 2. Камышлы; 3. Бузавлык; 4. Муллакаево; 5. Нигаматово

Судя по графикам, для зеленой жабы отмечается увеличение разнообразия от урбанизированной территории к контролю.

Отмечено снижение показателя разнообразия в условиях малоэтажной застройки ($m=1.995 \pm 0.317$), а также промышленной ($m=2.843 \pm 0.196$) и зеленой зон ($m=2.986 \pm 0.184$) зон относительно контрольных участков ($m=3.99 \pm 0.024$ и $m=3.286 \pm 0.205$). Также наблюдается возрастание доли редких фенотипов в градиенте урбанизации.

Согласно гипотезе R. Levins [32], организмы при взаимодействии со средой могут придерживаться: 1) стратегии «крупного зерна», так называемые «генералисты», у которых выработались неспецифические адаптивные механизмы; или 2) стратегии «мелкого зерна», так называемые «специалисты», приспособившиеся за счет специфических механизмов, обеспечивающих максимальное привыкание к среде. По этой концепции в экстремальных условиях высокая доля «генералистов» сохраняется, а комплекс сопутствующих «специалистов» меняется в зависимости от ситуации. Наличие такого полиморфизма позволяет популяции поддерживать определенный уровень гомеостаза и достаточно полно использовать гетерогенность среды обитания [21].

Существует другое объяснение изменчивости окраски и рисунка спины амфибий, которая может зависеть от геохимических условий их мест обитания. С.А. Шарыгин [30] утверждает, что высокое содержание в почве марганца, меди и никеля приводит к накоплению их в покровных тканях амфибий, которые являются меланостимулирующими элементами, т.е. вызывают потемнение окраски спины.

Экологические условия местообитаний *Bufo viridis* в городских популяциях недостаточно благоприятны, нами установлено превышение в воде ПДК_{рыбохоз.} по меди и цинку, что, вероятно, нашло отражение в фенетической структуре популяций земноводных. Таким образом, среди зеленых жаб на урбанизирован-

ных территориях Зауралья преобладают особи с морфой 3 и 4, являющиеся «генералистами» в популяции, а особи с морфой 1 и 2 являются «специалистами», которые в зависимости от условий среды могут менять свой показатель обилия. Установлено снижение разнообразия фенотипов в популяциях зеленых жаб, выделяемых по признакам окраски в условиях трансформации местообитаний Зауралья Республики Башкортостан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айрапетян М.В. Экологическая характеристика зеленой жабы при обитании в степной зоне Предкавказья // Молодой ученый. 2011. Т. 1. № 12. С. 103–106. URL <https://moluch.ru/archive/35/4001/> (дата обращения: 24.10.2018).
2. Боркин Л.Я., Тихенко Н.Д. Некоторые аспекты морфологической изменчивости, полиморфизма окраски, роста, структуры популяции и суточной активности *Rana esculenta* на северной границе ареала // Экология и систематика амфибий и рептилий. Труды ЗИН АН СССР. Т. 89. Л., 1979. С. 18–54.
3. Вершинин В.Л. Экологические особенности популяций амфибий урбанизированных территорий: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Екатеринбург, 1997. 47 с.
4. 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.
5. 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.
6. Желев Ж.М. Сравнительное изучение цветового полиморфизма в популяциях зеленой жабы (*Bufo viridis* Laurenti 1768) из чистых и антропогенно загрязненных биотопов Болгарии. Второе сообщение // Современные зоологические исследования в России и сопредельных странах: Мат. I Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию со дня рожд. М.А. Козлова. Чебоксары: Типография «Новое время», 2011а. С. 87–92.
7. Желев Ж.М. Биоиндикационная оценка состояния двух биотопов в Южной Болгарии на основании

- флуктуирующей асимметрии и фенетического состава популяций озерной лягушки *Rana ridibunda* Pallas, 1771 (Anura, Amphibia, Ranidae) и краснобрюхой жерлянки *Bombina bombina* Linnaeus, 1761 (Amphibia, Anura, Discoglossidae) в условиях синтопического обитания // Перспективы науки. 20116. № 22. С. 7–18.
8. Животовский Л.А. Показатели популяционной изменчивости по полиморфным признакам // Фенетика популяций. М.: Наука, 1982. С. 38–44.
 9. Жукова Т.И., Кубанцев Б.С. О различиях в окраске зеленой жабы в связи с возрастной структурой популяции // Некоторые проблемы экологии животных Нижнего Поволжья и Северного Кавказа. Волгоград: Волгогр. пед. ин-т, 1975. С. 61–66.
 10. Зарипова Ф.Ф., Файзулин А.И. Полиморфизм животных как метод индикации среды // Эколого-биологические и медицинские исследования на Южном Урале: Сборник материалов Всероссийской заочной научно-практической конференции (15 мая 2012 г.). Уфа: РИЦ БашГУ, 2012. С. 34–38.
 11. 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 НЦ РАН. Т. 1. № 1. 2009. С. 78–82. Иценко В.Г. Динамический полиморфизм бурых лягушек фауны СССР. М., Наука, 1978. 148 с.
 12. Кузьмин С.Л. Земноводные бывшего СССР М.: Т-во науч. изд. КМК, 1999. 298 с.
 13. Лебединский А.А. Фенетические особенности популяций травяной лягушки на урбанизированной территории // Наземные и водные экосистемы. Горький, 1989. Вып. 12. С. 66–72.
 14. Никашин И.А. Эколого-морфологические признаки популяций озерной лягушки (*Rana ridibunda* Pall.) как средство оценки антропогенного воздействия на водные экосистемы (на примере Липецкой области): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Липецк, 2007. 17 с.
 15. Пескова Т.Ю. Внутривидовой полиморфизм окраски зеленой жабы // Актуальные проблемы герпетологии и токсикологии. Вып. 6. Тольятти, 2003. С. 90–91.
 16. Пескова Т.Ю. Адаптационная изменчивость земноводных в антропогенно загрязненной среде: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Тольятти, 2004. 36 с.
 17. Пескова Т.Ю. Сезонная динамика полиморфизма окраски зеленой жабы в чистом и антропогенно загрязненном биотопах Западного Предкавказья // Актуальные проблемы герпетологии и токсикологии. Вып. 9. Тольятти, 2006. С. 130–146.
 18. Пескова Т.Ю. Адаптационная изменчивость земноводных в антропогенно загрязненной среде // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2005. № 3. С. 66–70.
 19. Румберг И. Изменчивость зеленой жабы (*Bufo viridis*) в Эстонии // Вопросы герпетологии. Седьмая Всесоюзная герпетологическая конф. Автореф. докл. Киев: Наукова думка, 1989. С. 214–215.
 20. Сергиевский С.О. Генетический полиморфизм и адаптивные стратегии популяции // Фенетика природных популяций. М.: Наука, 1988. С. 190–201.
 21. Файзулин А.И. Земноводные Среднего Поволжья: фауна и экология. Тольятти: Анна, 2019. 180 с..
 22. Файзулин А.И., Кузовенко А.Е. Использование амфибий в мониторинге состояния окружающей среды в условиях Самарской области: фенетическая структура популяций // Известия Самарского НЦ РАН. 2012. Т. 1 (3). № 1. С. 829–833.
 23. Файзулин А.И., Зарипова Ф.Ф., Кузовенко А.Е. Характеристика полиморфизма по признакам рисунка окраски остромордой лягушки *Rana arvalis* Приволжского Федерального округа // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18. Вып. 6. С. 3098–3100.
 24. Файзулин А.И., Зарипова Ф.Ф., Хусаинова И.М. Особенности полиморфизма по признаку *Striata* в популяциях озерной лягушки *Rana ridibunda* Pallas, 1771 (Anura, Amphibia) Республики Башкортостан // Известия Самарского НЦ РАН. 2013. Т. 15. № 3–1. С. 452–458.
 25. Файзулин А.И. Распространение и зона контакта в Поволжье двух форм зеленых жаб комплекса *Bufo viridis* (Anura, Amphibia), различающихся по размеру генома / А.И. Файзулин, А.О. Свинин, А.Б. Ручин, Д.В. Скоринов, Л.Я. Боркин, Ю.М. Розанов, А.Е. Кузовенко, С.Н. Литвинчук // Современная герпетология. 2018. Т. 18. № 1–2. С. 35–45.
 26. Файзулин А.И., Чихляев И.В., Князев А.Е., Кузовенко А.Е., Михайлов П.А. Характеристика полиморфизма зеленой жабы *Bufo viridis* (Laurenti, 1768) на урбанизированных территориях Самарской области // Известия Самарского НЦ РАН. 2019. Т. 21. № 2 (2). С. 153–157.
 27. Файзулин А.И., Чихляев И.В., Кузовенко А.Е. Особенности полиморфизма прудовой лягушки *Pelophylax lessonae* (Camerano, 1882) урбанизированных территорий Среднего Поволжья // Известия Самарского НЦ РАН. 2013. Т. 15. № 3. С. 158–163.
 28. Шабанов Д.А. Мозаичное распределение зеленых жаб (*Bufo viridis*) в пределах однородного физико-географического региона // Вопросы герпетологии: Мат. Первого съезда Герпетологического общ-ва им. А.М. Никольского. Пушкино-Москва: МГУ, 2001. С. 334–336.
 29. Шарыгин С.А. К изучению геохимической экологии амфибий и рептилий // Природоохранные исследования экосистем горного Крыма. Симферополь: СГУ, 1986. С. 130–133.
 30. Dufresnes C., Mazepa G., Jablonski D., Oliveira R.C., Wenseleers T., Shabanov D.A., Auer M., Ernst R., Koch C., Ramirez-Chaves H.E., Mulder K.P., Simonov E., Tiutenko A., Kryvokhyzha D., Wennekes P.L., Zinenko O.I., Korshunov O.V., Al-Johany A.M., Peregontsev E.A., Masroor R., Betto-Colliard C., Denoël M., Borokin L.J., Skarinov D.V., Pasyukova R.A., Mazanaeva L.F., Rosanov J.M., Dubey S., Litvinchuk S. Fifteen shades of green: The evolution of *Bufo* toads revisited // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2019. V. 141, 106615. P. 1–25.
 31. 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.
 32. Levins R. Evolution in changing environments. New Jersey: Princeton Univ. press., 1968. 120 p.
 33. Stöck M., Moritz C., Hickerson M., Frynta D., Dujsbayeva T., Eremchenko V., Macey J.R., Papenfuss T.J., Wake D.B. Evolution of mitochondrial relationships and biogeography of Palearctic green toads (*Bufo viridis*

subgroup) with insights in their genome plasticity // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2006. Vol. 41. Iss. 2. P. 663–689.
34. Zhelev Z., Mollov I., Tsonev S. Body size and color

polymorphism in *Bufo viridis* complex (Anura: Bufonidae) inhabiting two semi-natural areas in Plovdiv city, Bulgaria // North-Western Journal of Zoology. 2020. T. 16. № 2. C. 191–196.

CHARACTERISTICS OF THE POLYMORPHISM OF THE GREEN TOAD *BUFOtes VIRIDIS* (LAURENTI, 1768) IN THE BIOCENOSES OF THE SOUTHERN URALS (REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN)

© 2021 A.I. Fayzulin, F.F. Zaripova, M.V. Rubanova

Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,
Institute of Ecology of the Volga Basin of the Russian Academy of Sciences, Togliatti, Russia

The results of the study of the features of polymorphism of green toad populations in the conditions of the Trans-Urals of the Republic of Bashkortostan are presented. It was found that among the green toads in the urbanized territories of the Trans-Urals, individuals with the color type M3 (“light background, merged spots”) and M4 (“dark background, merged spots”) prevail. There was a decrease in the diversity index in the conditions of low-rise buildings ($m=1.995$), as well as industrial ($m=2.843$) and green zones ($m=2.986$) relative to the control areas ($3.286 < m < 3.99$).

Key words: polymorphism, color pattern features, green toad, *Bufo viridis*, Republic of Bashkortostan.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-5-14-18

Alexander Faizulin, Candidate of Biological Sciences, Deputy Director for Science, Head of the Laboratory.

E-mail: alexandr-faizulin@yandex.ru

Falia Zaripova, Candidate of Biological Sciences, Research Engineer. E-mail: labvolga@yandex.ru

Marina Rubanova, Candidate of Biological Sciences, Researcher. E-mail: labvolga@yandex.ru