

УДК 591.5:597.8

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ *RANA ARVALIS* NILSSON, 1842 УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ ЗАПОЛЯРЬЯ

© 2018 г. В. Л. Вершинин^{1, 2}, С. Д. Вершинина¹, А. Г. Трофимов^{1, 2}, А. В. Буракова¹¹Институт экологии растений и животных УрО РАН, 620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202²Уральский федеральный университет, 620002 Екатеринбург, ул. Мира, 19

e-mail: vol_de_mar@list.ru

Поступила в редакцию 29.03.2017 г.

Ключевые слова: *Rana arvalis*, полиморфизм, морфологические аномалии, Заполярье, урбанизация.

DOI: 10.7868/S0367059718030101

Остромордая лягушка — один из самых широкоареальных, экологически пластичных эвритопных видов бесхвостых амфибий Евразии. Ее ареал протянулся от Ла-Манша до Забайкалья и от Казахстана до Заполярья. На Урале встречается практически повсеместно как в естественных, так и в антропогенно-трансформированных экосистемах [1–4]. Адаптивные возможности *R. arvalis*, обитающих на Крайнем Севере, “... достигают изумительного совершенства — даже при температуре около 0 °С... их пищеварительные ферменты остаются высокоактивными, усиливается амплитуда сокращений и возрастает скорость развития напряжения сердечной мышцы” [5]. Адаптивный потенциал остромордой лягушки во многом связан с особенностями полиморфизма этого вида [6–9].

Изучение популяционных особенностей амфибий Субарктики впервые было выполнено в XX в. [10], но анализ девиантных форм морфогенеза и других качественных показателей, характеризующих особенности генетической структуры популяции, до настоящего времени не проводился. Цель настоящего исследования — сравнительный анализ фенооблика (морфооблика) новой генерации остромордой лягушки в условиях урбанизированных территорий Заполярья и Среднего Урала.

Материал собран на территории зоны многоэтажной застройки г. Лабитнанги по ул. Новая (Полярный Урал) 26–27 июля 2016 г. Всего было отловлено 69 экз. сеголеток остромордой лягушки. Выполнен анализ качественных и количественных морфологических показателей животных: длина тела измерена цифровым штангенциркулем Krafftool (Германия) с точностью измерения 0.01 мм,

масса тела определена с помощью цифровых весов Shimadzu (Япония) с точностью измерения 10 мг.

Для анализа специфики генетической структуры популяции в качестве маркеров использовали два признака. Первый — встречаемость морфы *striata* [11], внешне выраженной светлой дорсо-медиальной полосой, доходящей до конца морды и определяющей доминантным аллелем диалельного аутосомного гена *striata* при полном доминировании [12]. Особенности наследования признака делают его хорошим маркером изменений генетической структуры популяции. Второй — частота депигментации радужины, представляющей фенотипическое проявление рецессивной мутации [13], на экспрессивность и пенетрантность которой влияет температурный режим начальных этапов онтогенеза [14].

Определение и анализ внешних морфологических аномалий выполнены в соответствии с классификациями [15, 16], а также с применением авторских подходов [17]. В качестве материала сравнения использована база данных по урбанизированной территории г. Екатеринбурга [18] за 1980–2013 г. В пределах городской агломерации выделены четыре зоны [1], к которым приурочены места обитания амфибий: I зона — центральная часть города (где амфибии отсутствуют) с многоэтажной застройкой, массивными асфальтовыми покрытиями, водоемами с сильным промышленным загрязнением, мелкими реками и ручьями, забранными в трубы; II зона — районы многоэтажной застройки с осваиваемыми территориями, пустырями, участками с открытыми почвами, малыми водоемами с высоким уровнем загрязнения; зона III — районы

малоэтажной застройки, занятые домами частного сектора с садами и огородами, пустырями, парками; лесопарковая зона (IV) – местообитания этой территории главным образом подвержены действию рекреационной нагрузки, районы многоэтажной застройки с осваиваемыми территориями, пустырями, участками с открытыми почвами, малыми водоемами с высоким уровнем загрязнения. В качестве контроля (К) использована выборка из загородных популяций, населяющих массив соснового леса (сосняк сфагново-хвощовый) в 23 км от г. Екатеринбурга. Соответственно исследуемое местообитание в г. Лабытнанги отнесено к зоне многоэтажной застройки. Приемлемость настоящей типизации ежегодно подтверждается гидрохимическими анализами [18]. Статистическая обработка результатов выполнена с помощью программного пакета Statistica for Windows 6.0.

Сравнительно-морфологический анализ выборки показал совпадение (отсутствие значимых различий) по таким показателям, как длина, масса тела и упитанность, с аналогичными величинами животных новой генерации г. Екатеринбурга (табл. 1), в то время как частота морфы *striata* у амфибий в выборке г. Лабытнанги на 19.4% значимо выше ($\chi^2 = 12.88$; $p = 0.0003$), чем у сеголеток зоны II в г. Екатеринбурге (62.3% против 42.9%). Также существенно ($\chi^2 = 25.65$;

$p \ll 0.0001$) отличается общая встречаемость животных с морфологическими отклонениями – 21.7% в г. Лабытнанги против 6.4% в зоне многоэтажной застройки в г. Екатеринбурге. Для выборки сеголеток остромордой лягушки на территории г. Лабытнанги характерна высокая встречаемость морфологических аномалий (26.09%), среди которых отмечены (в порядке убывания) эктродактилия, депигментация радужины, олигодактилия, пигментные отклонения кожных покровов, эктромелия (табл. 2). Для сравнения: в лесных популяциях остромордой лягушки на Среднем Урале доля особей с морфологическими отклонениями в новой генерации составляет 1.5–2%, а на урбанизированной территории – 6–8%. Депигментация радужины – рецессивная мутация, встречаемость которой в лесных популяциях около 0.39% (максимум 3%), а в городских – 1.7 (максимум – 7.5%), в г. Лабытнанги в большинстве случаев (80%) имела двухстороннее проявление.

В целом в новой генерации популяции остромордой лягушки, обитающей на обследованной территории, отмечена высокая суммарная встречаемость морфологических аномалий. Существенная доля среди них (33.3%) приходится на депигментацию радужины, косвенно свидетельствующей о высокой гомозиготности обследованной популяции. Для городских популяций амфибий показано

Таблица 1. Морфологические показатели сеголеток остромордой лягушки

Местообитание (город)	Зона	<i>L</i> , мм	<i>P</i> , мг	<i>P/L</i> (упитанность)	<i>N</i>
Лабытнанги	II	16.4 ± 0.3	430.0 ± 22.6	25.2 ± 0.85	69
Екатеринбург	II	16.4 ± 0.07	445.7 ± 4.9	26.7 ± 0.2	1561
Екатеринбург	III	15.08 ± 0.09	345.1 ± 6.2	22.7 ± 0.3	999
Екатеринбург	IV	15.02 ± 0.05	385.7 ± 3.7	22.5 ± 0.2	2844
Екатеринбург	K	14.9 ± 0.07	368.8 ± 4.9	23.7 ± 0.2	1565

Примечание: *N* – количество животных

Таблица 2. Встречаемость морфологических аномалий (%) у сеголеток *R. arvalis* в зоне многоэтажной застройки

Показатель	Город	
	Лабытнанги	Екатеринбург
<i>N</i> _{общ}	69	1561
Депигментация радужины	7.24	1.72
Пигментные отклонения кожи	2.9	0.94
Эктромелия	1.45	0.25
Эктродактилия	11.6	0.25
Олигодактилия	2.9	0.16

[19–21], что фрагментация местообитаний и дробление популяций под действием урбанизации на мелкие изоляты ведут к повышению уровня их гомозиготности, увеличению скорости преобразования генофонда за счет дрейфа генов и сопутствующего ему инбридинга.

Общая частота скелетных аномалий, которые могут быть связаны с трематодной инвазией [22], достигает 15.95%. При этом у *R. arvalis* новой генерации г. Лабытнанги выявлены только 2 вида паразитов кишечной локализации: нематоды *Oswaldocruzia filiformis* Goeze, 1782 и паразитические простейшие *Opalina ranarum* Dujardin, 1841. Отмеченные скелетные отклонения преимущественно представлены вариантами редукции дистальных элементов конечностей, вероятно, носящих характер гетерохроний (см. табл. 2). Настоящие данные являются предварительными и требуют продолжения исследований.

Значительная доля морфы *striata* в обследованной популяции *R. arvalis* свидетельствует о преобладании особей с генетически обусловленной высокой реактивностью системы гемопоэза, а также рядом других физиологических процессов [6, 7, 9], быстрым половым созреванием и короткой продолжительностью жизни [23]. Можно полагать, что физиологическая специфика данной морфы обуславливает увеличение ее частоты как адаптивный ответ популяции на антропогенную трансформацию среды и ее геохимический фон [24, 25] в условиях жестко лимитированного периода активной фазы жизненного цикла в Субарктике.

Таким образом, установлена высокая степень специфичности популяции, населяющей зону многоэтажной застройки г. Лабытнанги, причины которой обусловлены инсуляризацией ареала и формированием изолятов в условиях урбанизации в сочетании с климатическими особенностями Заполярья.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН, а также частично и комплексной программы УрО РАН (проект # 18-4-4-28).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вершинин В.Л. Распределение и видовой состав амфибий городской черты Свердловска // Информационные материалы Института экологии растений и животных УрО РАН. Свердловск, 1980. С. 5–6.
2. Вершинин В.Л. Предварительная оценка влияния антропогенных факторов на амфибий Свердловска // Проблемы экологии, рационального использования и охраны природных ресурсов на Урале. Свердловск, 1980. С. 117–118.
3. Вершинин В.Л. Видовой состав и биологические особенности амфибий ряда промышленных городов Урала: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1983. 24 с.
4. Вершинин В.Л., Топоркова Л.Я. Амфибии городских ландшафтов // Фауна Урала и Европейского Севера. Свердловск, 1981. С. 48–56.
5. Шварц С.С. Эволюционная биология // Вестн. АН СССР. 1974. № 9. С. 11–21.
6. Вершинин В.Л. Гемопоэз бесхвостых амфибий – специфика адаптациогенеза видов в современных экосистемах // Зоол. журн. 2004. Т. 83. № 11. С. 1367–1374.
7. Вершинин В.Л. Морфа *striata* у представителей рода *Rana* (Amphibia, Anura) – причины адаптивности к изменениям среды // Журн. общ. биол. 2008. Т. 69. № 1. С. 65–71.
8. Вершинин В.Л., Вершинина С.Д. Сравнительный анализ содержания гемоглобина у четырех видов бесхвостых амфибий Уральской горной страны // Докл. РАН. 2013. Т. 450. № 4. С. 488–491.
9. Вершинин В.Л., Вершинина С.Д. Физиологическое сходство морф, обусловленных гомологичными аллелями, у представителей семейства Ranidae // Успехи соврем. биол. 2013. Т. 113. № 5. С. 516–523.
10. Шварц С.С., Ищенко В.Г. Пути приспособления наземных позвоночных животных к условиям существования в Субарктике. Т. 3: Земноводные // Труды Института экологии растений и животных. Свердловск: УФАН СССР, 1971. Вып. 79. 58 с.
11. Schreiber E. Herpetologia europaea: Eine systematische Bearbeitung der Amphibien und Reptilien, welche bisher in Europa aufgefunden sind. Jena: Verlag von Gustav Fisher, 1912. 2. Aufl.: 1–10. 960 S.
12. Шупак Е.Л. Наследование спинной полосы особями остромордой лягушки // Информационные материалы Института экологии растений и животных. Свердловск, 1977. С. 36.
13. Dubois A. Sur deux anomalies de la Genouille verte (*Rana esculenta*) // Bull. Soc. Linn. Lyon. 1968. V. 37. P. 316–320.
14. Вершинин В.Л. Встречаемость депигментации радужины в городских популяциях остромордой лягушки // Экология. 2004. № 1. С. 69–73.
15. Dubois A. Anomalies and mutations in natural populations of the *Rana "esculenta"* complex (Amphibia, Anura) // Mitt. zool. mus. Berlin. 1979. Pl. 1. № 55. P. 59–87.
16. Tyler M.J. Natural pollution monitors // Aust. Nat. Hist. 1983. V. 21. P. 31–33
17. Вершинин В.Л. Основы методологии и методы исследования аномалий и патологий амфибий: Учеб. пос. / Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 80 с.

18. *Vershinin V.L., Vershinina S.D., Berzin D.L. et al.* Long-term observation of amphibian populations inhabiting urban and forested areas in Yekaterinburg, Russia // *Scientific Data*. 2015. 2. Article number 150018. P. 1–13. DOI: 10.1038/sdata.2015.18 (2015).
19. *Макеева В.М., Малюченко О.П., Белоконь М.М.* и др. Оценка состояния генофонда природных популяций бурых лягушек в условиях антропогенного ландшафта Москвы и Подмосковья // *Генетика в XXI веке: современное состояние и перспективы развития*. М., 2004. Т. 2. С. 211.
20. *Макеева В.М., Белоконь М.М., Малюченко О.П., Леонтьева О.А.* Оценка состояния генофонда природных популяций позвоночных животных в условиях фрагментированного ландшафта Москвы и Подмосковья (на примере бурых лягушек) // *Генетика*. 2006. Т. 42. № 5. С. 628–642.
21. *Munshi-South J., Zak Y., Pehek E.* Conservation genetics of extremely isolated urban populations of the northern dusky salamander (*Desmognathus fuscus*) in New York City // *PeerJ*. 2013. 1: e64. DOI 10.7717/peerj.64.
22. *Вершинин В.Л., Неустроева Н.С.* Роль трематодной инвазии в специфике морфогенеза скелета бесхвостых амфибий на примере *Rana arvalis* Nilsson, 1842 // *Докл. РАН*. 2011. Т. 440. № 2. С. 279–281.
23. *Леденцов А.В.* Динамика возрастной структуры и численности репродуктивной части популяции остромордой лягушки (*Rana arvalis* Nilss.): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск: ИЭРиЖ УрО АН СССР, 1990. 24 с.
24. *Шарыгин С.А.* Микроэлементы в организме некоторых амфибий и рептилий и их динамика под влиянием антропогенных факторов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1980. 24 с.
25. *Вершинин В.Л.* Специфика жизненного цикла *Rana arvalis* Nilss. на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа // *Сибирский экол. журн.* 2007. № 4. С. 677–682.