

## Межпопуляционная изменчивость темпов роста и полового созревания самцов остромордой лягушки (*Rana arvalis* Nilsson, 1842)

Е. А. БАЙТИМИРОВА<sup>1</sup>, В. Л. ВЕРШИНИН<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Институт экологии растений и животных УрО РАН  
620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202  
E-mail: bay\_81@mail.ru

<sup>2</sup> Уральский федеральный университет им. Б. Н. Ельцина  
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

Статья поступила 24.03.2016

Принята к печати 26.07.2016

### АННОТАЦИЯ

С целью выявления межпопуляционной специфики роста и полового созревания самцов остромордой лягушки проанализированы возрастной состав, размеры тела и годовые приросты у амфибий, обитающих в трех водоемах с различным гидрохимическим составом. Всего изучено 117 половозрелых самцов, возраст которых варьировал от двух до шести лет. Определено, что фоновые показатели минерализации поверхностных вод для Среднего Урала находятся на уровне 150 мг/дм<sup>3</sup> в весенний период. Межгодовые колебания значений минерализации в изучаемых водоемах связаны с изменением уровня сульфатов. Установлено, что минерализация водоема в пределах 300 мг/дм<sup>3</sup> в нерестовый период не является негативным фактором, ограничивающим рост остромордой лягушки. Относительно раннее половое созревание самцов остромордой лягушки наблюдается в условиях, приближенных к оптимальным, и сопровождается перераспределением энергетических затрат в пользу процессов размножения с соответствующим замедлением роста амфибий.

**Ключевые слова:** амфибии, остромордая лягушка, рост, годовой прирост, скелетохронология, минерализация вод, гидрохимия.

В настоящее время проблему скорости роста и, как следствие, изменчивости такого показателя, как длина тела амфибий, изучают многие авторы. Показаны возрастная, сезонная особенности темпов роста земноводных. Так, например, отмечено, что на первую зимовку сеголетки южных популяций уходят более крупными, чем северных [Кривошеев и др., 1960; Loman, 1978; Ляпков и

др., 2008]. Погодные условия в летние месяцы определяют размеры амфибий текущего года рождения перед зимовкой как непосредственно, так и косвенно – через длительность личиночного развития и периода нагула [Кутенков, Мосияш, 2013]. В природных условиях более жизнеспособными оказываются сеголетки остромордой лягушки, масса которых достигает 200 мг [Шварц, 1980]. В даль-

нейшем более крупные особи при метаморфозе после зимовки сохраняют преимущество в размерах тела [Ищенко, 1980], но могут наблюдаться и иные ситуации [Ищенко, 1999].

Для взрослых животных на примере 31 вида бесхвостых амфибий в Европе и 81 вида в Северной Америке показано, что средний размер тела животных увеличивается по направлению к северу [Olalla-Tárraga, Rodríguez, 2007]. Ключевую роль в этом процессе некоторые авторы отводят тепловому балансу [Olalla-Tárraga, Rodríguez, 2007]. Другие исследователи в качестве основной причины называют ускорение полового созревания амфибий в южных популяциях относительно темпов роста [Ляпков, 2007]. При этом возможность использования преимуществ теплого климата может быть ограничена локальными условиями, такими как низкая влажность [Ляпков и др., 2008].

Кроме этого следует отметить работы, в которых основное внимание уделено воздействию на скорость роста амфибий таких факторов, как температура [Житников, 2012], соленость и кислотность воды [Кузнецов, Лобачев, 2007], гербициды [Пескова, 2004], а также изменения химизма среды вследствие урбанизации [Вершинин и др., 2006], и т. д. Так, у остромордой лягушки с усилением антропогенной трансформации среды происходит уменьшение длины тела взрослых самок, а у сеголеток отмечено увеличение размеров тела [Вершинин и др., 2006].

Данных относительно гидрохимических показателей водоема и особенностей роста амфибий в природных популяциях явно недостаточно. Однако на примере большого прудовика в эксперименте показано, что ежесуточные перепады солености в пределах 1–3 % ускоряют его рост, а дальнейшее увеличение этого показателя сопровождается ухудшением роста [Константинов и др., 2007]. Подобный результат (но при иных величинах фактора) получен при проведении экспериментальных работ по изучению влияния колебаний солености на эмбрионально-личиночное развитие обыкновенного тритона и представителей отряда бесхвостых амфибий. В целом, периодические изменения данного фактора оказывают благоприятное влияние на их развитие, но в отличие от

обыкновенного тритона, шпорцевая лягушка, обыкновенная и зеленая жабы достигали наилучших из исследуемых показателей при галорегиме с амплитудой до 2 ‰ [Лобачев, 2008]. Также отмечено, что повышение уровня солености водоема может не сказываться на развитии и скорости роста головастиков, но способно снижать их выживаемость и менять поведение [Winkler, Forte, 2011].

Таким образом, особенности роста амфибий в связи с изменчивостью локальных гидрохимических условий водоемов остаются не до конца изученными.

Цель нашей работы – сравнение возрастного состава, размера тела, скорости роста и возраста полового созревания самцов остромордой лягушки, обитающих в трех водоемах с различным гидрохимическим составом.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Остромордые лягушки (117 экз.) отловлены в весенне-летний период в двух местообитаниях на территории Среднего Урала и одном, расположенном в Юго-Восточном Зауралье. Первое местообитание расположено на территории Шарташского лесопарка (1) (г. Екатеринбург). Согласно типизации городских ландшафтов [Вершинин и др., 2006] данный локалитет относится к лесопарковому поясу города. Отметим, что городские лесопарки как наименее нарушенные ландшафты выполняют особую роль в поддержании сообществ на территории мегаполисов. Подобные экосистемы с одной стороны, представляют собой естественные местообитания животных, а с другой – подвержены влиянию целого комплекса негативных факторов, сопутствующих городским агломерациям. Поэтому они могут помочь определить роль факторов, негативно воздействующих на организмы. Информация об особенностях роста остромордой лягушки в подобных биотопах отсутствует.

Второе (2) местообитание расположено в окрестностях пос. Верхние Серги Нижнесергинского р-на Свердловской обл. – 91 км от г. Екатеринбурга. Данный биотоп можно отнести к относительно слабо преобразованным территориям за пределами крупных населенных пунктов.

Третье местообитание (3) – это озеро в Юго-Восточном Зауралье (Курганская обл., окрестности пос. Степное). Озера в Курганской области характеризуются естественно высоким уровнем общей минерализации (среды анионов преобладают гидрокарбонат-, хлорид- и сульфат-ионы, в катионном составе ионы натрия, кальция, калия и магния), обусловленной влиянием подстилающих горных пород [Озера..., 1998]. Водоемы такого типа по ряду параметров могут приближаться к таковым на территории городской агломерации.

У отловленных животных снимали стандартные морфологические промеры с помощью цифрового штангенциркуля “Kraftool” с ценой деления 0,01 мм. Определение возраста животных выполнено методом скелетохронологии в модификации, предложенной А. В. Леденцовым [1990]. Для этого из середины III фаланги IV пальца задней конечности изготавливались поперечные срезы, окрашенные гематоксилином Эрлиха. Помимо простого подсчета линий склеивания, видимых на срезах фаланг пальцев, проведены измерения их диаметров. Величины диаметров годовых слоев и относительные годовые приросты подтверждают правильность определения линий первой и второй зимовок. Предложенный подход позволяет точнее определять возраст остромордых лягушек. Измерение диаметров годовых слоев и площадей фаланг пальцев амфибий проведено с помощью программы Levenhuk TourView.

Относительные приросты костной ткани ( $Y_i$ ) за период от одной зимовки до другой определяли по формуле:

$$Y_i = \frac{D_{i+1} - D_i}{D_i},$$

где  $D$  – диаметр кости, ограниченный одной линией склеивания,  $i$  – порядковый номер видимой линии склеивания (отсчет от костномозговой полости). Поскольку поперечные срезы фаланг имеют форму, близкую к овальной, измерялась наибольшая и наименьшая ширина среза. Во всех дальнейших вычислениях диаметром слоя названа средняя величина между этими двумя измерениями. Для промеров брали срез, имеющий наименьший диаметр.

Разовые ежегодные (2014, 2015 гг.) пробы воды из изучаемых водоемов отбирали в

весенний период, во время нереста амфибий, в соответствии с требованиями ГОСТ 51592-2000 “Вода. Общие требования к отбору проб”. Перечень химических показателей определяли согласно задачам исследования. Химико-аналитические исследования проб воды выполнены специалистами аккредитованной лаборатории физико-химических анализов Уральского государственного горного университета по аттестованным методикам.

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica 8.0 (StatSoft Inc.). Для сопоставления двух выборок по частотам распределения возрастов использовали угловое преобразование Фишера. Анализ изменчивости размеров тела, площади фаланг и годовых приростов костной ткани проведен с помощью многофакторных моделей дисперсионного анализа. При проверке гипотез о значимости факторов выбран 5%-й уровень значимости.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Гидрохимические показатели водоемов.

Основные гидрохимические показатели изучаемых водоемов в период нереста амфибий представлены в табл. 1. Установлено, что уровень минерализации на территории лесопарка весной в разные годы может превышать или быть ниже значений загородной территории. Межгодовые колебания минерализации связаны с изменением уровня сульфатов в водоеме. Источником сульфатов в крупных городах, которые выпадают с осадками и переносятся с пылью в водоемы, служат ближайшие автодороги и автотранспорт [Никитская, Макарова, 2012]. Отличительной особенностью водоема на территории города является постоянно повышенный, по сравнению с другими участками, уровень перманганатной окисляемости, низкие значения рН среды.

В локалитете 3 в весенний период уровень минерализации более стабилен и находится на уровне 300 мг/дм<sup>3</sup>, что в 1,9 раза ниже летних значений [Вершинин, Байtimiрова, 2013]. В местообитаниях 1 и 3 сходны уровни общей жесткости, концентрация хлоридов, натрия и калия. Участок 2 характе-

Т а б л и ц а 1

## Основные гидрохимические показатели водоемов (май)

Показатель	Местообитание		
	Шарташ (1)	Верхние Серги (2)	Степное (3)
	$M \pm m$ lim (min-max)	$M \pm m$ lim (min-max)	$M \pm m$ lim (min-max)
Водородный показатель, ед рН	$6,43 \pm 0,19$ 6,24–6,62	$7,41 \pm 0,025$ 7,39–7,44	$7,69 \pm 0,31$ 7,38–8,0
Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	$237,85 \pm 88,55$ 149,3–326,4	$153,85 \pm 41,05$ 112,8–194,9	$295,45 \pm 12,55$ 282,9–308,0
Окисляемость перманганатная, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	$38,0 \pm 30,0$ 8–68,0	$18,88 \pm 15,12$ 3,76–34,0	$18,40 \pm 11,6$ 6,8–30
Нитраты, мг/дм <sup>3</sup>	$1,54 \pm 0,62$ 0,93–2,16	$2,0 \pm 0,1$ 1,9–2,10	$3,6 \pm 2,2$ 1,48–5,88
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	$24,35 \pm 2,25$ 22,1–26,6	$30,8 \pm 20,2$ 10,6–51,0	$55,95 \pm 20,55$ 76,5–35,4
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	$114,15 \pm 55,55$ 58,6–169,7	$25,4 \pm 6,6$ 18,8–32,9	$5,11 \pm 1,52$ 3,59–6,63
Натрий, мг/дм <sup>3</sup>	$10,91 \pm 1,49$ 9,42–12,4	$4,76 \pm 0,78$ 3,98–5,54	$53,8 \pm 7,3$ 46,5–61,1
Кальций, мг/дм <sup>3</sup>	$25,1 \pm 1,9$ 23,2–27,0	$27,1 \pm 7,6$ 19,5–34,7	$29,5 \pm 6,4$ 23,1–35,9
Калий, мг/дм <sup>3</sup>	$9,4 \pm 1,71$ 7,69–11,1	$1,21 \pm 0,25$ 0,96–1,46	$10,1 \pm 1,81$ 8,29–11,9

ризуется рН на уровне 7, низким уровнем натрия и калия, по сравнению с другими участками.

**Изменчивость длины тела.** Всего изучено 117 половозрелых самцов остромордой лягушки, возраст которых варьировал от

двух до шести лет. Средняя длина животных в каждом возрастном классе представлена в табл. 2.

Динамика распределения возрастов – один из показателей темпов вовлечения особей в размножение и их гибели, поэтому исполь-

Т а б л и ц а 2

## Длина тела и возраст особей остромордой лягушки

Возраст, лет	Местообитание		
	Шарташ (1)	Верхние Серги (2)	Степное (3)
	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$
2+	–	–	$47 \pm 1,03$ N = 8
3+	$48,43 \pm 1,44$ N = 5	$51,49 \pm 0,67$ N = 7	$50,47 \pm 0,70$ N = 30
4+	$53,09 \pm 0,44$ N = 9	$55,20 \pm 0,46$ N = 21	$52,85 \pm 0,76$ N = 10
5+	$56,36 \pm 1,20$ N = 3	$58,18 \pm 0,90$ N = 15	$52,93 \pm 0,78$ N = 4
6+	$58,69 \pm 0,43$ N = 4	$59,27^*$ N = 1	–

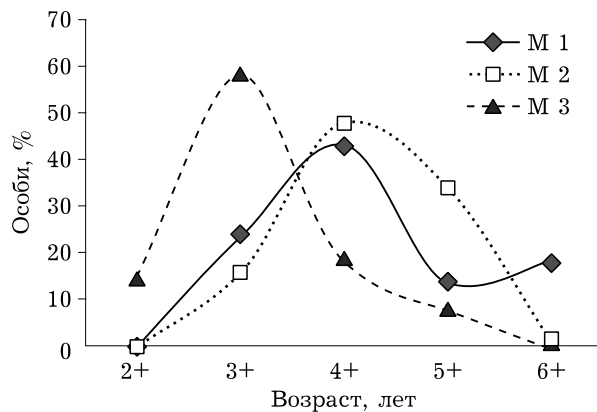


Рис. 1. Частотное распределение возрастов у самцов остромордой лягушки в изучаемых популяциях. М – местообитание: 1 – Шарташ; 2 – Верхние Серги; 3 – Степное

зован именно этот параметр [Ляпков и др., 2007].

Частотные распределения особей по возрастам в изучаемых популяциях представлены на рис. 1. Показано, что частота встречаемости трехлетних животных максимальна на третьем участке, значимые различия отмечены как с первым ( $\chi^2_{\text{эмп}} = 5,381$ ;  $p < 0,05$ ), так и со вторым участком ( $\chi^2_{\text{эмп}} = 5,629$ ;  $p < 0,05$ ). Здесь же стоит отметить небольшую долю двухлетних (15 %) особей среди размножающихся животных в третьем районе. На первом и втором участке основную часть выборки составляют 4–5-летние животные. Таким образом, модальный возраст размножения на участках 1 и 2 составляет четыре года, а в местообитании 3 – три года. Следовательно, в местообитании 3 самцы остромордой лягушки вступают в размножение примерно на один год раньше в сравнении с участками 1 и 2.

Для анализа изменчивости размеров тела среди половозрелых особей остромордой лягушки использована двухфакторная модель (“местообитание”, “возраст”). Отмечено, что средняя длина тела самцов в местообитании 2 больше в сравнении с местообитанием 3 (различия значимы) (рис. 2).

Однако анализ взаимодействия факторов “возраст” и “местообитание” и дальнейшие попарные сравнения в каждом возрастном классе с помощью теста post hoc (LSD test) показали отсутствие значимых различий по длине тела самцов между местообитания-

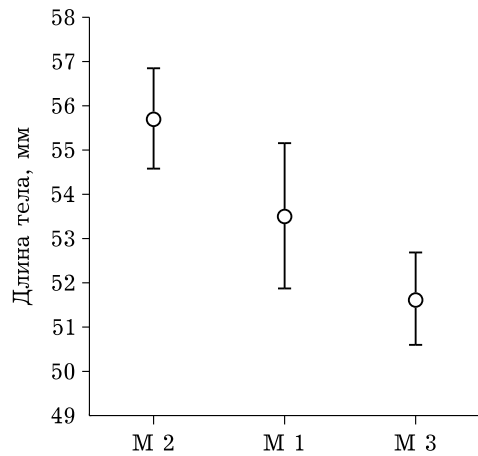


Рис. 2. Длина тела особей остромордой лягушки (средние невзвешенные  $\pm 0,95$  доверительный интервал) при воздействии фактора “местообитание”.  $F(2, 114) = 13,7$  ( $p < 0,001$ ). М – местообитание: 1 – Шарташ; 2 – Верхние Серги; 3 – Степное

ми. На уровне тенденций отмечаются более крупные размеры тела у лягушек из местообитания 2 и 3 в возрасте трех лет, в старших возрастных классах средние значения длины тела в местообитании 2 превышают таковые в остальных районах (рис. 3). Следовательно, зафиксированные межпопуляционные различия средней длины тела самцов связаны с особенностями возрастного состава животных в изучаемых местообитаниях.

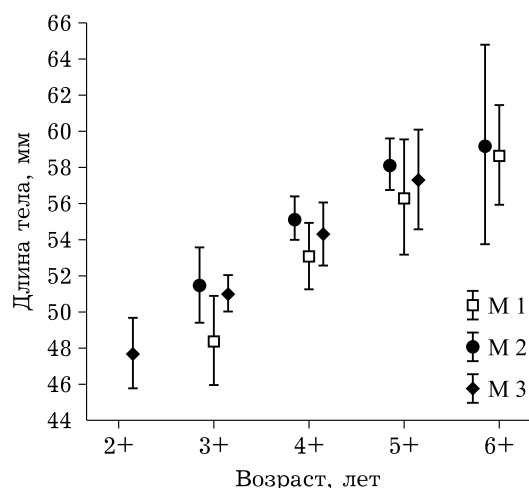


Рис. 3. Длина тела особей остромордой лягушки (средние  $\pm 0,95$  доверительный интервал) при взаимодействии фактора “местообитание” и “возраст”.  $F(5, 105) = 0,2$  ( $p \leq 0,98$ ). М – местообитание: 1 – Шарташ; 2 – Верхние Серги; 3 – Степное

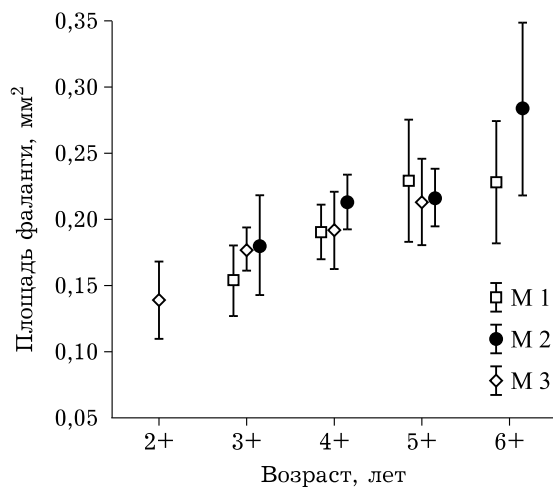


Рис. 4. Площадь поперечного сечения фаланги самцов остромордой лягушки (средние  $\pm$  0,95 доверительный интервал) при взаимодействии фактора “местообитание” и “возраст”.  $F(5, 105) = 0,72$  ( $p = 0,61$ ). М – местообитание: 1 – Шарташ; 2 – Верхние Серги; 3 – Степное

**Анализ годовых приростов амфибий.** Известно, что у амфибий отмечается аллометрическая зависимость между толщиной фаланги пальца и длиной тела [Смирин, 1983]. В изучаемых популяциях у половозрелых самцов коэффициент корреляции между длиной тела и площадью поперечного сечения в самом узком месте третьей фаланги равен 0,67.

Результаты анализа площади фаланги с помощью моделей дисперсионного анализа представлены на рис. 4. Отмечено отсутствие значимых различий по площади фаланги в каждом возрастном классе между изучаемыми популяциями. При этом в каждой популяции отдельно прослежено замедление процессов роста у животных, очевидно, связанное с вступлением в размножение. Измерение размеров годовых приростов (рис. 5) лягушек из изучаемых популяций показало, что значимое снижение скорости роста свойственно животным из местообитания 3 на третьем году жизни (тест post hoc (LSD test),  $p < 0,05$ ), тогда как в остальных районах активный рост продолжается до 4–5 лет.

Таким образом, рост амфибий замедляется по мере полового созревания. Это видно при анализе годовых приростов костной ткани, а также общей площади поперечного сечения фаланги пальца. Однако в последнем

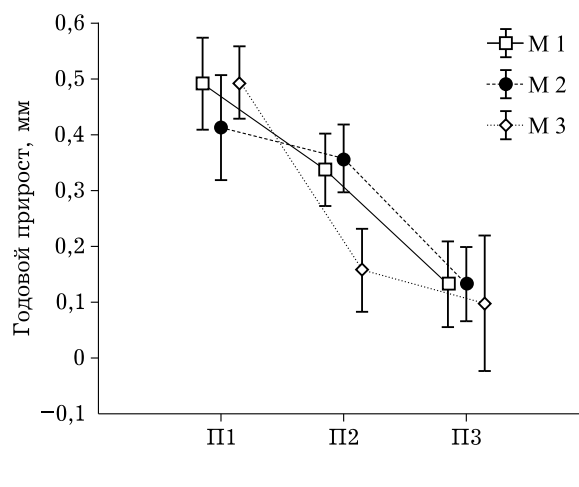


Рис. 5. Годовые приросты (мм) особей остромордой лягушки (средние  $\pm$  0,95 доверительный интервал) при взаимодействии фактора “местообитание” и “номер прироста”.  $F(4, 137) = 3,79$  ( $p = 0,005$ ). М – местообитание: 1 – Шарташ; 2 – Верхние Серги; 3 – Степное. П<sub>1</sub> – прирост после первой зимовки, П<sub>2</sub> – после второй, П<sub>3</sub> – после третьей

случае исследуемая закономерность заметна на уровне тенденций.

## ОБСУЖДЕНИЕ

В природных популяциях, как правило, имеется комплекс факторов и любой наблюдаемый эффект является результатом их взаимодействия. Так, в данном исследовании в качестве основных факторов изучаемых местообитаний амфибий рассмотрены гидрохимические особенности нерестовых водоемов. При этом нельзя не учитывать возможность географических различий в темпах роста, которые обычно связывают с климатическими отличиями, в частности, с продолжительностью периода положительных среднесуточных температур воздуха [Ляпков и др., 2007]. Однако влияние этого фактора на скорость линейного роста остается не до конца изученным.

Одно из исследуемых местообитаний (участок 3) остромордой лягушки с естественно-повышенной минерализацией поверхностных вод, расположено почти на 2° южнее г. Екатеринбург в Зауралье (Курганская обл.). Этот регион характеризуется более высокими летними температурами по сравнению со Средним Уралом.

Изменение микроклимата в сторону потепления – один из известных эффектов города. Как правило, температура в городе всегда выше, чем за городом [Оке, 1973], различия могут достигать 10 °С [Оке, 1981]. Изучению формирования острова тепла в больших городах посвящено много работ [Матвеев, 2007; Акимов, 2009; Матвеев и др., 2011; Еланский и др., 2012; Исаков, Шкляев, 2014]. В то же время в засушливых местностях возможна обратная ситуация, когда в городах с большим количеством орошаемых земель (зеленые насаждения, парки) средняя температура может быть ниже, чем в окружающих засушливых районах, например, в Сакраменто, штат Калифорния, США [Grimmond et al., 1993]. Вместе с тем не отмечено, способны ли подобные изменения климата городов оказывать влияние на процессы роста амфибий.

Принимая во внимание предположение о близости температурных режимов, а также определенные гидрохимические особенности водоемов в местообитаниях 1 и 3 можно ожидать похожее направление изменчивости размеров амфибий в этих популяциях. Полученные результаты позволяют говорить о специфике роста самцов в каждой из изучаемых популяций.

Образ жизни взрослых особей, которые основную часть времени проводят на суше, возвращаясь в водоем только во время нереста, когда наблюдается весеннее опреснение, приводит к тому, что половозрелые животные не подвергаются активному действию избыточной минерализации. Более мелкие размеры амфибий на участке 3 в сравнении с участком 2 объясняются разницей в возрастной структуре изучаемых популяций.

Анализ годовых приростов, а также площадей фаланг животных позволяет описать особенности роста самцов остромордой лягушки в каждой из изучаемых популяций. Согласно “теории жизненных стратегий” организмы способны перераспределять энергетические затраты между жизненными процессами (рост, размножение и т. д.) в зависимости от условий обитания. Результаты исследования позволяют утверждать, что в случае загородной популяции можно отметить

незначительное улучшение условий жизни в сравнении с лесопарковой. Это приводит хоть и к незначительному (различия статистически незначимы), но все же более интенсивному росту самцов в загородной популяции. Комплекс условий в местообитании 3 можно с определенной долей вероятности назвать оптимальным, поскольку здесь отмечен активный рост и вступление в размножение при первой же возможности. Относительно раннее половое созревание этих самцов свидетельствует о перераспределении энергетических затрат в пользу процессов размножения в благоприятных условиях. Подобная жизненная стратегия подробно описана на примере дафний с помощью “метода вкладов” [Полищук, Файферберг, 2006]. Подтверждением более благоприятных условий обитания для остромордой лягушки в окрестностях пос. Степное в сравнении с местообитаниями 1 и 2 служит утверждение, что созревание при более мелких размерах тела повышает приспособленность группы и приводит к увеличению продолжительности жизни, а также количества репродуктивных периодов на особь. В случае, когда половое созревание происходит при относительно небольших размерах тела, организм сохраняет способность к дальнейшему росту, реализуемую в более длительный промежуток времени [Ищенко, 1991, 2007].

Таким образом, несмотря на то, что на первый взгляд половозрелые животные с участков 1 и 3 характеризуются более мелкими размерами в сравнении с участком 2, механизмы формирования этого явления различны. На участке 3 более теплый температурный режим и постепенное изменение уровня минерализации водоема, вероятно, оказывают стимулирующий эффект и обуславливают высокие темпы роста в первые годы жизни животных. Это приводит к раннему вступлению в размножение и соответствующему замедлению дальнейшего роста амфибий.

В лесопарковой зоне г. Екатеринбурга (участок 1), где отмечается периодическое повышение минерализации водоема, а также загрязнение органическими веществами, ни более теплый температурный режим города, ни постепенное нарастание (весна –

лето) уровня минерализации водоема не способны компенсировать негативное влияние сопутствующих условий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на данном этапе исследования можно сделать заключение, что уровень минерализации водоема в пределах 300 мг/дм<sup>3</sup> в нерестовый период не ограничивает рост остромордой лягушки. Более вероятно, что данный параметр водной среды оказывает стимулирующее действие на скорость прироста костной ткани. Особенности роста лягушек из городской популяции подтверждают предположение о том, что степень использования благоприятного климата может ограничиваться локальными условиями [Ляпков и др., 2008].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-0431097 и поддержано программой 211 Правительства Российской Федерации, соглашение № 02.A03.21.0006.

## ЛИТЕРАТУРА

- Акимов Л. М. Многолетние изменения температуры воздуха города Воронежа во второй половине XX в. // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. 2009. № 2. С. 137–141.
- Вершинин В. Л., Середюк С. Д., Черноусова Н. Ф., Толкачев О. В., Силс Е. А. Пути адаптогенеза наземной фауны к условиям техногенных ландшафтов. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 183 с.
- Вершинин В. Л., Байтиминова Е. А. Размерно-возрастные особенности популяции *Rana arvalis* (Anura, Ranidae) в условиях геохимической специфики лесостепного Зауралья // Праці Українського герпетологічного товариства. 2013. № 4. С. 37–41.
- Еланский Н. Ф., Лавров О. В., Мохов И. И., Ракин А. А. Структура острова тепла над городами России по наблюдениям с передвижной лаборатории // ДАН. 2012. Т. 443, № 3. С. 366–371 [Elansky N. F., Lavrova O. V., Mokhov I. I., Rakin A. A. Heat Island Structure over Russian Towns Based on Mobile Laboratory Observations // Dokl. Earth Sci. 2012. Vol. 443, Part 1. P. 420–425].
- Житников А. Я. Продольный рост, поперечное моделирование и минерализация в ростковых хрящах длинных костей конечностей амфибий (*Rana temporaria*) // Український морфологічний альманах [Український морфологічний альманах]. 2012. Т. 10, № 1. С. 24–28.
- Исаков С. В., Шкляев В. А. Определение суммарного влияния антропогенно измененных поверхностей на возникновение эффекта “городского острова тепла” с использованием геоинформационных систем // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. 2014. № 1 (162). С. 178–182.
- Ищенко В. Г. Материалы к росту сеголетков остромордой лягушки // Информационные материалы Института экологии растений и животных УНЦ АН СССР. Свердловск, 1980. С. 39–40.
- Ищенко В. Г. Пространственная структура и стабильность популяций амфибий // Экология популяций. М.: Наука, 1991. С. 114–128.
- Ищенко В. Г. Популяционная экология бурых лягушек фауны России и сопредельных территорий: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 1999. 64 с.
- Ищенко В. Г. Жизненный репродуктивный успех и структура популяции остромордой лягушки (*Rana arvalis* Nilss., 1842). Нетрадиционное решение общей задачи // Совр. герпетология. 2007. Т. 7, вып. 1-2. С. 76–87.
- Константинов А. С., Кузнецов В. А., Костоева Т. Н. Влияние колебаний солености воды на рост, размножение и плодовитость большого прудовика *Lymnaea stagnalis* // Успехи совр. биологии. 2007. Т. 127, № 3. С. 305–309.
- Кривошеев В. Г., Опенко З. М., Шабанова Е. В. Материалы по биологии травяной и остромордой лягушек // Зоол. журн. 1960. 39. № 8. С. 1201–1208.
- Кутенков А. П., Мосияш С. С. Оценка факторов, определяющих размеры тела сеголетков травяной лягушки (*Rana temporaria* L.) перед зимовкой // Принципы экологии. 2013. Т. 2, № 3. С. 62–71.
- Кузнецов В. А., Лобачев Е. А. Влияние колебаний солености на рост и развитие личинок озерной лягушки *Rana ridibunda* // Гидробиол. журн. 2007. № 1. С. 74–84 [Kuznetsov V. A., Lobachyov Ye. A. Effects of Salinity Fluctuations on Growth and Development of the Larvae of Marsh Frog (*Rana ridibunda* L.) // Hydrobiol. Journ. 2007. Vol. 43, N 3. P. 71–79].
- Леденцов А. В. Динамика возрастной структуры и численности репродуктивной части популяции остромордой лягушки (*Rana arvalis* Nilss.): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1990. 23 с.
- Лобачев Е. А. Влияние колебаний экологических факторов на эмбрионально-личиночное развитие земноводных: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саранск, 2008. 23 с.
- Ляпков С. М., Черданцев В. Г., Черданцева Е. М. Половые различия темпов роста и выживаемости у остромордой лягушки (*Rana arvalis*) после завершения метаморфоза // Зоол. журн. 2007. Т. 86, № 4. С. 475–491.
- Ляпков С. М., Черданцев В. Г., Черданцева Е. М. Географическая изменчивость как результат различия в темпах эволюции признаков с широкой и узкой нормой реакции у остромордой лягушки (*Rana arvalis*) // Журн. общ. биологии. 2008. Т. 69, № 1. С. 25–43.
- Матвеев Л. Т. Влияние большого города на метеорологический режим // Изв. РАН. Сер. географическая. 2007. № 4. С. 97–102.
- Матвеев Л. Т., Вершель Е. А., Матвеев Ю. Л. Влияние антропогенных факторов на климат городов // Учен. зап. Рос. гос. гидрометеорол. ун-та № 17. Науч.-теорет. журн. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2011. С. 41–50.
- Никитская Н. И., Макарова О. В. Влияние федеральной автодороги “Казань–Пермь” на прилегающие агроценозы // Геогр. вестн. 2012. № 1(20). С. 90–95.



- Озера Тоболо-Ишимской лесостепи // Водно-болотные угодья России. Водно-болотные угодья международного значения / под общ. ред. В. Г. Кривенко. М.: Wetlands International Publication, 1998. Т. 1. С. 158–172.
- Пескова Т. Ю. Морфологические и морфофизиологические изменения земноводных при обитании в условиях загрязнения // Изв. вузов. Сев.-Кавказский регион. 2004. № 1. С. 60–64.
- Полищук Л. В., Файферберг Я. Динамика массы тела дафний в свете теории жизненных стратегий: анализ с использованием метода вкладов // Журн. общ. биологии. 2006. Т. 67, № 1. С. 23–36.
- Смирин Э. М. Прижизненное определение возраста и ретроспективная оценка размеров тела серой жабы (*Bufo bufo*) // Зоол. журн. 1983. Т. 63, № 3. С. 437–444.
- Шварц С. С. Экологические закономерности эволюции. М.: Наука, 1980. 278 с.
- Grimmond C. S. B., Oke T. R., Cleugh H. A. The role of “rural” in comparisons of observed suburban-rural flux differences. Exchange processes at the land surface for a range of space and time scales. International Association of Hydrological Sciences Publication, 1993. Vol. 212. P. 165–274.
- Loman J. Growth of brown frogs *Rana arvalis* Nilsson and *R. temporaria* E. in South Sweden // Ekol. Pol. 1978. Vol. 26, N 2. P. 287–296.
- Oke T. R. City size and the urban heat island // Atmospheric Environ. 1973. Vol. 7. P. 769–779.
- Oke T. R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations // J. Climatology. 1981. N 1. P. 237–254.
- Olalla-Tárraga M. Á., Rodríguez M. Á. Energy and interspecific body size patterns of amphibian faunas in Europe and North America: Anurans follow Bergmann's rule, urodeles its converse // Glob. Ecol. Biogeogr. 2007. Vol. 16. P. 606–617.
- Winkler J. D., Forte G. The effects of road salt on larval life history traits and behavior in *Rana temporaria* // Amphibia-Reptilia. 2011. Vol. 32. P. 527–532.

## Interpopulation Variation in Growth and Puberty Rate of Moor Frog Males (*Rana arvalis* Nilsson, 1842)

E. A. BAYTIMIROVA<sup>1</sup>, V. L. VERSHININ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Plant and Animal Ecology, UrB RAS  
620144, Ekaterinburg, 8 Marta str., 202  
E-mail: bay\_81@mail.ru*

<sup>2</sup> *Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin  
620002, Ekaterinburg, Mira str., 19*

With a view to identifying interpopulational peculiarities of moor frog male growth and puberty, we have analyzed age composition, body sizes, and annual growth of amphibians inhabiting three water reservoirs with various hydrochemical composition. In all, 117 pubescent males aged from 2 to 6 were studied. As established, ambient surface water salinity in the Middle Urals is 150 mg/dm<sup>3</sup> in the springtime. Interannual variations of salinity in the reservoirs under study are linked with changing sulphate content. It has been noted that water salinity up to 300 mg/dm<sup>3</sup> during the spawning season shall not be viewed as a negative aspect restricting growth of moor frogs. Relatively early puberty of moor frog males occurs under close-to-optimal conditions and is followed by redistribution of energy towards reproductive processes along with growth retardation of amphibia.

**Key words:** amphibians, moor frog, growth, annual growth, skeletochronology, water salinity, water chemistry.