

с применением дисперсионного анализа в программе STATISTICA 6.1. Объектами исследования служили можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis* L.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), ель европейская (*Picea bies* (L.) H. Karst.). Исследования проводились в двух различных по экологическим условиям районах исследования: 1 – пригородная зона г. Йошкар-Олы (Медведевский район, на 12 км северо-западной столицы Республики Марий Эл) и 2 – промышленная зона г. Йошкар-Олы (ул. Строителей).

В результате изучения морфометрических параметров хвойных растений установлено, что сближенность расстояния между хвоинками, т. е. их число на 10 см побега является наиболее информативным показателем. Так, у можжевельника обыкновенного в пригородной зоне она составляла 42 шт., а в городской среде происходило статистически значимое увеличение числа хвоинок на побеге до 57 шт. Подобные изменения выявлены у сосны обыкновенной (число хвоинок на 10 см побега у растений промышленной зоны увеличилось на 15,3 %) и ели европейской (плотность расположения хвоинок возросла на 27 %) ($p = 0,01$).

Прирост побегов в длину статистически значимо изменился лишь у такого вида, как можжевельник обыкновенный. Так, в пригородной зоне ежегодный прирост побегов достигал 6,2 см, а в условиях урбанизированной среды данный показатель составлял лишь 4,9 см. По остальным изученным признакам (длина и толщина хвоинок, толщина побегов) статистически значимых различий в разных районах исследования у изученных видов не наблюдалось.

Одним из показателей, характеризующих устойчивость вида, считают накопление фенольных соединений при стрессовых условиях среды. Эти вещества играют большую роль в иммунитете растений к различным заболеваниям и повреждению насекомыми; участвуют в заживлении механических повреждений, в защите клеток от проникающей радиации, при появлении свободных радикалов, мутагенов, окислителей; образуют защитный покров, предохраняющий делящиеся клетки (меристемы апикальных частей, камбия) и семена от повреждений, препятствуют их проникновению вглубь тканей, а так же выполняют фитонцидную роль [Федорова, Никольская, 2001].

В хвое изученных растений содержание фенольных соединений составляло 8,9–18,4 мг/кг. Среди исследованных видов максимальным накоплением данных веществ в хвое характеризовались особи сосны обыкновенной, так же высокое содержание фенольных соединений было обнаружено у особей изученных видов, произрастающих в городской среде. Наблюдалось статистически значимое повышение количества фенольных соединений в хвое данных особей по сравнению с растениями пригородного района – практически в 2,3 раза ($p = 0,0001$). По всей видимости, данная группа биологически активных веществ способствовала повышению защитных функций растений в условиях атмосферного загрязнения среды, наблюдающегося в данном районе исследования.

Таким образом, у растений промышленной зоны г. Йошкар-Олы по сравнению с особями, произрастающими в рекреационной зоне (за пределами городской черты), отмечалось небольшое снижение ростовых процессов, что отразилось на сближенности расстояния между хвоинками. В условиях урбанизированной среды были трансформированы параметры, характеризующие морфофункциональное состояние изученных видов хвойных растений, при этом повышение содержания фенольных соединений, по-видимому, можно рассматривать как адаптивную реакцию растений на изменение условий произрастания, вызванное урбанизацией данной территории.

ЛИТЕРАТУРА

Федорова А. И., Никольская А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды. М. 2001. 288 с.

ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА СМЕШАННЫХ ПОПУЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ ЗЕЛЕННЫХ ЛЯГУШЕК С СЕВЕРО-ВОСТОКА АРЕАЛА

Свинин А. О.¹, Замалетдинов Р. И.², Михайлова Р. И.³

1 – Марийский государственный университет, 424000, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1;

2 – Казанский (Приволжский) Федеральный университет, 420000, г. Казань, ул. Кремлевская, 18;

3 – Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана,
420029, г. Казань, Сибирский тракт, 35

ranaesc@gmail.com, i.ricinus@rambler.ru

Определение возраста амфибий по слоям, образующимся в трубчатых костях после длительных периодов покоя (зимовки) и периодов активного роста, широко применяется в практике зоологических исследований [Смирин, 1972; Смирин, 1980; Смирин, 1983; Смирин и др., 1986; Смирин, Макаров, 1987]. Группа зеленых лягушек очень часто выступает в качестве модельного объекта при изучении возрастной структуры популяций амфибий в связи с широким распространением и высокой

численностью видов, входящих в ее состав [Боркин, Тихенко, 1989; Замалетдинов, 2003; Усова, 2014]. Поэтому сравнительный анализ возрастной структуры популяций зеленых лягушек с различных участков их ареалов представляет большой интерес.

Комплекс зеленых лягушек *Pelophylax esculentus* включает полуклональную форму – съедобную лягушку (*Pelophylax esculentus* (L., 1758)), произошедшую в результате гибридизации и воспроизводящуюся за счет родительских видов – озерной (*P. ridibundus* (Pallas, 1771)) и прудовой (*P. lessonae* (Camerano, 1882)) лягушек [Plötner, 2005]. Полуклональное размножение вынуждает *P. esculentus* сосуществовать с родительским видом и образовывать так называемые «популяционные системы». Особый интерес кроется в выявлении различий в стратегиях и механизмах выживаемости разных таксонов, обитающих совместно и образующих смешанные популяционные системы [Усова, 2014].

В связи с тем, что данных по возрасту видов зеленых лягушек с северо-восточной части ареалов сравнительно мало [Замалетдинов, 2003; Замалетдинов и др., 2013], нами была предпринята попытка изучить возрастную структуру популяций зеленых лягушек *Pelophylax esculentus* комплекса с северо-восточной части ареала с целью выявить особенности выживаемости гибридов и родительских видов, сосуществующих в общих популяционных системах L-E- и R-E-L-типов.

Для достижения поставленной цели нами было обследовано 75 особей, пойманных в 2012 году в двух локалитетах, расположенных на территории Республики Марий Эл: окр. дер. Кугуван ($n = 39$, $56^{\circ}47'$ с. ш., $47^{\circ}46'$ в. д.) Медведевского района и окр. дер. Чермышьево ($n = 36$, $56^{\circ}11'$ с. ш., $46^{\circ}31'$ в. д.) Горномарийского района. Определение видов проведено с помощью проточной ДНК-цитометрии в Институте цитологии РАН. У каждой особи измерялась длина тела с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм. Определение возраста проводилось с помощью скелетохронологического метода [Смирин, 1972]. Для определения возраста была взята вторая фаланга четвертого пальца правой задней конечности. Для анализа были сделаны срезы толщиной 23 мкм из середины диафиза фаланги. Работа проводилась на микротоме-криостате МК-25 на кафедре зоологии КГАВМ им. Н. Э. Баумана. Окраска и проводка срезов проводилась по стандартным методикам [Смирин, 1972]. Полученные препараты фиксировались в чистом глицерине. Срезы измерялись с использованием объективного микрометра (ОМО, 0,01 мм) и окуляр-микрометра, а также с помощью USB-камеры (DCM310E, USB 2.0, 3Mpixels). Статистическая обработка проводилась с помощью программы Statistica 8.0.

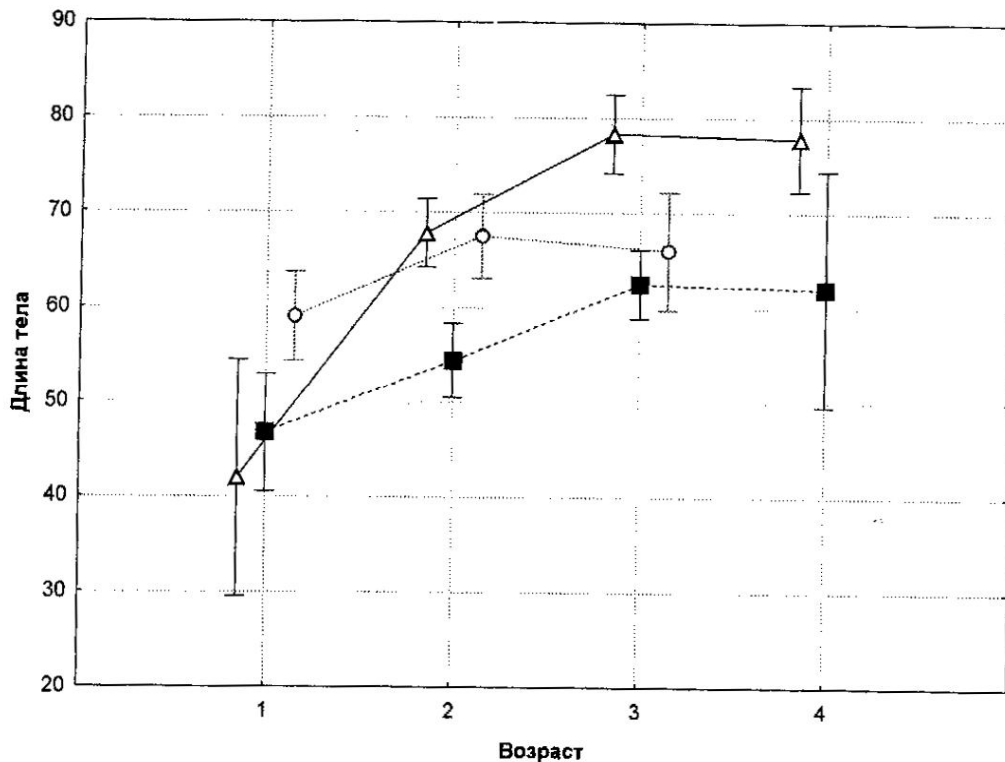
Результаты определения возраста у разных видов зеленых лягушек приведены в таблице 1. Возраст особей, собранных в местах размножения, составил от 1 года до 7 лет у самок и от 1 года до 4 лет у самцов всех трех таксонов. Средний возраст у самок и самцов статистически значимо не отличался у всех трех таксонов (*P. ridibundus*, критерий Манна-Уитни, $U = 33,5$; $p = 0,8815$; *P. lessonae*, $U = 91,5$; $p = 0,720$; *P. esculentus*, $U = 42,5$; $p = 0,200$). При сравнении среднего возраста разных таксонов отличия найдены у озерной и съедобной лягушки (Критерий Крускала-Уоллиса, $H = 9,61$; $p = 0,008$). Особи старше 4-х лет встречались только у прудовой лягушки из окр. пос. Кугуван, составляя 8,7 %.

Особи, имеющие длину тела менее 50 мм, иногда не содержали резорбированную линию склеивания, соответствующую I зимовке. Но так как сбор материала осуществлялся до выхода сеголеток, они были отнесены к возрастной группе 1+ лет. Была выявлена высокая статистически значимая корреляция между длиной тела и возрастом лягушек (*P. ridibundus*, $R = 0,719$; $p < 0,05$; *P. lessonae*, $R = 0,776$; $p < 0,05$; *P. esculentus*, $R = 0,602$; $p < 0,05$). Тем не менее, наиболее старшие особи не всегда были самыми крупными. Так, самка *P. lessonae* возрастом 7+ лет имела размер тела 77 мм и в действительности была самой крупной, однако, самка возраста 5+ лет имела размер тела 70 мм и уступала по размерам двум трехлетним особям.

Возрастная структура популяционных систем зеленых лягушек

Вид	Самки*						Самцы			
	1+	2+	3+	4+	5+	7+	1+	2+	3+	4+
Окр. дер. Чермышьево (R-E-L)										
<i>P. ridibundus</i>	2	2	1	–	–	–	5	6	3	–
<i>P. esculentus</i>	–	1	2	–	–	–	–	3	4	1
<i>P. lessonae</i>	1	1	1	–	–	–	2	1	–	–
Окр. пос. Кугуван (L-E)										
<i>P. esculentus</i>	–	–	2	1	–	–	1	8	1	3
<i>P. lessonae</i>	1	2	3	–	1	1	–	6	8	1

Примечание: * самки возраста 6+ лет не встречены.



Зависимость между возрастом и длиной тела у зеленых лягушек.
 Круглые пунсоны — *P. ridibundus*, треугольные — *P. esculentus*, квадратные — *P. lessonae*.
 Интервал соответствует стандартному отклонению, пунсон — ошибке среднего

Проведенный анализ позволил выявить возрастные особенности зеленых лягушек на северо-восточной периферии ареала. Наибольшей продолжительностью жизни характеризовалась прудовая лягушка, тогда как средний возраст был выше у съедобной, однако, он статистически значимо не отличался от среднего возраста прудовой. Полученные данные свидетельствуют в пользу успешного выживания съедобной лягушки на зимовке в популяционных системах R-E-L и L-E-типа.

Выражаем благодарность С. Н. Литвинчуку и Ю. М. Розанову (Институт цитологии РАН, г. Санкт-Петербург) за помощь в идентификации видов с помощью проточной ДНК-цитометрии.

ЛИТЕРАТУРА

- Боркин Л. Я., Тихенко Н. Д. Некоторые аспекты морфологической изменчивости полиморфизма окраски, роста, структуры популяции и суточной активности *Rana lessonae* на северной границе ареала // Труды зоологического института АН СССР, т. 89. Экология и систематика амфибий и рептилий. Л., 1979. С. 18–54.
- Замалетдинов Р. И. Экология земноводных в условиях большого города (на примере г. Казани): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Специальность «Экология» 03.00.16. Казань, 2003. 24 с.
- Замалетдинов Р. И., Файзуллин А. И., Михайлова Р. И., Кузовенко А. Е. Материалы к мониторингу возрастной структуры популяций амфибий на урбанизированных территориях волжского бассейна // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2013. Т. 213. С. 85–90.
- Смирин Э. М. О слоистой структуре некоторых костей серой жабы в связи с возможностью определения возраста // Труды Мордовского государственного заповедника им. П. Г. Смиловича, 1972. Вып. 6. С. 93–103.
- Смирин Э. М. Годовые слои в костях травяной лягушки (*Rana temporaria*) // Зоологический журнал, 1972. Т. LI, № 10. С. 1529–1534.
- Смирин Э. М. О темпе роста и выживаемости травяных лягушек (*Rana temporaria*) в первые годы жизни // Зоологический журнал, 1980. Т. LIX, № 12. С. 1831–1840.
- Смирин Э. М. Прижизненное определение возраста и ретроспективная оценка размеров тела серой жабы (*Bufo bufo*) // Зоологический журнал, 1983. Т. LXII, № 3. С. 437–444.
- Смирин Э. М., Клевезаль Г. А., Бергер Л. Экспериментальное исследование формирования годового слоя в костях амфибий // Зоологический журнал, 1986. Т. LXV, № 10. С. 1526–1534.
- Смирин Э. М., Макаров А. Н. Об установлении соответствия числа слоев в трубчатых костях у амфибий возрасту особей // Зоологический журнал, 1987. Т. LXVI, № 4. С. 599–604.
- Усова Е. Е. Возраст и скорость роста зеленых лягушек (*Pelophylax esculentus* complex) Нижнего Добрицкого пруда (Змиевской район Харьковской области) // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: біологія. 2014. Вип. 20, № 1100. С. 204–212.
- Plötner J. Die westpaläarktischen Wasserfrösche: von Märtyren der Wissenschaft zur biologischen Sensation. Bielefeld: Laurenti-Verlag, 2005. 160 S. (Beiheft der Zeitschrift für Feldherpetologie 9).