

6. Попов, С.В. Подходы к неинвазивной оценке благополучия животных / С. В. Попов, В. С. Попов // Russian Scientist. – 2017. – Т. 1. – № 2(2). – С. 51–52.

7. Лебедева, И.П. Интерпретация взаимодействия факторов второго порядка в дисперсионном анализе / И.П. Лебедева // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 2-3. – С. 588–593.

УДК 591.16:597.8

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗРАСТАЮЩЕЙ ПЛОТНОСТИ ЛИЧИНОК
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ ЖЕРЛЯНКИ, *BOMBINA ORIENTALIS* (ANURA,
BOMBINATORIDAE)**

Иволга Роман Александрович, аспирант кафедры зоологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, romanivolga@rgau-msha.ru

Мальнов Даниил Андреевич, студент кафедры зоологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, malnovdan@gmail.com

Подольский Иван Андреевич, студент кафедры зоологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ipodolskiy@mail.ru

Кондратова Татьяна Эдуардовна, аспирант кафедры зоологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, t.kondratova@rgau-msha.ru

Научный руководитель: Кидов Артем Александрович, к.б.н., заведующий кафедрой зоологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, kidov@rgau-msha.ru

Аннотация: В работе представлены результаты влияния плотности посадки на личиночное развитие *B. orientalis*. На раннее развитие наибольшее влияние оказывает площадь дна, а не объем воды. При увеличении начального размещения личинок на площадь дна, увеличивалась длительность личиночного развития ($r = 0,66$; $p < 0,05$) и уменьшалась длина ($r = -0,77$; $p < 0,05$) и масса ($r = -0,82$; $p < 0,05$) тела, а моделирование плотности личинок в количестве более 454 экз. / м² являлось критическим.

Ключевые слова: бесхвостые земноводные, лабораторное размножение, раннее развитие

Возрастающая антропогенная нагрузка на среду обитания животных является одной из основных причин сокращения их биоразнообразия [1]. К настоящему времени почти треть земноводных находятся под угрозой исчезновения, а численность остальных повсеместно сокращается [2]. Более того, среди позвоночных земноводным в наибольшей степени угрожает преобразование местообитаний человеком в связи с потребностью первых в источниках чистой и пресной воды. Основным угрожающим фактором для городских популяций амфибий является сокращение числа нерестовых

водоемов [3], ведущее к фрагментации ареала и образованию локальных затухающих популяций [4].

Начальная плотность генерации является одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на раннее развитие земноводных в водной фазе жизненного цикла. Зачастую с повышением числа особей увеличивается их элиминация и продолжительность личиночного развития, а соматический рост замедляется [5], что может подорвать общую выживаемость популяции. Потому для прогнозирования динамики популяций земноводных на урбанизированных территориях необходимо заранее знать их ответную реакцию на увеличение начальной численности личинок в водоемах.

В Приморье дальневосточная жерлянка, *Bombina orientalis* (Boulenger, 1890) составляет значительную часть (до 30%) общей численности земноводных. Это лесной вид, который обладает значительным потенциалом к синантропизации и сосуществует с человеком на значительной части своего ареала: *B. orientalis* обычен в сельскохозяйственных ландшафтах и в сельских населенных пунктах, где сохраняются места для размножения [4]. Вследствие урбанизации и сопутствующих антропогену факторов (аридизация климата) количество и размеры нерестилищ неуклонно сокращаются [1], а плотность жерлянок на этих территориях растет, что сказывается и на увеличении начальных плотностей генераций. В нашей работе мы предприняли попытку смоделировать ситуацию возрастающей начальной плотности личинок дальневосточной жерлянки и оценить ее влияние на раннее развитие у этого вида.

Материал и методы. В настоящем исследовании были задействованы личинки, полученные от лабораторного размножения 6 пар жерлянок, отловленных на юге Дальнего Востока (Приморский край, ЗАТО Фокино). Потомство было получено в искусственных условиях с использованием гормональных инъекций сурфагона по стандартному протоколу [6]. При переходе личинок к экзогенному питанию их рассаживали в наполненные отстоянной водой полипропиленовые контейнеры марки Samla (производитель – ИКЕА, Россия) трех типов размера: 28 × 19 × 14 см, 39 × 28 × 14 см и 39 × 28 × 28 см. Первый тип использовали для индивидуального выращивания личинок (группа 1), остальные – для исследования влияния начальной плотности посадки (на объем воды и на площадь дна) на личиночное развитие дальневосточной жерлянки (группы 2–7) [5] (табл. 1).

Таблица 1

Схема рассадки личинок *Bombina orientalis* в контейнеры

Номер группы	Плотность посадки		Количество повторностей (контейнеров)	Полезный объём воды в контейнере, л	Количество личинок в одном контейнере, экз.
	экз./л	экз./м ²			
1	0,33	18,1	20	3	1
2	1	82,4	2	9	9
3	2	164,8	2	9	18
4	0,5	45,8	2	10	5

5	0,5	82,4	2	18	9
6	1	164,8	2	18	18
7	2	329,6	2	18	36

В течение эксперимента температура изменялась в диапазоне 18–21 °С (в среднем – $19,2 \pm 0,55$). Личинок выращивали по отработанной ранее методике [5]. После окончания метаморфоза (выход на сушу и полная резорбция хвоста) оценивали длительность личиночного развития, выживаемость, длину (L) и массу (m) тела.

Статистическую обработку полученных данных выполняли в программе STATISTIKA 8.0. Рассчитывали среднюю арифметическую и стандартное отклонение ($M \pm SD$), а также размах (min–max) исследуемых признаков.

Результаты и обсуждение. Выживаемость варьировала в разных экспериментальных группах (66,7–100%), но статистически значимых различий по этому показателю между ними не было выявлено ($F_{6,7} = 1,041$; $p = 0,472$) (табл. 2).

Длительность личиночного развития достоверно различалась между экспериментальными группами ($F_{6,180} = 94,891$; $p \leq 0,001$) и коррелировала с начальной плотностью посадки на объем воды ($r = 0,62$; $p < 0,05$) и на площадь дна ($r = 0,66$; $p < 0,05$) (табл. 2).

Размер и масса также статистически значимо различались у сеголетков из разных экспериментальных групп ($F_{6,180} = 47,215$; $p \leq 0,001$ – для длины тела и $F_{6,180} = 87,821$; $p \leq 0,001$ – для массы тела). Самые крупные жерлянки выходили на сушу из контейнеров с начальной низкой плотностью посадки, а при увеличении числа головастиков на объем воды и площадь дна, их длина ($r = -0,71$; $p < 0,05$ – для объема воды и $r = -0,77$; $p < 0,05$ – для площади дна) и масса ($r = -0,78$; $p < 0,05$ – для объема воды $r = -0,82$; $p < 0,05$ – для площади дна) тела уменьшались (табл. 2).

Таблица 2

Показатели личиночного развития *Bombina orientalis* при различной плотности посадки

Номер группы	Повторность	Выживаемость, %	Длительность личиночного развития, сутки		Длина тела (L) при выходе на сушу, мм		Масса тела (m) при выходе на сушу, г	
			M±SD	min–max	M±SD	min–max	M±SD	min–max
1	среднее	100	42,4±1,54	40–45	15,81±0,595	14,63–17,00	0,40±0,035	0,32–0,46
2	1	88,9	57,0±2,14	55–59	14,92±0,981	13,30–16,43	0,32±0,043	0,28–0,39
	2	44,4	54,5±1,00	53–55	14,91±0,702	14,28–15,89	0,32±0,031	0,29–0,36
	среднее	66,7	56,2±2,18	53–59	14,91±0,864	13,30–16,43	0,32±0,038	0,28–0,39
3	1	100	59,0±3,34	53–63	13,97±1,119	12,26–16,63	0,27±0,058	0,19–0,38
	2	83,3	60,7±4,81	55–72	14,34±0,643	13,41–15,64	0,29±0,045	0,22–0,37
	среднее	91,7	59,8±4,13	53–72	14,14±0,940	12,26–16,63	0,28±0,052	0,19–0,38
4	1	100	55,6±3,72	50–59	15,64±0,968	14,34–16,87	0,36±0,033	0,32–0,41
	2	80	52,3±4,50	50–59	15,79±0,403	15,26–16,24	0,39±0,054	0,34–0,45
	среднее	90	54,1±4,20	50–59	15,71±0,732	14,34–16,87	0,37±0,043	0,32–0,45
5	1	77,8	56,5±3,21	53–59	15,10±0,555	14,23–15,87	0,36±0,042	0,30–0,41
	2	88,9	57,0±2,67	55–62	15,00±0,652	13,96–15,83	0,36±0,049	0,31–0,46
	среднее	83,3	56,7±2,84	53–62	15,04±0,589	13,96–15,87	0,36±0,044	0,30–0,46
6	1	94,4	64,2±4,50	55–72	14,29±1,019	12,75–15,92	0,29±0,051	0,21–0,37
	2	83,3	60,1±3,31	57–66	14,65±0,673	13,71–16,22	0,31±0,036	0,25–0,36
	среднее	88,9	62,3±4,43	55–72	14,46±0,879	12,75–16,22	0,30±0,044	0,21–0,37
7	1	97,2	63,9±3,36	59–72	13,16±0,674	11,92–14,87	0,21±0,029	0,15–0,29

	2	88,9	64,5±4,30	59–81	13,02±0,732	11,53–14,44	0,20±0,026	0,16–0,25
	среднее	93,1	64,2±3,82	59–81	13,09±0,700	11,53–14,87	0,21±0,028	0,15–0,29

В сравнении с начальной плотностью посадки личинок на объем воды, плотность на площадь дна оказывала значительно большее влияние как на длительность личиночного развития (стандартизированный коэффициент Beta: 0,141 и 0,600 соответственно), так и на длину (стандартизированный коэффициент Beta: -0,200 и -0,600 соответственно) и массу (стандартизированный коэффициент Beta: -0,260 и -0,620 соответственно) тела выходящей на сушу молоди. Таким образом, при увеличении начальной плотности посадки на 100 экз. / 1 м² дна, длительность личиночного развития увеличивалась на $4,70 \pm 0,333$ суток ($p \leq 0,001$; $R^2 = 0,518$), длина тела уменьшалась на $0,83 \pm 0,050$ мм ($p \leq 0,001$; $R^2 = 0,595$), а масса – на $0,06 \pm 0,003$ г ($p \leq 0,001$; $R^2 = 0,719$).

В природе минимальная зарегистрированная длина тела выходящей на сушу молоди дальневосточной жерлянки составляет 12 мм [4]. Согласно расчетам регрессионного анализа, такие размеры соответствуют размещению личинок на площадь дна в количестве 454 экз. / м² (рисунок). По всей видимости эта плотность является критической, а при дальнейшем ее увеличении, сроки завершения метаморфоза будут увеличиваться, а размеры молоди будут уменьшаться, из-за чего сеголетки не смогут накопить достаточное количество питательных веществ и пережить гибернацию [7].

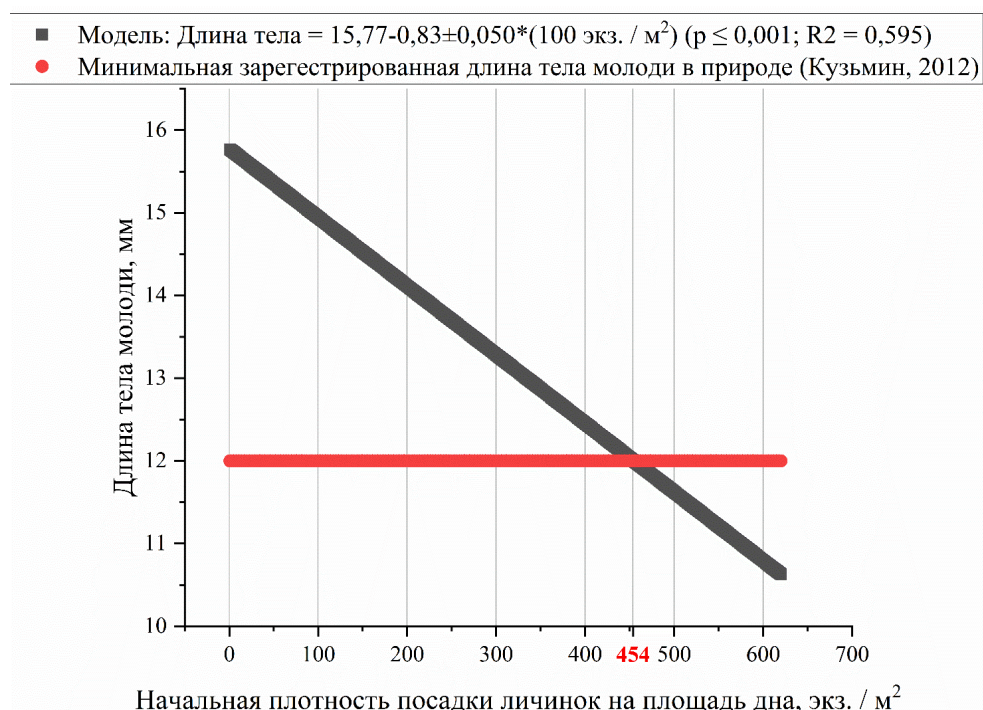


Рис. Моделирование возрастающей плотности посадки личинок дальневосточной жерлянки на площадь дна

Таким образом, для личинок дальневосточной жерлянки наибольшее значение имеет площадь дна, а не объем воды. Возрастающая начальная плотность на площадь дна, сказывается на увеличении длительности

личиночного развития и уменьшении размеров и массы тела молоди. При этом, увеличение начальной плотности посадки личинок в количестве более 454 экз. / м² приведет к повышенной смертности молоди во время гибернации.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке фонда молодых ученых имени Геннадия Комиссарова и за счёт средств Программы развития РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева в рамках Программы стратегического академического лидерства "Приоритет-2030".

Библиографический список

1. Ляпков, С.М. Сохранение и восстановление разнообразия амфибий европейской части России: разработка общих принципов и эффективных практических мер. Научно-методическое руководство по изучению и охране амфибий / С. М. Ляпков. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2003. – 116 с.

2. Stuart, S. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide / S. Stuart, J.S. Chanson, N.A. Cox et al. // Science. – 2004. – V. 306. – P. 1783–1786. DOI: 10.1126/science.1103538

3. Callaghan, C.T. Urbanization negatively impacts frog diversity at continental, regional, and local scales / C.T. Callaghan, G. Liu, B.A. Mitchell et al. // Basic and Applied Ecology. – 2021. – V. 54, № 3. – P. 64–74. DOI: 10.32942/osf.io/c3sjm

4. Кузьмин, С.Л. Земноводные бывшего СССР. Издание второе, переработанное / С.Л. Кузьмин. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 370 с.

5. Кидов, А.А. Влияние начальной плотности на личиночное развитие зеленой жабы (*Bufo viridis*, Amphibia, Anura, Bufonidae) в лабораторных условиях / А.А. Кидов, Р.А. Иволга, Т.Э. Кондратова, А.Д. Соколова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского Биология. Химия. – 2022. – Т. 8 (74). – № 3. – С. 68–76.

6. Кидов, А.А. Особенности размножения и раннего развития у самого высокогорного земноводного территории бывшего СССР – батурской жабы (*Bufo baturae*, Amphibia, Bufonidae) (по результатам лабораторных исследований) / А. А. Кидов, Р. А. Иволга, Т. Э. Кондратова, Е. А. Кидова // Зоологический журнал. – 2022. – Т. 100, №2. – С. 153–164. – DOI: 10.31857/S0044513421120060

7. Fitzpatrick, M.J. Future winters present a complex energetic landscape of decreased costs and reduced risk for a freeze-tolerant amphibian, the Wood Frog (*Lithobates sylvaticus*) / M.J. Fitzpatrick, W.P. Porter, J.N. Pauli et al. // Global Change Biology. – 2020. – V. 26. – № 11. – P. 6350–6362. DOI: 10.1111/gcb.15321

УДК 591.351

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ПОЛОСАТОГО ГОЛОГЛАЗА (*ABLEPHARUS BIVITTATUS* (MENESTRIES, 1832)) В ЗООКУЛЬТУРЕ