

ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОПУЛЯЦИЙ ОЗЕРНОЙ ЛЯГУШКИ *RANA RIDIBUNDA* (ANURA, AMPHIBIA) УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

© 2012 Ф.Ф. Зарипова¹, А.И. Файзулин²

¹Сибайский филиал Башкирского государственного университета, г. Сибай

²Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти

Поступила 28.05.2012

Представлены результаты исследований морфофизиологических показателей, проведенные в период с 2008 по 2010 г. для популяций озерных лягушек, обитающих в условиях урбанизированных территорий г. Уфа. Установлено, что в местообитаниях с критической антропогенной трансформацией может отмечаться как возрастание относительной массы органов: семенников ($P < 0,05$) в промышленной зоне и почек ($P < 0,01$) в зоне многоэтажной застройки по сравнению с контролем, так и снижение индекса сердца ($P < 0,01$) в многоэтажной зоне, индекса печени ($P < 0,05$), легких ($P < 0,01$) в промышленной зоне по сравнению с контролем.

Ключевые слова: морфофизиологические показатели, озерная лягушка, урбанизированные территории, Республика Башкортостан.

Одним из показателей, характеризующим состояние популяции, является метод морфофизиологических индикаторов, предложенный С.С. Шварцом с соавторами [19]. Метод морфофизиологических индикаторов использовался для исследования популяций земноводных урбанизированных территорий [2, 3, 5] и районов с высоким антропогенным воздействием [1, 4–6, 10–16, 20], а также в экспериментальных условиях [17]. Для морфофизиологических показателей характерна также зависимость от пола [13] и возраста [2], отмечается сезонная и биотопическая изменчивость величины индексов [13].

В качестве объекта исследования выбрана озерная лягушка *Rana ridibunda* Pallas, 1771, обитающая в большинстве водоемов г. Уфа. Цель нашего сообщения – провести анализ морфофизиологических показателей популяций озерной лягушки в условиях урбанизированной территории г. Уфа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследование проведено в районе г. Уфа в июле-августе 2008–2010 гг. Выборки половозрелых особей производились из местообитаний в условиях различной урбанизации. Всего изучено 128 особей, из них 62 самца и 66 самок. С учетом классификации [3, 7] нами в районе исследования выделены 4 зоны и контроль:

I. Участок «Теплое» – промышленная зона – озеро Теплое, микрорайон Инорс. Озеро представляет собой водоем, куда попадают сточные воды с ТЭЦ–2, которые меняют физико-химические параметры и температурный режим водоема. Отмечается термическое загрязнение – зимой поверхность не покрывается льдом, уровень воды относительно постоянный, с илистым грунтом ($n=28$).

II. Участок «Затон» – зона многоэтажной застройки – пруд в парке «Волна» является некрупным изолированным водоемом со стоячей водой. Берега густо поросли высшими сосудистыми растениями. Дно глубокое, илистое, также густо поросшее подводной растительностью. Служит местом рекреации жителей микрорайона, поэтому водоем завален твердыми бытовыми отходами. К водоему примыкает многоэтажная застройка ($n=30$).

III. Участок «Локотки» – зона малоэтажной застройки – с. Локотки Уфимского района, озеро Большой Улукуль представляет собой залив р. Уршак. Это открытый слабопроточный водоем с густой надводной и подводной растительностью, отдаленный от г. Уфы на 30 км и от с. Локотки на 5 км и не испытывающий пресс в виде сточных вод ($n=20$).

IV. Участок «Нагаево» – зеленая зона (территория без застройки) – г. Уфа, дер. Нагаево, пруды недалеко от правого берега р. Белая ближе к лесным насаждениям (бывшая береговая линия реки до обмеления) ($n=20$).

K. Участок «Алкино» – контроль (территории, удаленные на 25 км от границы города) – пос. Алкино, Чишминский район, р. Дема. Участок включает в себя окрестности правого берега р. Дема в районе железнодорожной станции «Алкино», отдаленное от г. Уфы на расстоянии более чем 70 км ($n=30$).

Оценку антропогенного воздействия проводили по результатам химического анализа проб воды из мест обитания озерной лягушки по содержанию тяжелых металлов (Cu, Zn, Cd, Pb) и других показателей. Анализы проводились атомно-абсорбционным методом на аппарате Contrl A (Германия) в центральной лаборатории Сибайского филиала ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат» инженером Э.М. Сиражитдиновой. Результаты исследования приведены в таблице 1.

Зарипова Фалия Фуатовна, асс., faliyabio@mail.ru; Файзулин Александр Ильдусович, канд. биол. наук, ст. науч. сотр., amvolga@inbox.ru

Таблица 1. Показатели содержания (мг/л) тяжелых металлов местообитаний озерной лягушки в районе г. Уфа

Популяция	зона	Тяжелые металлы			
		Cu	Zn	Pb	Cd
Теплое (оз. Теплое)	I	0,061	0,078	0,00024	0,018
Затон (пруд в парке «Волна»)	II	0,076	0,123	0,000036	0,083
Локотки (оз. Большой Улукуль)	III	0,041	0,063	0,000003	0,022
Нагаево (озера поймы р. Белая)	IV	0,006	0,037	0,00015	0,0025
Алкино (р. Дема)	K	0,007	0,023	0,000012	0,0002
ПДК _{рыбохозяйственный}		0,001	0,01	0,006	0,005

В зоне многоэтажной застройки превышение ПДК составляет 76 по меди, 12,3 по цинку и 16,6 по кадмию, в промзоне – в 61 раз по меди, 7,8 по цинку и 3,6 по кадмию. Для малоэтажной застройки наблюдается превышение ПДК по меди в 41 раз, по цинку в 6,3 раза, по кадмию в 4,4 раза. В зеленой зоне и условиях контроля отмечено превышение ПДК по меди в 6 и 7 раз, по цинку в 3,7 и 2,3 раза соответственно. Следует отметить, что превышение ПДК по цинку и меди характерно для большинства местообитаний амфибий в районе г. Уфа.

Для выявления физиологического состояния амфибий рассчитывали индексы органов [19]. С помощью электронных весов определялась масса тела, затем производилось вскрытие и изъятие внутренних органов (сердца, печени, почек, легких, семенников), взвешивание их на электронных весах Massa-K (с точностью до 0,001 г). Нами статистически значимые различия между самками и самцами по исследуемым морфофизиологическим параметрам (сердца, печени, почек, легких) в условиях контроля не выявлены, что позволяет анализировать обобщенную выборку самок и самцов. Для исключения влияния сезонной изменчивости выборки из популяции озерной лягушки проведены в течение июля и августа каждого года.

Результаты измерений были пересчитаны относительно массы тела в индексах по формуле [14]:

$$C = P_1 / P_0 \times 1000,$$

где C – относительный вес органов в промилле, P_1 – масса органа, P_0 – масса тела.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования, проведенные в районе г. Уфа, представлены на рис. 1 (а-д).

Сердце. Индекс сердца (рис. 1а) снижается в градиенте урбанизации от контроля до зоны промышленной застройки. Различия на статистически значимом уровне отмечены между контрольным участком с территорией многоэтажной ($F=2,62$; $P<0,01$) и малоэтажной ($F=4,88$; $P<0,01$) застройками. Индекс сердца статистически достоверно выше в малоэтажной застройке по сравнению с промышленной зоной ($F=3,52$; $P<0,01$) и ниже относительно зеленой зоны ($F=2,35$; $P<0,05$).

Печень. В условиях промышленной застройки индекс печени (рис. 1б) на статистически значимом уровне ниже по сравнению с контролем

($F=2,37$; $P<0,05$), а также с многоэтажной застройкой ($F=3,17$; $P<0,05$) и выше по сравнению с зеленой зоной ($F=12,06$; $P<0,01$). В целом, за исключением промышленной и зеленой зоны, на урбанизированных территориях с жилой застройкой отмечается возрастание индекса печени. Так, индекс печени выше в зоне многоэтажной ($F=3,81$; $P<0,01$) и малоэтажной ($F=6,35$; $P<0,01$) застройках по сравнению с зеленой зоной. Индекс печени выше в условиях контроля по сравнению с зеленой зоной г. Уфа ($F=5,09$; $P<0,01$).

Легкие. Отмечается возрастание индекса легких в градиенте урбанизации (рис. 1в) от контроля до многоэтажной застройки, различия достоверны между популяциями из контроля с зеленой ($F=6,63$; $P<0,01$) и малоэтажной ($F=3,54$; $P<0,01$) зонами. На статистически значимом уровне выше индекс легких в зоне многоэтажной и малоэтажной застроек ($F=4,66$; $P<0,01$) и зеленой зоне ($F=8,72$; $P<0,01$). При этом относительная масса легких в зоне промышленной застройки ниже по сравнению с контролем ($F=3,41$; $P<0,01$) и с зоной многоэтажной застройки ($F=4,48$; $P<0,01$).

Почки. Наибольшая величина индекса почек отмечается в зоне многоэтажной застройки (рис. 1г), по остальным зонам отмечается снижение индекса почек от контроля к зоне промышленной застройки. Индекс почек статистически значимо ниже в зоне промышленной застройки по сравнению с многоэтажной ($F=4,87$; $P<0,01$) и малоэтажной ($F=3,33$; $P<0,01$) постройками; выше в зоне с многоэтажной по сравнению с малоэтажной застройками ($F=16,24$; $P<0,01$), зеленой зоной ($F=5,85$; $P<0,01$) и контролем ($F=4,22$; $P<0,01$). Напротив, относительная масса почек в зоне малоэтажной застройки статистически значимо ниже, чем в условиях зеленой зоны ($F=2,78$; $P<0,05$) и контроля ($F=3,85$; $P<0,01$).

Семенники. Относительная масса семенников мужских особей возрастает в градиенте урбанизации (рис. 1д) за исключением популяции в зоне многоэтажной застройки. Индекс семенников статистически значимо выше в условиях промышленной ($F=2,81$; $P<0,05$) и малоэтажной застроек ($F=3,71$; $P<0,01$) по сравнению с контролем.

Полученные нами данные говорят о различиях в изменении относительной массы органов в условиях урбанизации. С повышением степени урбанизации увеличиваются индексы легких, а индексы се-

менников снижаются. Изменения данных показателей согласуются с опубликованными данными [1, 10, 12–14, 20]. Индекс печени возрастает от зеленой зоны до многоэтажной застройки и снижается в промзоне и контроле, что согласуется с дан-

ными для сеголетков [17, 18] и половозрелых остромордых лягушек [2]. В других публикациях отмечается снижение индекса печени в условиях загрязнения [1, 10, 12–14, 20].

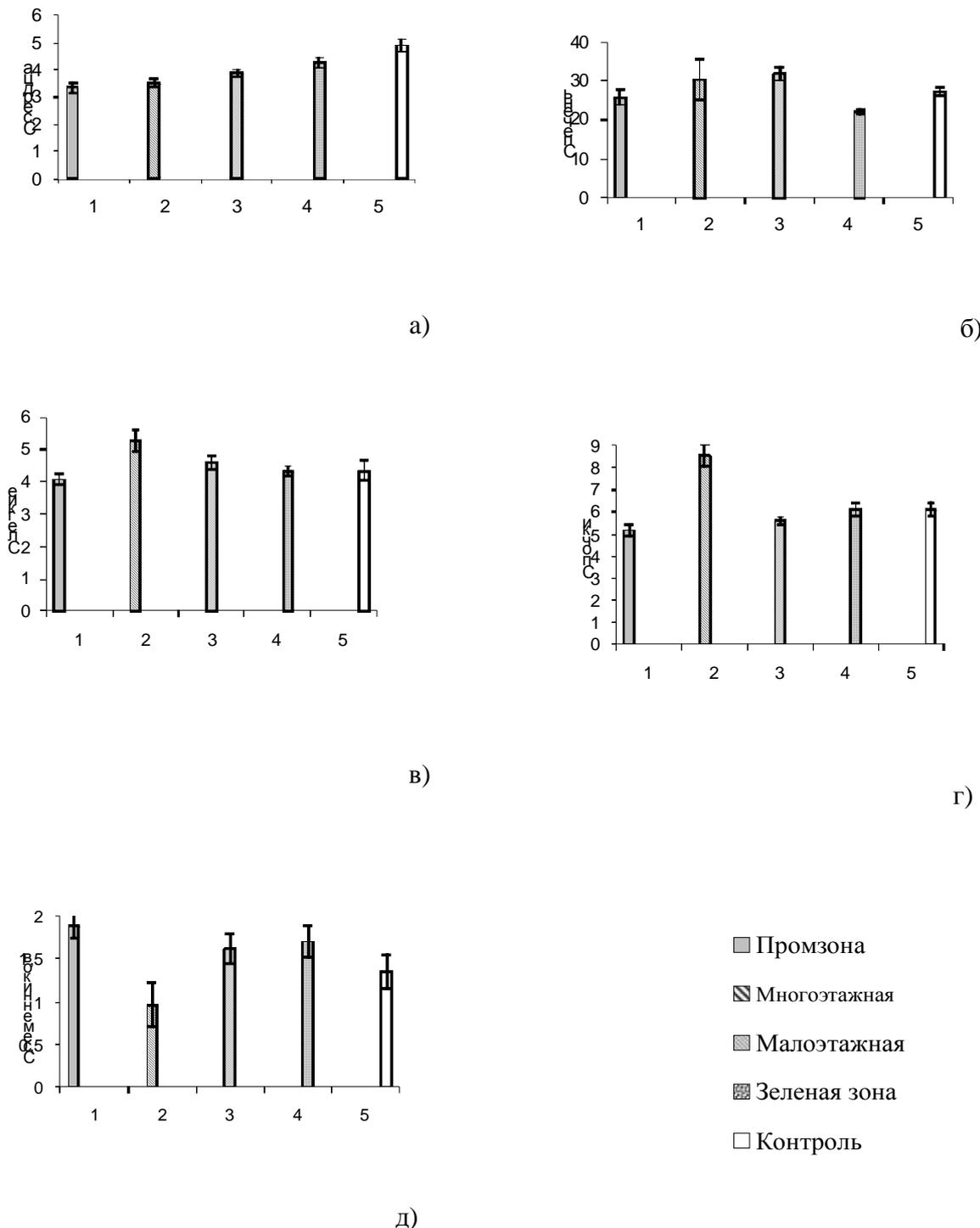


Рис. 1. Морфофизиологические индексы: а) сердца, б) печени, в) легких, г) почек, д) семенников озерной лягушки в районе г. Уфа. Цифрами обозначены: 1. Теплое; 2. Затон; 3. Локотки; 4. Нагаево; 5. Алкино.

Снижение индекса сердца в градиенте от контроля до промзоны согласуется только с данными А. Н. Бураковой [2] для половозрелых остромор-

дых лягушек. В отличие от наших результатов, по литературным данным индекс сердца возрастает в загрязненных местообитаниях [1, 3, 6, 10, 12, 20].

При этом отмечается, что в оптимальных условиях индекс сердца наименьший [10]. Индекс почки снижается от контроля до промзоны, за исключением территории многоэтажной застройки, где достигает наибольшего значения. По литературным данным увеличение индекса почек отмечается при обитании в рисовых чеках [6], в прудах химком-плекса [11]. Индекс почек среди половозрелых особей остромордой лягушки снижается в градиенте урбанизации за исключением популяций из зеленой зоны [2]. По нашему мнению, отличия в морфофизиологических показателях (относительной массы печени и почек) для популяции из малоэтажной застройки, возможно, связано с особенностями популяции и степенью загрязнения местообитания. Во-первых, популяция в парке «Затон» изолирована от других популяций озерной лягушки, в том числе и от амфибий, обитающих в пойме р. Белой. Данная изоляция обосновывает низкое разнообразие морф окраски [8]. Во-вторых, в водоеме отмечаются высокие концентрации поллютанта кадмия (16,6 ПДК), а также меди (76,0 ПДК). В популяциях озерных лягушек Зауралья Республики Башкортостан накопление свинца в печени на порядок меньше как в условиях загрязненного водоема ($1,31 \pm 0,39$), так и в контроле ($0,64 \pm 0,09$) [9], по сравнению с популяцией из зоны многоэтажной застройки г. Уфа ($29,02 \pm 6,87$).

Высокие концентрации тяжелых металлов вызывают патологические изменения, которые могут приводить к снижению массы органов в результате высоких энергетических затрат, направленных на детоксикацию как при обитании в критических условиях [19], так и в загрязненных местообитаниях [16]. Также отмечается и увеличение массы органов – гипертрофия [15], обусловленная патологическими процессами, вызванными аккумуляцией поллютантов. Одним из факторов, увеличивающих относительную массу органов, является накопление тяжелых металлов [14, 16], в особенности кадмия, который является основным токсикантом в регионе [9].

Данные исследователей показывают, что в районах с высоким антропогенным воздействием относительная масса большинства органов сеголеток земноводных повышается [2, 3, 5, 15]. Напротив, в более старших возрастных группах животных относительная масса органов (печени, почек, легких) снижается [2, 3].

Таким образом, гипертрофия внутренних органов у сеголетков может являться первичной специфической реакцией на загрязнение. Дальнейшие изменения в старших возрастных группах в трансформированных местообитаниях могут приводить к возрастанию или снижению относительной массы органов. По нашему мнению, характер изменений морфофизиологических индексов зависит от типа и степени антропогенного воздействия. В условиях

крупных урбанизированных территорий Республики Башкортостан (район г. Уфа) возрастает индекс легких и почек, а индекс семенников снижается в зоне многоэтажной застройки, напротив, в условиях промзоны возрастает индекс семенников и снижается индекс легких и почек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атаханова К.Я., Айтбаева Б.Т., Байназарова З.А. Биомониторинг реки Нура (Центральный Казахстан) // Вестник Днепропетровского университета. Биология и экология. Днепропетровск, 1993. Вып. 1. С. 111-112.
2. Буракова А.В. Особенности морфофизиологических индексов и показателей паразитарной инвазии *Rana arvalis* Nilss. в зонах с разным уровнем антропогенного воздействия // Биосфера Земли: прошлое, настоящее и будущее: материалы конф. молодых ученых, 21-25 апреля 2008 г. Екатеринбург, 2008. С. 33-39.
3. Вершинин В.Л. Экологические особенности популяций амфибий урбанизированных территорий: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург, 1997. 47 с.
4. Жукова Т.И., Кубанцев Б.С. Влияние пестицидного загрязнения водоемов на некоторые морфофизиологические особенности озерной лягушки // Антропогенные воздействия на экосистемы и их компоненты. Волгоград, 1982. С. 104-120.
5. Жукова Т.И., Пескова Т.Ю. Некоторые популяционные характеристики озерной лягушки при обитании в чистом и загрязненном пестицидами водоемах // Тез. докл. 4-й Междунар. конф. «Экология и охрана окружающей среды». Рязань, 1998. С. 34-35.
6. Жукова Т.И., Кубанцев Б.С., Бурлаченко Т.Л. Некоторые реакции популяций озерной лягушки на пестицидное загрязнение водоемов // Антропогенные воздействия на популяции животных. Волгоград, 1986. С.61-81.
7. Замалетдинов Р.И., Хайрутдинов И.З. Земноводные и пресмыкающиеся // Экология города Казани. Казань: «Фэн», 2005. С. 191-204.
8. 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 // Изв. Самар. НЦ РАН. 2009. Т. 11, № 1. С. 78-82.
9. Зарипова Ф.Ф., Файзулин А.И., Юмагулова Г.Р. Содержание тяжелых металлов в печени озерной лягушки *Rana ridibunda* Pallas, 1771 Башкирского Зауралья // Вестник Оренбургского государственного университета. № 6. Оренбург, 2009. С. 145-146.
10. Ковылина Н.В. Использование озерной лягушки (*Rana ridibunda* Pall.) для оперативной индикации техногенного загрязнения водоемов: Автореф. дис... канд. биол. наук. Волгоград, 1999. 16 с.
11. Косарева Н.А., Васюков И.Л. Влияние антропогенных факторов на земноводных Волго-Ахтубинской поймы // Антропогенные воздействия на природные комплексы и экосистемы. Волгоград, 1976. С.84-93.
12. Мисюра А.Н. Некоторые эколого-биохимические аспекты адаптации озерной лягушки к техногенным факторам // Вопросы герпетологии. Л., 1985. С. 143-144.
13. Мисюра А.Н. Экология фоновых видов амфибий центрального стенового Приднепровья в условиях промышленного загрязнения водоемов: Автореф. дис. канд. биол. наук. Днепропетровск, 1989. 16 с.
14. Мисюра А.Н., Залуха И.Н. Влияние отходов предприятий уранодобывающей промышленности на эколого-физиологические показатели земноводных / Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2006. Вип. 14, Т. 2. С. 113-117.

15. Пескова Т.Ю. Морфологические и морфофизиологические изменения земноводных при обитании в условиях загрязнения // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский Регион. Естественные Науки. 2004. №1 С. 60–64.
16. Пескова Т.Ю. Адаптационная изменчивость земноводных в антропогенно загрязненной среде: Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Тольятти, 2004. 36 с.
17. Пястолова О.А. Влияние условий развития личинок *Rana arvalis* Nilss на некоторые морфофизиологические особенности сеголеток // Экология. 1978. №3. С.59-63.
18. Пястолова О.А., Трубецкая Е.А. Некоторые морфологические и цитологические особенности печени сеголеток *Rana arvalis* в условиях техногенного ландшафта // Экология. 1989. № 5. С.57-62.
19. Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринский Л.Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных. Свердловск, 1968. Т.58. 387 с.
20. Toktamyssova Z.S. Some ecological and morphophysiological aspects of marsh frog (*Rana ridibunda*) populations inhabiting the zone of technogenic pollution of inland waters // Advances in Amphibian Research in the Former Soviet Union. 5. 2000. P. 283-288.

CHARACTERISTIC OF MORPHOPHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF POPULATION OF THE MARSH FROG *RANA RIDIBUNDA* (ANURA, AMPHIBIA) IN URBAN AREAS IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

© 2012 F.F. Zaripova¹, A.I. Fayzulin²

¹Sibay Institute of Bashkir State University, Sibay

²Institute of Ecology of the Volga River Basin, Russian Academy of Sciences, Togliatti

The results of morphophysiological parameters studies carried out in 2008-2010 for Marsh frog populations in the Ufa urban areas are presented. It is found that in the habitats with critical anthropogenic transformation in comparison with the control zone can be observed both increase of relativistic mass: testis ($P<0,05$) in the industrial zone and kidneys ($P<0,01$) in the multi-storey buildings zone and decrease of heart index ($P<0,01$) in the multi-storey buildings zone, liver index ($P<0,05$), lungs ($P<0,01$) in the industrial area.

Key words: morphophysiological parameters, Marsh frog, urban areas, the Bashkortostan republic