

УДК 597.8+502.55

**ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ОРГАНИЗМЕ *RANA TEMPORARIA* И *RANA*
ARVALIS ИЗ НАЗЕМНЫХ БИОТОПОВ ВОЗЛЕ НЕКОТОРЫХ
ВОДОЕМОВ ГОРОДСКОЙ ЗОНЫ КИЕВА**

Можановский В.И.

В последние годы тяжелые металлы являются одними из основных загрязнителей биосферы [1]. Особенностью поведения тяжелых металлов в экосистеме является то обстоятельство, что они не подвержены радиоактивному распаду, как радионуклиды, и не разлагаются, как токсические вещества органической природы, а однажды попав в экосистему, не исчезают, а постоянно перераспределяются по компонентам, накапливаясь в живых организмах различных трофических уровней. Особенно в тех из них, которые являются конечными звеньями трофических цепей или стоят на вершине трофической пирамиды [2]. В обнаружении антропогенного загрязнения урбанизированных территорий все чаще используют животных, жизненный цикл которых охватывает как водную, так и наземную среду. Наиболее пригодны для этих целей земноводные [3]. Одним из преимуществ земноводных в данном случае является их постоянное присутствие в наземных и околоводных/водных биотопах урбозкосистем. При этом они реагируют как на краткосрочные и залповые выбросы токсических веществ, так и на хроническое загрязнение.

Данная работа построена на основании результатов небольшого фрагмента исследований, которые выполнялись на кафедре зоологии биологического факультета Киевского национального университета имени Тараса Шевченко согласно тематическому плану научных исследований кафедры по теме № 97/091 “Изучение животного мира Украины как составной части мировой фауны, морфофизиологических и экологических особенностей животных и регуляции некоторых параметров их популяций в условиях качественных изменений окружающей среды”, которая является частью комплексной научной программы Киевского национального университета имени Тараса Шевченко “Охрана окружающей среды”.

В последнее время проявляется все больший интерес к изучению амфибий как биомониторов состояния окружающей среды [4;5], особенно в зонах сильного антропогенного пресса, какими являются города с их развитой

инфраструктурой и промышленностью. Выбор амфибий для этих целей далеко не случаен. Дело в том, что в условиях больших городов довольно трудно собрать большие выборки животных для исследований в естественных условиях, тогда как земноводные всегда доступны исследователям. Довольно важным моментом является также постоянство мест обитания данных животных, очерченность их популяций и относительно слабая тенденция к миграции в городских условиях [6].

Батрахофауна г. Киева и его окрестностей довольно слабо изучена, известны несколько работ по изучению видового состава [7;8]. Работ по содержанию и распределению тяжелых металлов и других токсических веществ в организме бесхвостых амфибий и вообще земноводных городской зоны Киева в доступных научных печатных изданиях обнаружить не удалось.

В задачи исследования входило изучение уровней содержания и распределения тяжелых металлов (свинца, кадмия, цинка, меди и хрома) в организме двух видов бурых лягушек – *Rana temporaria* и *Rana arvalis* из биотопов, прилегающих к некоторым водоемам городской зоны Киева. Данные исследования проводились впервые.

В настоящее время в пределах города Киева находится 431 водный объект [9], большинство из которых – озера (129). Все они практически, расположены в парковых либо лесопарковых зонах. В этих местах обитают 12 видов земноводных (2 вида – хвостатых, 10 – бесхвостых) [8].

Объектами исследований были два вида бурых лягушек – *Rana temporaria* и *R. arvalis*. Период исследований – 2001 (III – IX мес.) – 2002 (III – IX мес.) годы. Личинки и взрослые особи отлавливались в парковых и лесопарковых зонах возле следующих водоемов (не более 400 м): оз. Синее, оз. Голубое (Виноградарь), оз. Луговое, оз. Опечень-верхнее, оз. Опечень-нижнее, оз. Вербное (Оболонь), оз. Бабье (Труханов остров), пруды №1 и №2 (Голосеевский парк), пруд на 4 – 8 линиях (Пуша-Водица, р. Горенка), пруд “Бетонный” (ул. Зодчих, Южная Борщаговка) и пруд “Бетонный-1” (ул. Булгакова, Южная Борщаговка, р. Нивка), пруд №15 (Святошин, р. Нивка), а также в самих водоемах. Определяли содержание свинца, кадмия, цинка, меди и хрома в следующих органах и тканях: легкие, печень, кожа, мышцы. Определение проводилось с помощью приборов ААС-3 и ААС-3N (“Cati Zeiss”, Германия) в пламенном варианте атомизации (пропан – бутан, ацетилен).

Усредненные данные содержания тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu, Cr) в органах и тканях *Rana temporaria* и *Rana arvalis* представлены в таблицах 1 и 2. Интересно, что при изучении возрастных рядов, обнаружилось отсутствие в районе исследуемых водоемов особей *Rana arvalis* старше пяти лет, причем особи 2-летнего возраста были нередко уже половозрелыми. В то же время особи *Rana temporaria* в сборах фиксировались и шести – семи летние. В

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в организме, органах и тканях *Rana arvalis* (возраст 0⁺ - 5⁺) из биотопов, примыкающих к водоемам городской зоны Киева (2001–2002 гг.) ($M \pm m$, мг/кг сырой массы)

Органы и ткани, возраст, к-во особей (n)	Свинец	Кадмий	Цинк	Медь	Хром
Озера (7)					
Сеголетки (целиком) (n = 315)	18,45 ± 1,73	2,47 ± 0,21	32,13 ± 2,81	20,12 ± 2,30	3,40 ± 0,14
1 ⁺ (n = 419)					
легкие	8,45 ± 0,23	0,95 ± 0,12	22,14 ± 0,45	11,07 ± 0,43	2,45 ± 0,19
печень	9,40 ± 0,32	1,60 ± 0,45	18,19 ± 0,35	19,47 ± 0,95	2,12 ± 0,54
кожа	9,12 ± 0,73	0,32 ± 0,09	10,40 ± 0,60	6,11 ± 0,60	0,73 ± 0,12
мышцы	7,11 ± 0,60	0,54 ± 0,11	6,11 ± 0,40	0,89 ± 0,19	1,01 ± 0,14
2 ⁺ (n = 277)					
легкие	7,61 ± 0,95	1,07 ± 0,21	25,12 ± 0,32	18,09 ± 0,61	1,93 ± 0,24
печень	8,45 ± 0,69	1,23 ± 0,11	13,17 ± 1,09	18,11 ± 0,62	1,90 ± 0,32
кожа	8,45 ± 0,60	1,01 ± 0,24	10,12 ± 0,95	13,14 ± 0,62	1,09 ± 0,23
мышцы	8,40 ± 0,52	0,90 ± 0,17	7,47 ± 0,75	0,73 ± 0,14	1,09 ± 0,10
3 ⁺ (n = 244)					
легкие	11,43 ± 0,63	1,10 ± 0,13	15,50 ± 0,88	19,20 ± 0,40	1,99 ± 0,17
печень	11,90 ± 0,27	1,40 ± 0,09	14,02 ± 0,40	19,14 ± 0,47	1,70 ± 0,22
кожа	9,00 ± 0,40	0,89 ± 0,19	10,88 ± 0,25	11,11 ± 0,37	1,66 ± 0,12
мышцы	9,00 ± 0,11	0,81 ± 0,09	9,00 ± 0,20	1,63 ± 0,17	1,50 ± 0,15
5 ⁺ (n = 110)					
легкие	13,17 ± 0,90	1,25 ± 0,18	19,30 ± 0,61	19,39 ± 0,19	2,23 ± 0,09
печень	18,99 ± 0,95	1,53 ± 0,17	16,23 ± 0,17	24,17 ± 0,93	1,84 ± 0,09
кожа	9,53 ± 0,17	0,95 ± 0,17	12,13 ± 0,47	18,19 ± 0,95	1,71 ± 0,09
мышцы	11,73 ± 0,61	0,92 ± 0,14	12,45 ± 0,61	2,12 ± 0,61	1,59 ± 0,10
Пруды (6)					
Сеголетки (целиком) (n = 189)	23,12 ± 0,45	2,39 ± 0,19	30,73 ± 3,11	23,73 ± 0,17	2,90 ± 0,17
1 ⁺ (n = 169)					
легкие	9,12 ± 0,43	1,01 ± 0,11	21,73 ± 0,41	14,11 ± 0,35	2,73 ± 0,21
печень	9,70 ± 0,61	0,99 ± 0,21	22,19 ± 0,11	13,70 ± 0,81	2,15 ± 0,61
кожа	9,17 ± 0,61	0,95 ± 0,14	12,40 ± 2,70	13,14 ± 0,23	1,61 ± 0,18

Продолжение таблицы 1

Органы и ткани, возраст, к-во особей (n)	Свинец	Кадмий	Цинк	Медь	Хром
мышцы	8,14 ± 0,17	0,61 ± 0,17	0,79 ± 0,61	0,94 ± 0,23	1,43 ± 0,17
2 ⁺ (n = 107)					
легкие	8,05 ± 0,77	1,11 ± 0,04	30,11 ± 0,97	20,11 ± 0,13	1,80 ± 0,40
печень	8,90 ± 0,31	1,37 ± 0,16	13,70 ± 0,63	24,00 ± 0,17	1,93 ± 0,40
кожа	9,15 ± 0,13	1,25 ± 0,09	12,30 ± 0,93	19,14 ± 0,80	1,20 ± 0,09
мышцы	8,20 ± 0,11	0,99 ± 0,08	8,12 ± 0,61	0,80 ± 0,17	1,17 ± 0,10
3 ⁺ (n = 141)					
легкие	12,15 ± 0,25	1,13 ± 0,07	16,66 ± 0,27	20,11 ± 0,73	1,88 ± 0,03
печень	14,00 ± 0,40	1,45 ± 0,07	14,25 ± 0,61	19,27 ± 0,11	1,80 ± 0,17
кожа	9,90 ± 0,14	0,93 ± 0,13	13,15 ± 1,11	15,12 ± 0,60	1,66 ± 0,25
мышцы	8,00 ± 0,40	0,90 ± 0,07	7,73 ± 0,61	2,11 ± 0,40	1,43 ± 0,11
5 ⁺ (n = 87)					
легкие	13,40 ± 0,23	1,40 ± 0,09	18,40 ± 0,11	19,01 ± 0,23	2,20 ± 0,23
печень	20,11 ± 0,14	1,00 ± 0,19	18,40 ± 0,60	29,19 ± 0,41	1,90 ± 0,11
кожа	10,11 ± 0,17	0,99 ± 0,03	17,60 ± 0,90	21,13 ± 0,60	1,90 ± 0,41
мышцы	12,15 ± 0,61	1,00 ± 0,09	13,00 ± 0,17	3,17 ± 0,60	1,65 ± 0,17

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в организме, органах и тканях *Rana temporaria* (возраст 0⁺ - 5⁺) из биотопов, примыкающих к водоемам городской зоны Киева (2001–2002 гг.) (M ± m, мг/кг сырой массы)

Органы и ткани, возраст, к-во особей (n)	Свинец	Кадмий	Цинк	Медь	Хром
Озера (7)					
Сеголетки (целиком) (n = 137)	17,95 ± 0,64	2,01 ± 0,40	30,17 ± 2,01	25,13 ± 1,99	2,99 ± 0,23
1 ⁺ (n = 95)					
легкие	7,93 ± 0,19	1,43 ± 0,15	23,40 ± 0,31	10,09 ± 0,15	2,30 ± 0,60
печень	8,99 ± 0,61	1,88 ± 0,23	16,11 ± 0,40	17,19 ± 0,61	2,00 ± 0,25

Продолжение таблицы 2

Органы и ткани, возраст, к-во особей (n)	Свинец	Кадмий	Цинк	Медь	Хром
кожа	8,60 ± 0,19	0,73 ± 0,19	9,12 ± 0,11	9,12 ± 0,92	0,90 ± 0,11
мышцы	9,42 ± 0,61	0,85 ± 0,11	10,11 ± 0,90	0,73 ± 0,03	1,00 ± 0,19
2 ⁺ (n = 139)					
легкие	7,30 ± 0,60	0,90 ± 0,11	24,00 ± 0,11	14,11 ± 0,60	1,80 ± 0,04
печень	7,11 ± 0,60	1,14 ± 0,09	11,80 ± 0,09	16,80 ± 0,40	1,85 ± 0,20
кожа	7,90 ± 0,61	0,90 ± 0,11	9,15 ± 0,60	11,11 ± 0,17	1,01 ± 0,13
мышцы	6,60 ± 0,14	0,77 ± 0,07	6,32 ± 0,16	0,70 ± 0,11	1,01 ± 0,11
3 ⁺ (n = 87)					
легкие	10,12 ± 0,43	0,99 ± 0,23	16,00 ± 1,23	13,11 ± 0,20	1,80 ± 0,27
печень	12,40 ± 0,60	1,29 ± 0,09	13,90 ± 0,60	18,17 ± 0,60	1,60 ± 0,17
кожа	9,00 ± 0,17	0,71 ± 0,17	9,43 ± 0,60	11,19 ± 0,60	1,53 ± 0,27
мышцы	7,90 ± 0,64	0,90 ± 0,11	6,90 ± 0,40	2,00 ± 0,42	1,47 ± 0,27
5 ⁺ (n = 79)					
легкие	14,00 ± 0,60	1,01 ± 0,17	17,70 ± 0,44	19,20	2,10 ± 0,60
печень	17,40 ± 0,60	1,40 ± 0,09	16,00 ± 0,09	20,11 ± 0,90	1,60 ± 0,12
кожа	8,60 ± 0,70	0,87 ± 0,06	10,09 ± 0,60	17,90 ± 0,60	1,80 ± 0,30
мышцы	10,95 ± 0,89	0,89 ± 0,11	11,11 ± 0,60	3,02 ± 0,40	1,29 ± 0,41
Пруды (6)					
Сеголетки (целиком) (n = 129)	24,00 ± 0,23	2,40 ± 0,11	27,79 ± 1,17	23,11 ± 0,19	2,47 ± 0,20
1 ⁺ (n = 99)					
легкие	7,40 ± 0,60	1,01 ± 0,07	20,12 ± 0,69	11,15 ± 0,60	2,40 ± 0,11
печень	8,60 ± 0,73	1,40 ± 0,25	25,49 ± 0,60	21,40 ± 0,90	2,00 ± 0,11
кожа	6,15 ± 0,17	1,20 ± 0,17	13,40 ± 0,65	14,00 ± 0,69	1,40 ± 0,11
мышцы	6,93 ± 0,60	0,83 ± 0,23	8,12 ± 0,69	1,15 ± 0,13	1,50 ± 0,10
2 ⁺ (n = 141)					
легкие	7,97 ± 0,61	1,10 ± 0,12	25,11 ± 0,30	18,41 ± 0,69	1,90 ± 0,17
печень	8,00 ± 0,60	1,25 ± 0,11	12,90 ± 0,11	29,80 ± 0,60	1,75 ± 0,40
кожа	7,40 ± 0,60	1,17 ± 0,40	10,70 ± 0,07	18,11 ± 0,69	1,17 ± 0,10
мышцы	8,00 ± 0,60	0,83 ± 0,11	7,99 ± 0,13	0,89 ± 0,11	1,10 ± 0,07
3 ⁺ (n = 85)					
легкие	10,05 ± 0,20	1,23 ± 0,07	20,11 ± 0,43	23,12 ± 0,17	1,94 ± 0,19

Продолжение таблицы 2

Органы и ткани, возраст, к-во особей (n)	Свинец	Кадмий	Цинк	Медь	Хром
печень	12,20 ± 0,60	1,40 ± 0,12	15,70 ± 0,60	29,15 ± 0,61	1,90 ± 0,09
кожа	8,00 ± 0,60	0,89 ± 0,11	16,45 ± 0,37	19,40 ± 0,30	1,70 ± 0,09
мышцы	9,12 ± 0,89	0,88 ± 0,09	8,18 ± 0,90	5,43 ± 0,88	1,50 ± 0,04
5 ⁺ (n = 61)					
легкие	14,20 ± 0,40	1,51 ± 0,11	19,00 ± 0,17	24,01 ± 0,61	1,90 ± 0,11
печень	23,12 ± 0,60	1,41 ± 0,19	13,20 ± 0,41	23,77 ± 0,99	1,73 ± 0,10
кожа	13,20 ± 0,33	1,20 ± 0,09	17,15 ± 0,69	17,40 ± 0,90	1,80 ± 0,17
мышцы	14,17 ± 0,90	1,20 ± 0,12	15,50 ± 0,43	6,00 ± 0,30	1,60 ± 0,10

вышеуказанных таблицах приведены средние результаты для возрастных групп 1⁺; 2⁺; 3⁺; 4⁺; 5⁺ с целью более наглядного сравнения этих двух видов бурых лягушек.

Необходимо отметить, что изучаемые тяжелые металлы были зафиксированы во всех исследуемых органах и тканях. Средние величины содержания исследуемых тяжелых металлов у *Rana arvalis* выше в сравнении с близкородственным видом *R. temporaria* как в биотопах, прилегающих к озерам, так и к прудам.

Из всех исследованных возрастных групп наибольшее содержание тяжелых металлов обнаружено в организме сеголеток обоих видов бурых лягушек из всех биотопов. С увеличением возраста до 2⁺ происходит снижение содержания тяжелых металлов в органах и тканях, после чего следует постепенное повышение содержания с его последующей относительной стабилизацией для особей 3⁺ – 5⁺ - летнего возраста. Содержание хрома в меньшей мере подвержено колебаниям.

Среди половозрелых особей *Rana arvalis* и *R. temporaria* более высокие уровни содержания тяжелых металлов обнаружены у первого из вышеуказанных видов.

Сравнивая два вида по степени накопления тяжелых металлов, необходимо отметить большее содержание свинца, кадмия и меди у *Rana arvalis* практически во всех исследуемых образцах. Если в качестве биомаркеров (биомаркеров) состояния окружающей среды использовать органы и ткани бурых лягушек, то можно сделать вывод, что участки биотопов около прудов

более загрязнены тяжелыми металлами, чем возле озер.

Длительность жизни *R. temporaria* в естественных условиях составляет 4 – 5 лет [10]. Однако, в наших исследованиях встречались и шести – семи-летние особи. В популяциях *Rana arvalis* особей старше пятилетнего возраста, как указывалось выше, зафиксировать не удалось. Известно [11], что специфика демографии городских популяций *R. temporaria* выражается в преобладании типа особей, которые быстро растут, раньше начинают размножаться и имеют более низкую продолжительность жизни. Для них также характерно укорочение трофических связей и интенсификация обменных процессов. По мнению ряда авторов [11 – 14], существование популяций в условиях загрязненной и преобразованной среды обитания обеспечивается благодаря определенным изменениям в стратегии размножения и использования пищевых ресурсов.

Таким образом, проведенные исследования и анализ распределения вышеуказанных тяжелых металлов в организме двух видов бурых лягушек (*Rana arvalis* и *R. temporaria*), обитающих в городской зоне Киева, свидетельствуют о значительном полиметаллическом загрязнении. Причем, следует отметить большее загрязнение прудовых экосистем по сравнению с озерными, равно как и непосредственно прилегающих биотопов. Необходимо отметить, что даже близкородственные виды бурых лягушек имеют разнонаправленный характер адаптивных особенностей, которые сформировались в условиях антропогенного пресса такого мегаполиса, как Киев.

В дальнейшем планируется проведение дополнительных исследований, связанных с изучением сезонной динамики накопления тяжелых металлов разными возрастными группами *Rana arvalis* и *R. temporaria*, а также изучение спектров питания и их динамики у популяций вышеуказанных видов в условиях городской агломерации Киева.

Список литературы

1. Химические и биологические методы в охране окружающей среды от загрязнения тяжелыми металлами // Тезисы докладов Всесоюзной научно-практической конференции. 18 – 21 сентября 1990г., Усть-Каменогорск. – Москва: ВНИИСЭТИ, 1990. – 99с.
2. Одум Ю. Основы экологии. Пер. с 3-го англ. изд. д.б.н. Н.П. Наумова. – Москва: Мир, 1975. – 740с.
3. Можановський В.І. Використання амфібій для біотестування стану якості навколишнього середовища урбанізованих територій (огляд) // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: “Біологія”. – 2003. – Прийнято до друку.

4. Мисюра А.Н. Экология фонового вида амфибий центрального степного Приднепровья в условиях промышленного загрязнения водоемов. Автореф. дис.... канд. биол. наук. – Днепропетровск, 1989. – 16 с.
5. Структура и функциональная роль животного населения в природных и трансформированных экосистемах. Тезисы I международной научной конференции. 17-20 сентября 2001г., Днепропетровск. Дніпропетровськ: ДНУ, 2001. – 220 с.
6. Писанец А.М., Андрушевская Н.Н. Морфологическая и генетико-популяционная оценка состояния зеленых лягушек на урбанизированных территориях. – Урбанізоване навколишнє середовище: Охорона природи та здоров'я людини. – Київ, 1996. – С. 199 – 202.
7. Шарлеман Э.В. Заметка о фауне пресмыкающихся и земноводных окрестностей Киева // Матер. к познанию фауны юго-западной России. – Киев, 1917. – С. 1 – 17.
8. Тарашук С.В. Герпетофауна Киева та його околиць. – Урбанізоване навколишнє середовище: Охорона природи та здоров'я людини. – Київ, 1996. – С. 224 – 225.
9. Афанасьев С.А. Характеристика гидробиологического состояния разнотипных водоемов г. Киева // Вопросы экологии. – 1996. – №1 – 2. – С. 112 – 118.
10. Куриленко В.Е., Вервес Ю.Г. Земноводные и пресмыкающиеся фауны Украины. Справочник-определитель. – Киев: Генеза, 1999. – 208 с.
11. Вершинин В.Л. Адаптивные и микроэволюционные процессы в популяциях земноводных урбанизированных территорий // Вопросы герпетологии. Материалы Первого съезда Герпетологического общества им. А.М. Никольского. – Пущино – Москва: МГУ, 2001. – С.56 – 57.
12. Камкина И.Н. Популяции земноводных в городе Нижний Тагил // Вопросы герпетологии. Материалы Первого съезда Герпетологического общества им. А.М. Никольского. – Пущино – Москва: МГУ, 2001. – С.115 – 117.
13. Пескова Т.Ю. Сравнительный анализ реакций трех видов бесхвостых земноводных на загрязнение среды их обитания // Вопросы герпетологии. Материалы Первого съезда Герпетологического общества им. А.М. Никольского. – Пущино – Москва: МГУ, 2001. – С.226 – 229.
14. Северцова Е.А. Плодовитость остромордой (*Rana arvalis*) и травяной (*R. temporaria*) лягушек в Москве и Подмоскowie // Вопросы герпетологии. Материалы Первого съезда Герпетологического общества им. А.М. Никольского. – Пущино – Москва: МГУ, 2001. – С.257 – 259.

Поступила в редакцию 11.04.2003 г.