

УДК 576.895.122 : 594.3 : 591.5

**ВЛИЯНИЕ ТРЕМАТОДНОЙ ИНВАЗИИ  
НА НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРУДОВИКОМ ОЗЕРНЫМ  
(MOLLUSCA: GASTROPODA: LYMNAEIDAE)**

© Г. Е. Киричук, А. П. Стадниченко, И. А. Першко

Исследовано влияние трематодной инвазии на особенности накопления тяжелых металлов (Cu, Cd, Pb, Zn) прудовиками озерными из разных популяций.

Установлено, что наибольшее количество цинка содержится в мантии, медь и кадмий накапливаются преимущественно в мантии и ноге, свинец — в раковине и мантии.

Выявлены различия между не зараженными и зараженными трематодами животными по коэффициентам накопления тяжелых металлов, коэффициентам донной биологической аккумуляции и по силе связей между металлами при попарном их рассмотрении.

В последнее время загрязнение водоемов бассейна Днепра различными поллютантами и в первую очередь ионами тяжелых металлов (ТМ), достигло такого уровня, при котором насущной необходимостью стало осуществление мероприятий, направленных на оздоровление и охрану его нативных вод, что предусмотрено рядом правительственных (Украина) и международных (под эгидой ООН) программ, направленных на экологическое оздоровление и охрану вод всего бассейна этой реки. В комплекс работ указанного направления входит осуществление экологического мониторинга с использованием биологических тест-объектов. В качестве таковых предлагается (Брень, Домашлинец, 1998) использовать пресноводных моллюсков (как *Gastropoda*, так и *Bivalvia*), способных накапливать в своем теле ионы ТМ в индикаторных количествах, в тысячи (медь, кадмий) и сотни тысяч раз (цинк) превышающих их концентрацию в среде (Евтушенко, Сытник, 1989). При этом, однако, не учитывается то, что пресноводные моллюски являются облигатными промежуточными хозяевами трематод. Паразитарный фактор может обусловить различия в процессе накопления ионов ТМ зараженными и свободными от инвазии животными.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА**

Материал: 70 экз. одноразмерных (высота раковины  $43.32 \pm 2.55$  мм) прудовиков озерных (*Lympnaea stagnalis* Linné, 1758), собранных вручную в сентябре 2000 г. в бассейне среднего Днепра (Украина) — в р. Тетерев (Житомир) и в выкопном пруде (с. Лизник, Житомирской обл.). Моллюски были спонтанно инвазированы партенитами со сформированными («зрелыми») церкариями *Echinoparyphium aconiatum* Dietz [экстенсивность инвазии речной популяции 27, прудовой — 57 %; интенсивность заражения умеренная: небольшие по площади ( $1 \times 2$  мм), изолированные друг от друга очаги инвазии в гепатопанкреасе моллюсков]. Доставленных в лабораторию животных очищали от донных отложений и обрастаний и выдерживали (для очищения кишечника) на протяжении 4 ч в аквариумах, заполненных дистиллированной водой. Масса навески сырой ткани — 1 г на каждую повторность. Пробы фиксировали 96 %-ным

этиловым спиртом и через 6—12 ч упаривали, а затем доводили до сухого состояния в сушильном шкафу при 105° (Никаноров и др., 1985). Сухие пробы сжигали методом мокрого озоления (по Кьельдалю) в смеси трех концентрированных кислот (марка ОСЧ) — азотной, серной и соляной (соотношение 8 : 1 : 2) с добавлением 2—3 капель перекиси водорода в течение 12—18, иногда — до 24 ч (до полного обесцвечивания смеси). Количественно содержание ионов ТМ в органах и тканях прудовика устанавливали с помощью атомно-адсорбционного спектрофотометра С-115 М с пламенным анализатором (стандарт СЭВ 5346). Всего выполнено 1400 анализов. Концентрацию металлов выражали в мг/кг сырой массы животных при естественной влажности воздуха. Статистическая обработка материалов исследования выполнена по Лакину (1974).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В организм моллюсков ТМ поступают тремя путями: диффузионно через кожные покровы и выстилку легочной полости (у Pulmonata), адсорбционно (из пищи) и метаболически. В различные органы и ткани миграция их осуществляется неодинаково, о чем свидетельствуют абсолютные величины их накопления. Медь и кадмий накапливаются преимущественно в мантии, ноге и гепатопанкреасе. Свинец у прудовиков речной популяции преобладает в раковине, мантии, ноге и гепатопанкреасе, а у особой прудовой популяции — в мантии, ноге и гемолимфе. Цинк у всех обследованных животных в наибольшем количестве обнаруживается в мантии и гепатопанкреасе. При этом различия в уровне концентрации одного и того же металла в разных органах и тканях нередко весьма велики. Так, содержание меди в мантии и гепатопанкреасе в 7—15 раз превышает таковое в гемолимфе. Для кадмия, свинца, цинка (речная популяция) этот показатель составляет соответственно 9—10, 2—2.2, 2—12 раз (рис. 1, 2).

Установлено, что характер депонирования некоторых ТМ в организме как речных, так и прудовых моллюсков неодинаков. Если медь и цинк у особой обеих популяций преимущественно аккумулируются в мантии, ноге и гепатопанкреасе, то остальные ТМ по-разному откладываются в организме прудовиков, добытых из разных биотопов. Так, кадмий у речных особой сосредоточен главным образом в мантии, ноге, гепатопанкреасе, у прудовых же — в мантии, ноге, гемолимфе. Свинец у первых преобладает в гепатопанкреасе, раковине, ноге, у вторых — в мантии (рис. 3, 4).

Анализ избирательности в накоплении ТМ различными органами и тканями свидетельствует о том, что у всех, без исключения, исследованных животных в наибольших количествах депонируется цинк, в несколько меньшем количестве накапливаются свинец и кадмий (речная популяция), свинец и медь (прудовая популяция), а меньше всего медь у речных моллюсков и кадмий — у прудовых. Доминирование цинка среди прочих микроэлементов у всех исследованных моллюсков связано, скорее всего, с его ролью в активации карбоангидразы и цитохромоксидазы — дыхательных ферментов, определяющих направление и скорость реакций углеводного обмена. Усиленное аккумулялирование меди прудовыми моллюсками в сравнении с речными объясняется, на наш взгляд, приспособлением их к менее благоприятным, нежели в реке, условиям оксигенации. А медь, как известно, входит в состав протетической группы их дыхательного пигмента — гемоцианина.

У прудовиков речной популяции, инвазированных трематодами, статистически достоверных различий по обсуждаемому показателю не обнаружено. Это обусловлено, как мы полагаем, мелкоочаговой умеренной инвазией гепатопанкреаса моллюсков. Патогенное воздействие трематод на хозяев в этом случае, вероятно, не затрагивает механизмов, регулирующих процессы поступления и аккумулялирования ТМ в органах и тканях этих животных.

У моллюсков прудовой популяции с более тяжелой инвазией выявлены статистически достоверные различия ( $P > 94.5\%$ ) по этому показателю. Степень накопления ТМ органами и тканями гидробионтов зависит от уровня содержания их в окру-

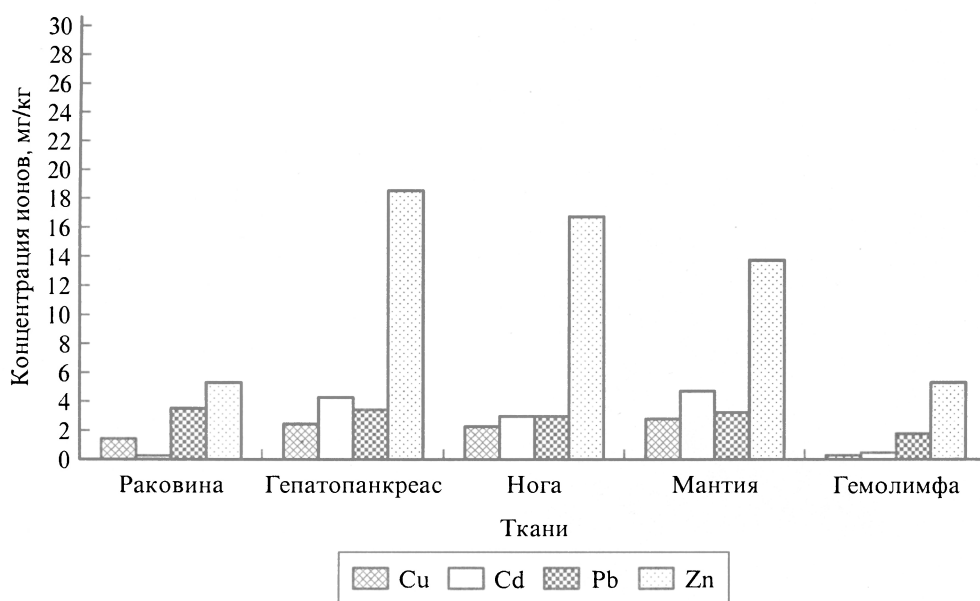


Рис. 1. Кумуляция ионов тяжелых металлов инвазированными особями *Lymnaea stagnalis* (р. Тетерев) (n = 20).

Fig. 1. Accumulation of heavy metals ions by the infected specimens of *Lymnaea stagnalis* (Teteriv river) (n = 20).

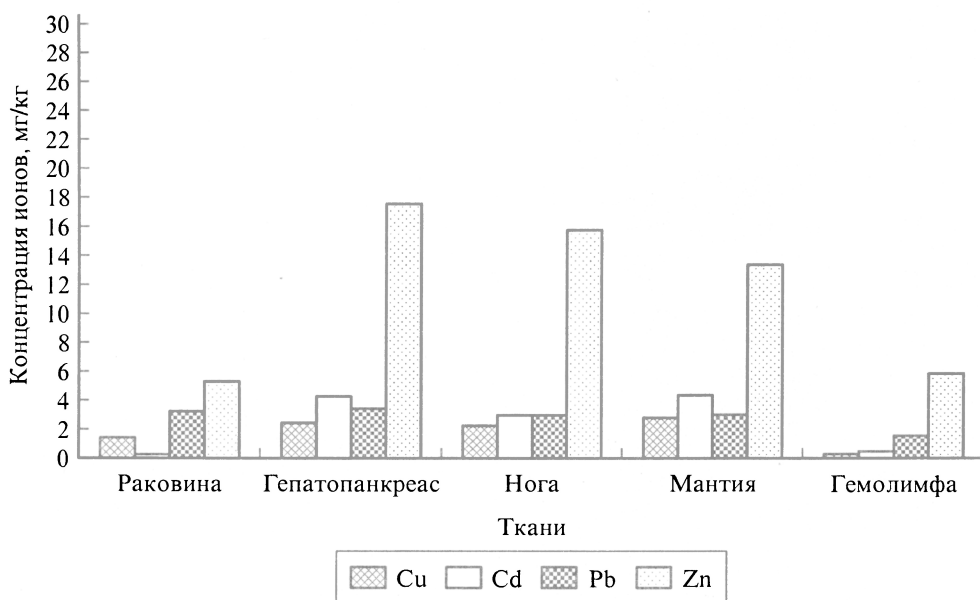


Рис. 2. Кумуляция ионов тяжелых металлов неинвазированными особями *Lymnaea stagnalis* (р. Тетерев) (n = 20).

Fig. 2. Accumulation of heavy metals ions by the uninfected specimens of *Lymnaea stagnalis* (Teteriv river) (n = 20).

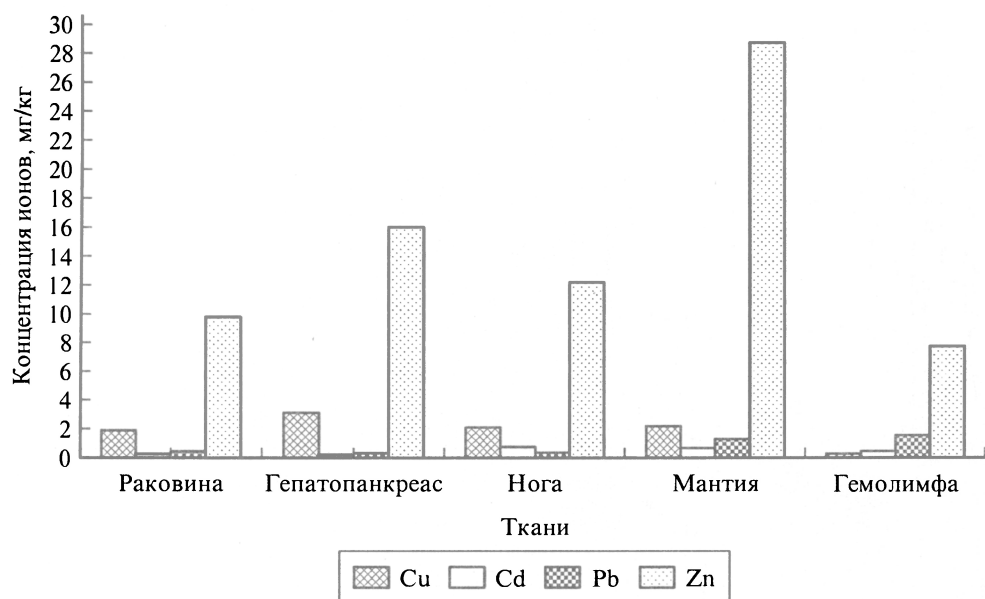


Рис. 3. Кумуляция ионов тяжелых металлов инвазированными особями *Lymnaea stagnalis* (пруд) (n = 15).

Fig. 3. Accumulation of heavy metals ions by the infected specimens of *Lymnaea stagnalis* (a pond) (n = 15).

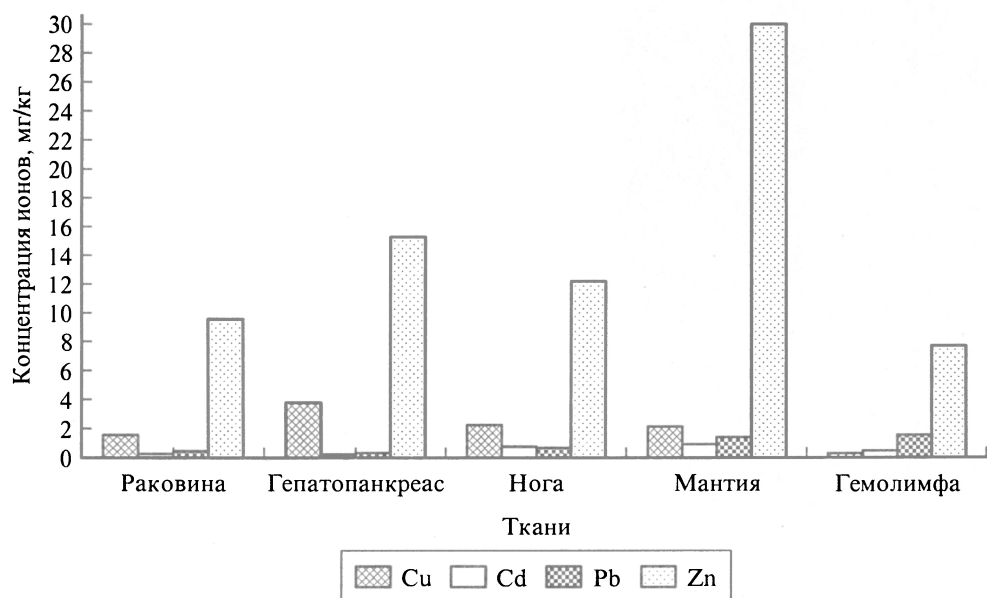


Рис. 4. Кумуляция ионов тяжелых металлов неинвазированными особями *Lymnaea stagnalis* (пруд) (n = 15).

Fig. 4. Accumulation of heavy metals ions by the uninfected specimens of *Lymnaea stagnalis* (a pond) (n = 15).

жающей среде. В обследованных биотопах концентрация (мг/л) ТМ достигала следующих значений:

Вода	Cu <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>
Р. Тетерев	0.0026	0.0019	0.00038	0.0011
Пруд	0.012	0.015	0.002	0.016

Оказалось, что характер соотношения уровней накопления ТМ в раковине одинаков как у свободных от инвазии прудовиков, так и у инвазированных особей. По значениям коэффициентов накопления ТМ в раковине у моллюсков речной и прудовой популяций получены соответственно следующие ряды: Pb<sup>2+</sup> > Zn<sup>2+</sup> > Cu<sup>2+</sup> > Cd<sup>2+</sup> и Zn<sup>2+</sup> > Pb<sup>2+</sup> > Cu<sup>2+</sup> > Cd<sup>2+</sup>. Таким образом, различия между особями этих двух популяций в уровне накопления ТМ в раковине касаются только свинца и цинка. Первый из них преобладает среди остальных ТМ у прудовых моллюсков, а второй — у речных, что, вероятно, связано с особенностями гидрохимического режима конкретных биотопов. Что же касается остальных органов (мантия, нога, гепатопанкреас) и тканей (гемолимфа) этих животных, то как при отсутствии, так и при наличии инвазии коэффициенты накопления ими ТМ позволяют выстроить такой ряд: Zn<sup>2+</sup> > Pb<sup>2+</sup> > Cu<sup>2+</sup> > Cd<sup>2+</sup>.

Следовательно, в обоих биотопах моллюски в наибольших количествах накапливают цинк, в наименьших — кадмий, а свинец и медь занимают в этом отношении промежуточное положение.

По значениям коэффициентов накопления (КН) ТМ для разных органов и тканей речные и прудовые моллюски существенно различаются между собой (P > 99.9 %): у первых из них они в 3—12 раз больше, чем у вторых. По всем ТМ наименьшие КН выявлены для гемолимфы. Для меди, цинка и кадмия наибольшие их значения отмечены для мантии, ноги и гепатопанкреаса — как у речных, так и у прудовых моллюсков. КН свинца образуют такой ряд (в порядке уменьшения их значений): гемолимфа > раковина > гепатопанкреас > мантия (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты кумуляции ионов тяжелых металлов  
в организме *Lymnaea stagnalis* в норме и при инвазии трематодами

Table 1. The ratio of accumulation of heavy metals ions in the organism of *Lymnaea stagnalis* in a norm and in the case of trematode infection

Орган, ткань	Cu <sup>2+</sup>		Cd <sup>2+</sup>		Pb <sup>2+</sup>		Zn <sup>2+</sup>	
	Инвазия							
	есть	нет	есть	нет	есть	нет	есть	нет
Р. Тетерев								
Раковина	551.53	616.92	153.71	217.42	9334.2	8557.9	4762.7	4936.4
Гепатопанкреас	941.15	1009.23	2204.22	2241.63	9002.6	9384.2	16778.2	16063.6
Нога	875.77	894.23	1556.34	1569.51	7742.1	8102.6	15112.7	14327.3
Мантия	1133.46	1126.92	2496.82	2306.84	8481.6	8371.1	12456.4	12124.5
Гемолимфа	69.62	76.54	288.4	227.47	4376.3	4656.8	4844.5	5317.3
Пруд								
Раковина	161.58	134.67	11.42	11.82	164	184.5	615.2	597.7
Гепатопанкреас	271.67	319.25	9.31	10.43	189.5	188.5	997.8	952.3
Нога	183.92	187.17	55.1	54.92	266	287	766.2	767.1
Мантия	179.92	178.83	55.12	57.11	736	706	1808.6	1877.8
Гемолимфа	28.08	26.25	32.13	30.7	805.5	774.5	500.2	479.7

По КН статистически достоверные различия между зараженными и незараженными особями, относящимися к одной и той же популяции, отсутствуют. Это указывает на то, что при умеренной интенсивности инвазии трематодами механизм поглощения прудовиками ТМ из среды не нарушается, а продолжает функционировать так же, как и у свободных от паразитов особей. Однако отсутствие внутривидовых различий по обсуждаемому показателю сочетается с наличием межвидовых различий. При этом статистически достоверные сдвиги значений КН обнаружены для всех, без исключения, обследованных органов и тканей. Для разных металлов направленность их оказалась неодинаковой. У речных прудовиков при инвазии способность аккумулировать все металлы в раковине ослабляется (КН меньше в 1.1—1.4 раза против нормы;  $P$  больше 94.5—99.5 %), очевидно, вследствие пребывания их в менее благоприятной для этого среде, содержащей все интересующие нас металлы в меньших на порядок количествах, чем это имеет место в стоячем водоеме. У прудовых моллюсков, зараженных трематодами, изменения этого показателя для разных ТМ оказываются разнонаправленными: поглощение ими цинка и меди увеличивается в среднем на 15 %, свинца сокращается на столько же, а кадмия — остается неизменным ( $P = 94.5$  %). Относительно гепатопанкреаса, мантии и гемолимфы КН зарегистрированы у всех групп прудовиков для кадмия и меди, причем значения их у речных особей значительно превышают таковые у прудовых. Например, КН меди речных прудовиков при отсутствии инвазии больше, чем у прудовых животных, в 3.5, а при инвазии — в 3 раза.

Известно (Брень, Домашлинец, 1998; Стадниченко и др., 1998), что уровень накопления ТМ в органах и тканях беспозвоночных зависит от места отбора проб и, следовательно, не только от концентрации их в воде, но и в значительной, а возможно и в большей мере, от содержания в донных отложениях. По этим показателям последние очень различались между собой (мг/л):

Донные отложения	Cu <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>
Р. Тетерев	13.46	1.1	465.8	1418.2
Пруд	48.3	1.4	60	264.4

Нами вычислены коэффициенты донной биологической аккумуляции (КДБА) отдельных металлов у прудовиков, добытых из этих двух водоемов (табл. 2). Донные отложения стоячих водоемов аккумулируют ТМ интенсивнее, чем таковые проточных, поэтому значения КДБА прудовых моллюсков для меди и кадмия меньше (в 10—20 раз), чем речных ( $P > 99.9$  %). И это невзирая на то, что прудовики являются по способу добывания пищи животными-собирающими, а значит, пребывая на дне стоячих водоемов и потребляя находящийся на нем растительный детрит, непременно заглатывают вместе с ним и донные отложения, в том числе и содержащиеся в них ТМ. КДБА по свинцу и цинку почти одинаковы для всех органов и тканей у всех обследованных нами животных. Различия между зараженными трематодами и незараженными животными установлены для речных прудовиков по меди и кадмию, у прудовых только по кадмию ( $P > 94.5$  %). У первых из них при инвазии гепатопанкреаса значение КДБА меди на 18 % меньше, чем в норме. Что касается КДБА кадмия, то статистически достоверное его уменьшение отмечено при инвазии как у речных, так и у прудовых особей для раковины.

Уровень накопления ТМ органами и тканями гидробионтов зависит не только от концентрации их в окружающей среде, но и от их взаимодействия в ходе обмена веществ, протекающего в организме этих животных. Степень взаимодействия между собой ТМ в организме прудовиков установлена путем обработки цифровых результатов эксперимента методами корреляционного анализа. При этом проанализирован ранговый коэффициент корреляции Спирмена при попарном сравнении ТМ у незараженных и зараженных моллюсков. Оказалось, что сила связи между ТМ зависит от

Таблица 2

Коэффициент донной биологической аккумуляции тяжелых металлов органами и тканями *Lymnaea stagnalis* в норме и при инвазии трематодами

Table 2. The ratio of benthic biological accumulation of heavy metals by organs and tissue of *Lymnaea stagnalis* in a norm and in the case of trematode infection

Орган, ткань	Cu <sup>2+</sup>		Cd <sup>2+</sup>		Pb <sup>2+</sup>		Zn <sup>2+</sup>	
	инвазия							
	есть	нет	есть	нет	есть	нет	есть	нет
Р. Тетерев (соотношение к донным отложениям)								
Раковина	40.97	45.83	13.9	19.67	20.04	18.37	3.36	3.48
Гепатопанкреас	69.91	74.97	199.43	202.81	19.33	20.15	11.83	11.33
Нога	65.06	66.43	140.81	142	16.62	17.4	10.66	10.1
Мантия	84.2	83.71	225.9	208.71	18.21	17.97	8.78	8.55
Гемолимфа	5.17	5.69	26.1	20.57	9.4	9.80	3.42	3.75
Пруд (соотношение к донным отложениям)								
Раковина	3.34	2.79	0.81	0.84	2.73	3.08	2.33	2.26
Гепатопанкреас	5.62	6.61	0.67	0.74	3.16	3.14	3.77	3.6
Нога	3.81	3.87	3.94	3.92	4.43	4.78	2.9	2.9
Мантия	3.72	3.7	3.94	4.08	12.27	11.77	6.84	7.1
Гемолимфа	0.58	0.54	2.3	2.2	13.43	12.91	1.89	1.81
Р. Тетерев (соотношение в водным растениям)								
Раковина	0.93	1.04	0.058	0.083	0.325	0.298	0.186	0.193
Гепатопанкреас	1.59	1.7	0.838	0.852	0.313	0.326	0.655	0.627
Нога	1.48	1.51	0.591	0.596	0.269	0.282	0.59	0.559
Мантия	1.91	1.9	0.949	0.877	0.295	0.291	0.486	0.473
Гемолимфа	0.12	0.13	0.11	0.086	0.152	0.159	0.189	0.207
Пруд (соотношение к водным растениям)								
Раковина	1	0.84	0.014	0.014	0.038	0.043	0.284	0.276
Гепатопанкреас	1.69	1.98	0.011	0.012	0.044	0.044	0.461	0.44
Нога	1.14	1.16	0.065	0.065	0.061	0.066	0.354	0.354
Мантия	1.12	1.11	0.065	0.068	0.17	0.163	0.835	0.867
Гемолимфа	0.17	0.16	0.038	0.036	0.186	0.179	0.231	0.221

рассматриваемой пары элементов, от органа и ткани, от отсутствия или наличия инвазии. Причем при паразитарном поражении животных количество достоверных ( $P < 0.01—0.05$  %) коррелятивных зависимостей в несколько раз больше (1.5—6), чем в норме (табл. 3). Например, у первых из них в гепатопанкреасе статистически достоверная связь обусловлена для 6 пар ТМ: Cd<sup>2+</sup>/Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>/Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>/Cd<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>/Cu<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>/Cd<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>/Zn<sup>2+</sup>, в то время как для вторых — только для одной Pb<sup>2+</sup>/Zn<sup>2+</sup>. Это свидетельствует о значительных нарушениях метаболизма ТМ в организме моллюсков, зараженных трематодами.

Таблица 3  
Коэффициенты корреляции рангов Спирмена  
Table 3. Correlation ratios of Spirmen ranks

	Инвазированные особи			Неинвазированные особи		
	Cd <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>
Lymnaea stagnalis (р. Тетерев) (n = 20)						
Раковина						
Cu <sup>2+</sup>	0.5752*	0.0492	0.3293	0.4808**	0.1624	0.4173
Pb <sup>2+</sup>	0.5838*	0.0425		0.3538	0.5203**	
Zn <sup>2+</sup>	-0.1842			0.2831		
Гепатопанкреас						
Cu <sup>2+</sup>	0.2835	0.0331	-0.1515	0.6850*	0.6045*	0.5436**
Pb <sup>2+</sup>	-0.1214	0.4004		0.7003*	0.5188**	
Zn <sup>2+</sup>	0.415			0.7064*		
Нога						
Cu <sup>2+</sup>	0.5782*	-0.1199	-0.0789	0.2752	0.5338**	0.0639
Pb <sup>2+</sup>	0.1508	0.1752		0.4853**	0.4451	
Zn <sup>2+</sup>	-0.3989			0.3771		
Мантия						
Cu <sup>2+</sup>	0.4192	0.3714	0.1489	0.2947	0.1323	-0.0447
Pb <sup>2+</sup>	-0.2376	0.2459		0.4011	0.4229	
Zn <sup>2+</sup>	-0.1528			0.3774		
Гемолимфа						
Cu <sup>2+</sup>	0.2229	0.2083	0.0489	0.3748	0.5109**	0.0229
Pb <sup>2+</sup>	-0.3929	-0.2135		0.2158	0.1989	
Zn <sup>2+</sup>	0.0534			0.6237*		
Lymnaea stagnalis (пруд) (n = 15)						
Раковина						
Cu <sup>2+</sup>	0.0232	0.5938**	0.5482**	0.3	0.1063	0.1036
Pb <sup>2+</sup>	0.1366	0.5786**		0.217	0.7973*	
Zn <sup>2+</sup>	0.0545			0.1893		
Гепатопанкреас						
Cu <sup>2+</sup>	-0.2571	-0.1536	-0.167	-0.2482	-0.0875	-0.1228
Pb <sup>2+</sup>	0.2696	0.7973*		0.1848	0.6009**	
Zn <sup>2+</sup>	0.1625			-0.1545		
Нога						
Cu <sup>2+</sup>	-0.6991	-0.4357	0.0107	0.3911	0.2688	0.5268**
Pb <sup>2+</sup>	0.1813	0.2589		0.5955**	0.1643	
Zn <sup>2+</sup>	0.2152			0.1625		
Мантия						
Cu <sup>2+</sup>	0.2241	0.2036	0.2714	0.5268**	0.0759	0.1232
Pb <sup>2+</sup>	0.2348	-0.2536		-0.2616	-0.2786	
Zn <sup>2+</sup>	0.6491**			0.4973		
Гемолимфа						
Cu <sup>2+</sup>	0.7161*	0.4848	0.4473	0.5429**	0.7929*	0.6527**
Pb <sup>2+</sup>	0.3107	0.4152		0.7464*	0.6455**	
Zn <sup>2+</sup>	0.5152			0.6884*		

Примечание. \*P > 0.01, \*\*P > 0.05.



### Список литературы

- Брень Н. В., Домашлинец В. Г. Беспозвоночные как мониторы полиметаллического загрязнения донных отложений // Гидробиол. журн., 1998. Т. 34, № 5. С. 80—93.
- Евтушенко Н. Ю., Сытник Ю. М. Тяжелые металлы в моллюсках и рыбах Дуная (по материалам Первой Международной комплексной экспедиции по изучению Дуная, март 1988) // Матер. 1-й Международ. комплекс. экспедиции по изучению Дуная, март 1988 г. Ч. 2 / Гидробиол. журн., 1998. С. 103—175. (Деп. в ВИНТИ 9.01.1989, № 210-B89).
- Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк. 1974. 348 с.
- Никаноров А. М., Жулидов А. В., Покаржевский А. Д. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 143 с.
- Стадниченко А. П., Иваненко Л. Д., Куркчи Л. Н., Витковская О. В., Калинина Н. Н., Вискушенко Д. А., Шевчук А. В. Влияние трематодной инвазии на накопление ионов тяжелых металлов пресноводными моллюсками // Паразитология. 1998. Т. 32, вып. 4. С. 357—362.

Житомирский педуниверситет, 262008

Поступила 8.01.02

### THE EFFECT OF THE TREMATODE INVASION AND ACCUMULATION OF HEAVY METALS ONTO THE POND SNAIL (MOLLUSCA: GASTROPODA: LYMNAEIDAE)

G. Ye. Kirichuk, A. P. Stadnichenko, I. A. Pershko

*Key words:* accumulation, heavy metals, trematode infection, *Lymnaea stagnalis*.

### SUMMARY

The cumulating of heavy metals (Cu, Cd, Pb, Zn) by the pond snail *Lymnaea stagnalis* from river and pond populations in a norm and under the trematode infection was examined. The copper and cadmium were accumulated by all specimens, mainly in the mantle and leg, in less content — in the hepatopancreas, and in the least content — in the shell and haemolymph. The lead was accumulated most intensively by the river specimens in the shell and mantle, while in the pond specimens it was accumulated in the mantle and leg. The greatest content of zink was found in the mantle, leg, and hepatopancreas.

According to the ratio of cumulation the heavy metals by the river and pond populations the following series of ions were obtained respectively: Pb > Zn > Cu > Cd and Zn > Pb > Cu > Cd.

The difference between uninfected specimens and one infected with trematodes was recorded in the ratio of cumulated heavy metals, in the ratio of benthic biological accumulation, and also based on bending force between metals compared in pairs. An intensity of differences was directly proportional to the intensity of the trematode infection.