

УДК 576.895.122 : 594.1

**ТРЕМАТОДНАЯ ИНВАЗИЯ И НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
МОЛЛЮСКОМ COLLEOPTERUM PONDEROSUM
(BIVALVIA: UNIONIDAE: ANODONTINAE)**

© Г. Е. Киричук, А. П. Стадниченко

Исследовано влияние трематодной инвазии на накопление тяжелых металлов (Cu, Cd, Zn, Pb) различными органами моллюска *Colleopterum ponderosum* (раковина, гепатопанкреас, жабры, мантия, гонада, нога). Проанализированы различия в накоплении металлов самцами и самками. Установлено возрастание коэффициентов накопления и донной биологической аккумуляции. Рассчитан коэффициент корреляции рангов Спирмера и обговорен характер изменения сопряженного накопления в парах тяжелых металлов.

Одной из важных современных проблем является предотвращение загрязнения водной среды ионами тяжелых металлов — поллютантами. В ее решении весьма важное место занимают биологические методы индикации и контроля за состоянием вод (Христофорова, 1989). Это сопряжено с поисками тест-объектов — видов, пригодных для использования их в системе экологического мониторинга. К числу таковых должны быть причислены и двустворчатые моллюски сем. Unionidae, поскольку они отвечают тем требованиям, которые предъявляются к видам-мониторам, а именно: 1) уровень накопления ионов тяжелых металлов их органами и тканями на несколько порядков выше такового в окружающей среде; 2) они являются широко распространенными в пресных водах Евразии; 3) популяции их часто отличаются высокими значениями плотности населения. При этом, однако, экологи, осуществляющие мониторинг, к сожалению, не отдают себе отчета в том, насколько важным является изучение паразитологической ситуации в задействованных в нем популяциях. Моллюски, в том числе и Unionidae, являются облигатными промежуточными хозяевами трематод. Экстенсивность и интенсивность заражения моллюсков нередко очень высоки, что не может не оказывать воздействия на характер и уровень накопления ими тяжелых металлов. Это положение мы и хотели проиллюстрировать материалами настоящего сообщения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для определения уровня накопления тяжелых металлов (Cu, Zn, Cd, Pb) использовано 29 экз. 4-летних *Colleopterum ponderosum rumanicum* Bgt. (самцы длиной 100.49 ± 2.40 мм и массой 90.08 ± 6.96 г, самки длиной $104.35 \pm$

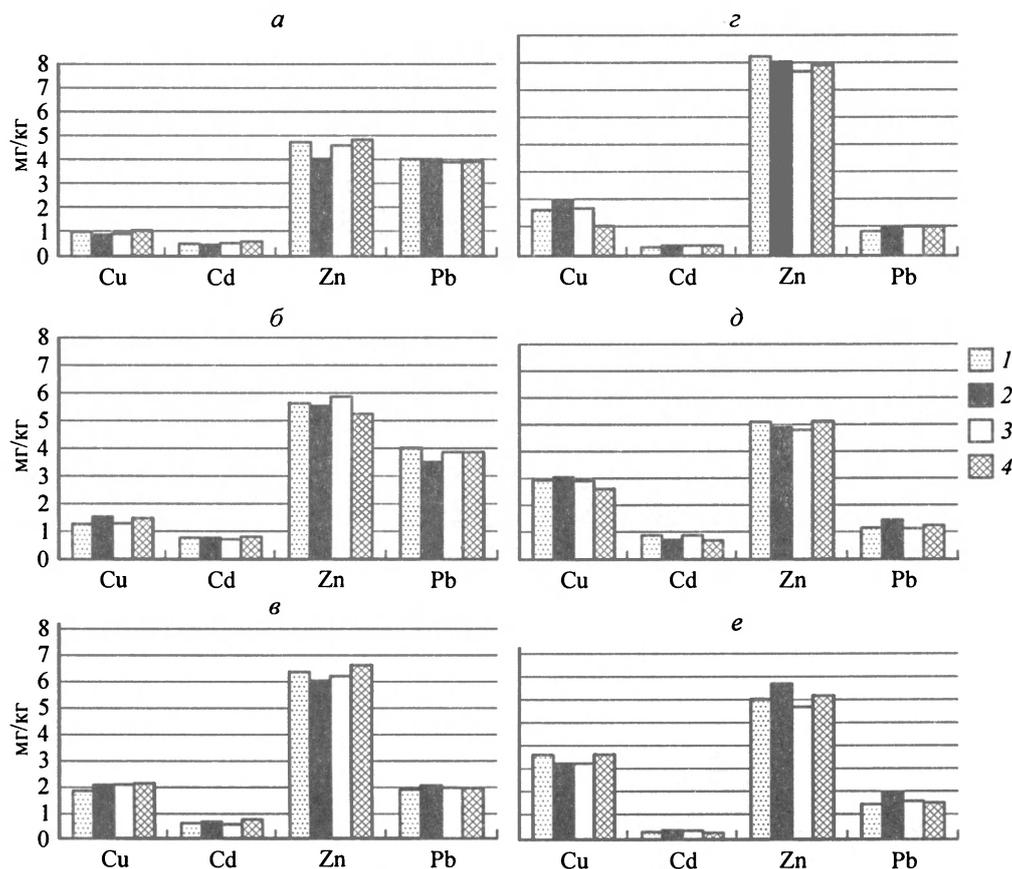
± 2.26 мм и массой 98.71 ± 6.84 г), собранных вручную в сентябре 2000 г. в бассейне Среднего Днепра — в р. Тетерев (Житомир, Украина). Животных очищали от обрастаний и донных отложений и выдерживали в течение 4 ч в аквариумах, заполненных отстоянной (1 сут) водопроводной водой (для очищения кишечника). Пол определяли на временных гистологических препаратах, изготовленных из гонады животных. Для определения уровня содержания тяжелых металлов использовали раковину, жабры, гепатопанкреас, ногу, гонаду, мантию. Материал для этого готовили по методике Кьельдаля (Никаноров и др., 1985). Орган или ткань извлекали полностью и фиксировали 96 %-ным этиловым спиртом, который через 6–12 ч упаривали при температуре 105 °С. Затем материал сжигали в азотной кислоте (марки ОСЧ) в течение 12–24 ч до полного его обесцвечивания. Количественное содержание тяжелых металлов устанавливали с помощью атомно-адсорбционного спектрофотометра С-115М с пламенным анализатором (стандарт СЭВ 5346). Всего выполнено 1170 анализов. Концентрацию металлов выражали в мг/кг сырой массы животных при естественной влажности воздуха. Статистическая обработка материалов выполнена по общепринятым методикам (Лакин, 1973).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Суммарный уровень накопления тяжелых металлов самцами и самками *C. ponderosum* одинаков (62.68 ± 0.13 и 63.76 ± 0.13 мг/кг). Отсутствуют также статистически достоверные различия по этому показателю между свободными от паразитов и инвазированными трематодами особями.

Одинаковым является у самцов и самок (как незараженных, так и инвазированных трематодами) содержание каждого взятого в отдельности из определенных нами тяжелых металлов (мг/кг): Cu — 19.0–19.3, Cd — 5.1–5.2, Zn — 54.1–54.7, Pb — 21.1–21.5.

Однако уровень накопления их отдельными органами весьма различен (см. рисунок). Наибольшие количества Cu обнаружены в жабрах, гонадах, мантии; Cd — в жабрах, гонадах, гепатопанкреасе; Zn — в жабрах, гепатопанкреасе, ноге; Pb — в жабрах, гепатопанкреасе, раковине. Как видно из приведенного перечня, наиболее обычными точками накопления тяжелых металлов являются жабры (14.7–19.8 %), гонады (7.6–25), гепатопанкреас (10–30.2) и раковина (29.1–29.7). В меньшей мере кумулируют их мантия и нога. У моллюсков, инвазированных трематодами, интенсивное накопление Cu, Cd, Pb осуществляется теми же органами, что и у незараженных особей. В накоплении же Zn между этими двумя группами животных имеются существенные различия. Они состоят в том, что при инвазии у *C. ponderosum* происходит усиленное накопление этого металла мантией, и по этому показателю последняя приближается к жабрам и ноге. Вышесказанное хорошо иллюстрируется коэффициентами накопления (КН) и коэффициентами донной биологической аккумуляции (КДБА). Поглощаемость всех без исключения тяжелых металлов моллюсками очень высока (табл. 1): она превышает таковую воды на 1–4 порядка и образует (по уменьшению значений КН) такой ряд: $КН_{Pb} > КН_{Zn} > КН_{Cu} > КН_{Cd}$. Сравнение значений КН незараженных и зараженных трематодами *C. ponderosum* позволило выявить статистически достоверные различия между ними. По Cu они заключаются в повышенном кумулировании этого металла гепатопанкреасом, по Cd — в усилении накопления его гепатопанкреасом и жабрами самцов,



Содержание (мг/кг) тяжелых металлов в разных органах *Colletopterum ponderosum* в норме и при трематодной инвазии.

a — раковина, *б* — гепатопанкреас, *в* — жабры, *г* — нога, *д* — гонада, *е* — мантия. Самки: 1 — неинвазированные, 2 — инвазированные; самцы: 3 — неинвазированные, 4 — инвазированные.

Content of heavy metals (mg/kg) in different organs of *Colletopterum ponderosum*, in control and in the case of the trematode infection.

по Zn — в пониженном кумулировании его гепатопанкреасом и повышенном — мантией, по Pb — в падении уровня его содержания в гепатопанкреасе и в повышении — в гонаде и мантии.

Значения КДБА демонстрируют сходную картину накопления тяжелых металлов разными органами *C. ponderosum* в норме и при трематодной инвазии. При этом значения коэффициентов КДБА лишь значительно ниже таковых КН, что связано с преобладающим накоплением этих поллютантов именно донными отложениями.

Количественное соотношение металлов в отдельных органах *C. ponderosum* разного пола при отсутствии инвазии одинаково. Оно выражается такими рядами: для раковины и гепатопанкреаса — $Cd < Cu < Zn < Pb$, для остальных исследованных органов — $Cd < Pb < Cu < Zn$. Трематодная инвазия у самок сопровождается интенсификацией кумулирования в раковине свинца ($Cd < Cu < Zn < Pb$).

У свободных от инвазии *C. ponderosum* количественное соотношение тяжелых металлов одинаково у самцов и самок в раковине, гепатопанкреасе,

Таблица 1

Коэффициенты накопления и донной биологической аккумуляции тяжелых металлов отдельными органами *Colletopterum ponderosum*
 Table 1. Coefficients of accumulation and of bottom biological accumulation of heavy metals by various organs of *Colletopterum ponderosum*

Инвазия	Пол	Ткань	Cu		Cd		Zn		Pb	
			КН	КДБА	КН	КДБА	КН	КДБА	КН	КДБА
Нет	Самки n = 12	Раковина	347.43	25.81	22.41	20.28	4283.33	3.02	10456.13	22.45
		Гепатопанкреас	468.91	34.83	42.15	38.13	5149.24	3.63	10616.23	22.79
		Жабры	716.67	53.24	34.47	31.19	5792.42	4.08	5155.70	11.07
		Нога	647.77	48.12	15.35	13.89	6561.36	4.63	22.10.53	4.75
		Гонада	1099.68	81.69	43.33	39.21	4528.79	3.19	2914.47	6.25
		Мантия	1391.35	103.36	16.01	14.48	5415.91	3.82	3844.30	8.25
	Самцы n = 10	Раковина	330.38	24.54	25.79	23.33	4194.55	2.96	10294.74	22.10
		Гепатопанкреас	494.62	36.74	35.74	32.33	5412.73	3.82	10276.32	22.06
		Жабры	801.54	59.54	32.37	29.29	5682.73	4.01	5213.16	11.19
		Нога	661.15	49.11	16.58	15.00	6091.82	4.30	2623.68	5.63
		Гонада	1098.08	81.57	42.53	38.48	4343.64	3.06	2684.21	5.76
		Мантия	1260.77	93.66	16.16	14.62	5180.00	3.65	4292.11	9.21
Есть	Самки n = 8	Раковина	307.69	22.86	18.42	16.67	2477.27	2.45	10855.26	23.31
		Гепатопанкреас	604.81	44.93	42.11	38.09	5077.27	3.58	9322.37	20.01
		Жабры	809.62	60.14	36.45	32.98	5518.18	3.89	5572.37	11.96
		Нога	805.77	59.86	18.03	16.31	6418.18	4.53	2572.37	5.52
		Гонада	1155.77	85.86	37.50	33.93	4415.91	3.11	3703.95	7.95
		Мантия	1292.31	96.00	18.95	17.14	6079.55	4.29	5125.00	11.00
	Самцы n = 6	Раковина	384.62	28.57	28.03	25.36	4406.82	3.11	10342.11	22.20
		Гепатопанкреас	563.46	41.86	41.58	37.62	4838.64	3.41	10296.05	22.10
		Жабры	828.85	61.57	41.32	37.38	6034.09	4.25	5046.05	10.83
		Нога	431.73	32.07	15.39	13.45	6306.82	4.45	2585.53	5.55
		Гонада	980.77	72.86	33.82	30.60	4561.36	3.22	2927.63	6.285
		Мантия	1410.58	104.79	14.47	13.10	5620.45	3.96	4092.11	8.785

гонаде, мантии и ноге ($Cd < Pb < Cu < Zn$), но различно в жабрах. Так, в жабрах у самцов больше содержится свинца ($Cd < Pb < Cu < Zn$), чем у самок ($Cd < Cu < Pb < Zn$).

Методом рангового коррелятивного анализа Спирмена (табл. 2) у инвазированных трематодами животных выявлены статистически достоверные сдвиги в сопряженном накоплении пар металлов. Наиболее выражены они в гонадах, в меньшей степени представлены в жабрах, а в наименьшей — в раковине, мантии и ноге. Так, в семенниках интактных *C. ponderosum* наблюдается отрицательная корреляция в паре металлов Cu—Pb, а при инвазии она становится положительной. У зараженных самцов в том же органе имеет место положительная корреляция в парах Cu—Cd и Pb—Cd и отрицательная — в парах Zn—Cd и Pb—Zn. В яичнике *C. ponderosum* при инвазии трематодами отсутствует положительная корреляция в парах Pb—Cd и Pb—Zn, зарегистрированная ($P > 94.5 \%$) у свободных от заражения особей.

Таблица 2
Коэффициенты корреляции рангов Спирмена
Table 2. Correlation ratios of Spirmen ranks

	Неинвазированные			Инвазированные		
	Cd	Zn	Pb	Cd	Zn	Pb
Самки						
			Раковина			
Cu	0.2290	-0.4983	0.1906	0.9500*	0.8000*	0.000
Pb	-0.4336	-0.4126		-0.1500	-0.4000	
Zn	-0.0035			0.9500*		
			Гепатопанкреас			
Cu	0.2517	-0.2098	0.4983	-0.4000	-0.6000	0.2000
Pb	0.2150	0.0297		0.8000*	0.2000	
Zn	0.0350			0.4000		
			Жабры			
Cu	0.6154*	-0.0490	0.2308	0.6000	-0.6000	0.8000*
Pb	0.6014*	-0.4056		0.8000*	-0.8000*	
Zn	-0.2867			-1.0000		
			Нога			
Cu	0.1556	0.0157	-0.0997	0.2000	0.0000	0.4000
Pb	-0.0507	0.1364		-0.8000*	0.2000	
Zn	0.1958			-0.4000		
			Гонада			
Cu	-0.2325	0.3549	-0.6346*	0.8000*	-0.6000	0.8000*
Pb	-0.0559	-0.2098		1.0000*	-0.8000*	
Zn	-0.4825			-0.8000*		
			Мантия			
Cu	-0.3287	0.2762	-0.1608	0.8000*	-0.0500	0.2000
Pb	0.2430	0.5507		0.4000	-0.6500	
Zn	0.4056			-0.0500		

Таблица 2 (продолжение)

	Неинвазированные			Инвазированные		
	Cd	Zn	Pb	Cd	Zn	Pb
Самцы			Раковина			
Cu	0.6333	0.2394	0.1424	0.4000	--0.8000	0.2000
Pb	0.3788	0.6758*		-0.8000	0.4000	
Zn	0.5182			-0.8000		
			Гепатопанкреас			
Cu	-0.4303	--0.2576	-0.2242	-0.8000	0.2000	--0.4000
Pb	-0.0909	0.2576		0.0000	0.8000	
Zn	-0.0818			-0.4000		
			Жабры			
Cu	-0.5970	--0.1970	0.5212	--0.8500*	0.3500	0.3500
Pb	-0.3121	--0.4576		0.0000	--0.8000	
Zn	-0.1030			--0.6000		
			Нога			
Cu	0.3212	0.5333	0.1970	-0.5500	0.6000	-1.0000
Pb	0.0273	0.3485		0.6500	-0.6000	
Zn	0.4242			-0.5500		
			Гонада			
Cu	0.0758	-0.2333	0.2636	0.4000	0.4000	-0.2000
Pb	0.8061**	-0.6485*		0.0000	-0.8000	
Zn	-0.5030			0.6000		
			Мантия			
Cu	0.0939	-0.2121	-0.2515	-0.6000	0.2500	-0.4000
Pb	0.1030	0.0576		-0.4000	-0.6500	
Zn	-0.8455			0.7500		

Примечание. * – $P > 0.01$; ** – $P > 0.05$.

Таким образом, под влиянием паразитарного фактора изменяются уровень и характер накопления моллюсками тяжелых металлов (значительно возрастают значения КН и КДБА). Изменяется также в ряде случаев характер сопряженного накопления в парах тяжелых металлов.

Список литературы

- Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1973. 343 с.
 Никаноров А. М., Жулидов А. В., Покаржевский А. Д. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 144 с.
 Христофорова Н. К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. Л.: Наука, 1989. 192 с.

Житомирский педагогический университет

Поступила 10.03.2003.

THE TREMATODE INVASION AND ACCUMULATION ON HEAVY METALS
BY THE MOLLUSC COLLEOPTERUM PONDEROSUM
(BIVALVIA: UNIONIDAE: ANODONTINAE)

G. Ye. Kirichuk, A. P. Stadnichenko

Key words: Trematoda invasion, *Colleopterum ponderosum*, heavy metals.

SUMMARY

The influence of the trematode invasion on the accumulation of heavy metals (Cu, Zn, Cd, Pb) by various organs of the mollusc *Colleopterum ponderosum* have been investigated. An increase of the coefficients of accumulation and bottom biological accumulation, and also changes in the accumulation in pairs of heavy metals were noted in the infected molluscs.
