

**ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРЕСНОВОДНЫМИ
МОЛЛЮСКАМИ**

Обговорюються особливості накопичення іонів важких металів в залежності від типу живлення моллюсків. Визначено рівень кумуляції Cd, Zn, Pb, Cu в різних тканинах та органах цих тварин. Виведені рівняння поліноміальної залежності накопичення іонів важких металів від маси органа.

Население водоемов находится во взаимосвязи с абиотическими (донные отложения, вода) и биотическими (кормовая база, хищники и другие организмы) факторами среды. Поэтому какие-либо изменения гидрохимического или гидрологического режимов водоёма существенно влияют на гомеостаз гидробионтов. Установлено, что гидробионты накапливают тяжелые металлы в количествах, в сотни (железо), в тысячи (медь, кадмий) и сотни тысяч (цинк, марганец) раз превышающих их концентрации в воде [1]. Известно [2], что водные организмы, концентрируя микроэлементы, обеспечивают тем самым нормальный синтез биологически активных веществ типа ферментов, гормонов и витаминов. Однако при концентрациях, превышающих нормальное их содержание, в организме стирается грань между их физиологическим и токсическим действием [3]. Кроме этого, наряду с прямым токсическим действием, тяжелые металлы вызывают опасные отдаленные последствия, а именно: мутагенное, эмбриотоксическое, гонадотоксическое и другие типы воздействия [4]. Исходя из выше сказанного, мы попытались установить закономерности накопления ионов тяжелых металлов в организме обычных гидробионтов пресноводных экосистем – моллюсков. Была также предпринята попытка проанализировать количественные взаимоотношения металлов, накапливаемых пресноводными моллюсками, в зависимости от типа их питания.

Материал и методика исследований

Для определения уровня накопления ионов тяжелых металлов (Cu, Zn, Cd, Pb) использованы 40 экз. одноразмерных *Lymnaea stagnalis* Linne, 1758, 30 - одноразмерных *Planorbarius purpura*, 29 экз. 4-х летних *Colletopterum ponderosum* и 26 экз. 4-х летних *Unio rostratus*, собранных вручную в сентябре 2000 г в бассейне Среднего Днепра – р. Тетерев (г. Житомир). Животных очищали от обрастаний и донных отложений и выдерживали в течение четырех часов в аквариумах, заполненных отстоянной (1 сут) водопроводной водой (для очищения кишечника). Каждый экземпляр взвешивали, определяли возраст или размерные характеристики. У двустворчатых моллюсков определяли также пол с помощью временных гистологических препаратов изготовленных из гонады животных. Для определения содержания тяжелых металлов использовали у брюхоногих моллюсков: гемолимфу, мантию, раковину, гепатопанкреас, ногу, у двустворчатых – раковину, жабры, гепатопанкреас, ногу, гонаду, мантию. Материал для определения тяжелых металлов готовили по методике Кьельдаля. Орган или ткань извлекали полностью и фиксировали 96%-ным этиловым спиртом и через 6-12 часов упаривали при температуре 105 °С [5]. Затем их сжигали в азотной кислоте (марки ОСЧ) в течении 12-24 час до полного обесцвечивания смеси. Количественное содержание ионов тяжелых металлов устанавливали с помощью атомно-адсорбционного спектрофотометра С-115М с пламенным анализатором (стандарт СЭВ 5346). Всего выполнено 2720 анализов. Концентрацию металлов выражали в мг/кг сырой массы животных при естественной влажности воздуха. Статистическая обработка материалов выполнена по общепринятым методикам [6].

Результаты исследований и их обсуждение

Сравнительный анализ содержания ионов тяжелых металлов (Cd, Zn, Pb, Cu) в различных органах и тканях пресноводных моллюсков позволил выявить закономерности тканевого распределения микроэлементов и особенности их накопления в зависимости от видовой принадлежности и типа питания моллюсков (рис.1-4). Проанализированы различные по типу питания моллюски – полифаги (фильтраторы) (*Colletopterum ponderosum*, *Unio rostratus*), детритофаги (*Lymnaea stagnalis*) и фитофаги (*Planorbarius purpura*). Изучение кумуляции металлов в зависимости от массы исследуемой ткани или органа позволила вывести полиномиальные зависимости для каждого вида моллюсков с учетом конкретной ткани, а также для раздельнополых двустворчатых (табл.1)

Таблица 1.

Полиномиальные уравнения зависимости кумуляции ионов тяжелых металлов в зависимости от массы исследуемой ткани

Орган	Ион	Пол	Уравнение	R ²
1	2	3	4	5
<i>Colletopterum ponderosum</i>				
Раковина	Cd	♀	$y = 0.626 x^2 - 1.8611 x + 1.721$	
		♂	$y = -0.237 x^2 + 1.0369 x - 0.5602$	
	Cu	♀	$y = 0.6845 x^2 - 2.0513 x + 2.3416$	
		♂	$y = -0.2171 x^2 + 0.8621 x + 0.1027$	

	Pb	\oplus	$y = -2.2568 x^2 + 6.6937 x - 0.6993$	
		\ominus	$y = -0.9221 x^2 + 3.6763 x + 0.5038$	
	Zn	\oplus	$y = 1.5143 x^2 - 5.0139 x + 8.5266$	
		\ominus	$y = -0.5271 x^2 + 2.1643 x + 2.6034$	
Гепатопанкреас	Cd	\oplus	$y = -0.2327x^2 + 1.0413x - 0.283$	
		\ominus	$y = 0.3076x^2 - 1.0077x + 1.4729$	0.1637
	Cu	\oplus	$y = 0.1618 x^2 - 0.8586 x + 2.3266$	
		\ominus	$y = -0.6 x^2 + 2.3591 x - 0.8559$	0.3884
	Pb	\oplus	$y = -0.1695 x^2 + 0.8252 x + 2.9901$	
		\ominus	$y = 0.0119 x^2 - 0.135 x + 4.109$	0.0122
Zn	\oplus	$y = 0.5166 x^2 - 1.27 x + 5.9932$	0.2460	
	\ominus	$y = 1.638 x^2 - 6.6056 x + 12.057$	0.2996	
Жабры	Cd	\oplus	$y = 0.4201 x^2 - 1.0735 x + 1.2891$	
		\ominus	$y = -0.5494 x^2 + 1.6271 x - 0.4619$	
	Cu	\oplus	$y = 1.2293 x^2 - 3.4234 x + 4.1054$	
		\ominus	$y = 1.6308 x^2 - 4.6391 x + 5.1755$	0.4881
	Pb	\oplus	$y = 0.3003 x^2 - 0.626 x + 2.2679$	
		\ominus	$y = 0.8068 x^2 - 2.3295 x + 3.5309$	0.2408
Zn	\oplus	$y = -0.563 x^2 + 1.3349 x + 5.744$		
	\ominus	$y = -0.686 x^2 + 2.5048 x + 4.2865$	0.2231	
Нога	Cd	\oplus	$y = 0.0342 x^2 - 0.118 x + 0.3917$	
		\ominus	$y = -0.0426 x^2 + 0.124 x + 0.2248$	0.0034
	Cu	\oplus	$y = 0.7037 x^2 - 3.0328 x + 4.2815$	
		\ominus	$y = 1.5134 x^2 - 4.9576 x + 5.2417$	0.2609
	Pb	\oplus	$y = -0.1712 x^2 + 0.3563 x + 0.7074$	
		\ominus	$y = 0.7138 x^2 - 2.0732 x + 2.3915$	0.2620
Zn	\oplus	$y = 3.3166 x^2 - 8.4234 x + 12.166$		
	\ominus	$y = 1.334 x^2 - 4.7621 x + 10.532$	0.2301	
Гонада	Cd	\oplus	$y = 0.0152 x^2 - 0.053 x + 0.835$	
		\ominus	$y = -0.0415 x^2 + 0.1088 x + 0.7261$	0.1335
	Cu	\oplus	$y = -0.26 x^2 + 0.5147 x + 3.0638$	
		\ominus	$y = 0.3308 x^2 - 1.5831 x + 4.4717$	0.0772
	Pb	\oplus	$y = 0.0866 x^2 - 0.1925 x + 1.1716$	
		\ominus	$y = -0.2421 x^2 + 1.0923 x - 0.0684$	0.0859
Zn	\oplus	$y = -0.3323 x^2 + 1.3289 x + 3.7238$		
	\ominus	$y = 0.5014 x^2 - 2.1611 x + 6.9533$	0.1735	
Мантия	Cd	\oplus	$y = 0.0791 x^2 - 0.272 x + 0.5287$	
		\ominus	$y = -0.0552 x^2 + 0.1739 x + 0.1816$	0.0244
	Cu	\oplus	$y = -0.435 x^2 + 2.3757 x + 0.8437$	
		\ominus	$y = -0.1887 x^2 + 1.1801 x + 2.1548$	0.4167
	Pb	\oplus	$y = 0.3794 x^2 - 1.4828 x + 2.9067$	
		\ominus	$y = -0.6952 x^2 + 1.8955 x + 0.5659$	0.438
Zn	\oplus	$y = 1.6336 x^2 - 5.4052 x + 10.114$		
	\ominus	$y = 0.3149 x^2 - 0.9704 x + 6.4688$	0.0208	
Unio rostratus				
Раковина	Cd	\oplus	$y = 0,1549 x^2 - 0,3961 x + 1,692$	0.040
		\ominus	$y = 1,4157 x^2 - 4,3956 x + 4,6258$	0.4375
	Cu	\oplus	$y = 0,2115 x^2 + 0,0905 x + 2,9549$	0.3738
		\ominus	$y = 2,4034 x^2 - 7,3219 x + 8,9106$	0.4647
Pb	\oplus	$y = 0,7575 x^2 - 2,1036 x + 6,4026$	0.1143	
	\ominus	$y = 0,0754 x^2 + 1,1914 x + 3,1586$	0.2472	
Гепатопанкреас	Zn	\oplus	$y = 3,2537 x^2 - 10,354 x + 14,401$	0.3947
		\ominus	$y = 4,6386 x^2 - 12,497 x + 15,251$	0.2862
	Cd	\oplus	$y = 0,7713 x^2 - 0,9929 x + 0,8931$	0.5416
		\ominus	$y = -0,1099 x^2 + 0,845 x + 0,1735$	0.6645
Cu	\oplus	$y = -1,1 x^2 + 2,3228 x + 0,8733$	0.0428	
	\ominus	$y = -0,7921 x^2 + 2,2935 x + 0,7864$	0.4044	
Pb	\oplus	$y = 1,6222 x^2 - 2,217 x + 4,3867$	0.5886	
	\ominus	$y = -0,3154 x^2 + 1,2668 x + 3,0149$	0.1663	
Zn	\oplus	$y = 0,5895 x^2 - 0,006 x + 6,8277$	0.1283	
	\ominus	$y = -4,7417 x^2 + 11,03 x + 0,888$	0.3615	
Жабры	Cd	\oplus	$y = 0,2357 x^2 - 0,3499 x + 0,7748$	0.1614
		\ominus	$y = -0,0112 x^2 + 0,3272 x + 0,3529$	0.3605

	Cu	\oplus	$y = -0,956 x^2 - 1,2733 x + 4,3405$	0,5811
		\ominus	$y = -2,4948 x^2 - 3,4751 x + 4,8253$	0,4524
	Pb	\oplus	$y = -1,5913 x^2 + 3,3611 x + 1,1955$	0,1665
		\ominus	$y = -0,0879 x^2 + 0,4437 x + 2,3995$	0,074
	Zn	\oplus	$y = 2,7049 x^2 - 4,8283 x + 8,2832$	0,5412
		\ominus	$y = 4,1304 x^2 - 7,5499 x - 9,6008$	0,3753
Нога	Cd	\oplus	$y = 0,2636 x^2 + 0,0106 x + 0,4636$	0,1946
		\ominus	$y = 1,6625 x^2 - 0,7129 x + 0,3684$	0,7655
	Cu	\oplus	$y = 1,6935 x^2 - 2,7324 x + 2,6392$	0,0662
		\ominus	$y = 3,5816 x^2 - 2,3146 x + 2,4157$	0,2770
	Pb	\oplus	$y = 1,6935 x^2 - 2,7324 x + 2,6392$	0,0662
		\ominus	$y = -2,0268 x^2 + 3,5915 x + 0,3487$	0,3961
Zn	\oplus	$y = -4,2462 x^2 + 6,678 x + 4,5882$	0,2415	
	\ominus	$y = -11,714 x^2 + 13,172 x + 4,0324$	0,0650	
Гонада	Cd	\oplus	$y = -0,2653 x^2 + 1,2547 x - 0,2205$	0,8057
		\ominus	$y = -0,5961 x^2 + 2,8369 x + 1,3807$	0,7865
	Cu	\oplus	$y = -0,738 x^2 + 3,3448 x + 1,0959$	0,7002
		\ominus	$y = -0,0539 x^2 + 0,6043 x + 0,1922$	0,5972
	Pb	\oplus	$y = -1,2656 x^2 + 2,888 x - 0,4203$	0,1268
		\ominus	$y = 0,029 x^2 + 0,0346 x + 0,8747$	0,0162
Zn	\oplus	$y = -4,9935 x^2 + 10,954 x + 0,347$	0,3850	
	\ominus	$y = 1,004 x^2 - 1,0154 x + 6,0094$	0,1097	
Мантия	Cd	\oplus	$y = 0,0586 x^2 + 0,1526 x + 0,5018$	0,1244
		\ominus	$y = -0,9759 x^2 + 1,436 x + 3,2952$	0,0974
	Cu	\oplus	$y = 1,9765 x^2 - 4,4103 x + 6,2096$	0,0359
		\ominus	$y = -0,2862 x^2 + 0,7082 x + 0,4545$	0,0453
	Pb	\oplus	$y = -0,718 x^2 + 1,0601 x + 1,7623$	0,0996
		\ominus	$y = 2,3015 x^2 - 4,0934 x + 3,6638$	0,2527
Zn	\oplus	$y = -3,102 x^2 + 5,4721 x + 4,7085$	0,5230	
	\ominus	$y = -1,3222 x^2 + 2,4265 x + 5,0411$	0,0671	
<i>Lymnaea stagnalis</i>				
Раковина	Cd		$y = -0,5274 x^2 - 1,0435 x + 0,5181$	0,5879
	Cu		$y = 0,2677 x^2 - 0,1682 x + 0,9603$	0,2023
	Pb		$y = 14,712 x^2 - 46,953 x + 39,743$	0,4611
	Zn		$y = 4,5279 x^2 - 15,17 x + 17,798$	0,0956
Гепатопанкреас	Cd		$y = -7,7658 x^2 + 6,2459 x + 3,0685$	0,054
	Cu		$y = -12,721 x^2 + 15,667 x - 1,649$	0,3717
	Pb		$y = -12,813 x^2 + 13,082 x + 0,4167$	0,1293
	Zn		$y = -59,359 x^2 + 63,687 x + 2,5092$	0,0806
Нога	Cd		$y = 43,758 x^2 - 30,298 x + 8,0362$	0,1219
	Cu		$y = 44,895 x^2 - 29,78 x + 7,0532$	0,0666
	Pb		$y = 20,79 x^2 - 11,108 x + 4,2948$	0,1160
	Zn		$y = 75,806 x^2 - 32,84 x + 18,255$	0,1123
Мантия	Cd		$y = -102,49 x^2 + 40,526 x + 0,6845$	0,0831
	Cu		$y = -116,77 x^2 + 44,656 x - 1,2088$	0,1253
	Pb		$y = 142,06 x^2 - 49,281 x + 7,3394$	0,0857
	Zn		$y = 63,783 x^2 + 0,6806 x + 11,278$	0,0889
<i>Planorbium purpura</i>				
Гемолимфа	Cd		$y = -0,0569 x^2 + 0,2692 x + 0,2964$	0,0333
	Cu		$y = 0,3601 x^2 - 1,6147 x + 2,1072$	0,0681
	Pb		$y = -0,1199 x^2 + 0,6457 x + 0,4492$	0,0166
	Zn		$y = -1,7506 x^2 + 4,115 x + 3,4215$	0,0727
<i>Planorbium purpura</i>				
Раковина	Cd		$y = -0,1996 x^2 + 0,516 x + 0,5623$	0,5035
	Cu		$y = -1,5873 x^2 + 4,7282 x + 1,7402$	0,4815
	Pb		$y = -0,2018 x^2 + 0,6326 x + 0,1223$	0,1355
	Zn		$y = -1,9112 x^2 + 6,4066 x - 0,0496$	0,2784
Гепатопанкреас	Cd		$y = -13,842 x^2 + 7,2984 x + 3,0885$	0,2664
	Cu		$y = -144,95 x^2 + 75,639 x + 18,588$	0,2411
	Pb		$y = -14,465 x^2 + 6,6424 x + 2,6015$	0,5070
	Zn		$y = -217,96 x^2 + 135,63 x + 9,8975$	0,3057
Нога	Cd		$y = -9,5015 x^2 + 6,7553 x + 0,1732$	0,3146
	Cu		$y = -57,045 x^2 + 38,362 x + 8,4891$	0,3753
	Pb		$y = -10,474 x^2 + 7,0313 x + 1,599$	0,1929

Мантия	Zn	$y = -161,71 x^2 + 104,64 x + 30,454$	0,5982
	Cd	$y = -40,922 x^2 + 12,838 x + 3,1208$	0,4771
	Cu	$y = -67,89 x^2 + 26,335 x + 2,1631$	0,3321
	Pb	$y = -67,271 x^2 + 25,76 x + 2,0743$	0,5209
	Zn	$y = -146,03 x^2 + 60,305 x + 3,4091$	0,3764
Гемолимфа	Cd	$y = -0,1015 x^2 + 0,2086 x + 0,3586$	0,3731
	Cu	$y = -2,6887 x^2 + 7,3127 x + 2,9459$	0,4423
	Pb	$y = -1,1916 x^2 + 2,9591 x + 2,2340$	0,3958
	Zn	$y = -2,5085 x^2 + 5,3277 x + 10,265$	0,4803

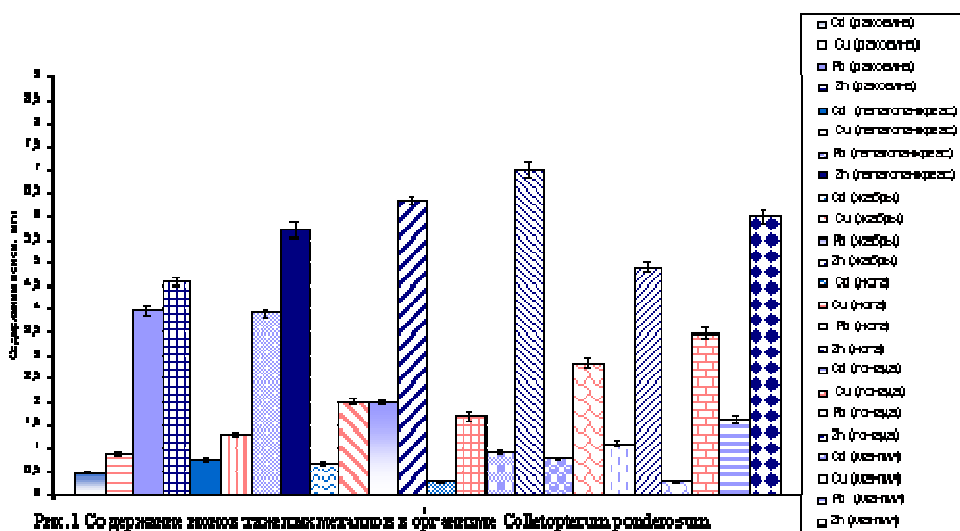


Рис.1 Содержание ионов тяжелых металлов в органах *Colletopterum ponderosum*

Цинк активно циркулирует в водной среде в результате различных геологических и геохимических процессов [3]. Он является одним из важнейших микроэлементов, входит в состав ферментов (карбоангидраз, дегидрогеназ, фосфатаз, протеиназ, пептидаз и т.п.), играет существенную роль в стабилизации рибосом и биополимеров [7]. От его внутриклеточного содержания зависит прохождение гликолитических и окислительных процессов. Исследование накопления этого микроэлемента в различных органах и тканях пресноводных моллюсков показало, что у разных видов выстраиваются следующие ряды:

Lymnaea stagnalis Раковина < гемолимфа < мантия < нога < гепатопанкреас
Planorbarius purpura Раковина < мантия < гемолимфа < гепатопанкреас < нога
Colletopterum ponderosum Гонада < раковина < гепатопанкреас < мантия < жабры < нога
Unio rostratus Гонада < мантия < жабры < гепатопанкреас < нога < раковина

Низкое содержание этого элемента в гонадах двустворчатых моллюсков объясняется тем, что они были собраны в период латентного состояния гонад.

Известно [3], что медь входит в состав тканей и органов в меньшем количестве, чем цинк. Доказана способность аккумулировать этот микроэлемент из окружающей среды либо захватом гидроокисей жабрами, либо хемосорбцией ионов на слизистой [3], либо поглощением её из донных отложений. Анализ собственных результатов исследования показал, что этот микроэлемент кумулируется следующим образом:

Lymnaea stagnalis гемолимфа < раковина < нога < гепатопанкреас < мантия
Planorbarius purpura мантия < раковина < гемолимфа < нога < гепатопанкреас
Colletopterum ponderosum раковина < гепатопанкреас < нога < жабры < гонада < мантия
Unio rostratus раковина < гепатопанкреас < нога < жабры < гонада < мантия

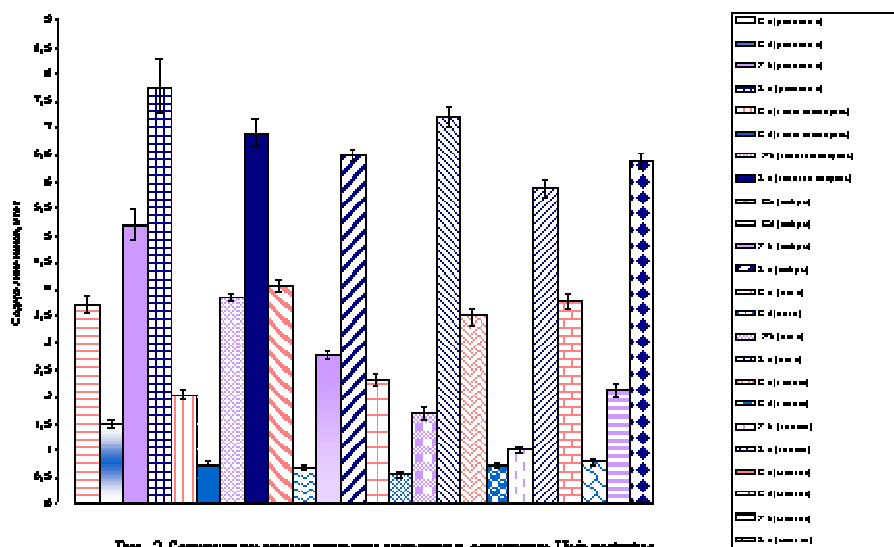


Рис. 2 Содержание ионов тяжелых металлов в организме *Unio rostratus*

Интересно отметить, что у брюхоногих моллюсков гепатопанкреас характеризуется высоким уровнем накопления этого иона. Это подтверждает общеизвестный факт, что гепатопанкреас может выполнять одну из функций печени теплокровных животных, а именно является депо ряда микроэлементов, прежде всего меди. Нами не обнаружено статистически достоверных различий в содержании одного и того же микроэлемента в органах и тканях моллюсков с одинаковым типом питания, что созвучно полученным экспериментальным данным по другим видам животных [8,9].

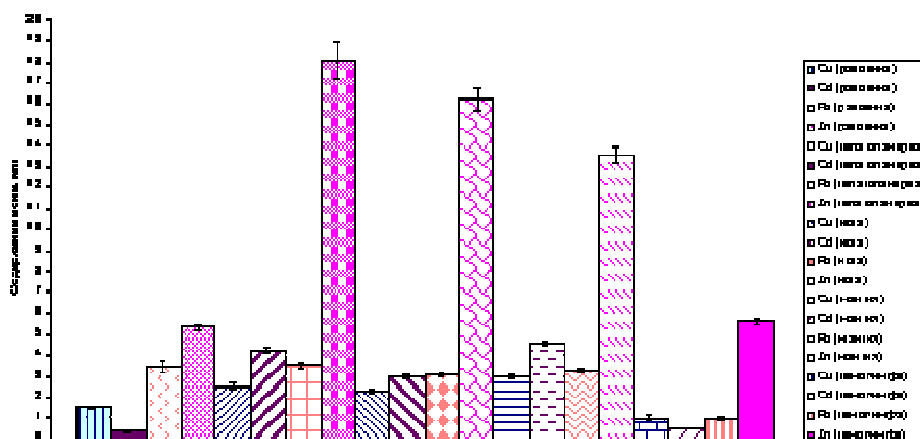


Рис. 3 Содержание ионов тяжелых металлов в организме *Lymnaea stagnalis*

Незначительная кумуляция свинца может быть на высоких трофических уровнях, характерных для беспозвоночных [10]. Исследования уровня накопления ионов свинца в различных органах и тканях моллюсков показали, что он распределяется в них следующим образом:

- Lymnaea stagnalis* гемолимфа < нога < мантия < раковина < гепатопанкреас
- Planorbarius purpura* раковина < нога < гепатопанкреас < гемолимфа < мантия
- Colletopterum ponderosum* нога < гонада < мантия < жабры < гепатопанкреас < раковина
- Unio rostratus* гонада < нога < мантия < жабры < гепатопанкреас < раковина

Для многих групп моллюсков также наблюдается интенсивное накопление свинца в раковине [10].

Биологическая роль такого химического элемента как кадмий еще не выяснена. Для этого микроэлемента выявлены следующие ряды кумуляции:

- Lymnaea stagnalis* раковина < гемолимфа < нога < гепатопанкреас < мантия
- Planorbarius purpura* гемолимфа < раковина < нога < гепатопанкреас < мантия
- Colletopterum ponderosum* нога < мантия < раковина < жабры < гонада < гепатопанкреас
- Unio rostratus* нога < жабры < гонада < гепатопанкреас < мантия < раковина

Максимальная концентрация кадмия у большинства видов наблюдается во внутренних органах, что вызвано присутствием в них кадмийсодержащих металлотионеинов [10].

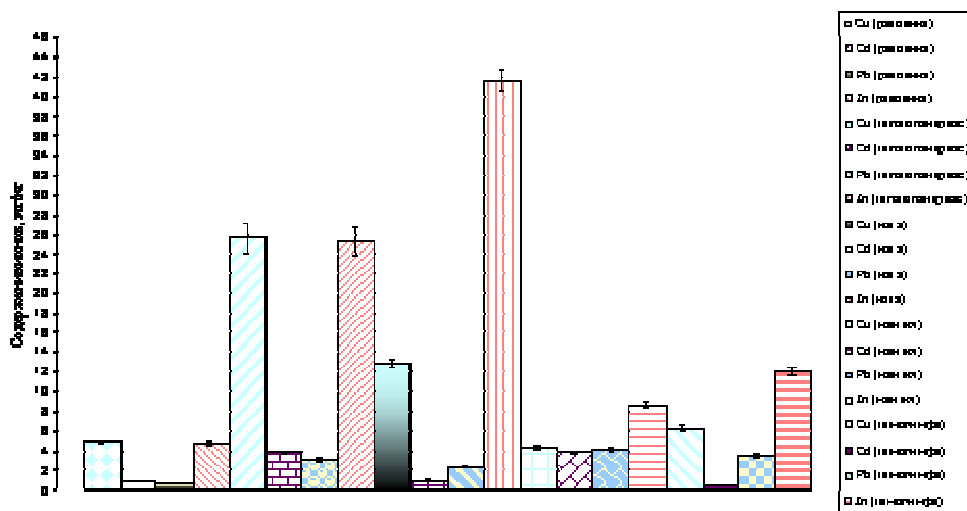


Рис. 4 Содержание ионов тяжелых металлов в организме *Rissoida rufica*

Таким образом, исходя из полученных данных, можно отметить, что тяжелые металлы распределяются по органам и тканям не равномерно. Неодинаковое их соотношение, вероятно, обусловлено их различной физиологической функцией в организме моллюсков. Возможно, микроэлементы в организме гидробионтов распределяются неоднородно, подчиняясь общим закономерностям, обусловленным функциональными и морфофизиологическими особенностями органов и тканей, а также различными физико-химическими свойствами самих металлов [11].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комаровский Ф.Я., Полищук Л.Р. Ртуть и другие тяжелые металлы в водной среде: миграции, накопление, токсичность для гидробионтов (обзор) // Гидробиол. журн., 1981. – Т.17. – №5. – С.71-83.
2. Ковальский В.В. Геохимическая экология. – М.: Наука, 1974. – 299 с.
3. Горовая С.Л., Столярова С.А. Физиолого-биохимические показатели рыб водоёмов Белоруссии. – Мн.: Наука и техника, 1987. – 157 с.
4. Devis L.T. Metyl mercury in fish [Report from an Expert group FAO. – FAO, Stockholm, 1971. – 364 p.
5. Никаноров А.М., Жулидов А.В., Покаржевский А.Д. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 144 с.
6. Лакин Г. Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1973. – 343 с.
7. Удрис Г.А., Нейланд Я.А. Биологическая роль цинка. – Рига, 1981. – 180 с.
8. Евтушенко Н.Ю. Биоаккумуляция микроэлементов в органах и тканях рыб с различным типом питания при тепловом выращивании // Гидробиол. журн., 1996. – Т. 32. – №3. – С.89-101.
9. Ситник Ю.М. Вміст важких металів в організмі риб межиріччя Прип'яті та Стоходу // Наукові записки. Серія біологія, 2001. – №3(14). – С. 228-229.
10. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. – М.: Мир, 1987 – 288 с.
11. Евтушенко Н.Ю., Данилко О.В. Особенности накопления тяжелых металлов в тканях рыб Кременчугского водохранилища // Гидробиол. журн., 1996. – Т. 32. – № 4. – С.58-66.

Матеріал надійшов до редакції 10.08.01.

Киричук Г.Е. Особенности накопления ионов тяжелых металлов пресноводными моллюсками

Обсуждаются особенности накопления ионов тяжелых металлов в зависимости от типа питания моллюсков. Определен уровень кумуляции Cd, Zn, Pb, Cu в разных тканях и органах этих животных. Выведены уравнения полиномиальной зависимости накопления ионов тяжелых металлов от веса органа

Kirichuk G.Ye. Peculiarities of cumulation of heavy-metal ions by freshwater mollusks.

The article deals with peculiarities of cumulation of heavy-metal ions depending on the type of mollusks' food. The level of cumulation of Cd, Zn, Pb, Cu in different tissues and organs of these animals has been determined. The author has derived the equations of polynominal dependence of heavy-metal-ion cumulation on the weight of the organ.