

Проучване процесите на разпределение, депониране и трансфер на мед (Cu) в организма на риби

Илиана Г. Велчева, Богдан Н. Николов

ПУ " Паисий Хилендарски", Биологически факултет,
Катедра „Екология и ООС“, ул. "Цар Асен" 24, 4000 Пловдив
E-mail: anivel@uni-plovdiv.bg

Abstract. By applying mathematical approaches we studied the distribution of copper in organs and tissues of *Alburnus alburnus* and *Perca fluviatilis* from "Topolnitsa" Dam Lake. A deposit of the metal in the kidneys and liver was recorded. We found out that the surveyed species are macroconcentrators of cadmium and zinc and there is a process biomagnification of heavy metals in the trophic levels.

Key words: *Pices, Alburnus alburnus, Perca fluviatilis*, heavy metals, transfer.

Въведение

Замърсяването на почвите, въздуха и водите с тежки метали оказва негативно влияние върху природните екосистеми. Това е особено ясно изразено в такива, разположени се в близост до антропогенни източници на замърсяване. Язовир "Тополница" се намира в район, подложен на постоянно дългогодишно замърсяване с тежки метали VELCHEVA (2001). Основните замърсители в района на яз. "Тополница" са свързани с добива и преработка на медни руди в МОК Асарел - Медет ЕАД - гр. Панагюрище, МДК - гр. Пирдоп и флотационна фабрика в с. Челопеч.

Проучването и установяване на съдържанието, разпределението и трансфера по трофичните нива на

тежките метали представлява интерес за редица специалисти. Подобни данни се срещат в работите на AL-YOUSUF *et al.* (2000), GBEM *et al.* (2001), MANSOUR & SIDKY (2002), PAPAGIANNIS *et al.* (2004).

RUANGSOMBOON & WONGRAT (2006), ABDULLAH *et al.* (2007), YILMAZ *et al.* (2007), ALIBABIĆ & BAJRAMOVIĆ (2007).

VELCHEVA & NONCHEVA (2001) и NONCHEVA & VELCHEVA (2001) чрез прилагане на различни математически подходи описват модели на разпределение и взаимозависимости между съдържанието на тежки метали в органите и тъканите на риби.

С разработване на настоящата работа си поставихме за цел чрез прилагане на различни математически подходи да проучим разпределението, депонира-

нето и трансфера на мед (Cu) в органи и тъкани на *Alburnus alburnus* и *Perca fluviatilis* от язовир „Тополница“.

Материал и методи

В хода на проучването са използвани база данни за съдържание на тежките метали кадмий и цинк във водата и организма на *Alburnus alburnus* и *Perca fluviatilis* от язовир „Тополница“.

За установяване съдържанието на мед на анализ са подложени хриле, кости, мускули, храносмилателна система, черен дроб и бъбреци от двата вида риби.

Съдържанието на мед е определяно по метода на атомно – абсорбционната спектрофотометрия (ААС) с ацетилен въздушен пламък на апарат Percin Elmer 308 в Централната химична лаборатория на Института за цветни метали - Пловдив.

За установяване степента на биоаккумуляция е приложен предложението от ПЕРЕЛМАН (ПО НИКАНОРОВ, 1985) коефициент на биоаккумуляция (КБ), който представлява отношението между съдържанието на метала в организма (органа) и съдържанието на метала във водата. В зависимост от стойността му според НИКАНОРОВ *et al.* (1985), животните хидробионти могат да се определят като макроконцентратори (КБ > 2); микроконцентратори (КБ = 1 до 2) и деконцентратори (КБ < 1).

Използван е и т.нар. коефициент на биомагнификация (биологично усиление), дефиниран от AMIARD & AMIARD-TRIQUET (1977), чрез които се установява биологично натрупване или акумулиране в по-високите нива на трофичната верига:

$$КБМ = \frac{\text{конц. на метала в трофично ниво } x}{\text{конц. на метала в трофично ниво } x - 1}$$

В изследването костура е разгледан като вид на от трофичното ниво на хищниците, а уклеjkата е представена като вид на предходното трофично ниво - планктонояд.

При математическата обработката на резултатите е използвана програмата STATISTICA 5.1. Съдържанието на тежки метали при рибите е сравнявано по сезони, между видовете, между органите, между самите метали, между съдържанието на металите във водата и това в организма на рибите. Приложени са параметрични критерии за статистически хипотези и тяхната проверка. Използван е Т-критерият на Стюдънт, приложим за малък брой извадки ($n < 30$). Сравненията са извършени чрез оценка на средната разлика между извадки с двойки свързани зависими варианти. Резултатите са подложени и на корелационен анализ, чрез който става отчитане на коефициентите на корелация A_{xy} и степента на значимост на взаимовръзката. Проведен е и клъстерен анализ за групиране в сходни клъстери на изследваните органи според степента им на биоаккумуляция на тежките метали.

Резултати и Дискусия

Съдържание на Cu в тъканите и органите на *Perca fluviatilis* и *Alburnus alburnus*

В Табл. 1 са представени резултатите за количеството на медта във водите на язовир „Тополница“. Най-висока концентрация на Cu е отчетена през летния период (0,516 mg/l). Нивото на натрупване не е много високо, въпреки наблюдаваните за някои месеци (февруари, април, юни, юли, октомври) надвишения на концентрацията на Cu над ПДК за води втора категория в рамките на 1 до 5 пъти.

Таблица 1. Съдържание на мед във водата на яз. "Тополница" по сезони

Сезон	Cu (mg/l)
Зима	0,309
	0,044
Пролет	0,108
	0,046
Лято	0,110
	0,516

Резултатите получени при изследване на съдържанието на мед в организма на *Perca fluviatilis* и *Alburnus alburnus* са представени на Табл. 2.

Резултатите показаха, че независимо от сезона се наблюдава тенденция за депониране на мед в два органа – бъбреци и черен дроб и за двата вида риби, независимо от различното им трофично ниво.

На базата на проведените t-test не се доказва достоверна разлика между съдържанието на Cu в организма на двата вида риби през сезоните Зима – Пролет, въпреки че през пролетта установените нива на метала са по-високи. Количеството мед в изследваните органи на двата вида риби е достоверно по-високо през лятото в сравнение с пролетта и зимата ($p < 0,01$).

Таблица 2. Съдържание на Cu в тъканите и органите на *Perca fluviatilis* и *Alburnus alburnus* по сезони, (mg/kg)

Сезон	Вид риба	Органи					
		черен дроб	бъбреци	хран. с-ма	мускули	хриле	кости
Зима	<i>Perca fluviatilis</i>	53,5714	69,4444	37,1991	21,0755	51,8018	57,8103
		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	<i>Alburnus alburnus</i>	41,6666	1791,6666	143,1451	35,0130	36,1842	24,3710
		189,2857	500,0000	55,2486	30,8056	44,7247	28,1791
Пролет	<i>Perca fluviatilis</i>	60,1265	509,6153	48,8721	24,3902	49,1803	36,6300
		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	<i>Alburnus alburnus</i>	110,6060	2266,6666	41,4325	30,8056	46,6216	30,4428
		191,1326	515,6250	30,2835	25,8620	41,6666	23,4716
Лято	<i>Perca fluviatilis</i>	83,3333	283,3333	33,3333	30,0802	34,8837	30,9523
		222,9166	1267,8571	29,3209	28,9634	40,5701	34,6534
	<i>Alburnus alburnus</i>	267,3157	1866,0714	48,2456	30,3738	50,6756	48,2456
		500,0000	1736,1111	39,6341	31,4685	83,3333	46,6101

Ние считаме, че влиянието на сезона като фактор, определящ постъпването на мед в организма на рибите се свежда до повлияване на физиологичната им активност. Това е свързано с постъпването в организма на рибите на различно количество от метала. В зависимост от сезона то по-бързо и лесно или по-бавно се пренася в тъканите и органите. Депонирането

става винаги в специфични органи, независимо за кой сезон се отнася.

При статистическа обработка на данните (t-test) се доказва, че достоверно по-високо е съдържанието на мед в *Alburnus alburnus* в сравнение с това при *Perca fluviatilis* ($p < 0,001$).

Математическият анализ за установяване степента на различие между нивото на мед в изследваните органи показва, че

то е по-високо в костите спрямо мускулите, в бъбреците спрямо черен дроб, в черен дроб спрямо храносмилателна система, в храносмилателна система спрямо хриле. ($p < 0,01$).

В тази връзка можем да посочим следния ред на акумулиране на мед в организма на изследваните видове риби: *бъбреци > черен дроб > храносмилателна система > хриле > кости > мускули*.

При проведеният корелационен анализ се доказва, че съществува зависимост при натрупването на мед само между кости и мускули и при двата вида изследвани риби. Корелативна зависимост между нивата на мед в останалите органи не се установи.

Общо и за двата вида риби се наблюдава сезонна вариация в съдържанието на мед. Увеличаването на количеството на метала по сезони е в следния порядък: *зима < пролет < лято*.

Нашите резултати за разпределение на мед в организма на рибите сочат най-високи нива в черен дроб и бъбреци и са сходни с посочените от AMUNDSEN *et al.* (1997), HAS-SCHÖN *et al.* (2008), WAQAR (2005).

Те доказват влияние на фактора сезон върху процесите на постъпване и разпределение на тежките метали в организма на рибите и са подобни и на тези на други автори (MANSOUR & SIDKY, 2002; KARADEDE-AKIN & UNLÜ, 2007), които също установяват най-високи нива на металите през лятото.

Коефициент на биоаккумуляция (КБ) при изследваните видове риби

Коефициентът на биоаккумуляция (Табл. 3) е изчислен на база средното съдържание на мед в организма на двата вида риби по сезони, съотнесено към това във водата на язовир "Тополница".

Таблица 3. Коефициент на биоаккумуляция на мед

Сезон	Видове риби	
	<i>Perca fluviatilis</i>	<i>Alburnus alburnus</i>
Зима	147,7417	605,1221
Пролет	924,4183	2133,9794
Лято	480,1171	869,3019

Получените резултати за КБ показват, че е налице доказана биоаккумуляция в рибите, като тя достига до 2133 спрямо нивото на метала във водата.

Според класификацията на НИКАНОРОВ (1985) изследваните видове риби – *Perca fluviatilis* и *Alburnus alburnus* се отнасят към така наречените „макроконцентратори“ по отношение на тежки метали, за които е характерен КБ по-висок от 2. Подобен резултат са получили и RUANGSOMBOON & WONGRAT (2006).

Проведеният корелационен анализ доказва зависимост между концентрацията на Cu във водата и разпределението му по органи само при вида *Perca fluviatilis* ($p < 0,001$). При вида *Alburnus alburnus* не се доказва такава. Полученият от нас резултат потвърждава изказаната по-горе хипотеза за водещия път на храненето при постъпването на тежките метали в организма на рибите.

Коефициент на биомагнификация (КБМ) при изследваните видове риби

Коефициентът на биомагнификация би могъл да се разглежда като модел за доказване начина на движението на тежки метали по звената на трофичната верига във водните екосистеми.

Той е критерий за доказване на процеса на увеличаване съдържанието

на тежките метали по трофичната верига. Резултатите от нашето изследване са представени в табл. 4.

Таблица 4. Коефициент на биомагнификация на Си

Сезон	Стойност на КБМ
Зима	0,2442
Пролет	0,4332
Лято	0,5523

Анализирайки получените резултати бихме могли да посочим, че по отношение на медта не се наблюдава ясно изразен процес на биомагнифициране, въпреки по високите нива на метала в организма на *Perca fluviatilis*, КБМ не превишава 1.. BURGER *et al.* (2002) посочват също увеличаване на нивото на метали по трофичната верига.

Изводи

1. В организма на *Alburnus alburnus* и *Perca fluviatilis* се наблюдава тенденция за депониране на мед основно в два органа – бъбреци и черен дроб, независимо от различното трофично ниво на рибите.

2. Установена е сезонна динамика в съдържанието на тежките метали, като най-високо ниво се доказва през сезон лято.

3. Изследваните видове риби – *Perca fluviatilis* и *Alburnus alburnus* се отнасят към така наречените „макроконцентратори“ по отношение на тежки метали, за които е характерен КБ по-висок от 2.

4. Процес на биомагнифициране не се доказва ясно.

Литература

- НИКАНОРОВ А. М., А. В. ЖУЛИДКОВ, А. Л. ПОКАРЖЕВСКИЙ. 1985. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах, Л. Гидрометеоиздат.
- ABDULLAH S., M. JAVED AND A. JAVID. 2007. Studies on Acute Toxicity of Metals to the Fish (*Labeo rohita*)л - *International Journal of Agriculture & Biology*,. 9(2): 333-337.
- ALIBABIĆ V., N. VANČIĆ AND M. BAJRAMOVIĆ. 2007. Bioaccumulation of Metals in Fish of Salmonidae Family and the Impact on Fish Meat Quality. - *Environmental Monitoring and Assessment*, 131(1-3): 349-364.
- AL-YOUSUF M., S. EL-SHAHAWI, S. AL-GHAIS. 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. - *The Science of the Total Environment*, 256(2-3): 87-94.
- AMUNDSEN P.-A., F. STALDVIK, A. LUKIN, N. KASHULIN, O. POPOVA, Y. RESHETNIKOV. 1997. Heavy Metal Contamination in Freshwater Fish from the Border Region between Norway and Russia. - *Science of the Total Environment*, 201(3): 211-224.
- BURGER J., K. GAINES, C. BORING, W. STEPHENS, J. SNODGRASS, C. DIXON, M. MCMAHON, S. SHUKLA, T. SHUKLA, M. GOCHFELD. 2002. Metal Levels in Fish from the Savannah River: Potential Hazards to Fish and Other Receptors. - *Environmental Research*, 89(1): 85-97.
- GBEM T., J. BALOGUN, F. LAWAL, P. ANNUNE. 2001. Trace metal accumulation in *Clarias gariepinus* (Teugels) exposed to sublethal levels of tannery effluent. - *The Science of the Total Environment*, 271(1-3): 1-9.
- HAS-SCHÖN E., I. BOGUT, V. RAJKOVIĆ, S. BOGUT, M. ČAČIĆ, J. HORVATIĆ. 2008. Heavy Metal Distribution in Tissues

- of Six Fish Species Included in Human Diet Inhabiting Freshwaters of the Nature Park "Hutovo Blato" (Bosnia and Herzegovina). - *Environmental Contamination & Toxicology*, 54: 75-83.
- KARADEDE-AKIN H., E. UNLÜ. 2007. Heavy metal concentrations in water, sediment, fish and some benthic organisms from Tigris river, Turkey, *Environmental Monitoring Assessment*, 131(1-3): 323-337.
- MANSOUR S., M. SIDKY. 2002. Ecotoxicological Studies. 3. Heavy Metals Contaminating Water And Fish from Fayoum Governorate, Egypt. - *Food Chemistry*, 78(1): 15-22.
- MURUGAN S., R. KARUPPASAMY, K. POONGODI, S. PUVANESWARI. 2008. Bioaccumulation Pattern of Zinc in Freshwater Fish *Channa punctatus* (Bloch.) after Chronic Exposure. - *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 8: 55-59.
- NONCHEVA V., I. VELCHEVA. 2001. Heavy Metals Content in the Organs of Freshwater Fish: a Statistical Study. - In: Cheshankov B, M. Todorov (Eds.), *Applications of Mathematics in Engineering and Economics ' 26*, Heron Press, Sofia, 2001, pp. 217-219.
- PAPAGIANNIS I., I. KAGALOU, J. LEONARDOS, D. PETRIDIS AND V. KALFAKAKOU. 2004. Copper And Zinc In Four Freshwater Fish Species From Lake Pamvotis (Greece). - *Environment International*, 30(3): 357-362.
- RUANGSOMBOON S., L. WONGRAT. 2006. Bioaccumulation of cadmium in an experimental aquatic food chain involving phytoplankton (*Chlorella vulgaris*), zooplankton (*Moina macrocopa*), and the predatory catfish *Clarias macrocephalus* × *C. gariepinus*. - *Aquatic Toxicology*, 78(1): 15-20.
- VELCHEVA I., V. NONCHEVA. 2001. Forecasting the Zinc (Zn) Content in the Muscles of the Freshwater Fish. - *Acta Zoologica Bulgarica*, 52(2): 91-96.
- VELCHEVA, I. 2001. Contents and transfer of copper in freshwater fish. - *BIOS, Scientific Annals of School of Biology of Aristotle University of Thessaloniki (Macedonia, Greece)*, 6: 49-60.
- WAQAR A. 2005. Accumulation of Heavy Metals in Kidney and Heart Tissues of *Epinephelus microdon* Fish from the Arabian Gulf. - *Environmental Monitoring and Assessment*, 101(1-3): 311-316.
- YILMAZ F., N. ÖZDEMİR, A. DEMIRAK, A. TUNA. 2007. Heavy metal levels in two fish species *Leuciscus cephalus* and *Lepomis gibbosus*, *Food Chemistry*, 100(2): 830-835.

A Study on the Processes of Distribution, Accumulation and Transfer of Copper (Cu) in the Organisms of Fishes

Iliana G. Velcheva, Bogdan N. Nikolov

University of Plovdiv, Faculty of biology,
Department of Ecology and Environmental
Conservation, 24 Tsar Assen Str., 4000 Plovdiv, BG
E-mail: anivel@uni-plovdiv.bg

Summary. By applying mathematical approaches we studied the distribution of copper in organs and tissues of *Alburnus alburnus* and *Perca fluviatilis* from "Topolnitsa" Dam Lake. A deposit of the metal in the kidneys and liver was recorded. We found out that the surveyed species are macroconcentrators of cadmium and zinc and there is a process biomagnification of heavy metals in the trophic levels.

Received: 19.05.2009

Accepted: 07.07.2009