

УДК577.4/661.665.2:577.472:001.05

## ИХТИОФАУНА р. ДНЕПР КАК БИОИНДИКАТОР ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Андрусишина И.Н., Андрейченко С.В., Голуб И.А.

Институт медицины труда АМН Украины,  
ул. Саксаганского 75, 01033 г. Киев, Украина

**Актуальность проблемы:** В последние годы антропогенное загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами становится одной из ощутимых угроз для всех живых организмов, включая человека. Проблема усугубляется способностью тяжелых металлов накапливаться и длительное время удерживаться на всех уровнях экологической пирамиды, что может привести к отдаленным эффектам, так как многие тяжелые металлы являются канцерогенными и мутагенными веществами.

Обладая хорошо развитой промышленностью, разветвленной транспортной сетью и огромным жилым фондом, Киев и сеть городов, расположенных на Днестре выбрасывают значительное количество промышленных и бытовых отходов, которые не всегда перерабатываются должным образом, а попадая в водоемы могут представлять опасность для гидробионтов. Значительное загрязнение тяжелыми металлами и радионуклидами экосистемы р.Днепр оказала авария на ЧАЭС. Это наносит значительный вред популяции гидробионтов р.Днепр, включая ихтиофауну – рыб.

Известно, что рыбы являются адекватным индикатором состояния водоемов. Качественный и количественный анализ состава ихтиофауны, биологическое состояние особей, содержащих тяжелые металлы позволяет выявить степень загрязнения водоема и может служить важным показателем при комплексной экологической оценке состояния водной экосистемы, явиться предпосылкой для прогнозирования качества здоровья людей.

### Материалы и методы

Данная работа посвящена исследованию особенностей накопления тяжелых металлов в воде [1-4] и тканях рыб [5-6], обитающих в водохранилищах р. Днепр (Киевского, Каховского и Кременчугского) и водоеме-охладителе ЧАЭС. Опреде-

ление содержания свинца, железа, меди и цинка в органах и тканях рыб проводилось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии в пламени после влажной минерализации проб. Уровни содержания Pb, Fe, Cu и Zn определяли в тканях (печень, мышцы, жабры и кости) рыб рода сомовых (*Silurus glauis*), окуневых (*Lucioperca*, *Perca fluviatilis*), щучьих (*Esox*) и карповых (*Cyprinus carpio*, *Carassius*, *Abramis brama*, *Rutilus*, *Blicca bjoekna*, *Aspius aspius*), отловленных в 1993-1994 г.г. Полученные результаты обработаны математически с использованием компьютерной программы «Statistica.»

### Результаты исследования и их обсуждение

В печени рыб, выловленных из 3-х водохранилищ р.Днепр, выявленное содержание тяжелых металлов было выше, чем их концентрация в воде, что обусловлено способностью данных представителей ихтиофа-

Таблица 1.

Содержание тяжелых металлов в воде и печени рыб 3-х водохранилищ р. Днепр (M ± m, мкг/г)

Водоем	Роды рыб	Pb	Cu	Fe	Zn
Киевское	Карповые	10,01±0,32	9,23±0,62	179,23±10,34	16,92±1,41
	Щучьи	36,4±2,70*	24,08±1,31*	203,40±27,57	32,98±4,08*
	Окуневые	14,04±1,90*	8,26±1,69	47,97 ±2,89*	12,03 ±2,98
	Сомовые	21,11±1,19*	5,55±0,78*	44,44±1,96*	12,22± 2,05*
	Вода	0,33 ±0,05	0,10 ±0,01	0,30±0,06	0,12± 0,02
Кременчугское	Карповые	9,53± 0,29 <sup>a</sup>	19,06±6,19	51,58±11,72 <sup>a</sup>	52,32±2,36 <sup>a</sup>
	Щучьи	22,64 ±1,42 <sup>а*</sup>	7,07± 0,31 <sup>a</sup>	233,71 ±34,41	78,22 ±4,25 <sup>а*</sup>
	Окуневые	6,69± 0,38 <sup>а*</sup>	2,23±0,21 <sup>a</sup> *	40,59 ±1,67 <sup>а*</sup>	23,42 ±1,39 <sup>а*</sup>
	Сомовые	2,81± 0,25 <sup>а*</sup>	1,76±0,39 <sup>a</sup> *	15,80± 2,42 <sup>а*</sup>	21,07 ±1,14 <sup>а*</sup>
	Вода	0,22± 0,01	0,10± 0,01	0,24± 0,04	0,33± 0,07 <sup>a</sup>
Каховское	Карповые	39,88±1,51 <sup>a</sup>	19,73±4,47 <sup>a</sup>	62,26 ±15,48 <sup>a</sup>	31,42 ±4,08 <sup>a</sup>
	Щучьи	26,47± 7,17*	29,28 ±5,16	68,98± 13,02 <sup>a</sup>	169,13±16,27 <sup>*</sup>
	Окуневые	15,03 ±5,19*	1,92± 0,68 <sup>а*</sup>	25,36± 9,02 <sup>а*</sup>	36,12 ±4,15 <sup>a</sup>
	Сомовые	11,97± 1,14 <sup>а*</sup>	1,08±0,10 <sup>a</sup> *	10,93±1,45 <sup>а*</sup>	30,91±2,36 <sup>a</sup>
	Вода	0,42± 0,19	0,11± 0,02	0,15±0,01 <sup>a</sup>	0,88± 0,07 <sup>a</sup>

Примечание: \* — статистически достоверные изменения показателей ( $p \leq 0,05$ ) при сравнении по родам рыб, а – при сравнении между водоемами.

уны накапливать тяжелые металлы (таблица 1). Наибольшее содержание тяжелых металлов выявлено у рода щучьи и сомовые, обитающих во всех исследуемых водоемах. Содержание свинца в печени у карповых Каховского водохранилища в 4 раза больше его уровня в печени у этого рода рыб, обитающих в Киевском водохранилище. При этом также были определены высокие уровни содержания свинца у щучьих и сомовых в Киевском водохранилище по сравнению с содержанием у этих рыб двух других водоемов в 1,37 и 1,77 раза. Уровни содержания свинца в воде были наиболее высокими в Каховском водохранилище и превышали значение ПДК в 11-14 раз. Можно сказать, что содержание Pb зависит от конкретного водохранилища и обусловлено местом, которое данный вид рыб занимает в экосистеме и в пищевой цепи. Результаты наших исследований подтверждают факт, что уровни содержания тяжелых металлов и микроэлементов выше у хищных рыб [5-9].

Содержание меди в печени щучьих Киевского и Каховского водохранилищ были выше, по сравнению с другими родами рыб. В то же время, в печени карповых содержание меди в Кременчугском и Каховском водохранилищах больше по сравнению с уровнями обнаруженными у рыб Киевского водоема соответственно в 2,07 и 2,14 раза. Однако, содержание меди в печени у сомовых и окуневых во всех 3-х исследуемых водоемах было ниже, чем у других видов рыб.

Содержание же меди в воде 3-х водоемов не превышало нормативных значений (1 мг/л) и достоверно не изменялось.

Выявлены высокие уровни содержания железа в печени рыб рода карповых (в 2,88 раза) и щучьих (в 2,95 раза), обитающих в Киевском и щучьих (в 3,39 раза) в Кременчугском водохранилищах при сравнении с Каховским. Концентрация железа в воде Киевско-

го и Кременчугского водохранилищ была достоверно больше, чем в Каховском, но не превышала значений ПДК (0,15 мг/л).

Обнаружены значительные колебания уровня содержания цинка в печени у щучьих. Содержание меди в печени щук Кременчугского водохранилища было в 2,37, а Каховского в 5,13 раз больше уровня содержания меди в печени щук Киевского водоема. Уровень ее увеличивался по мере роста концентрации цинка в водоеме. Концентрация цинка в Каховском водохранилище была наибольшей и почти равнялась ПДК (0,88 мг/л). Пропорционально росту концентрации цинка в воде достоверно увеличивалось содержание цинка в печени рыб (карповых, окуневых и сомовых) и было наибольшим в Каховском водохранилище.

Аккумуляция исследуемых металлов (свинца, меди, железа и цинка) обусловлена

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в тканях рыб (M ± m, мкг/г)

Водоем	Роды рыб	Органы	Pb	Cu	Fe	Zn
Водоём-охладитель ЧАЭС	Карповые	Жабры	32,50±22,21	10,68±0,20	43,02±2,35	155,97±2,57
		Мышцы	13,04±1,78	1,23 ±0,11	9,90±0,31	20,16 ±1,89
		Кость	19,33±0,10	1,3±0,79	45,84± 2,32	19,47 ±3,03
	Окуневые	Жабры	11,95±2,04* <sup>a</sup>	10,23±2,93	42,39 ±3,21	146,39±12,68
		Мышцы	14,19 ±0,47	1,06± 0,33 <sup>a</sup>	15,7±0,53*	7,10± 0,37*
		Кость	19,53±1,02	1,26±0,57	42,37±3,21	14,12±3,19
о. Саливонки	Карповые	Жабры	10,03 ±3,70	0,75± 0,15a	65,76±2,19 <sup>a</sup>	134,73 ±7,58
		Мышцы	14,26±2,11	0,53±0,03a	10,96±0,69	24,84±7,41
		Кость	21,09 ±7,50	1,66±0,31a	35,68±2,54	102,01±13,85 <sup>a</sup>
	Окуневые	Жабры	22,50±4,21* <sup>a</sup>	1,68±0,18* <sup>a</sup>	38,62±1,95*	35,93±3,67* <sup>a</sup>
		Мышцы	5,17±1,23*	0,62±0,17	14,02±0,67*	16,64±3,22 <sup>a</sup>
		Кость	34,48±5,19* <sup>a</sup>	1,27±0,46	35,50±3,41	111,56±10,10 <sup>a</sup>
Каховское в-ще	Карповые	Жабры	28,04±4,02 <sup>b</sup>	29,92 ±2,13 <sup>b</sup>	46,34 ±3,22	85,02 ±12,61 <sup>b</sup>
		Мышцы	13,17 ±0,29	1,63± 0,33		
		Кость				
	Окуневые	Жабры	37,04±7,12	31,92± 1,88 <sup>b</sup>	36,51± 5,27	95,02± 10,42 <sup>b</sup>
		Мышцы	13,50 ±0,21	1,30± 0,09		
		Кость				

Примечание:\* — статистически достоверные изменения показателей ( $p \leq 0,05$ ) при сравнении по родам рыб, а – при сравнении водоема-охладителя ЧАЭС и о. Саливонки между одним и тем же родом рыб, б — при сравнении водоема-охладителя ЧАЭС и Каховского водохранилища.

тем фактом, что у рыб, также как и у теплокровных животных печень является функциональным депо микроэлементов и токсичных металлов [5, 10].

В таблице 2 представлены данные содержания тяжелых металлов в жабрах, мышцах, кости двух родов — карповых и окуневых.

вых, обитающих в водоеме-охладителе ЧАЭС, о. Саливонки и Каховском водохранилище. Наибольшие уровни содержания тяжелых металлов выявлены в костях и жабрах рыб. Наибольшее содержание свинца было в жабрах карповых (в 2,71) по сравнению с окуневыми из того же водоема-охладителя ЧАЭС. Однако, в жабрах окуневых Каховского водохранилища в 2,79 раза уровень свинца был больше, чем у рыб водоема-охладителя ЧАЭС. Самое высокое содержание меди выявлено в жабрах карповых рыб водоема-охладителя ЧАЭС и обоих видов рыб Каховского водохранилища (в 39 и 19 раз соответственно). В результате исследований было установлено, что наиболее высокое содержание железа было в жабрах карповых о Саливонки (в 1,52 раза по сравнению с водоемом охладителем ЧАЭС).

Содержание цинка в жабрах обоих видов рыб водоема-охладителя ЧАЭС было больше в 1,16 и 1,44 раза при сравнении с о. Саливонки. В то время как в кости наблюдалось обратное соотношение. В костях и жабрах окуневых и карповых рыб содержание исследуемых элементов выше, чем в мышцах. Наибольшие уровни содержания свинца, железа и цинка выявлены в костях окуневых рыб водоема-охладителя ЧАЭС.

Тяжелые металлы, которые аккумулируются в иле, растениях и сбрасываемых в воду загрязняющих веществах особенно опасны для донных и нехищных родов рыб [11-12]. Особенно чувствительной к действию тяжелых металлов являются икра и ранние стадии развития рыб [13, 14]. Очевидно, поэтому самую большую нагрузку металлами имеют рыбы Каховского водохранилища, а высокие уровни Cu, Fe и Zn выявленные в органах рыб водоема-охладителя ЧАЭС следствие функции этого водоема.

Собственные результаты и результаты ряда исследователей свидетельствует, что содержание Pb в отдельных органах рыб может достигать 27,88 мкг/г. Содержание Cu в рыбе может находиться в пределах от 1,47 до 19,59 мкг/г, а содержание Zn достигать 104 мкг/г [5, 8, 10, 13]. При этом исследуемые уровни загрязнения воды могут не превышать уровней ПДК. Содержание тяжелых металлов (Fe, Cu и Zn) в костях и жабрах выше, чем в мышцах [9, 11]. Температура водоема имеет важное значение для накопления свинца тканями рыб, чем она выше, тем лучше накапливается металл [8]. По мере накопления металлов в тканях рыб последние можно сгруппировать в следующий ряд: мышцы

→кости→жабры→печень.

Полученные данные свидетельствуют о значительном загрязнении представителей ихтиофауны тяжелыми металлами, особенно свинцом и цинком, что может служить надежным индикатором антропогенного загрязнения экосистемы водоемов р. Днепр.

#### Литература

1. Самчук А.И., Казакевич Ю.Е., Данилова Е.Я., Хабазова Т.А., Емец Л.В., Кокот Т.К. Атомно-абсорбционное определение тяжелых металлов в природных водах // ЖАХ., 1988.-т.24,В.4.-с.629-631.
2. Ишмиярова Г.Р., Щербинина Н.И., Седых Э.М, Мясоедова Г.В., Вульфсон Е.К. Сорбционное концентрирование меди, свинца, кобальта, никеля и кадмия из морской воды и их электротермическое определение в суспензии сорбента //ЖАХ., 1988.-т.43,№11.-с.1981-1986.
3. Skwarzec B., Wojanowski R., Bolalek J. The determination of Cu, Pb, Cd and Zn in the southern Baltic water, suspension and sediments //Oceanologia.-1988.-№25.-С.75-85.
4. Guser S., Ozdemir N. Determination of Cd,Co, Cu, Ni, Pb an Zn in the waste waters by atonic absorption spectrometry //Fres.Z. and El.Chem.-1989.-Т.334, №7.-С.656.
5. Савицкая Ю.С. Содержание тяжелых металлов в некоторых органах рыб при антропогенном воздействии //Биол. основы изучения освоения и охраны животного и растит.мира, почвенного покрова Восточной Фенноскандии: Межд.конф. и выездная науч.сессия Отделения общей биологии Рос.акад. наук, Петрозаводск, 6-10 сент.1999.Тез докл.-Петрозаводск,1999.-с.158-159,287.
6. Agemian H.,Sturtevant D. Simultaneous Acid Extraction of Six Trace Metals from Fish Tissue by Hotblock Digestion and Determination by Atomic Absorption Spectrometry //Analyst.1980.-105,125.-С.1344-1356.
7. Соколов Л.И., Пегасов В.А., Шатуновский М.И., Соколова Е.Л., Кистенев А.Н., Гамеца А.А. Рыбы и мегаполис: состояние и проблемы //Животные в городе: Материалы наук.практ.конф.. Москва, 2000.-М.-2000.-с.61-63.
8. Хоменчук В.О., Курант В.З., Коновець І.М., Арсан В.О., Грубінко В.В. Вплив деяких фізико-хімічних параметрів водного середовища на накопичення важких металів в організмі коропа //Доп. Нац.АН України.-2000.-№5.-с.173-176.

9. Чупров С.М., Вышгородцев А.А., Васильева С.Г., Микроэлементы в тканях рыб как индикаторы состояния Красноярского водохранилища //1 Всес.конф. по рыбхоз.-токс., Рига, декабрь 1988. -Тез.докл. ч.2.- Рига.-1989.-с.194-196.
10. Winchester Robert V. Trace metal levels and fish from the Manukau Harbor, Auckland, New Zealand, related to a water pollution incident (Note)//N.Z.J.Mar and Freshwater Res.-1988.-22, №4.-С.621-624.
11. Arway J.A. The environmental significance of toxic metals found in fish collected throughout the coalfields of Pensilvania / Inf.Circ.Bur.Mines.USDep.Inster.-1988.— №9.-С.154-160.
12. Mourad M.,Wahby O. Physiological and histological changes in Tilapia zillii (Gerv.)exposed to sublethal concentrations of the effluent of the Egyptian Copper Works //Acta ochthyol.et pisc.-1999.-29, №2.-С.73-80.
13. Alsop D.H., Wood Ch.M. Kinetic analysis of zinc accumulation in the gills of juvenile rainbow trout: Effects of zinc accumulation and implications for biotic ligand modeling // Environ.Toxicol. and Chem.-2000.-19, №7.-С.1911-1918.
14. Rayment G.E., Barry G.A. Indicator tissues for heavy metal monitoring – additional attributes //Mar.Pollut.Bull.-2000.-41, №7-12.-С.353-358.

**Summary**  
**ICHTHYOFAUNA OF R.DNIEPER AS A BIOINDIKATOR OF ECOSYSTEM CONTAMINATION BY HEAVY METALS**  
*Andrusishina I.N., Andreychenko S.V., Holub I.A.*

They have investigated accumulation of lead, iron, copper and zinc in fishes' liver, branchiae, muscles and bones. The investigation has been done in the storage lakes of the Dnieper. The fishes dwelling in a reservoir – cooler of the Chernobyl atomic electric power had the largest content of lead in their bodies, while the amount of zinc predominated in the fishes from the Kakhovka storage lake. Heavy metals content depends on a storage lake and is conditioned by a fish place in a given ecological system and food chain.

Исследовано накопление свинца, железа, меди и цинка в печени, жабрах, мышцах и кости в теле рыб водохранилищ р. Днепр. Показано, что содержание свинца в теле рыб было наибольшим в водоеме-охладителе ЧАЭС, а цинка — в Каховском водохранилище. Содержание тяжелых металлов зависит от конкретного водохранилища, а также обусловлено местом, которое данный вид рыб занимает в экосистеме и в пищевой цепи.

## ИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО ОПЫТА ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ, СВЯЗАННЫХ С РАЗЛИВАМИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ РТУТИ НА ОБЪЕКТАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

*Литюк В.Н., Крамаревич П.Ф., Ничипорчук А.А.*

*СЭС на Львовской железной дороге*

*Ключевые слова: металлическая ртуть, аварийные ситуации, мероприятия по ликвидации, демеркуризация.*

На протяжении последних лет на объектах инфраструктуры Львовской железной дороги (производственные помещения, вокзалы, подвижной состав) имели место отдельные случаи розливов ртути. Характерный случай произошел в 2000 году на вокзале станции С., где в 14-30 один из пассажиров по неосторожности разлил ртуть в кассовом зале вокзала. Ртуть в капельном состоянии (наблюдалась визуально) находилась на полу кассового зала на площади около 10-12 м<sup>2</sup>. Помещения вокзала были закрыты для доступа пассажиров.

Несмотря на то, что о данном случае были уведомлены администрация станции, представители районного отдела Министерства чрезвычайных ситуаций и санитарно-эпидемиологическая служба города С., до 20-30 вечера (то есть больше 6 часов) на месте разлива ртути не было проведено никаких предупредительных мероприятий по локализации и ликвидации аварийной ситуации, предупреждению проникновения ртути в толщу пола на месте разлива, что в дальнейшем усложнило проведение мероприятий по удалению ртути.

В 20-30 на ст. С. прибыли специалисты СЭС на Львовской железной дороге, которые тщательно обследовали место разлива и немедленно организовали сбор видимых остат-