

УДК 597-1,044:546.3/.7 Т
ББК 28.693.32-7:24.115.1

М. Ф. Вундцеттель, Н. В. Кузнецова

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ РЫБ РЕКИ ЯХРОМА

M. F. Vundtsettel, N. V. Kuznetsova

HEAVY METALS IN THE ORGANS AND TISSUES OF THE YAKHROMA RIVER'S FISHES

В ихтиофауне р. Яхрома выявлено 17 видов рыб из 6 семейств. По экологическим характеристикам все они относятся к типичным представителям фауны малых равнинных рек, многие из них характерны и для стоячих водоемов. Нижнее течение реки отличалось большим видовым разнообразием по сравнению с другими участками. Здесь встречались преимущественно рыбы, предпочитающие местообитание с замедленным течением. Распределение металлов в организме рыб характеризуется неравномерностью и зависит от свойств самого металла и функциональных особенностей органов, в частности их кумулятивной активности.

Ключевые слова: река, ихтиофауна, тяжелые металлы, аккумуляция.

In the ichthyofauna of the Yakhroma River there have been found 17 different kinds of fish of 6 families. According to the ecological characteristics all of them are typical for the small flat rivers' fauna. Many of them are typical for dead-water basins. The downstream of the river is characterized with a wide variety of species. Fish inhabiting a slow stream section can be found here. Heavy metals allocation in the fish bodies is irregular and depends on the metal characteristics and functional features of the organs, in particular their cumulative activity.

Key words: river, ichthyofauna, heavy metals, accumulations.

Введение

Малые реки дают начало большим рекам и определяют полноводность и качество вод больших рек. Малые реки в первую очередь реагируют на хозяйственную деятельность человека на водосборной площади – вырубку лесов, распашку, мелиорацию земель. При этом нарушаются условия формирования стока малых рек и процессов самоочищения. Активное загрязнение идет за счет сброса сточных вод, засорения берегов, применения удобрений и ядохимикатов в сельском хозяйстве. В конечном итоге это ведет к деградации речной экосистемы и, как следствие, к ухудшению качества воды, поскольку река уже не способна к самоочищению.

Тяжелые металлы по-прежнему остаются одной из приоритетных групп загрязняющих веществ, имеющих как локальное и региональное, так и глобальное распространение. Их поступление в водную среду связано с природными и антропогенными источниками. Степень накопления микроэлементов в тканях и органах рыб зависит от геохимической среды и типа водного объекта, а также от функционального состояния организма, сезона наблюдения и пола рыб. Поступая в избытке и во много превосходя индивидуальные потребности организмов, металлы могут вызывать нарушения различных функций рыб, накапливаться в их органах, превышая нормируемые величины.

Тяжелые металлы, включаясь в метаболический цикл, могут вызывать различные физиологические и генетические нарушения. При повышенных концентрациях они проявляют высокую токсичность, оказывая вредное влияние на состояние как отдельных организмов, так и экосистем в целом.

Сведения о микроэлементном составе органов и тканей рыб можно использовать для оценки качества водоема. Рыбы занимают в биоценозах водных экосистем верхний трофический уровень и обладают ярко выраженной способностью, наряду с другими гидробионтами, накапливать металлы. Повышенное содержание в организме рыб тяжелых металлов свидетельствует об их значительной концентрации в водной среде, возможном функциональном нарушении во всех звеньях экосистемы [1].

Цель исследований – выявить общие тенденции содержания и распределения тяжелых металлов (Cu, Cd, Ni, Pb и Zn) в органах и тканях рыб, обитающих в р. Яхроме.

Материал и методы исследований

Для аналитических исследований выбраны виды рыб, которые имеют широкое распространение по всему району исследования и являются преобладающими видами ихтиофауны изучаемой реки (карась – 20 экз., окунь – 30 экз.). Все рыбы вылавливались в июле – августе 2011 г. в нижнем течении р. Яхрома.

Материалом для изучения послужили образцы тканей и органов (жабры, мышцы, печень и половые продукты) рыб. Количественный анализ образцов на содержание ионов тяжелых металлов (Cu, Cd, Ni, Pb и Zn) проводили на атомно-адсорбционном спектрометре «Квант-2А». Все результаты анализа выражены в мкг/г сырой массы.

Результаты исследований и их обсуждение

Спектральный анализ содержания тяжелых металлов в органах и тканях изучаемых видов рыб позволил выявить следующее. Содержание **меди** во всех органах обоих видов рыб превышало ПДК_{сан}, за исключением печени окуня (табл.). Самые большие превышения по этому металлу наблюдались в жабрах карася и половых продуктах окуня. По сравнению со всеми исследуемыми органами и тканями печень содержит самые небольшие концентрации меди, хотя содержание этого металла в печени карася несколько превышает ПДК.

Концентрация **кадмия** во всех исследуемых органах и тканях карася, за исключением печени, превышает ПДК. Наибольшее превышение ПДК наблюдается в мышцах и половых продуктах карася и составляет 37 и 76 ПДК соответственно. Содержание кадмия во всех органах и тканях окуня не превышает ПДК.

Среднее содержание металлов в органах и тканях рыб р. Яхрома, мкг/г сырой массы

Металл	Жабры		Печень		Мышцы		Половые продукты		ПДК*
	Карась	Окунь	Карась	Окунь	Карась	Окунь	Карась	Окунь	
Cu	93,6	21,9	17,0	6,5	71,9	20,3	59,4	31,0	10,0
Cd	0,85	0,15	0,18	0,03	7,5	н/о	15,3	0,16	0,2
Ni	34,8	2,4	35,2	7,5	29,2	н/о	32,4	11,0	0,5
Pb	3,6	н/о	3,0	0,3	5,4	2,8	5,8	2,5	1,0
Zn	120,3	600,0	44,6	219,1	97,7	195,6	98,5	419,6	40,0

* Санитарные правила и нормы (СанПиН) 2.3.2.560-96. М., 1997.

Так как кадмий плохо выводится из организма и степень его аккумуляции в органах и тканях рыб в течение всего периода жизни высока, его продолжительное поступление может вызвать хронические заболевания. Известно, что даже после прекращения воздействия этого металла повреждения, произошедшие в органах, остаются необратимыми. Повышенная способность рыб к накоплению кадмия может стать причиной возникновения нарушений в окислительных процессах, происходящих в организме. Воздействие кадмия на рыб в целом понижает их способность к осмотической регуляции [2].

Содержание **никеля** во всех органах обоих видов рыб превышало ПДК, за исключением мышц у окуня. Самые значительные превышения ПДК наблюдались у карася: жабры – 69 ПДК, печень – 70 ПДК, мышцы – 58 ПДК, половые продукты – 65 ПДК.

Концентрация **свинца** у карася превышала ПДК во всех исследуемых органах и тканях. У окуня превышение ПДК по свинцу отмечалось только в мышцах и половых продуктах.

Содержание **цинка** в органах и мышцах обоих видов рыб превышало ПДК, причем у окуня отмечались более высокие концентрации по сравнению с карасем. Превышение ПДК по цинку в жабрах и половых продуктах окуня составило 15 и 10 ПДК соответственно. У карася концентрация цинка в жабрах и половых продуктах составила 3 и 2 ПДК соответственно.

Отмечается, что совместное действие кадмия, цинка и меди приводит к значительному увеличению смертности рыб [2]).

Анализируемые органы и ткани разных видов рыб аккумулируют различные металлы в разной степени. Распределение металлов в организме рыб характеризуется неравномерностью и зависит от свойств самого металла и функциональных особенностей органов, в частности их кумулятивной активности:

Карась: Cu – жабры > мышцы > половые продукты > печень; Cd – половые продукты > мышцы > жабры > печень; Ni – жабры > печень > половые продукты > мышцы; Pb – половые продукты > мышцы > жабры > печень; Zn – жабры > половые продукты > мышцы > печень.

Окунь: Cu – половые продукты > жабры > мышцы > печень; Cd – половые продукты > жабры > печень > мышцы; Ni – половые продукты > печень > жабры > мышцы; Pb – мышцы > половые продукты > печень > жабры; Zn – жабры > половые продукты > мышцы > печень.

В жабрах карася в наибольшей концентрации накапливаются медь, никель и цинк. Повышенные концентрации металлов в жабрах связывают с их участием в обмене химическими элементами между водой и организмом рыб. Жаберный эпителий по сравнению с внешними покровами рыб имеет значительно большую поверхность и активно взаимодействует с внешней средой, поэтому жабры фактически лишены защиты от действия различных веществ, присутствующих в воде, в том числе металлов [3].

Жабры являются органом, где происходит процесс разложения угольной кислоты до CO₂ и H₂O, катализируемый карбоангидразой, в состав которой входит цинк. Можно полагать, что в жизни карасей этот фермент приобретает особое значение, т. к. как условия их существования сопряжены с постоянным дефицитом кислорода. С увеличением содержания угольной ангидразы улучшается газообмен между организмом и средой, создаются лучшие условия для протекания метаболических процессов, поэтому организмам требуются более высокие концентрации цинка.

Максимальные концентрации кадмия и свинца у карася обнаружены в половых продуктах.

Для печени карася отмечены минимальные концентрации анализируемых тяжелых металлов, за исключением никеля.

У окуня максимальные концентрации меди, кадмия и никеля выявлены в половых продуктах, свинца – в мышцах и цинка – в жабрах. Для печени окуня отмечались минимальные концентрации меди и цинка.

Таким образом, результаты анализов показывают, что по величинам концентрации в органах и тканях тяжелые металлы располагаются в следующем убывающем порядке.

Карась: жабры – Zn > Cu > Ni > Pb > Cd; печень – Zn > Ni > Cu > Pb > Cd; мышцы – Zn > Cu > Pb > Ni > Cd; половые продукты – Zn > Cu > Ni > Cd > Pb.

Окунь: жабры – Zn > Cu > Ni > Cd > Pb; печень – Zn > Ni > Cu > Pb > Cd; мышцы – Zn > Cu > Pb > Ni, Cd; половые продукты – Zn > Cu > Ni > Pb > Cd.

В целом во всех рассмотренных органах и тканях обоих видов рыб, кроме печени, максимальную концентрацию имели цинк и медь. В печени обоих видов рыб второе место после цинка по величине концентрации занимает никель. Для свинца и кадмия характерна относительно низкая концентрация в органах карася и окуня, в мышцах отмечена низкая концентрация никеля и кадмия. Цинк концентрируется преимущественно в органах, контактирующих с внешней средой (жабры), а также в репродуктивных органах.

Выявлены закономерности распределения металлов в органах рыб, обусловленные биологией и экологией выбранных видов. Так, карась, ведущий придонный образ жизни, отличается более высоким содержанием тяжелых металлов во всех органах, чем окунь. Заглатывание вместе с организмами донных отложений, поедание водной растительности, в которых аккумулируются тяжелые металлы, способствуют большей концентрации тяжелых металлов в теле карася.

Выявленные закономерности в распределении металлов по органам рыб хорошо согласуются с литературными данными [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Манихин В. И. Растворенные и подвижные формы тяжелых металлов в донных отложениях пресноводных экосистем / В. И. Манихин, А. М. Никоноров. СПб.: Гидрометеоиздат, 2001. 183 с.
2. Руднева Н. А. Тяжелые металлы и микроэлементы в гидробионтах Байкальского региона / Н. А. Руднева. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2001. 136 с.

3. Щербакова Е. Н. Возрастные изменения содержания тяжелых металлов в органах и тканях русского осетра (*Acipenser güldenstädti Brandt*) / Е. Н. Щербакова: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Астрахань, 2004. 24 с.
4. Евтушенко Н. Ю. Особенности накопления тяжелых металлов в тканях рыб Кременчугского водохранилища / Н. Ю. Евтушенко, О. В. Данилко // Гидробиологический журнал. 1996. Т. 32, № 4. С. 58–66.
5. Попов П. А. Накопление и распределение тяжелых и переходных металлов в рыбах Новосибирского водохранилища / П. А. Попов, Н. В. Андросова, Г. Н. Аношин // Вопросы ихтиологии. 2002. Т. 42, № 2. С. 264–270.

REFERENCES

1. Manihin V. I., Nikonorov A. M. *Rastvorennnye i podvizhnye formy tiazhelykh metallov v donnykh otlozhenijah presnovodnykh jekosistem* [Dissolved and mobile forms of heavy metals in the sediment of freshwater ecosystems]. Saint Petersburg, Gidrometeoizdat, 2001. 183 p.
2. Rudneva N. A. *Tiazhelye metally i mikroelementy v gidrobiontakh Baikalskogo regiona* [Heavy metals and microelements in hydrobionts of the Baikal region]. Ulan-Ude, Izd-vo BNTs SO RAN, 2001. 136 p.
3. Shcherbakova E. N. *Vozrastnye izmeneniia sodержaniia tiazhelykh metallov v organakh i tkaniakh russkogo osetra (Acipenser güldenstädti Brandt)*. Avtoreferat diss. kand. biol. nauk [Age variations of content of heavy metals in organs and tissues of Russian sturgeon. Abstract of diss. cand. biol. sci.]. Astrakhan, 2004. 24 p.
4. Evtushenko N. Iu., Danilko O. V. *Osobennosti nakopleniia tiazhelykh metallov v tkaniakh ryb Kremenchugskogo vodokhranilishcha* [Specific features of accumulation of heavy metals in tissues of fishes of Kremenchugskiy water storage reservoir]. *Gidrobiologicheskii zhurnal*, 1996, vol. 32, no. 4, pp. 58–66.
5. Popov P. A. *Nakoplenie i raspredelenie tiazhelykh i perekhodnykh metallov v rybakh Novosibirskogo vodokhranilishcha* [Accumulation and allocation of heavy and transient metals in fishes of Novosibirsk water storage reservoir]. *Voprosy ikhtologii*, 2002, vol. 42, no. 2, pp. 264–270.

Статья поступила в редакцию 4.07.2013

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Вундцеттель Михаил Филиппович – Астраханский государственный технический университет, Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал); зав. кафедрой «Экология»; df-vmf@mail.ru.

Vundtsettel Mikhail Filippovich – Astrakhan State Technical University, Dmitrov Fisheries Technological Institute (branch); Head of the Department "Ecology"; df-vmf@mail.ru.

Кузнецова Наталья Владимировна – Астраханский государственный технический университет, Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал); зав. лабораторией экологии; natashak.82@mail.ru.

Kuznetsova Natalia Vladimirovna – Astrakhan State Technical University, Dmitrov Fisheries Technological Institute (Branch); Head of the laboratory of Ecology; natashak.82@mail.ru.