
РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ

УДК 628.394.17:(546+661.186)(262.54)

**ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБАХ
АЗОВСКОГО МОРЯ**

© 2008 г. А.А. Кленкин, И.В. Кораблина, И.Г. Корпакова
*Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства,
Ростов-на-Дону 344007*

Поступила в редакцию 24.04.2007 г.

Окончательный вариант получен 17.05.2007 г.

В работе представлены результаты по накоплению тяжелых металлов в ценных промысловых видах рыб Азовского моря на примере судака. Показано соответствие накопления металлов в органах и тканях рыб концентрации этих элементов в воде моря. Приведено соотношение коэффициентов накопления индивидуальных металлов у разнополых особей, а также суммарно в трофической цепи: бентосные организмы – бычок – судак.

ВВЕДЕНИЕ

Тяжелые металлы и их соли – наиболее распространенная группа высокотоксичных химических веществ. Среди всех известных поллютантов тяжелые металлы представляют наиболее приоритетный интерес ввиду их высокой стабильности в водной среде, способности к аккумуляции, трансформации внутри биоценоза водоема и высокой токсичности для водных организмов. Для тяжелых металлов характерно также влияние на биогеохимические циклы гидробионтов, относительно легкая биодоступность и постоянное перераспределение среди компонентов гидрозкосистемы (Лебедева и др., 1993).

В отличие от большинства загрязняющих веществ, являющихся безусловными ксенобиотиками, тяжелые металлы в естественных условиях – обычные микроэлементы, необходимые для развития гидробионтов и способные, подобно биогенным соединениям, вызывать лимитирование их роста при дефиците. Это подтверждается, в частности, сезонными колебаниями концентраций растворенных форм тяжелых металлов в зависимости от скорости потребления фитопланктоном и других внутриводоемных процессов (Сейсума, 1985). При этом воздействие низких концентраций тяжелых металлов на гидробионты в условиях хронического загрязнения водных объектов является довольно опасным: уменьшаются индексы видового разнообразия, нарушаются темпы и процессы биопродуцирования, происходит смена доминантных видов биоценоза и т.д. (Патин, 1997). Особую угрозу несет поражение гидробионтов на ранних стадиях онтогенеза (даже при ультранизких уровнях загрязнения экосистемы тяжелыми металлами).

Рыба – сложный биологический объект, верхний уровень трофической структуры экосистемы водоема. Рыбы аккумулируют металлы в своем организме в течение всего жизненного цикла, отражая тем самым картину загрязнения водоема. При этом уровень накопления тяжелых металлов в различных органах и

тканях рыб зависит, главным образом, от видовой принадлежности особи, ее возраста и физиологического состояния, типа питания, а также условий среды, в которой формируется доза воздействия (Зубкова, 2001). Так, гораздо большие концентрации металлов обнаруживаются в рыбах, обитающих в водоемах олиготрофного типа (Попов, 2002). В соответствии с требованиями, предъявляемыми Объединенной Комиссией ФАО/ВОЗ по пищевому кодексу, наиболее важен контроль содержания в рыбе следующих микроэлементов: кадмия, свинца, меди, цинка, ртути (Эйхлер, 1993).

Более 20 лет специалистами АзНИИРХ проводится комплексный мониторинг содержания вышеуказанных металлов не только в органах и тканях различных видов рыб, но различных компонентах среды их обитания (Кленкин и др., 2004).

В последние десятилетия (по отношению к середине 80-х годов XX в.) загрязнение Азовского моря тяжелыми металлами в целом снизилось, оставаясь по отдельным элементам достаточно высоким. Сложность правильной оценки загрязнения вод моря тяжелыми металлами состоит в том, что этот показатель является комплексным, т.е. помимо индивидуального влияния каждого из металлов на экосистему водоема необходимо рассматривать их совместное воздействие. Для этой цели нами использовался критерий оценки по кратности суммы предельно допустимой концентрации (ПДК). При данном подходе нивелировался также класс опасности металла, т.к. рассматривались не абсолютные их концентрации, а их доля в общей сумме (Кленкин и др., 2005). Так, в период наблюдений 1997-2006 гг. кратность суммы ПДК контролируемых металлов в воде Азовского моря постепенно снижалась, достигнув в 2006 г. уровня начала 80-х годов XX в. (табл. 1).

Таблица 1. Относительное содержание тяжелых металлов в водах Азовского моря (кратность суммы ПДК), 1997-2006 гг.

Table 1. Relative content of heavy metals in the Azov Sea water (multiple of MPC), 1997-2006.

Район моря	1997-1999 гг.	2000-2005 гг.	2006 г.
Азовское море	0,93	0,47	0,26
Таганрогский залив	1,1	0,49	0,33
Собственно море	0,70	0,46	0,20

Что касается донных отложений, то в тот же период накопление тяжелых металлов носило более ровный характер, чем в воде. Необходимо отметить, что донные отложения различного гранулометрического состава имеют разную степень сорбции тяжелых металлов (Каталевский и др., 2004). И в этой связи, подобно критерию ПДК для воды, были рассчитаны средние для каждого из типов донных осадков характерные концентрации индивидуальных металлов (СХК). Учитывая наряду с индивидуальным, комплексное воздействие тяжелых металлов на донные отложения Азовского моря, можно считать, что в период наблюдений 1997-2006 гг. кратность суммы СХК металлов также постепенно снижалась (табл. 2).

Таблица 2. Относительное содержание тяжелых металлов в донных отложениях Азовского моря (кратность суммы СХК), 1997-2006 гг.

Table 2. Relative content of heavy metals in the Azov Sea bottom sediments (multiple of an average typical concentration), 1997-2006.

Район моря	1997-1999 гг.	2000-2005 гг.	2006 г.
Азовское море	1,2	1,0	0,95
Таганрогский залив	1,1	1,1	0,99
Собственно море	1,2	0,95	0,91

Вместе с тем, значительные межгодовые и межсезонные амплитуды колебаний содержания каждого из металлов как в воде, так и в донных отложениях Азовского моря свидетельствуют о неустойчивости указанной выше тенденции. Так, в водах Азовского моря в период наблюдений 1997-2006 гг. на фоне относительно низких среднегодовых концентраций ряда металлов встречались районы, где содержание, например, ртути составляло 15 ПДК, меди и железа – 3-5 ПДК. В донных отложениях Азовского моря при устойчиво-стабильном содержании большинства контролируемых металлов встречались случаи превышения СХК мышьяка, железа и марганца до 1,7 раза.

В задачу настоящего исследования входила оценка содержания тяжелых металлов в ценных промысловых рыбах, выловленных в Азовском море в 1997-2006 гг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объекта исследования был выбран судак обыкновенный, представленный в Азовском море двумя стадами – донским и кубанским. Проводя значительную часть жизни в море, в зимние месяцы судак собирается в предустьевых участках рек, куда в весенний период отправляется на нерест. Судак – ценный объект промысла. Питается он, главным образом, малоценными видами рыб (бычками, тюлькой и т.д.). Плодовитость судака колеблется от 200 тыс. до 1 000 тыс. икринок. Данный вид весьма чувствителен к количеству кислорода в воде. Он плохо переносит загрязнение водоемов и при попадании в них токсических веществ гибнет раньше большинства других видов рыб (Никольский, 1971).

Материалом исследований послужили органы и ткани судаков, отловленных преимущественно в юго-восточном районе Азовского моря в 1997-2006 гг. Пробы отбирались у близковозрастных рыб обоих полов, с гонадами на III-IV стадиях зрелости, в основном, в летне-осенний период. Это позволило минимизировать возрастные, половые и сезонные вариации содержания металлов в организме.

В течение всего периода наблюдений было обработано около 400 образцов органов и тканей. В мышцах, печени, жабрах, икре и молоках определяли накопление меди, свинца, кадмия, цинка и ртути методами атомной абсорбции с электротермической атомизацией и «холодного пара». Анализ проводился в Аналитическом испытательном центре (РД 15-268-94, РД 15-269-94, РД 15-271-94, РД 15-273-94, РД 15-225-91, аттестат аккредитации № РОСС RU. 0001. 510217).

Оценка накопления тяжелых металлов в рыбах дана как по индивидуальным элементам, так и по кратности максимально допустимого уровня (МДУ) их содержания в рыбе как продукте питания.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ РЫБ

В течение всего периода исследований концентрация ртути на отдельных участках акватории Азовского моря неоднократно превышала не только порог токсичности для рыб, но и норматив ПДК. Несмотря на такой достаточно высокий уровень загрязнения ртутью вод Азовского моря, ее содержание в сыром веществе тканей судака показало невысокую степень аккумуляции. В течение всего периода наблюдений случаев превышения МДУ ртути в органах и тканях как самок, так и самцов судака обнаружено не было. Содержание ртути в организме самцов находилось в пределах 0,01-0,17 мг/кг, самок 0,01-0,05 мг/кг сырой массы. Наиболее высокий коэффициент накопления ртути (по отношению к другим органам и тканям) был зафиксирован в молоках и икре.

В период наблюдений 1997-2006 гг. были выявлены единичные случаи превышения МДУ кадмия (в 2004 г.) в печени самцов судака (до 2 раз). При этом концентрация кадмия в водах Азовского моря в течение всего периода наблюдений сохранялась низкой. Накопление кадмия в органах и тканях самцов судака находилось, в основном, в пределах от <0,001 до 0,17 мг/кг, самок – <0,001-0,12 мг/кг сырой массы. Наиболее высокий уровень накопления кадмия у судака отмечался в печени рыб обоих полов.

Наряду с ртутью и кадмием существенное накопления свинца в организме рыб может служить индикатором длительного загрязнения водоема (Перевозников, Богданова, 1999). В период наблюдений 1997-2006 гг. случаев превышения МДУ в органах и тканях судака зафиксировано не было, что полностью соответствовало низкой степени загрязненности вод Азовского моря свинцом. Так, его содержание в организме рыб в целом соответствовало интервалу <0,01-0,11 мг/кг у самцов и 0,01-0,88 мг/кг сырой массы у самок. Наиболее высокие уровни накопления свинца были отмечены в печени самцов, у самок коэффициенты накопления свинца в мышцах, печени, жабрах и икре судака были практически равными.

Цинк и медь – как эссенциальные элементы – имеют высокую физиологическую значимость для жизнедеятельности любого вида рыб. В частности, по степени биологического поглощения цинк сопоставим с такими элементами как калий, кальций и магний. Кроме того, для цинка характерны синергетические свойства: комбинация цинка и меди для рыб во много раз токсичнее, чем каждый элемент в отдельности. В исследуемый период распределение концентраций меди в воде Азовского моря не имело четких закономерностей. В 1997-2006 гг. случались годы как с довольно низкими ее концентрациями (1997 г.), так и с весьма высокими (2005 г.). Но даже в годы с высокими средними концентрациями меди в воде Азовского моря (2004-2005 гг.) случаев превышения МДУ данного металла в органах и тканях судака не отмечалось. В течение всего периода наблюдений содержание меди колебалось от 0,17 до 5,1 мг/кг у самцов и от 0,15 до 2,7 мг/кг сырой массы у самок. Максимальные

уровни накопления меди были зафиксированы у самцов в печени, у самок – в печени и икре.

Концентрация цинка в воде Азовского моря отличалась большей стабильностью и случаев превышения ПДК в период наблюдений 1997-2006 гг. отмечено не было. При этом в печени самцов судака в 1997 г. были зафиксированы единичные случаи превышения МДУ цинка (до 2,9 раза), а в 2001 г. – в 1,2 раза (в среднем). В икре судака в 1997 г. и 2005 г. также были выявлены единичные случаи превышения МДУ цинка (до 1,2 раза), а в 2003 г. – 2,3 МДУ цинка (в среднем). Кроме того, в судаке, отловленном в 2001 г. было обнаружено превышение МДУ цинка в жабрах в 1,7 раза и в икре – в 1,5 раза (в среднем). В целом, более высокие уровни накопления цинка в исследуемый период были зафиксированы в репродуктивных органах рыб – икре и молоках.

Характер распределения тяжелых металлов как по отдельным органам и тканям разнополых судаков, так и при совокупной оценке их состояния был довольно близким в течение всего периода наблюдений. Несмотря на индивидуальные особенности отдельных особей, в накоплении меди, свинца, цинка и кадмия, обнаруженных в значимых концентрациях, более чем в 70% от общего числа проб отмечалась закономерность: печень > гонады > мышцы (Кленкин и др., 2005). При этом, как при минимальном уровне накопления указанных выше металлов в мышечной ткани судака, так и при максимальной – в печени рыб, обобщенный ряд накопления всегда подчинялся закономерности $Zn > Cu > Pb > Cd$ (табл. 3, 4). Характерно, что подобные ряды накопления металлов обнаруживаются у судака, обитающего в водоемах Новосибирского водохранилища (Попов, 2002).

Таблица 3. Содержание тяжелых металлов в органах и тканях самок азовского судака, 1997-2006 г., мг/кг сырой массы

Table 3. Heavy metal concentrations in organs and tissues of the Azov pike perch females, the Azov Sea, 1997-2006, mg/kg wet weight.

Металл	МДУ	Исследуемые ткани					
		мышцы		Печень		икра	
		диапазон	среднее	диапазон	среднее	диапазон	среднее
1997-1999 гг.							
Цинк	40	13 – 22	18	12 - 20	15	12 – 41	22
Медь	10	0,52 - 0,75	0,64	0,73 - 1,1	0,93	0,63 – 1,3	1,1
Свинец	1,0	0,02 - 0,88	0,32	0,03 - 0,05	0,03	0,02 - 0,06	0,04
Кадмий	0,2	0,001- 0,002	0,001	0,01 - 0,02	0,02	0,002-0,02	0,01
Ртуть	0,4	0,02 - 0,04	0,03	0,01 - 0,05	0,02	0,03 - 0,05	0,04
2000-2005 гг.							
Цинк	40	3,1 – 15	6,7	9,4 - 31	17	14 – 93	37
Медь	10	0,15 – 1,4	0,41	0,56 - 2,2	1,3	0,56 - 2,2	1,1
Свинец	1,0	0,01 - 0,07	0,03	0,01 - 0,11	0,04	0,01 - 0,12	0,05
Кадмий	0,2	<0,001- 0,12	0,02	0,002-0,12	0,04	0,001-0,01	0,01
Ртуть	0,4	0,01 - 0,04	0,02	0,01 - 0,06	0,03	0,01 - 0,05	0,03
2006 г.							
Цинк	40	3,1 – 3,8	3,5	19 - 26	23	17 – 22	19
Медь	10	0,12 – 0,22	0,19	1,0 - 1,3	1,2	0,47 - 0,62	0,52
Свинец	1,0	0,06 - 0,12	0,09	0,02 - 0,06	0,05	0,01 - 0,04	0,03
Кадмий	0,2	<0,001		0,01 - 0,04	0,03	<0,001	
Ртуть	0,4	0,01 - 0,02	0,01	0,01 - 0,02	0,01	0,02 - 0,06	0,05

Таблица 4. Содержание тяжелых металлов в органах и тканях самцов азовского судака, 1997-2006 г., мг/кг сырой массы.

Table 4. Heavy metal concentrations in organs and tissues of the Azov pike perch males, the Azov Sea, 1997-2006, mg/kg wet weight.

Металл	МДУ	Исследуемые ткани					
		Мышцы		Печень		молоки	
		диапазон	среднее	диапазон	среднее	диапазон	среднее
1997-1999 гг.							
Цинк	40	3,0 - 6,2	4,6	8,3 - 116	37	11 - 15	13
Медь	10	0,10 - 0,42	0,26	1,4 - 2,4	1,9	0,53 - 0,84	0,70
Свинец	1,0	0,01 - 0,07	0,04	0,04 - 0,08	0,06	0,04 - 0,06	0,05
Кадмий	0,2	0,01 - 0,07	0,04	0,04 - 0,06	0,05	0,004 - 0,01	0,01
Ртуть	0,4	0,01 - 0,04	0,02	0,01 - 0,06	0,03	0,01 - 0,02	0,01
2000-2005 гг.							
Цинк	40	2,2 - 8,5	6,0	1,8 - 18	11	6,0 - 52	20
Медь	10	0,13-1,6	0,35	0,73 - 4,0	1,6	0,34 - 2,1	0,69
Свинец	1,0	<0,01-0,06	0,03	0,01 - 0,11	0,04	0,01-0,09	0,03
Кадмий	0,2	<0,001-0,03	0,01	0,003 - 2,7	0,12	0,001-0,02	0,01
Ртуть	0,4	0,01-0,06	0,02	0,01 - 0,07	0,03	0,01-0,20	0,06
2006 г.							
Цинк	40	*		24 - 31	28	28 - 33	31
Медь	10	-		4,6 - 5,3	5,1	0,96 - 1,1	1,0
Свинец	1,0	-		0,02 - 0,07	0,05	0,04 - 0,07	0,06
Кадмий	0,2	-		0,01 - 0,05	0,04	0,01 - 0,02	0,02

* определение не проводилось

Для более объективной оценки содержания тяжелых металлов в исследуемом виде рыб в течение всего периода наблюдений рассчитывались коэффициенты накопления индивидуальных элементов в органах и тканях. Так, максимальные коэффициенты накопления свинца зафиксированы в мышцах самок судака, цинка и ртути – в икре, меди и кадмия – в печени (вне зависимости от пола рыб), а также свинца и ртути (у самцов, рис. 1-5).

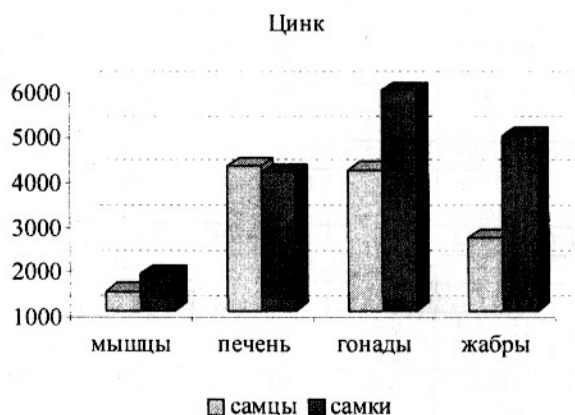


Рис. 1. Коэффициенты накопления цинка в органах и тканях судака.

Fig. 1. Accumulation coefficients of Zn in organs and tissues of the Azov pike perch.

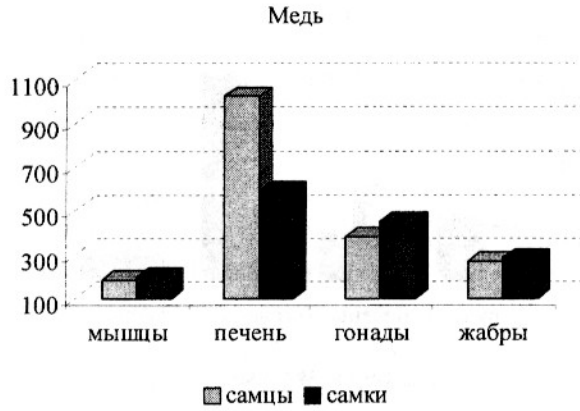


Рис. 2. Коэффициенты накопления меди в органах и тканях судака.
Fig. 2. Accumulation coefficients of Cu in organs and tissues of the Azov pike perch.

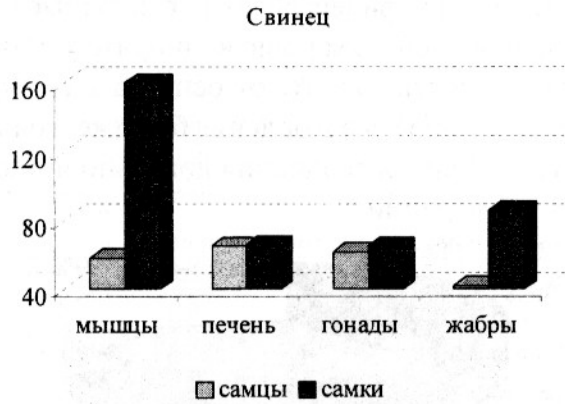


Рис. 3. Коэффициенты накопления свинца в органах и тканях судака.
Fig. 3. Accumulation coefficients of Pb in organs and tissues of the Azov pike perch.



Рис. 4. Коэффициенты накопления кадмия в органах и тканях судака.
Fig. 4. Accumulation coefficients of Cd in organs and tissues of the Azov pike perch.

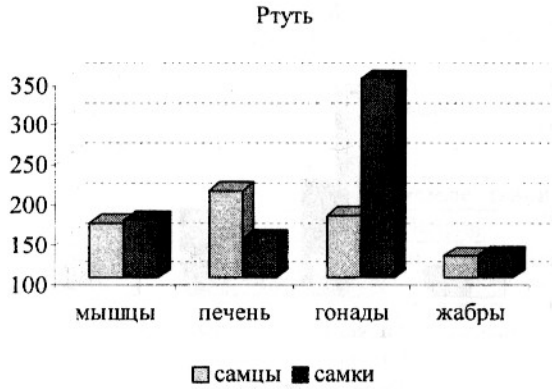


Рис. 5. Коэффициенты накопления ртути в органах и тканях судака.

Fig. 5. Accumulation coefficients of Hg in organs and tissues of the Azov pike perch.

Оценка суммарного содержания тяжелых металлов включала также расчет коэффициентов накопления в трофической цепи: бентосные организмы → бычки → судак. На примере данных 2005 г. хорошо видно, что у самцов судака прирост коэффициента накопления составлял 3% от бентоса к бычку и 7% от бычка к судаку. Для самок степень прироста накопления было несколько иной: 2% и 30%, соответственно (рис. 6, 7). Данная тенденция довольно четко прослеживалась в течение всего периода наблюдений.

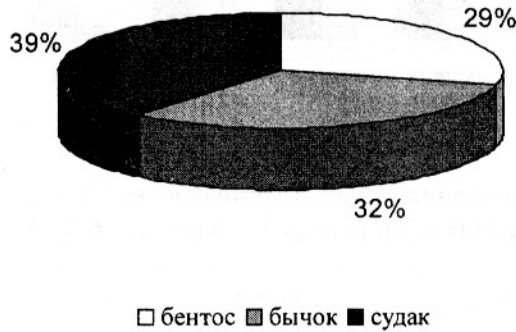


Рис. 6. Соотношение коэффициентов накопления тяжелых металлов в трофической цепи: бентос – бычок – судак (самцы).

Fig. 6. Correlation of heavy metals accumulation coefficients in the trophic chain: benthos – gobies – pike perch (males).



Рис. 7. Соотношение коэффициентов накопления тяжелых металлов в трофической цепи: бентос – бычок – судак (самки).

Fig. 7. Correlation of heavy metals accumulation coefficients in the trophic chain: benthos – gobies – pike perch (females).

При оценке комплексного воздействия контролируемых металлов на организм судака в целом, а также установления возможной корреляции в накоплении металлов различными органами и тканями рыб, рассматривались относительные величины накопления. По совокупной аккумуляции контролируемых металлов в мышцах самок судака чаще обнаруживались большие их количества, чем у самцов (за исключением 2003 г.). В период наблюдений 1997-2004 гг. комплексное накопление тяжелых металлов в икре судака также было значительно большим, чем в молоках, но в последние два года наблюдений картина поменялась на обратную. В печени суммарная кратность МДУ контролируемых металлов оказалась максимальной (по отношению к накоплению в других органах). При этом более высокая относительная суммарная концентрация металлов выявлена у самок в 2001 г. и 2003 г., а в остальные годы – у самцов. В целом суммарное накопление тяжелых металлов в органах и тканях судака в период наблюдений 1997-2006 гг. было низким (табл. 5).

Таблица 5. Относительное содержание тяжелых металлов (кратность суммы МДУ) в органах и тканях судака, 1996-2006 гг.

Table 5. Relative content of heavy metals in organs and tissues of the Azov pike perch (multiple of maximum admissible level), 1996-2006.

Годы наблюдений	Мышцы		Печень		Гонады	
	самцы	Самки	самцы	Самки	самцы	Самки
1996	0,07	0,05	0,22	0,17	0,11	0,14
1997	0,05	0,18	0,30	0,15	0,11	0,17
2000	0,07	0,10	0,23	0,22	0,10	0,16
2001	0,05	0,09	0,10	0,26	0,25	0,39
2003	0,08	0,05	0,14	0,18	0,14	0,35
2004	0,04	0,06	0,50	0,12	0,10	0,12
2005	-*	-	0,17	0,15	0,18	0,17
2006	-	0,04	0,37	0,19	0,26	0,14

*определение не проводилось

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В значительной степени высокая жизнестойкость ценной промысловой ихтиофауны Азовского моря, ее способность к воспроизводству полноценного потомства определяется качеством среды обитания, характером и степенью ее загрязнения вредными веществами. Продолжающиеся тенденции снижения общего уровня загрязнения тяжелыми металлами воды и стабилизации их содержания в донных отложениях Азовского моря в современный период пока не нашли своего отражения в уровне накопления данных токсикантов непосредственно в рыбе. Всплески достаточно высоких величин накопления цинка и кадмия вызвали особую тревогу, т.к. они были зафиксированы на фоне относительно низких среднегодовых концентраций данных элементов как в воде, так и в и донных осадках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Зубкова Н.Н. Закономерности накопления микроэлементов и металлов в органах и тканях карповых рыб // Академику Л.С. Бергу - 125 лет. Сб. научн. стат. Бендеры: Экологическое общество «БИОТІСА», 2001. С. 69-73.

Каталевский Н.И., Кораблина И.В., Кленкин А.А. Выбор фона при оценке загрязнения донных отложений Азовского моря тяжелыми металлами // Сб. научн. тр. АзНИИРХ. Ростов-на-Дону: Эверест, 2004. С. 411-414.

Кораблина И.В., Кленкин А.А. Новый подход к оценке комплексного загрязнения тяжелыми металлами донных отложений Азовского моря в современный период // Эколого-гидрологические проблемы изучения и использования водных ресурсов. Мат. Междунар. научно-практ. конф. Казань, 2006. С. 180-184.

Кленкин А.А., Каталевский Н.И., Кораблина И.В., Геворкян Ж.В., Корпакова И.Г. Корреляция содержания тяжелых металлов в различных компонентах экосистем Азовского моря // Аналитика России – 2004. Мат. и тез. докл. научн. конф. М., 2004. С. 114.

Кленкин А.А., Корпакова И.Г., Конев Ю.В., Кораблина И.В., Елецкий Б.Д. Загрязнение тяжелыми металлами Темрюкско-Ахтарского участка Азовского моря // Наука Кубани. 2005. №1. С. 85-92.

Кленкин А.А., Павленко Л.Ф., Корпакова И.Г., Кораблина И.В. Накопление токсикантов в гидробионтах Азовского моря // Наука Кубани. 2005. №1. С. 73-77.

Лебедева О.Е., Беленко И.А., Пономаренко О.И. Миграция тяжелых металлов в системе вода – донные отложения. Мат. 15 Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. Минск, 1993. Т. 2. С. 210-211.

Никольский Г.В. Частная ихтиология. М.: Высшая школа, 1971. 471 с.

Перевозников М.А., Богданова Е.А. Тяжелые металлы в пресноводных экосистемах. С.-Пб.: ГОСНИОРХ, 1999. 228 с.

Патин С.А. Экологические проблемы освоения нефтегазовых ресурсов морского шельфа. М.: ВНИРО, 1997. 350 с.

Попов П.А. Оценка экологического состояния водоемов методами ихтиоиндикации. Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2002. 270 с.

Сейсума З.К. Комбинированное влияние тяжелых металлов на морских зоопланктон в эксперименте *in situ* // Проблемы фоновый мониторинга состояния природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1985. Вып. 3. С. 54-62.

Эйхлер В. Яды в нашей пище. М., 1993. 188 с.

HEAVY METALS IN COMMERCIAL FISH OF THE AZOV SEA

© 2008 y. A.A. Klenkin, I.V. Korablina, I.G. Korpakova

Research Institute of the Azov Sea Fishery Problems, Rostov-on-Don

In the paper the results are presented on accumulation of heavy metals in tissues of valuable commercial fishes of the Azov Sea by the example of zander. It is shown that accumulation of metals in fish organs and tissues correlates with the elements concentration in the sea water. The ratio of coefficients of individual metals accumulation in specimens of different sex is given, as well as total accumulation coefficients in benthos – goby – zander trophic chain.