

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В АКВАТОРИИ И ИХТИОФАУНЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

© 2013 г. И. Г. Корпакова, А. А. Ларин, И. В. Кораблина

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства,

Ростов-на-Дону, 344002

E-mail: riasfp@aanet.ru

Поступила в редакцию 14.10.2013 г.

Представлены результаты по содержанию некоторых тяжелых металлов в воде, донных осадках и некоторых видах рыб, обитающих в северо-восточной части Черного моря. Рассмотрено соответствие накопления металлов в органах и тканях рыб концентрациям этих элементов в воде и донных осадках. Оценено возможное влияние разных концентраций металлов на гидробионты.

Ключевые слова: Черное море, загрязнение, тяжелые металлы, гидробионты, допустимая концентрация.

ВВЕДЕНИЕ

В результате хозяйственной деятельности человека в Черное море поступает громадное количество химических веществ. К широко распространенным загрязняющим веществам, вносящим существенный вклад в качество черноморских вод, относятся и тяжелые металлы.

В морских экосистемах тяжелые металлы могут присутствовать как продукты естественного происхождения (растворенные и осадочные формы), так и быть привнесенными в виде компонентов промышленных отходов с поверхностным стоком, атмосферными переносами и осадками. В водоеме металлы распределяются между компонентами экосистемы. Значительная их часть переносится поверхностными водами во взвешенном состоянии с последующей сорбцией донными отложениями. В конечном счете тяжелые металлы в морских экосистемах концентрируются во взвешенном веществе, донных отложениях, затем в планктоне, бентосе и рыбе (Патин, 1979; Патин, Морозов, 1981; Перевозников, Богданова, 1999).

Физиологическое действие тяжелых металлов на организм гидробионтов различно и зависит от природы металла, типа соединения, в котором он существует, а также концентрации в компонентах экосистемы. В ряду тяжелых металлов, кроме заведомо токсичных, существуют крайне необходимые для жизнедеятельности организмов, которые входят в состав ферментов, витаминов, гормонов и участвуют в биохимических процессах, протекающих в организмах рыб (Иванов, 1992). Но при попадании в организм избытка металлов они могут вызвать нарушение его функций, отравление или даже гибель (Третьяков, Скридоренко, 2001; Пасюкова, 2002). Находясь вне организма гидробионта в больших количествах, тяжелые металлы способны оказывать антибиотическое влияние на проявление жизненных процессов у рыб и вызывать генетические изменения на стадии оптогенеза (Ковалковдова, Симоколь, 2002; Черкашин и др., 2004).

Являясь верхними уровнями трофической структуры водной экосистемы, рыбы аккумулируют металлы в своем организме в течение всего жизненного цик-

да, отражая тем самым картину загрязнения водоема. В различных органах и тканях накопление тяжелых металлов происходит по-разному, и существенные отличия обуславливаются, главным образом, видовой принадлежностью, возрастом, физиологическим состоянием и типом питания рыбы, а также условиями среды, в которой формируется доза воздействия (Зубкова, 2001).

Необходимость мониторинговых исследований содержания тяжелых металлов в Черном море, в том числе в организмах гидробионтов, связана с антропогенным нарушением природных уровней их содержания в морской среде в результате загрязнения прибрежной акватории (Комплексные исследования, 1994; Torcuoglu et al., 2002). Наибольший интерес вызывают металлы, которые широко и в значительных объемах используются в производственной деятельности и в результате накопления во внешней среде представляют серьезную опасность с точки зрения их биологической активности и токсичности для гидробионтов (Эйхлер, 1993). В соответствии с требованиями, предъявляемыми Объединенной комиссией ФАО/ВОЗ по пищевому кодексу, наиболее важен контроль содержания в рыбе-сырце кадмия, свинца, меди, цинка и ртути.

Задача настоящего исследования – оценка содержания тяжелых металлов в воде, донных отложениях, в органах и тканях ряда видов рыб, обитающих в северо-восточной части Черного моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работа основана на обобщении материалов, собранных в ходе экспедиционных наблюдений ФГУП «АзНИИРХ» в северо-восточной части Черного моря в 1992–2012 гг. Пробы морской воды отбирали два раза год (в мае-июне и в августе-сентябре) на 25 станциях стандартной сетки наблюдений с поверхностного (0–0,5 м), промежуточного (10–25 м) и придонного горизонтов (в глубоководном районе – с глубины 200 м) (рис. 1). Пробы донных отложений отбирали на 19 прибрежных станциях в те же сроки, что и пробы воды. Материалом биологических исследований служили органы и ткани различных видов рыб, выловлен-

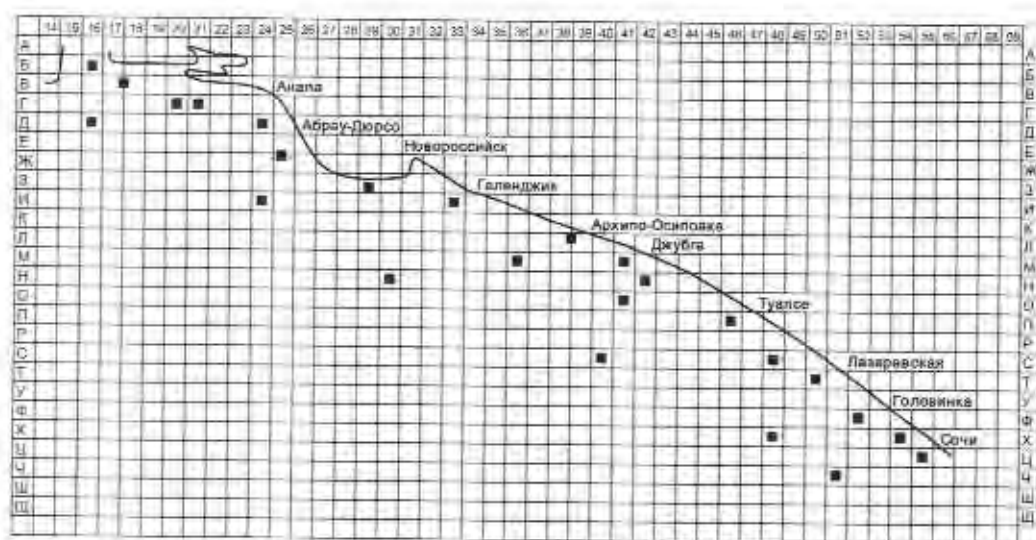


Рис. 1. Стандартная сетка наблюдений в северо-восточной части Черного моря.

Fig. 1. Standard net of stations in the north-eastern Black Sea.

ных в северо-восточной части Черного моря в период с 1993 по 2012 гг. Пробы биологического материала (жабры, мышцы, печень, гонады) отбирали с мая по сентябрь у близковозрастных рыб обоих полов с гонадами III-IV стадии зрелости, что позволило минимизировать возрастные, половые и сезонные вариации (Корпакова и др., 2005). Всего было собрано и обработано ~ 2500 проб воды, более 350 проб донных отложений и около 400 образцов органов и тканей рыб. В воде и биологических образцах определяли накопление меди, свинца, кадмия, цинка и ртути с помощью атомной абсорбции с электротермической атомизацией и методом «холодного пара», в донных отложениях – рентгенфлуоресцентным методом. Анализ проводили с использованием аттестованных методик (ФР 1.31.2005.01514, ФР 1.31.2007.03104, ФР 1.31.2007.04014, ФР 1.31.2006.02634, РД 15.225–91, РД 15.162–91, РД 15.226–91). Оценка накопления тяжелых металлов в воде, донных отложениях, жабрах, мышцах, печени, гонадах рыб дана по индивидуальным элементам. Безопасность уровней накопления металлов в органах и тканях рыб оценивали по санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов, СанПиН 2.3.2.1078–01».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание тяжелых металлов в воде

В период наблюдений с 1992 по 2012 гг. среднегодовая концентрация цинка в воде северо-восточной части Черного моря варьировала в диапазоне от 2,5 до 20 мкг/л, меди – от 1 до 4,7 мкг/л, свинца – от 0,4 до 1,6 мкг/л, кадмия – от 0,2 до 0,59 мкг/л и ртути – от 0,05 до 0,41 мкг/л. Наиболее высокие за весь период наблюдений концентрации цинка и ртути были обнаружены в 1998 г. в районе Новороссийска, свинца – в 2000 г. в районе Сочи, меди и кадмия – вблизи мыса Железный Рог в 1992 и 1994 гг. соответственно. Суммарное число случаев превышения ПДК металлов (Нормативы ..., 2011) составляло в среднем 7,4% от общего числа проанализированных проб в год, концентрации ртути превышали норматив в большинстве проб воды (~60%), меди и цинка – в 10–15% проб, а свинца и кадмия – ни разу не превыпали ПДК.

В последнее десятилетие отмечено заметное снижение содержания тяжелых металлов в воде северо-восточной части Черного моря. По сравнению с периодом наблюдений 1992–2002 гг. концентрации цинка и свинца в воде моря снизились в среднем в 1,4 раза, меди – в 1,5 раза, ртути – в 1,6 раза и кадмия – в 1,9 раза, число превышений ПДК металлов сократилось до единичных случаев (табл. 1).

В период с 1992 по 2012 гг. оценивали распределение концентраций тяжелых металлов по вертикали водной толщи, так как для различных видов рыб наиболее комфортными и предпочтительными по физиологическим и кормовым параметрам являются разные глубины. Вертикальное распределение концентраций металлов в толще черноморских вод не отличалось постоянством, но в целом тенденция выглядит следующим образом: содержание меди и ртути практически не зависит от глубины, а цинка, свинца и кадмия, как правило, снижается с увеличением глубины отбора проб (табл. 2).

В целом в течение всего периода наблюдений уровень загрязненности акватории северо-восточного района Черного моря как отдельными металлами, так и их суммарными концентрациями был невысоким.

Таблица 1. Среднегодовые концентрации тяжелых металлов в воде северо-восточной части Черного моря, 1992–2012 гг.**Table 1.** Average concentrations of heavy metals in water of the north-eastern Black Sea by years, 1992–2012

Год	Концентрация, мкг/л					Число случаев превышения ПДК, %
	Zn	Cu	Pb	Cd	Hg	
1992	10,0	4,7	0,90	0,49	0,25	5,2
1993	5,7	2,3	0,42	0,33	0,39	11,0
1994	4,8	1,0	0,40	0,59	0,22	9,3
1995	6,6	1,0	0,46	0,22	0,15	5,3
1996	2,5	2,2	0,40	0,52	0,05	2,5
1998	20,0	2,6	0,75	0,24	0,41	6,3
1999	2,5	1,9	1,20	0,29	0,28	10,0
2000	3,1	2,4	1,60	0,33	0,12	9,4
2001	3,2	2,7	1,40	0,29	0,21	17,0
2002	2,5	1,0	0,84	0,35	0,16	13,0
2003	4,9	1,5	1,00	0,27	0,20	6,9
2004	4,6	1,0	0,40	0,20	0,10	15,0
2005	4,2	1,5	0,40	0,20	0,18	11,0
2006	4,5	2,0	0,50	0,20	0,22	11,0
2007	6,5	1,4	0,40	0,20	0,05	<1,0
2008	4,5	1,0	0,40	0,20	0,01	<1,0
2009	4,6	1,3	0,40	0,20	0,01	1,0
2010	15,0	3,4	0,68	0,20	0,01	1,2
2011	7,9	4,1	0,40	0,20	0,01	4,0
2012	7,6	2,2	0,26	0,10	0,01	2,1
ПДК в морской воде						
	50,0	5,0	10,00	10,00	0,10	

Таблица 2. Средние концентрации тяжелых металлов в воде северо-восточной части Черного моря, 1992–2012 гг.**Table 2.** Average concentrations of heavy metals in water of the north-eastern Black Sea, 1992–2012

Горизонт	Концентрация, мкг/л				
	Zn	Cu	Pb	Cd	Hg
Поверхностный	6,1	1,0	0,71	0,16	0,20
Промежуточный	4,6	1,0	0,50	0,12	0,17
Придонный	4,0	1,0	0,45	0,10	0,23
ПДК в морской воде					
	50,0	5,0	10,00	10,00	0,10

Содержание тяжелых металлов в донных отложениях

В период наблюдений с 1995 по 2012 гг. содержание цинка в донных отложениях северо-восточной части Черного моря варьировало в диапазоне от 32 до 99 мг/кг, меди – от 21 до 36 мг/кг, свинца – от 8,8 до 21 мг/кг, кадмия – от 0,05 до 0,4 мг/кг и ртути – от 0,1 до 0,13 мг/кг, а их средние значения не превышали допустимых концентраций (ДК по «голландским листам») (Качество ..., 2006). В донных отложениях, отобранных вблизи мыса Панагия, г. Туапсе, г. Сочи и пос. Головинка, систематически отмечались повышенные концентрации меди – до 45 мг/кг (1,3 ДК). Вероятно, это обусловлено высокой долей илистой фракции (< 70%) в составе донных отложений означенных районов. В целом гранулометрический состав донных отложений прибрежной акватории моря варьировал от ракушечников до мелкодисперсных пелитовых илов. Отмечено увеличение илистости грунта с северо-запада на юго-восток (от Керченского пролива к Адлеру). Согласно полученным абсолютным значениям концентраций элементов и с учетом различной адсорбционной способности донных осадков их накапливать, можно считать, что содержание тяжелых металлов в донных отложениях северо-восточной части Черного моря практически не изменялось в течение последних 18 лет наблюдений (табл. 3).

Следует отметить, что суммарный уровень загрязненности тяжелыми металлами вблизи прибрежных городов и крупных населенных пунктов черноморского побережья, как правило, оказывался повышенным – 1,3–1,5 СХК (СХК – средняя характерная концентрация элемента в каждом из типов донных отложений (Клен-

Таблица 3. Среднегодовая концентрация тяжелых металлов в донных отложениях северо-восточной части Черного моря, 1995–2012 гг.

Table 3. Average concentrations of heavy metals in bottom sediments of the north-eastern Black Sea by years, 1995–2012

Год	Концентрация, мг/кг сухой массы				
	Zn	Cu	Pb	Cd	Hg
1995	99	36	21	0,09	0,10
1996	50	26	12	0,05	0,10
2001	46	26	9,3	0,11	0,18
2002	32	22	13	0,09	0,13
2003	39	23	9,1	0,05	0,10
2004	49	24	12	0,06	0,10
2005	47	25	10	0,05	0,10
2006	45	24	11	0,05	0,10
2007	39	21	8,8	0,05	0,10
2008	52	27	13	0,05	0,10
2009	47	23	8,9	0,05	0,10
2010	44	24	10	0,05	0,10
2011	44	23	9,5	0,05	0,13
2012	51	26	12	0,06	0,11
Допустимые концентрации					
	140	35	85	0,80	0,30

кин и др., 2007)), а места нагула ряда ценных промысловых видов рыб (широта, мерланга, камбалы-калкапа, хамсы, ставриды, бычка) также совпадали с районами антропогенной нагрузки (участок моря между мысами Панагия и Железный Рог, Алапская банка, Большой Сочи).

Содержание тяжелых металлов в органах и тканях рыб

С 1993 по 2012 гг. проводился систематический контроль содержания тяжелых металлов в органах и тканях некоторых видов черноморских рыб.

Мерланг. В течение всего периода наблюдений концентрация ртути на отдельных участках акватории моря практически постоянно превышала ПДК (0,1 мкг/л), что, по-видимому, и определило степень ее аккумуляции в тканях мерланга и составило в среднем около 0,14 мг/кг сырой массы.

Весной 1993 г. концентрации кадмия в мышцах и жабрах мерланга составляли в среднем 0,25 мг/кг (0,5 ДУ для мышц) (рис. 2). Осенью того же года зафиксирована наиболее высокая за весь период наблюдений концентрация свинца в жабрах – 0,93 мг/кг. Как правило, повышенное содержание металлов в жабрах свидетельствует об их недавнем попадании в организм рыб, очевидно, в 1992–1993 гг. существовал неидентифицированный источник систематического поступления свинца и кадмия в водоем.

Максимальное накопление меди в печени самок мерланга (11 мг/кг) обнаружено летом 2006 г. Мерланг относится к придонным видам рыб (Васильева, 2007), а концентрации меди в придонном слое вод в данный период достигали 1,3 ПДК. Кроме того, в присутствии других металлов аккумуляция меди печенью даже в умеренных ее концентрациях в среде увеличивается (Zhon Xin-wen et al., 2002).

В репродуктивных органах самок и самцов мерланга, выловленных в прибрежной акватории моря между Апапой и Адлером в весенне-летний период 2003–

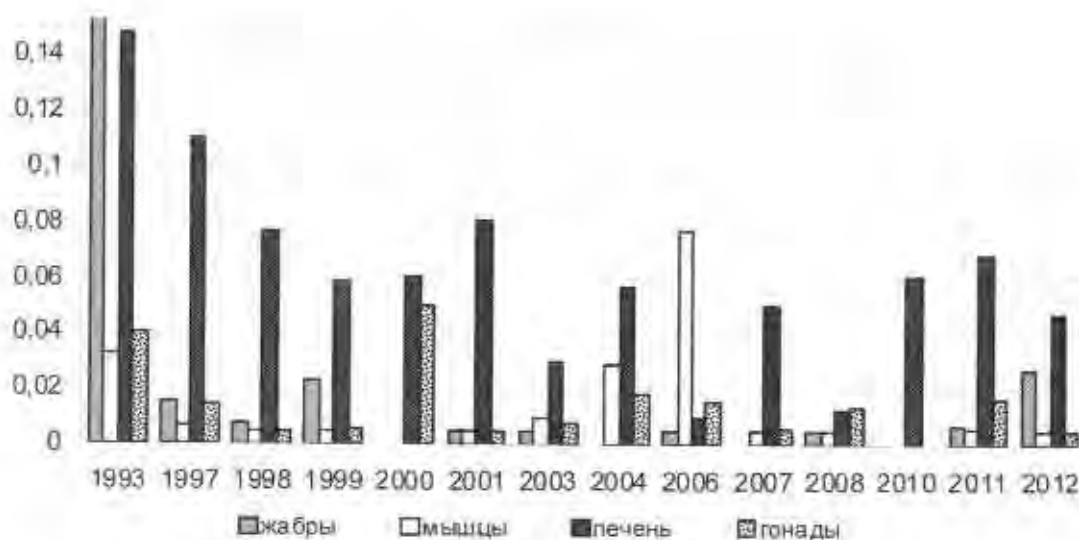


Рис. 2. Содержание кадмия в органах и тканях мерланга в 1993–2012 гг., мг/кг.

Fig. 2. Concentration of Cd in organs and tissues of whiting in 1993–2012, mg/kg.

2008 гг., неоднократно фиксировали высокие концентрации цинка – до 59 мг/кг, а концентрация меди в гонадах составляла в среднем ~1,4 мг/кг. Подобное соотношение часто обусловлено ингибированием адсорбции меди другими металлами.

Характер распределения тяжелых металлов по отдельным органам и тканям мерланга был довольно близким в течение всего периода наблюдений. Накопление меди, свинца, цинка и кадмия, обнаруженных в значимых концентрациях более чем в 70% от общего числа проанализированных проб, подчинялось закономерности: печень → гонады → мышцы → жабры, а обобщенный ряд накопления металлов всегда подчинялся закономерности $Zn > Cu > Pb > Hg > Cd$. Характерно, что подобные ряды накопления металлов отмечены у большинства видов черноморских рыб, которые были исследованы.

Камбала-калкан. В период наблюдений с 1993 по 2007 гг. концентрации ртути в органах и тканях черноморской камбалы-калкана варьировали в узком диапазоне (0,1–0,14 мг/кг сырой массы) при концентрации в воде в отдельные годы до 0,41 мкг/л. Весной и осенью 1993 г. в гонадах камбалы-калкана была обнаружена аномально высокая концентрация свинца – 3,1 мг/кг (свыше 3 ДУ), в последующие годы содержание не превышало 0,79 мг/кг. Отсутствует корреляция между уровнем содержания свинца в рыбах и их возрастом и размером, хотя, согласно литературным данным, подобная тенденция должна прослеживаться (Заботкина, Лаширова, 2003).

Весной 1994 г. и летом 2006 г. в печени камбалы-калкана были зафиксированы значительные концентрации меди (15 мг/кг) и кадмия (0,62 мг/кг), а в осенний период 1996 и 2004 гг. накопление цинка в гонадах было повышенным – до 64 мг/кг. Во всех случаях повышенные концентрации металлов были обнаружены в органах и тканях камбалы-калкана, выловленной в районе Анапской банки.

Шпрот (рис. 3). В 1993 г. в сыром веществе шпрота концентрация свинца составляла 0,35 мг/кг (0,35 ДУ), в последующие годы варьировала в диапазоне 0,05–0,18 мг/кг (рис. 3, а). С 1993 г. по 2006 г. уровень накопления кадмия (рис. 3, б) в шпроте понизился в среднем в 20 раз – с 0,06 до 0,003 мг/кг; однако в 2007–2010 гг. вновь отмечены более высокие концентрации ~0,07 мг/кг. Содержание ртути в шпроте в течение всего периода наблюдений не превышало 0,1 мг/кг.

Летом 2006 г. концентрация меди в сыром веществе шпрота составляла 17 мг/кг (рис. 3, в), что превышало значения, полученные в другие годы, более чем в 10 раз. Медь обладает высокой токсичностью для гидробионтов (ДУ не разработаны). Однако, по литературным данным, ЛД₅₀ для большинства рыб составляет 0,5 мг/кг (Мур, Рамамурти, 1987).

В шпроте, выловленном осенью 1996 г. в районе пос. Бета и весной 2007 г. вблизи Анапы, отмечены высокие концентрации цинка – до 73 мг/кг (рис. 3, а). В отличие от меди накопление цинка обычно не связано с питанием рыб, корреляции между содержанием его в теле гидробионта и возрастом и размерами рыб нет (Моисеенко, 2002).

Катран. В 1997–2008 гг. концентрации цинка в органах и тканях акулы варьировали в интервале 4,1–22 мг/кг, свинца – 0,05–0,28 мг/кг, кадмия – 0,005–0,2 мг/кг. Весной 2006 г. в печени акул, выловленных вблизи пос. Дагомыс, было обнаружено повышенное содержание меди – до 60 мг/кг. Весной 2007 г. в мышцах катрана, выловленного в этом же районе моря, обнаружено превышение ДУ ртути

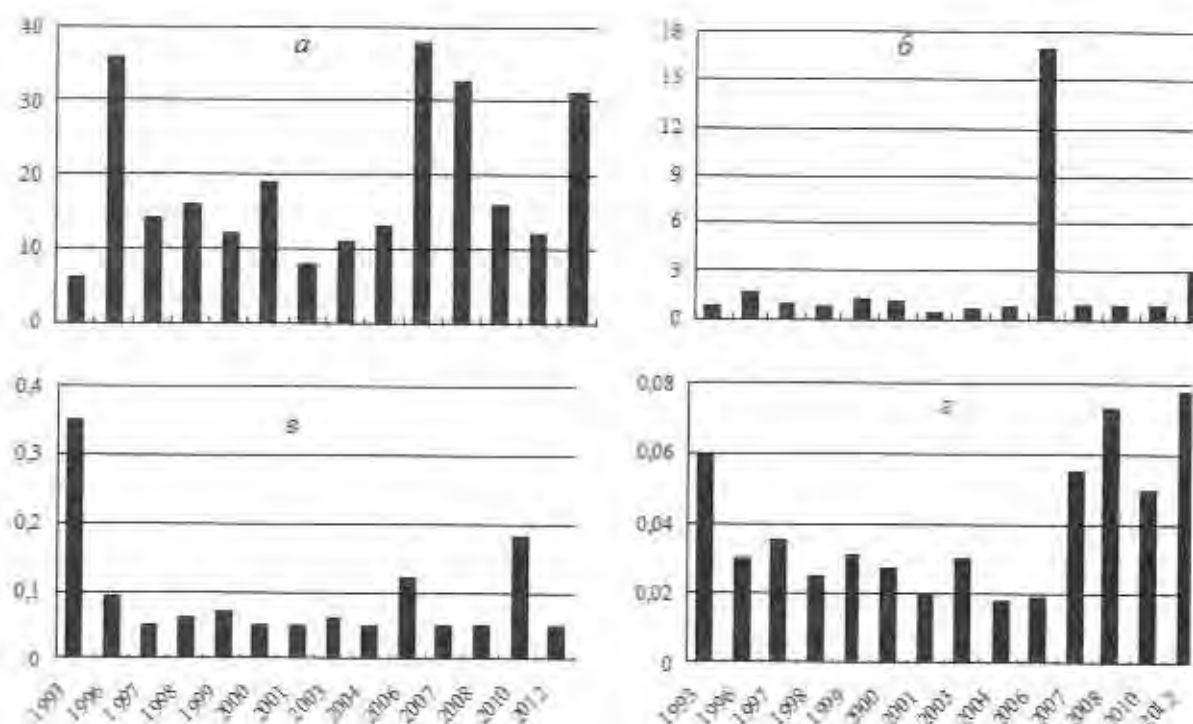


Рис. 3. Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в сыром веществе шпрота в 1993–2012 гг.: *а* – цинка, *б* – меди, *в* – свинца, *г* – кадмия.

Fig. 3. Concentration of heavy metals (mg/kg) in raw tissues of sprat in 1993–2012: *a* – of zinc, *b* – of copper, *v* – of lead, *z* – of cadmium.

в два раза (концентрация ртути в морской воде в этот период достигала 1,4 ПДК, в донных отложениях – 0,3 ДК).

Ставрида. В последнее десятилетие (2001–2011 гг.) концентрации цинка в органах и тканях черноморской ставриды, выловленной в прибрежной акватории моря между пос. Большой Утриш и г. Адлер, варьировали в диапазоне 5,7–22 мг/кг, меди – 0,53–3 мг/кг. Концентрации кадмия менялись от 0,005 до 0,48 мг/кг при максимальных значениях в печени рыб (0,69 ДУ) в 2001 г. Концентрации свинца и ртути были низкими и не превышали соответственно 0,05 и 0,1 мг/кг.

Барабулька. В мышцах рыб, выловленных в прибрежной акватории на участке между пос. Большой Утриш и Лоо в период с 1996 по 2012 гг., концентрации цинка варьировали в диапазоне от 4 до 26 мг/кг, меди – от 0,5 до 1,8 мг/кг, свинца – от 0,05 до 1,1 мг/кг, кадмия – от 0,005 до 0,13 мг/кг, ртути – не > 0,1 мг/кг. За последние 17 лет наблюдений накопление меди и кадмия в сырой ткани барабульки снизилось в среднем в два раза, свинца – в пять раз, цинка – практически не изменилось.

Смарида. За весь период наблюдений (1994–2010 гг.) концентрации цинка в биологических образцах составляли 18–27 мг/кг, накопление меди в органах и тканях смариды варьировало от 0,13 до 3,8 мг/кг, а свинца и ртути – не превышало соответственно 0,05 и 0,1 мг/кг. Диапазон концентраций кадмия изменялся от 0,005

до 0,87 мг/кг. В осенний период 2003 г. в гонадах и печени смариды, выловленной в районе Анапской банки, его концентрация была максимальной (1,2 ДУ).

Пиленгас. В органах и тканях пиленгаса, выловленного в весенне-летний период 2006, 2010 и 2011 гг. в прибрежной акватории моря между пос. Агой и Лазаревское, концентрации цинка варьировали в диапазоне от 3,8 до 64 мг/кг, меди – от 0,29 до 85 мг/кг, свинца – от 0,05 до 0,24 мг/кг, кадмия – от 0,005 до 0,38 мг/кг. Превышение ДУ нормируемых металлов не зафиксировано. Максимальный уровень накопления цинка отмечен в икре, остальных элементов – в печени пиленгаса, концентрация ртути в органах и тканях не превышала 0,1 мг/кг.

Хамса. В хамсе, выловленной в районе Анапской банки в 1998, 1999, 2001 и 2012 гг., концентрации цинка варьировали в диапазоне 14–37 мг/кг, меди – 0,77–5,2 мг/кг, свинца – 0,05–0,08 мг/кг, кадмия – 0,018–0,046 мг/кг, ртути – не > 0,1 мг/кг. Устойчивое снижение концентрации наблюдалось только для кадмия.

Другие виды рыб. В период с 1996 по 2010 гг. оценивали содержание тяжелых металлов в органах и тканях еще 12 видов рыб. В жабрах, мышцах, печени, гонадах сингиля, скорпены, луфаря, скага, морского судака, горбыля, зеленушки, саргана и бычков уровень накопления металлов (за исключением единичных случаев) был невысоким. В печени морского карася, выловленного летом 2001 г. у пос. Большой Утриш, была обнаружена аномально высокая концентрация кадмия – 3,4 мг/кг (4,9 ДУ). В икре черноморско-азовской проходной сельди, выловленной в летний период 2007 г. у мыса Панагия, уровень накопления цинка достигал 59 мг/кг. Концентрация меди в печени тарани, выловленной осенью 2004 г. в районе Анапской банки, составляла 22 мг/кг, содержание цинка в жабрах, печени и гонадах – 45–107 мг/кг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты многолетних наблюдений за уровнем накопления тяжелых металлов в воде, донных осадках и некоторых рыбах северо-восточной части Черного моря позволили выявить некоторые общие закономерности поведения и миграции этих элементов в экосистеме.

Черноморская ихтиофауна выступает в качестве функционального звена экосистемы, в котором завершаются циклы биологической миграции тяжелых металлов в Черном море с последующим биоседиментационным отложением их в донных осадках, микробной или физико-химической деструкцией отмершего биологического материала, регенерацией минеральных форм и вовлечением в новые бесконечно повторяющиеся биологические круговороты вещества (за исключением той части продукции, что изымается из водоема в виде улова).

В значительной степени высокая жизнестойкость ихтиофауны Черного моря, ее способность к воспроизводству потомства определяется качеством среды обитания, характером и степенью ее загрязнения вредными веществами. Продолжающаяся в современный период тенденция снижения общего уровня загрязнения тяжелыми металлами вод Черного моря и стабильное их содержание в донных осадках пока не нашли отражения в уровне накопления токсикантов непосредственно в рыбе. Случаи достаточно высокого накопления цинка в мерланге, кадмия и свинца – в камбале-калке, ртути – в катране и меди – в шпроте, несомненно, вызывают особую тревогу, так как они зафиксированы на фоне от-

посительно низких среднегодовых концентраций этих элементов в воде и донных отложениях.

Полученные более чем за 20-летний период сведения о содержании тяжелых металлов в объектах черноморского промысла также представляют интерес как дополнительная характеристика пищевой ценности морепродуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Васильева Е. Д. Рыбы Черного моря. Определитель морских, солоноватоводных, эвригалинных и проходных видов с цветными иллюстрациями, собранными С. В. Богородским. М.: ВНИРО, 2007. 238 с.

Заботкина Е. А., Латирова Т. Б. Влияние тяжелых металлов на иммунофизиологический статус рыб // Успехи современ. биологии. 2003. № 4. С. 401–408.

Зубкова Н. Н. Закономерности накопления микроэлементов и металлов в органах и тканях карповых рыб // Академику Л. С. Бергу - 125 лет, Сб. науч. статей. Бендеры: Экол. общ-во «БИОТІСА», 2001. С. 69–73.

Иванов П. В. Биогеохимическая индикация природных и техногенных концентраций химических элементов в окружающей среде. Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1992. 179 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. 124 с.

Кленкин А. А., Корпакова И. Г., Павленко Л. Ф., Темердашев З. А. Экосистема Азовского моря: антропогенное загрязнение. Краснодар: Просвещение-Юг, 2007. 323 с.

Ковековдова Л. Т., Симоконов М. В. Тяжелые металлы в промысловых рыбах Амурского залива Японского моря // Биология моря. 2002, Т. 28, №2. С. 125–130.

Комплексные исследования техногенного загрязнения в прибрежной зоне кавказского шельфа Черного моря. Геленджик: ГП НИПИОкеангеофизика, 1994. 296 с.

Корпакова И. Г., Кленкин А. А., Конев Ю. А. и др. Новый подход к оценке загрязненности донных отложений Азовского моря // Экол. вестн. науч. центров ЧЭС. 2005. № 4. С. 45–53.

Моисеенко Т. И. Изменение жизненного цикла рыб под воздействием хронического загрязнения вод // Экология, 2002. №1. С. 50–60.

Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. М.: Мир, 1987. 285 с.

Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. М.: Изд-во ВНИРО, 2011. 257 с.

Пасюкова Н. Г. Биологическая роль, функции микроэлементов и их токсическое действие на организм рыб // Матер. Междунар. науч.-практ. конф. «Рыбохозяйственное образование Камчатки в XXI веке». Петропавловск-Камчатский, 2002. С. 139–142.

Патин С. А. Влияние загрязнений на биологические ресурсы и продуктивность мирового океана. М.: Пищ. пром-сть, 1979. 304 с.

Патин С. А., Морозов П. П. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. 158 с.

Перевозников М. А., Богданова Е. А. Тяжелые металлы в пресноводных экосистемах. СПб.: ГОСНИОРХ, 1999. 225 с.

РД 15-162-91. Методические указания по выполнению измерений массовой концентрации общей ртути в природных (пресных и морских) водах методом беспламенной атомной абсорбции. Ростов-на-Дону: АзНИИРХ, 1990. 14 с.

РД 15-225-91. Методические указания по выполнению измерений массовой концентрации общей ртути в гидробионтах методом беспламенной атомной абсорбции. Ростов-на-Дону: АзНИИРХ, 1990. 11 с.

РД 15-226-91. Методические указания по выполнению измерений массовой концентрации общей ртути в донных отложениях методом беспламенной атомной абсорбции. Ростов-на-Дону: АзНИИРХ, 1990. 10 с.

СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Рег. №3326. Ст. 3295 // Собр. законод. РФ. 2002. № 31. 181 с.

Третьяков А. М., Скридошенко А. Д. Свободнорадикальные процессы в реализации токсического действия тяжёлых металлов // Тези доповідей І з'їзду токсикологів України. Київ, 2001. С. 26-31.

ФР 1.31.2005.01514. Методика выполнения измерений массовых концентраций алюминия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, мышьяка, никеля, свинца, серебра, стронция, сурьмы, таллия, хрома и цинка в пробах природных (пресных и морских) и очищенных сточных вод и массовых концентраций бериллия и лития в пробах природных (пресных) и очищенных сточных вод методом атомной абсорбции с электротермической атомизацией. Ростов-на-Дону: Вираз, 2005. 17 с.

ФР 1.31.2006.02634. Методика выполнения измерений массовых долей алюминия, бария, ванадия, железа, кобальта, магния, марганца, меди, мышьяка, никеля, свинца, стронция, титана, хрома, цинка и серы (общей) в пробах почв и донных отложений пресных и морских водных объектов методом рентгенфлуоресцентного анализа. Ростов-на-Дону: Вираз, 2006. 12 с.

ФР 1.31.2007.03104. Методика выполнения измерений массовой доли цинка, меди, свинца и кадмия в пробах гидробионтов методом атомной абсорбции с электротермической атомизацией. Ростов-на-Дону: Вираз, 2006. 12 с.

ФР 1.31 2007.04014. Методика выполнения измерений массовой доли кадмия в пробах донных отложений и почв методом атомной абсорбции с электротермической атомизацией. Ростов-на-Дону: Вираз, 2006. 11 с.

Черкашин С. А., Никифоров М. В., Шелехов В. А. Использование показателей смертности предличинок морских рыб для оценки токсичности цинка и свинца // Биология моря. 2004. Т. 30. № 3. С. 13-18.

Эйхлер В. Яды в нашей пище. М.: Пищ. пром-сть, 1993. 188 с.

Torcuoglu S., Kirba-Esoglu E. C., Gungor N. Тяжелые металлы в организмах и осадках на турецком побережье Черного моря, 1997-1998 гг. // Environ. Int. 2002. №7. Р. 521-526.

Zhou Xin-wen, Zhu Gao-mai, Sun Jin-he. Влияние взаимодействия тяжелых металлов на аккумуляцию меди тканями рыб // J. Zhejiang Univ. Agr. Life. 2002. №4. Р. 427-430.

ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN ICHTHYOFAUNA AND THE ENVIRONMENT OF THE NORTH-EASTERN BLACK SEA

© 2013 y. I. G. Korpakova, A. A. Larin, I. V. Korablina

Azov Fisheries Research Institute, Rostov-on-Don, 344002

Results are presented on the concentration of some heavy metals in water, bottom sediments and valuable commercial fish species of the Black Sea. The accumulation of metals in organs and tissues of fish have been considered in regard to the concentration of elements in the water and bottom sediments. Possible effects of high and low metal concentrations on hydrobionts have been try to assessed.

Keywords: Black Sea, pollution, heavy metals, hydrobionts, permissible concentration.