

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 597-1.05:577.118

**ТОКСИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТАХ
ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ
ЯПОНСКОГО МОРЯ**

© 2006 г. Л.Т. Ковековдова, М.В. Симоконь, Д.П. Кику
*Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный
центр, Владивосток 690950*

Поступила в редакцию 13.05.2005 г.

Окончательный вариант получен 15.07.2005 г.

Определены диапазоны концентраций токсичных элементов в промысловых рыбах и моллюсках из прибрежных акваторий северо-западной части Японского моря. Выявлены особенности накопления и распределения металлов в тканях гидробионтов. Независимо от видовой принадлежности в печени рыб концентрируются максимальные количества токсичных металлов, в мышечных тканях – минимальные. Отмечено высокое содержание кадмия в органах приморского гребешка и анадары Броутона, цинка и меди в тканях гигантской устрицы, повышенное содержание свинца и мышьяка в тканях тихоокеанской мидии из Амурского залива. Концентрации токсичных элементов в съедобных тканях рыб и моллюсков не превышали предельно-допустимых уровней.

ВВЕДЕНИЕ

Содержание химических элементов в гидробионтах обусловлено комплексом различных факторов, включающих физико-химические свойства элементов, экологические факторы среды и биологические особенности отдельных видов. Современное состояние прибрежных акваторий Приморья, испытывающих значительный антропогенный пресс, приводит к нарушению природного фона токсичных элементов в морской среде, которое негативно влияет на существование гидробионтов. Токсичные элементы группы тяжелых металлов способны накапливаться в тканях морских организмов, что приводит к ухудшению качества биоресурсов.

Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. №52-ФЗ и Положение о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании, утвержденное Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля 2002 г. №554 устанавливают требования к качеству и безопасности пищевых продуктов. Гигиеническими требованиями безопасности СанПиН 2.3.2.1078-01 регламентируются содержания свинца, мышьяка, кадмия, ртути, цезия-137, стронция-90 в рыбах, моллюсках, ракообразных и морских водорослях.

Цель работы – исследовать содержание токсичных элементов в промысловых гидробионтах северо-западной части Японского моря в связи с условиями обитания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Объектами исследования были промысловые рыбы и моллюски из прибрежных акваторий северо-западной части Японского моря, отбор которых проводился в период с 1994 по 2004 гг. Исследовали ткани тихоокеанской сельди (*Clupea pallasii pallasii*), малоротой корюшки (*Hypomesus pretiosus*), полосатой камбалы (*Liopsetta pinnifasciata*), остроголовой камбалы (*Cleisthenes herzensteini*), дальневосточной наваги (*Eleginus gracilis*), восьмилинейного терпуга (*Hexagrammos octogrammus*), минтая (*Theragra chalcogramma*). Также исследовалось накопление токсичных элементов промысловыми моллюсками из залива Петра Великого (Японское море): тихоокеанской мидией (*Mytilus trossulus*), мидией Грея (*Crenomytilus grayanus*), анадарой Броутона (*Anadara broughtoni*), приморским гребешком (*Mizuhopecten yessoensis*), гигантской устрицей (*Crassostrea gigas*), корбикулой (*Potamocorbula amurensis*), сахалинской спизулой (*Spisula sakhalinensis*), мией (*Mya arenaria*).

Подготовка предварительно высушенных при 80 °С проб гидробионтов к атомно-абсорбционному определению металлов проводилась методом кислотной минерализации с азотной кислотой по ГОСТ 26929-94.

Подготовка проб гидробионтов к атомно-абсорбционному определению ртути проводили минерализацией проб смесью серной и азотной кислот и перманганатом калия. В качестве восстановителя ртути использовали хлорид олова.

Атомно-абсорбционное определение элементов проводили на атомно-абсорбционных спектрофотометрах: 1. «Nippon Jarrell Ash» АА-850, где атомизатором служила однощелевая горелка, пламя ацетилен/воздух, корректор фона – дейтериевая лампа. 2. «Shmadzu» АА – 6800, где атомизатором служила графитовая ювета, корректор фона – дейтериевая лампа.

Ртуть определяли беспламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрией на приборе фирмы «Hiranuma», Hg-1.

Для построения калибровочных графиков использовали государственные стандартные образцы растворов металлов – ГСОРМ, внесенные в Государственный реестр средств измерений. Относительная погрешность определения элементов составляла не более 5%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Уровень содержания токсичных элементов в тканях рыб зависит от ряда факторов. Это возрастная изменчивость микроэлементного состава рыб, зависимость от видовой принадлежности, типа питания, геохимического фона среды (Морозов, Петухов, 1986). В таблице 1 представлены концентрации токсичных элементов в тканях основных видов промысловых рыб из прибрежных акваторий северо-западной части Японского моря.

Таблица 1. Диапазоны концентраций токсичных элементов в тканях промысловых рыб из залива Петра Великого (Японское море), мкг/г сух. массы.

Table 1. Toxic elements concentration ranges in commercial fish tissues of Peter the Great bay (Sea of Japan), mkg/g dry wt.

Вид	ткань	Cd	Cu	Hg	Pb	As	Zn
<i>Cl. pallasi</i> <i>pallasi</i>	мышцы	0,016-0,020	1,08-2,10	0,038-0,132	0,03-0,13	2,24-2,48	12,4-68,2
	печень	1,22-4,47	12,3-27,8	0,038-0,378	0,09-0,16	1,14-2,89	58,7-122
<i>H. pretiosus</i>	целиком	0,005-0,045	51,1-122,5	0,016-0,031	0,02-0,95	0,49-3,35	51,1-78,1
<i>L. pinnifasciata</i>	мышцы	0,002-0,008	0,51-2,97	0,030-0,036	<0,05-0,37	7,7-14,0	12,8-36,3
	печень	0,18-1,46	6,11-29,7	0,035-0,040	0,17-2,50	8,2-20,3	16,3-109
<i>C. herzensteini</i>	мышцы	-	0,56-1,50	0,016-0,071	-	-	18,0-32,3
	печень	0,67-1,48	3,43-6,96	0,051-0,093	-	-	65,7-127
<i>E. gracilis</i>	мышцы	-	0,50-2,48	0,016-0,204	-	-	17,8-26,6
	печень	0,10-1,63	2,75-37,0	0,017-0,072	-	-	33,5-100
<i>H. octogrammus</i>	мышцы	-	0,43-1,26	0,045-0,097	-	-	13,5-20,9
	печень	0,65-3,95	14,3-41,8	0,048-0,144	0,18-0,85	-	56,0-148
<i>T. chalcogramma</i>	мышцы	0,02-0,06	0,13-0,36	0,04-0,08	0,03-0,07	-	1,2-7,4
	печень	0,38-0,78	0,42-0,88	0,02-0,08	0,10-0,23	-	10,2-23,2

Большинство токсичных элементов независимо от вида рыб концентрируются в печени, депонирующая роль которой по отношению к металлам хорошо известна. В мышцах рыб концентрации металлов, как правило, минимальны, за исключением ртути, которая обладает максимальным сродством к белковым молекулам и способна накапливаться в мышечных тканях, передаваясь по пищевой цепи.

Ряды уменьшения концентраций металлов в органах рыб следующие:

мышцы – Zn > As > Cu > Pb > Hg > Cd;

печень – Zn > Cu > As > Cd > Pb > Hg.

В ходе биохимических процессов токсичные металлы, как природные микроэлементы, всегда присутствующие в морской среде, много тысяч раз проходят через организм рыб. В результате человеческой деятельности концентрации поллютантов, в том числе и токсичных металлов, в компонентах морской среды могут возрастать многократно. При повышении концентрации металлов в воде уровень содержания их увеличивается в органах, выполняющих барьерные функции – жабрах, желудочно-кишечном тракте. При этом печень играет основную роль в накоплении и детоксификации токсикантов группы металлов за счет их связывания синтезируемыми в ней специфическими белками – металлотионеинами. Концентрации отдельных элементов в мышечных тканях каждого вида рыб изменялись в узком диапазоне. Этот факт подтверждает наличие у рыб развитых механизмов гомеостаза, позволяющих сохранять низкую концентрацию токсичных элементов в мышцах рыб.

Допустимые уровни содержания токсичных элементов в мышечных тканях морских рыб согласно СанПиН 2.3.2.1078-01 в мг/кг сырой массы составляют: свинца – 1; мышьяка – 5; кадмия – 0,2; ртути – 0,5; для печени рыб: свинца – 1,0; кадмия – 0,7; ртути – 0,5. Превышения нормируемых величин концентраций токсичных элементов в органах рыб не обнаружено. Следует отметить повышенное содержание мышьяка в отдельных особях полосатой камбалы, отобранной из акватории Амурского залива, испытывающего мощный антропогенный пресс и кадмия в печени единичных особей восьмилинейного терпуга из Уссурийского залива.

Моллюски. Моллюски являются важным функциональным звеном прибрежных морских экосистем, в которых могут завершаться циклы биохимических миграций элементов с последующей седиментацией. Моллюски являются фильтраторами и обладают способностью накапливать техногенные вещества в высоких концентрациях. Они традиционно служат тест-объектами, в качестве надежного критерия степени загрязнения морской среды (Христофорова и др., 1994). В то же время они традиционно используются в пищу и являются источником необходимых человеку микроэлементов.

Количественный и качественный элементный состав морских беспозвоночных зависит от многих факторов. К важнейшим из них относятся видовые особенности организмов, приобретенные в процессе эволюции, физико-химические свойства элементов и химико-экологические условия существования.

В таблице 2 даны диапазоны концентраций металлов в мягких тканях восьми видов моллюсков из залива Петра Великого.

Таблица 2. Диапазоны концентраций токсичных элементов в тканях промысловых моллюсков из залива Петра Великого (Японское море), мкг/г сух. массы.

Table 2. Toxic elements concentration ranges in commercial mollusks tissues of Peter the Great bay (Sea of Japan), mkg/g dry wt.

Вид	Ткань	Cd	Cu	Hg	Pb	As	Zn
<i>M. trochulus</i>	целиком	0,33-1,38	1,6-15,6	0,005-0,031	0,25-3,8	2,0-17,9	36,7-202
<i>C. grayanus</i>	целиком	0,5-4,4	2,2-7,0	0,018-0,035	0,02-0,76	0,10-0,28	9,2-74,0
<i>A. broughtoni</i>	целиком	0,6-9,1	1,8-3,1	0,030-0,048	0,04-0,20	0,10-0,48	51,0-104
<i>M. yessoensis</i>	мускул	0,1-1,8	0,5-1,5	0,004-0,020	0,02-0,40	-	25,9-51,4
	гепатопанкреас	40,3-146	12,7-19,9	0,030-0,043	0,06-2,50	-	47,6-96,0
<i>C. gigas</i>	целиком	1,9-2,6	79-135	0,020-0,036	0,09-0,10	0,10-0,15	130-918
<i>P. amurensis</i>	целиком	0,6-1,8	13-18	0,007-0,016	0,02-0,04	0,10-0,34	75,0-105
<i>S. sakhalinensis</i>	целиком	0,4-1,3	3,0-8,0	0,030-0,060	0,20-0,40	-	25,0-50,0
<i>Mya senhousia</i>	целиком	0,06-0,12	0,5-0,7	-	0,05-0,10	-	3,1-3,8

Следует отметить видовые особенности накопления металлов моллюсками. Наибольшие диапазоны концентраций кадмия характерны для тканей приморского гребешка и анадары Броутона, меди и цинка для тканей устрицы, свинца и мышьяка для тканей тихоокеанской мидии. Способность морских организмов избирательно концентрировать микроэлементы, в том числе и

токсичные, хорошо известна (Виноградов, 1931, 1944; Христофорова, 1994). Так в прибрежных водах Тасмании концентрации цинка, меди и кадмия в устрицах достигали аномально высоких концентраций 21 000, 450 и 63 мг на 1 кг мягких тканей соответственно (Thrower, Eustace, 1973). В печени гребешков (*Pecten*) из чистых районов концентрация кадмия могла достигать – 2 000 мг/кг сырой массы (Герлах, 1985).

На широкий диапазон содержания элементов в каждом из видов обследованных моллюсков в прибрежных водах Приморья влияют региональные различия условий существования, связанные с поступлением речных стоков и характером антропогенного влияния на морские акватории. Так, повышенное содержание свинца и мышьяка в тканях тихоокеанской мидии, которая является общепризнанным организмом-индикатором, стало следствием отражения химико-экологической ситуации в Амурском заливе (залив Петра Великого), в отличие от других прибрежных акваторий северо-западной части Японского моря. Неочищенные, либо недостаточно очищенные сточные воды, сбрасываемые в Амурский залив, привели к формированию техногенной аномалии по содержанию тяжелых металлов в донных отложениях прилегающей к г. Владивостоку акватории и, соответственно к их накоплению в моллюсках.

Согласно СанПиН 2.3.2.1078-01 предельно допустимые уровни токсичных элементов в моллюсках составляют для свинца – 10; для кадмия – 2; для ртути – 0,2; для мышьяка – 5 мкг/г сыр. массы. Санитарно-гигиеническая оценка двустворчатых моллюсков показала, что концентрации кадмия, мышьяка, ртути, свинца, цинка в съедобных тканях моллюсков (в пересчете на сырую массу) не превышали нормируемых величин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определены диапазоны концентраций токсичных элементов (Cd, Cu, Hg, As, Pb, Zn) в промысловых рыбах и моллюсках северо-западной части Японского моря. Выявлены особенности распределения токсичных элементов в тканях рыб. Независимо от видовой принадлежности в печени рыб концентрируются максимальные количества токсичных металлов. В мышечных тканях рыб обнаруживаются минимальные концентрации металлов, за исключением ртути. Отмечено повышенное содержание мышьяка в отдельных особях полосатой камбалы, отобранной из акватории Амурского залива, испытывающей значительный антропогенный пресс, и кадмия в печени единичных особей восьмилейного терпуга из Уссурийского залива. Концентрации токсичных элементов в органах обследованных рыб не превышали предельно допустимые уровни.

Выделены особенности концентрирования токсичных элементов моллюсками. Отмечено высокое содержание кадмия в органах приморского гребешка и анадары Броутона, цинка и меди в тканях гигантской устрицы.

Повышенное содержание свинца и мышьяка в тканях тихоокеанской мидии из Амурского залива обусловлено сложившейся здесь химико-экологической ситуацией.

Санитарно-гигиеническая оценка двустворчатых моллюсков показала, что концентрации кадмия, мышьяка, ртути, свинца, цинка в съедобных тканях моллюсков (в пересчете на сырую массу) не превышали нормируемых величин. В условиях постоянного антропогенного воздействия на прибрежные морские акватории, имеющие рыбохозяйственное значение, необходим постоянный контроль за содержанием токсичных элементов в промысловых гидробионтах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Виноградов А.П. Химический элементарный состав организмов моря в связи с вопросами их систематики и морфологии // *Природа*. 1931. №3. С. 5-30.

Виноградов А.П. Химический элементарный состав организмов моря // *Тр. Биогеохим. лаб. М., Л., 1944. Т. 6. С. 5-173.*

Герлах С.А. Загрязнение морей. Диагноз и терапия. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 263 с.

Морозов Н.П., Петухов С.А. Микроэлементы в промысловой ихтиофауне мирового океана. М.: Агропромиздат, 1986. 159 с.

СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов». М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2002. 156 с.

Христофорова Н.К., Шулькин В.М., Кавун В.Я., Чернова Е.Н. Тяжелые металлы в промысловых и культивируемых моллюсках залива Петра Великого. Владивосток: Дальнаука, 1994. 296 с.

Thrower S.J., Eustace I.J. Heavy metal accumulation in oysters grown in Tasmanian waters // *J. Food Technol. Aust.* 1973. V. 25. Pp. 546-559.

TOXIC ELEMENTS IN COMMERCIAL HYDROBIONTS OF THE NORTH WEST SEA OF JAPAN COASTAL WATERS

© 2006 y. L.T. Kovekovdova, M.V. Simokon, D.P. Kiku

Pacific Scientific Research Fisheries Center, Vladivostok

The concentration range of toxic elements in commercial fishes and mollusks of north west Japan Sea coastal waters was determined. Features of accumulation and distribution of metals in the hydrobiont tissues were discovered. Toxic metals concentrates mostly in liver of fish and to the minimum in muscle, independently of fish species. High content of cadmium was registered in scallop and anadara broughtoni organs, zinc and copper – in oyster soft tissues. Increased lead and arsenic concentrations in pacific mussels also were marked out. Toxic element concentrations in edible tissues of fishes and mollusks were under its maximum permissible levels.