

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В КАМБАЛЕ ПОЛОСАТОЙ ИЗ АМУРСКОГО ЗАЛИВА

CONTENT OF HEAVY METALS IN THE KAMBAL BY A STRIPE FROM THE AMUR BAY

A. Marchenko

Abstract: The data on the levels of Zn, Mn, Cu, Fe, Pb and Cd content in the organs and tissues of flounder striped from the Amur Bay are presented. The sanitary and hygienic assessment of Pb and Cd content in fish muscles and liver is given. For each metal series of distribution for the organs of flounder of striped. An attempt was made to establish the nature of the accumulation of metals in the organs and tissues of fish, caused by the ecology and biology of the species.

Key words: heavy metals, flatfish flounder, levels of heavy metals, maximum permissible levels of toxic elements, patterns of distribution of heavy metals.

Марченко Анастасия Леонидовна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет»
(г. Комсомольск-на-Амуре)
kayagan@mail.ru

Аннотация: В статье приведены данные по уровням содержания Zn, Mn, Cu, Fe, Pb и Cd в органах и тканях камбалы полосатой из Амурского залива. Дана санитарно-гигиеническая оценка содержания Pb и Cd в мышцах и печени рыб. Для каждого металла построены ряды распределения по органам камбалы полосатой. Сделана попытка установить характер накопления металлов в органах и тканях рыб, обусловленный экологией и биологией вида.

Ключевые слова: тяжелые металлы, камбала полосатая, уровни содержания тяжелых металлов, предельно допустимые уровни содержания токсичных элементов, закономерности распределения тяжелых металлов.

Тяжелые металлы представляют одну из приоритетных групп загрязняющих веществ, имеющих как локальное и региональное, так и глобальное распространение. Поступление в окружающую среду металлов может быть связано как с природными геохимическими факторами, так и с антропогенными источниками. Концентрации металлов в живых организмах, как правило, находятся в зависимости от их содержания в окружающей среде и пище. Поступая в значительном количестве и во много превосходя индивидуальные потребности организмов, металлы могут вызывать нарушения различных их функций. В связи с этим, контроль за уровнем содержания металлов в организмах актуален и необходим.

Интерес к изучению содержания металлов в рыбах продиктован двумя основными причинами: использованием их как пищевых объектов, а также как индикаторов состояния окружающей среды.

Вопрос о содержании и распределении металлов в органах и тканях рыб освещен достаточно широко как в отечественных [1,2,4,6,8,12,15,16,18,19], так и в зарубежных публикациях [25,25,27,28].

Однако данных, касающихся содержания металлов в рыбах Приморья, немного [7,11,13,14,23]. В то же время северная часть края является известной металлогенической провинцией [20], а южная испытывает антропогенное загрязнение, поступающее как от собственных

крупных городов (Владивосток, Находка, Уссурийск), так и за счет трансграничного переноса с водой и воздушными потоками [9, 21]. В связи с этим представляло интерес определить уровни содержания тяжелых металлов в представителях промысловых видов рыб на примере камбалы полосатой *Pleuronectes (Liopsetta) pinnifasciatus* (Kner, 1870).

Цель работы — выявить закономерности распределения металлов в органах и тканях камбалы полосатой *Pleuronectes (Liopsetta) pinnifasciatus* (Kner, 1870) из Амурского залива.

Для достижения цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Определить уровни содержания металлов в органах и тканях камбалы полосатой *Pleuronectes (Liopsetta) pinnifasciatus* (Kner, 1870) из Амурского залива.
2. Провести санитарно-гигиеническую оценку содержания металлов в рыбе.
3. Установить характер накопления металлов в органах и тканях рыб, обусловленный экологией и биологией вида.

Полосатая камбала, Полосатая полярная камбала — *Pleuronectes (Liopsetta) pinnifasciatus* Kner, 1870 — морской и солоноватоводный вид умеренных широт. Эндемик Японского моря и прилегающих вод. У берегов Приморья встречается повсеместно. На север доходит

Таблица 1. Коэффициенты усушки органов камбалы полосатой из Амурского залива

Орган	Значение коэффициента
Чешуя	2,0
Кожа	3,3
Мышцы	4,2
Жабры	4,1
Гонады	5,7
Печень	5,5
Почки	4,0
Селезенка	2,2

Таблица 2. Средние концентрации кадмия и свинца в мышцах и печени камбалы полосатой и Амурского залива, мкг/г сырой массы

Орган	Мышцы		Печень	
	Cd	Pb	Cd	Pb
Металл				
Значение концентрации	0,006±	0,15±	0,05±	0,1±
ПДУ*	0,2	1,0	0,7	1,0

* СанПиН 2.3.2.1078-01 [5]

до Татарского пролива. Полосатая камбала отмечена также в Амурском лимане и в южной части Охотского моря — зал. Анива и у северных берегов Хокайдо. Донная рыба средних размеров. Достигает длины 42 см и массы 0,9 кг. Основу уловов составляют рыбы длиной 22–35 см. Холодолобивый, эвригалинный вид. Обитает преимущественно в прибрежной зоне, заходит в устья рек. Летом держится на глубинах 3–8 м, зимой отходит в центральные участки бухт и заливов. Нерестится в январе-марте подо льдом на глубинах 5–20 м при температуре придонной воды от –1,8 до +2,1°C. Икрометание единовременное, икра пелагическая, плодовитость до 227 тыс. икринок. Питается мелкими донными животными. Характеризуется невысокими пищевыми качествами и низкой численностью. Промысловое значение в связи с этим невелико. За весь период промышленного лова камбал в зал. Петра Великого ее доля среди других видов составляла 0,05–0,2% и лишь в 80-е годы XX века достигла величины 1,1% [17].

Средний размер рыб составил 235±5 мм. С каждой станции отбирали по 5 экземпляров рыб одинакового размера, которых препарировали по органам и выделяли часть спинной мышцы. На анализ брали чешую, кожу, жабры, гонады, печень, почки, селезенку. Высушенные при температуре 85°C навески органов массой 0,5 г от каждой особи подвергали кислотному разложению конц. HNO₃ марки ОСЧ. Содержание металлов (Zn, Fe, Cu, Mn, Cd, Ni, Pb) в пробах определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии (ААС) на приборе Shimadzu AA-6800 в пламенном и беспламенном вариантах. Аналитический контроль проводи-

ли с использованием холостых проб и стандартного материала NIST 2976. Для определения достоверности различий средних значений концентраций металлов использовался тест Манна-Уитни. Статистическая обработка проводилась с помощью стандартных пакетов EXEL и STATGRAPHICS Plus 5.1.

Поскольку в литературе приводится информация о содержании металлов в сырых тканях, нами для сравнительных целей рассчитывались коэффициенты усушки. Для этого были взвешены органы сразу после препарирования и после подсушивания в сушильном шкафу до постоянной массы. Коэффициент усушки равен отношению сырой массы к сухой. Данные приведены в табл. 1.

Выбор металлов определялся следующими соображениями: Fe и Mn, а также Cu, Zn относятся к истинным биоэлементам, но при высоких концентрациях оказывают негативное действие на живые организмы. Кроме того, Cu и Zn являются трассерами антропогенного воздействия, если они не связаны с рудоносностью, добычей и использованием в производстве. Соединения Cd, Ni и Pb свидетельствуют об индустриальном прессе на окружающую среду.

Среди исследованных элементов в настоящее время в Российской Федерации контролируются на уровне ПДУ свинец и кадмий [5] (табл. 2).

Как следует из данных табл. 2, в камбале полосатой концентрации кадмия и свинца не превышают ПДУ.

Таблица 3. Среднее содержание тяжелых металлов в органах камбалы полосатой, мкг/к сух. массы

Орган	Zn	Fe	Cu	Mn	Ni	Pb	Cd
чешуя	449,24±87,85 340,06–530,00	123,91±38,86 78,67–168,50	4,87±1,58 3,29–7,07	79,70±21,48 51,30–102,89	3,55±2,06 0,93–7,69	18,35±17,99 1,44–41,02	-
кожа	113,82±47,29 60,83–147,48	23,13±4,64 17,50–31,49	1,60±0,50 1,21–2,78	5,59±1,91 2,99–8,85	0,94±0,75 0,07–2,56	0,93±0,57 0,14–1,34	0,04±0,03
мышцы	31,82±19,49 6,09–67,49	14,31±9,14 5,39–36,73	1,42±0,80 0,69–3,71	0,64±0,18 0,39–0,95	0,22±0,60 0,04–2,07	0,57±0,26 0,07–0,96	0,03±0,03
почки	110,90±16,01 87,69–141,68	1556,35±840,27 207,02–3123,93	10,74±4,49 5,84–17,46	2,79±1,90 0,86–6,43	2,67±1,68 0,92–6,36	2,261±1,13 0,93–3,55	
жабры	96,46±16,71 64,90–115,70	215,56±62,19 94,57–280,31	2,91±0,28 2,36–3,26	25,35±9,05 16,15–46,65	0,46±0,37 0,08–0,93	0,82±0,45 0,47–1,60	0,04±0,03
гонады	286,71±216,46 56,63–609,62	88,81±27,46 50,94–148,99	7,76±3,68 3,17–13,81	2,42±1,68 0,63–5,57	1,92±3,30 0,24–10,38	0,68±0,48 0,20–1,48	0,06±0,06
печень	112,05±22,33 58,22–146,45	1095,14±750,23 346,74–2329,67	18,31±11,55 1,37–40,45	4,34±2,86 2,17–12,34	1,64±1,20 0,93–4,09	0,60±0,47 0,27–1,68	0,31±0,22
селезенка	421,00±570,40 125,07–1276,51	6283,26±6785,88 1904,02–16329,94	26,05±18,14 11,60–52,60	146,59±280,59 2,54–567,43	-	8,20±2,11 6,15–10,37	-
кости	60,34±19,91 37,02–97,41	45,07±19,15 20,35–80,38	2,85±0,55 2,27–3,57	35,81±9,38 25,21–51,70	-	0,69±0,36 0,37–1,31	-

Особенности распределения металлов в органах камбалы полосатой следующие:

- ♦ Для цинка ряд распределения по органам камбалы выглядит так:

чешуя>гонады>кожа>печень>почки>жабры>кости>мышцы.

Наибольшее содержание цинка у камбалы найдено в чешуе и гонадах. Довольно высоким было содержание этого металла в коже. В мышцах количество цинка минимальное.

Такое удаленное место жабр в ряду распределения свидетельствует о преобладании выведения металла из организма камбалы над поступлением, так как она живет в биотопе, обогащенным этим элементом. Крупные размеры печени также свидетельствуют о преобладающей роли экскреторной функции этого органа.

Можно полагать, что высокие концентрации цинка в чешуе камбалы связано с ее придонным образом жизни, и, следовательно, с большей физико-химической сорбцией металла на чешуе.

- ♦ Для железа выявлен следующий ряд:

почки>печень>жабры>чешуя>гонады>кости>кожа>мышцы.

Как видно, ряд начинается с почек — органа кроветворения и экскреции, затем следует печень, имеющая значительный набор железосодержащих ферментов. Продолжают ряд жабры и чешуя — органы непосредственного контакта со средой, с одной стороны и экскреции — с другой. Можно думать, что в организме камбалы параллельно протекают два процесса — физико-химическая сорбция железа на жабрах и чешуе и выведение избыточного количества металла через почки, жабры и чешую.

- ♦ Для меди ряд распределения имеет вид:

печень>почки>гонады>чешуя>жабры>кости>кожа>мышцы.

В этом ряду отмечается максимальное концентрирование меди в печени. Далее следуют почки — орган кроветворения, важную роль в котором играет медь. Затем следуют гонады, но для них характерна широкая вариабельность концентраций — от 3,2 до 13,8 мкг/г. После гонад стоят чешуя и жабры — органы экскреции и непосредственного контакта с водной средой. Известно, что медь является сильным комплексообразователем и сорбируется гидрооксидами металлов, находящимися во взвешенном состоянии [12].

- ♦ Для марганца ряд распределения по органам у камбалы имеет вид:

чешуя>жабры>кожа>печень>почки>гонады>мышцы.

В данном ряду отчетливо проявляется биологическая закономерность, отмеченная для марганца в организме рыб и теплокровных животных — высокая концентрация металла в костях и периферических органах [3,10,22].

- ◆ Данные по никелю характеризовались значительной вариабельностью концентраций.

Распределение никеля по органам камбалы имеет следующий вид:

чешуя>почки>гонады>печень>кожа>жабры>мышцы.

Как видно Ni преобладает в чешуе и почках — органах экскреции, которые, очевидно, осуществляют выведение избыточного содержания металла из организма камбалы.

По данным С. Г. Юрченко (2004), среднее содержание растворенного Ni в водотоках г. Владивосток составляет 0,3–2 мкг/л, в то время как в пригороде оно не превышает 0,4 мкг/л. Среднее содержание взвешенных форм никеля составляет 0,9 мкг/л. В Первой речке содержание растворенного никеля — 0,31 мкг/л, взвешенной формы — 1,65 мкг/л [24].

Данные отличались высокой дисперсией среднего для всех органов, за исключением мышц.

- ◆ Для свинца ряд распределения выглядит следующим образом:

чешуя>селезенка>почки>кожа>жабры>кости>печень>гонады>мышцы.

Как видно, в начале ряда стоят органы депонирования и экскреции, что также указывает на действие регуляторных механизмов, направленных на выведение избытка металла. Заканчивают ряд гонады и мышцы.

Среднее содержание тяжелых металлов в органах камбалы полосатой из Амурского залива представлены в табл. 3.

Таким образом, для органов камбалы максимальные концентрации характерны для цинка (чешуя, кожа, мышцы, гонады, кости) и железа (почки, жабры, печень). За ними, следуют медь (мышцы, почки, гонады, печень) и марганец (чешуя, кожа, жабры). Никель, кадмий и свинец присутствуют в минимальных количествах.

Как отмечено рядом исследователей и подтверждено нами в данной работе, в первую очередь в организме накапливаются химические элементы, необходимые для его нормальной жизнедеятельности и активно участвующие в физиолого-биохимических процессах дыхания, депонирования, выделения, кроветворения и др., т.е. в тех процессах, в которых металлы выполняют биокаталитические функции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адамова А. А., Босин А. Г., Воскобойникова М. И., Твердышева О. И. Естественное содержание некоторых микроэлементов в рыбах Баренцова моря // Гигиена и санитария. 1949. № 11. С. 34–38.
2. Артамонов Ю. Е., Евлампиева Е. П., Артамонова Е. Н. Свинец в промысловых рыбах реки Иртыш // Молодой ученый. — 2017. — № 6.1. — С. 4–6. — URL <https://moluch.ru/archive/140/39364/> (дата обращения: 27.04.2018)/
3. Берман Ш. А., Ильзиль А. Э. Распределение микроэлементов марганца, железа, меди и цинка в органах и тканях пресноводных промысловых рыб // Микроэлементы в организме рыб и птиц. Рига: Зинатне, 1968. С. 5–18.
4. Воробьев В. И., Самилкин Н. С. Микроэлементы у растительноядных рыб // Роль микроэлементов в жизни водоемов. М.: Наука, 1980. С. 24–49.
5. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078–01. М.: Минздрав России, 2002. 164 с.
6. Глазунова И. А. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в рыбах верховьев Оби: Автореферат дис. . . канд. биол. наук. Барнаул: АлтГУ, 2005. 19 с.
7. Зорина Л. Г. Гордиенко П. С., Добржанский В. Г. Оценка загрязнения водоемов по содержанию микроэлементов в рыбах // Тр. Дальневост. гос. техн. ун-та. Владивосток, 1999. 124. С. 112–114.
8. Ивашов П. В., Сиротский С. Е. Тяжелые металлы в ихтиофауне озерных экосистем Приамурья // Биогеохимические и геоэкологические процессы в экосистемах. Владивосток: Дальнаука, 2005. Вып. 15. С. 130–139.
9. Качур А. Н., Кондратьев И. И., Перепелятников Л. В. Эколого-геохимические проблемы сухопутных и прибрежно-морских ландшафтов береговой зоны российской части бассейна Японского моря // Вестник ДВО РАН. 2001. № 5. С. 53–71.
10. Ковальский В. В., Ноллендорф А. Ф., Упитис В. В. Краткий обзор результатов исследований по проблемам микроэлементов за 1978 г. // Микроэлементы в СССР. Рига: Зинатне, 1980. Вып. 21. С. 7–55.
11. Ковековдова Л. Т., Симоконь М. В. Тяжелые металлы в тканях промысловых рыб из Амурского залива Японского моря // Биол. моря. 2002. Т. 28. № 2. С. 125–130.
12. Линник П. Н., Набиванец Б. И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометеоздат. 1986. 270 с.
13. Марченко А. Л., Христофорова Н. К., Чернова Е. Н. Содержание тяжелых металлов в мышцах краснопёрок южного Приморья // Известия ТИПРО. 2006а. Т. 146. С. 276–282.

14. Марченко А. Л., Чернова Е. Н., Христофорова Н. К. Содержание тяжелых металлов в мышцах караса серебряного *Carassius auratus gibelio* из водоемов юга Приморского края // Электронный журнал «Исследовано в России». 2006б. 78. С. 759–768. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2006/078.pdf>
15. Моисеенко Т. И. Биоаккумуляция металлов в организме рыб как индикатор гидрогеохимического фона и антропогенной нагрузки // Развитие идей континентальной биогеохимии и геохимической экологии. М.: ГЕОХИ РАН, 2010. С. 288–301.
16. Морозов Н. П., Петухов С. А. Микроэлементы в промысловой ихтиофауне Мирового океана. М.: Агропромиздат, 1986. 160 с.
17. Новиков Н. П., Соколовский А. С., Соколовская Т. Г., Яковлев Ю. М. Рыбы Приморья. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2002. 552 с.
18. Попов П. А. Оценка экологического состояния водоемов методами ихтиоиндикации. Новосибирск, 2002. 270 с.
19. Попов П. А., Визер А. М., Андросова Н. В. Содержание металлов в мышечной ткани промысловых видов рыб из овосибирского водохранилища и реки Оби на приплотинном участке // Сибирский экологический журнал. 2012. № 4. С. 479–483.
20. Радкевич Е. А., Берсенев И. И., Бурдэ А. И. Основные черты геологии и металлогении Приморья. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1968. 103 с.
21. Свиных В. Г. Экология атмосферы городов Приморского края. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1997. 140 с.
22. Слесарева Е. Н. Роль микроэлементов в развитии костей // Рефераты докладов ТСХА. Вып. 18. М, 1954. С. 251–256.
23. Чернова Е. Н., Кавун В. Я., Концентрации тяжелых металлов в органах караса серебряного *Carassius auratus gibelio* (Cypriniformes, Cyprinidae) из озера Лебединого бассейна реки Туманной // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Владивосток: Дальнаука, 2000. Т. 1. С. 186–194.
24. Юрченко С. Г. Оценка экологического состояния основных водотоков полуострова Муравьев-Амурский по их микроэлементному составу // Географические и геоэкологические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток: Дальнаука, 2004. С. 97–104.
25. Dallinger R., Kautzky H. The passage of Cu, Zn, Cd and Pb along food chain into the fish *Salmo gairdneri* // Heavy metals Environ. Int. Conf. At. Sept. 1985. Vol. 1. P. 694–696.
26. Karen V. C., Lieven B., Ronny B. Determination of concentration of heavy metals in fish // Environ. Toxicol. and Chem. — 2003. — № 7. — P. 1548–1555.
27. Portmann J. The levels of certain metals in fish from costal waters around England and Wales // Aquaculture. 1972. V. 1. No. 1. P. 91–96.
28. Sorensen E. M. Metal poisoning in fish. U.S.A. Texas: CRC Press., 1992. 362 p.

© Марченко Анастасия Леонидовна (kayagan@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет