

К. С. Вязникова, Л. Т. Ковековдова

**СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА  
В КУЛЬТИВИРУЕМОМ ПРИМОРСКОМ ГРЕБЕШКЕ  
(*MIZUHOPECTEN YESSOENSIS*)  
И ВЛИЯНИЕ МАРИКУЛЬТУРНОГО ХОЗЯЙСТВА  
В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО  
НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ**

Определено содержание Mn, Zn, Cu, Cd, Pb и As в целом мягком теле и органах (жабры, пищеварительная железа, мускул, гонада, мантия) приморского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis*, Jay, 1856), культивируемого в заливе Петра Великого. Приморский гребешок достигает товарных размеров в 3-летнем возрасте. Наибольшие концентрации марганца и цинка в 3-летних особях отмечены в жабрах, наибольшее содержание меди, кадмия и свинца – в пищеварительной железе. В съедобном органе гребешка, мускуле, концентрация элементов низкая, содержание токсичных элементов (кадмий, свинец, мышьяк) не превышает предельно допустимого уровня. В пищеварительной железе кадмий обнаружен в концентрации, превышающей допустимый уровень. Установлено, что существование плантации по выращиванию гребешка в бухте Северная залива Петра Великого повлияло на концентрацию кадмия в донных отложениях под плантацией – концентрация кадмия в три раза превышала среднюю для залива Петра Великого. Содержание цинка и меди в донных отложениях бухты Северная имело тенденцию к увеличению.

**Ключевые слова:** приморский гребешок, металлы, мышьяк, атомная абсорбция, донные отложения.

### **Введение**

Выращивание приморского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis*, Jay, 1856) в Приморском крае имеет 20-летнюю историю. Были созданы и успешно функционировали два хозяйства, специализирующиеся на гребешке: в бухте Миносок (залив Посьета) и в заливе Владимира. В 1988 г. с 40 га плантаций было собрано 55 т гребешка, а в 1989 г. уже 180 т. Однако с наступлением общего кризиса в рыбной отрасли хозяйства пришли в упадок, и лишь в последние годы стали появляться признаки их возрождения: постепенно восстанавливаются плантации, наращиваются объемы реализации продукции. В бухте Северная (залив Петра Великого) существует научно-производственная база Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета и с 2006 г. работает мини-завод по воспроизводству дальневосточного трепанга и товарного гребешка.

В процессе жизнедеятельности моллюски, выращиваемые в садках, способны изменять параметры среды, как правило, в негативную сторону [1]. Двустворчатые моллюски, обитающие в определенных условиях среды, способны концентрировать металлы в количестве до  $10^5$  %. Известно, что гребешок является специфическим концентратором кадмия [2]. Уровни токсичных элементов в промысловых моллюсках не должны превышать предельно допустимых уровней (ПДУ).

Цель нашего исследования – определить содержание металлов (Mn, Zn, Cu, Cd, Pb) и мышьяка (As), в органах культивируемого приморского гребешка и донных отложениях марикультурного хозяйства бухты Северная.

### **Материалы и методы исследования**

Объекты исследования: разновозрастной культивируемый приморский гребешок (*Mizuhopecten yessoensis*, Jay, 1856) и донные отложения бухты Северная, собранные в 2014–2015 гг. Схема расположения участков (плантаций) марикультурного хозяйства в бухте Северная приведена на рис. 1.

Отбор двухлетних моллюсков осуществляли из 4-х садков на одной плантации. В 2014 г. были собраны особи 2-летнего возраста с 3-го участка плантации, в 2015 г. – годовики и особи 3-летнего возраста со 2-го участка плантации.

Способ определения элементов – атомная абсорбция. Подготовку мягких тканей моллюсков к атомно-абсорбционному определению элементов проводили методом кислотной минерализации с  $\text{HNO}_3$ , согласно ГОСТ 26929–94.



Рис. 1. Карта-схема отбора донных отложений в бухте Северная

Донные отложения были отобраны с поверхности 3–5 см. Подготовку проб донных отложений проводили в соответствии с методикой количественного химического анализа «Определение As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn (кислоторастворимые формы) в почвах и донных отложениях атомно-абсорбционным методом» [3]. В донных отложениях дополнительно были измерены концентрации Cr, Co, Ni.

Измерение концентраций Zn, Cu и Pb в моллюсках проводилось на атомно-абсорбционном спектрофотометре Shimadzu 6800 (Shimadzu corporation, Киото, Япония). В качестве атомизатора использовали однощелевую горелку, в качестве горючей смеси – смесь ацетилен-воздух. Фон корректировался дейтериевой лампой.

Концентрацию Cd, Pb и As в моллюсках определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре Shimadzu 6800, где атомизатором служила графитовая кювета.

Все полученные результаты обработаны статистически с использованием программы Statistica 6.0.

### Результаты исследований и их обсуждение

В процессе роста моллюсков изменяются их потребности в накоплении тех или иных химических элементов, средние концентрации в целом мягком теле приморских гребешков представлены в табл. 1.

Таблица 1

#### Средние концентрации элементов в целом мягком теле приморского гребешка

Целое мягкое тело	Возраст	Элементы, мкг/г сухой массы (n = 36)					
		Mn	Zn	Cu	Cd	Pb	As
	1 год	3,5 ± 1,4	15,5 ± 7,3	1,3 ± 0,9	0,4 ± 0,2	0,04 ± 0,02	0,08 ± 0,06
	2 года	36,9 ± 21,3	84,7 ± 20,6	3,1 ± 2,1	30,2 ± 12,4	0,05 ± 0,02	–
	3 года	1,6 ± 1,9	28,8 ± 6,9	1,5 ± 0,2	0,4 ± 0,3	0,04 ± 0,2	0,2 ± 0,5

Наибольшее содержание Mn, Zn, Cu и Cd отмечено в теле 2-летних особей. Увеличение концентрации элементов обусловлено особенностями роста гребешка, т. к. наибольшие темпы его роста наблюдаются до 3-летнего возраста. Снижение концентраций этих элементов в мягких тканях моллюсков происходит на 3-м году жизни. Особи в возрасте 3-х лет – это ещё активно растущие гребешки с высокой интенсивностью метаболизма, поэтому сильный прирост массы отдельных органов в этот период и большая скорость обменных процессов сопровождаются уменьшением концентраций элементов.

Соотношение веса органов приморского гребешка в общей массе тела составило: мускул – 10–17 %, мягкие ткани – 28–40 %, створки – 44–52 %, жидкость – 8–13 %.

Поскольку при технологической обработке возможно попадание токсичных элементов в съедобные органы, необходимо знать, сколько в них находится элементов и возможно ли применение в пищу других органов, таких как мантия и гонады (табл. 2).

Таблица 2

**Средние концентрации элементов  
в органах 3-летнего приморского гребешка**

Орган	Элементы, мкг/г сухой массы (n = 13)					
	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb	As
Мускул	1,1 ± 0,4	13,0 ± 4,7	0,2 ± 0,2	1,8 ± 1,0	0,04 ± 0,02	0,5 ± 0,1
Пищеварительная железа	4,3 ± 5,9	32,3 ± 15,7	3,3 ± 1,2	12,8 ± 4,2	3,9 ± 2,6	0,4 ± 0,3
Гонада	1,0 ± 0,3	13,2 ± 8,0	1,7 ± 0,3	1,4 ± 0,9	0,03 ± 0,01	0,1 ± 0,08
Жабры	5,9 ± 5,2	40,7 ± 8,6	2,9 ± 2,6	0,7 ± 0,6	0,08 ± 0,02	0,3 ± 0,1
Мантия	3,1 ± 3,3	28,8 ± 7,5	0,9 ± 1,3	0,7 ± 0,2	0,06 ± 0,02	0,3 ± 0,1

Приморский гребешок достигает товарных размеров в 3-летнем возрасте. Наибольшие концентрации Mn и Zn у особей 3-летнего возраста отмечены в жабрах. Такое распределение обусловлено тем, что жабры осуществляют непрерывный контакт со средой, фильтруя все взвешенные и растворенные компоненты. Наибольшее содержание Cu, Cd и Pb отмечено в пищеварительной железе. Пищеварительная железа – более активный в функциональном отношении орган – она не только является органом депонирования, но и участвует в процессах детоксикации.

В съедобном органе гребешка, мускуле, уровень концентраций элементов низкий.

В России безопасность пищевых продуктов гарантируется установлением и соблюдением регламентированного уровня содержания (отсутствие или ограничение ПДУ) загрязнителей химической и биологической природы, а также токсичных природных веществ. Предельно допустимые уровни указаны в нормативном документе Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 299 (табл. 3) [4].

Таблица 3

**Предельно допустимые уровни содержания токсичных элементов в моллюсках**

Продукт	Токсичный элемент	ПДУ, мг/кг, не более
Моллюски	Свинец	10,0
	Кадмий	2,0
	Мышьяк	5,0

В съедобном органе гребешков, мускуле, ПДУ содержания токсичных элементов (Cd, Pb и As) не превышены. В пищеварительной железе Cd обнаружен в концентрации, превышающей ПДУ. Приморский гребешок является концентратором кадмия. Накопление этого элемента происходит с возрастом моллюсков. В отличие от других элементов, кадмий выводится из организма очень медленно. Исследования с изотопами кадмия показали, что почти весь кадмий задерживается в организме, концентрируясь главным образом в печени [5]. В результате такой задержки полупериод биологической жизни кадмия весьма велик – около 40 лет [6]. При первичной технологической обработке моллюска важно, чтобы кадмий не попал в съедобные органы.

В процессе своей жизнедеятельности моллюски способны концентрировать элементы и выводить их с продуктами жизнедеятельности.

Определение вышеперечисленных металлов и As в донных отложениях бухты Северная в 2014–2015 гг. позволило провести сравнение их концентраций в донных отложениях бухты, районе расположения плантации гребешков, с их средним фоновым содержанием в донных отложениях залива Петра Великого (рис. 2).

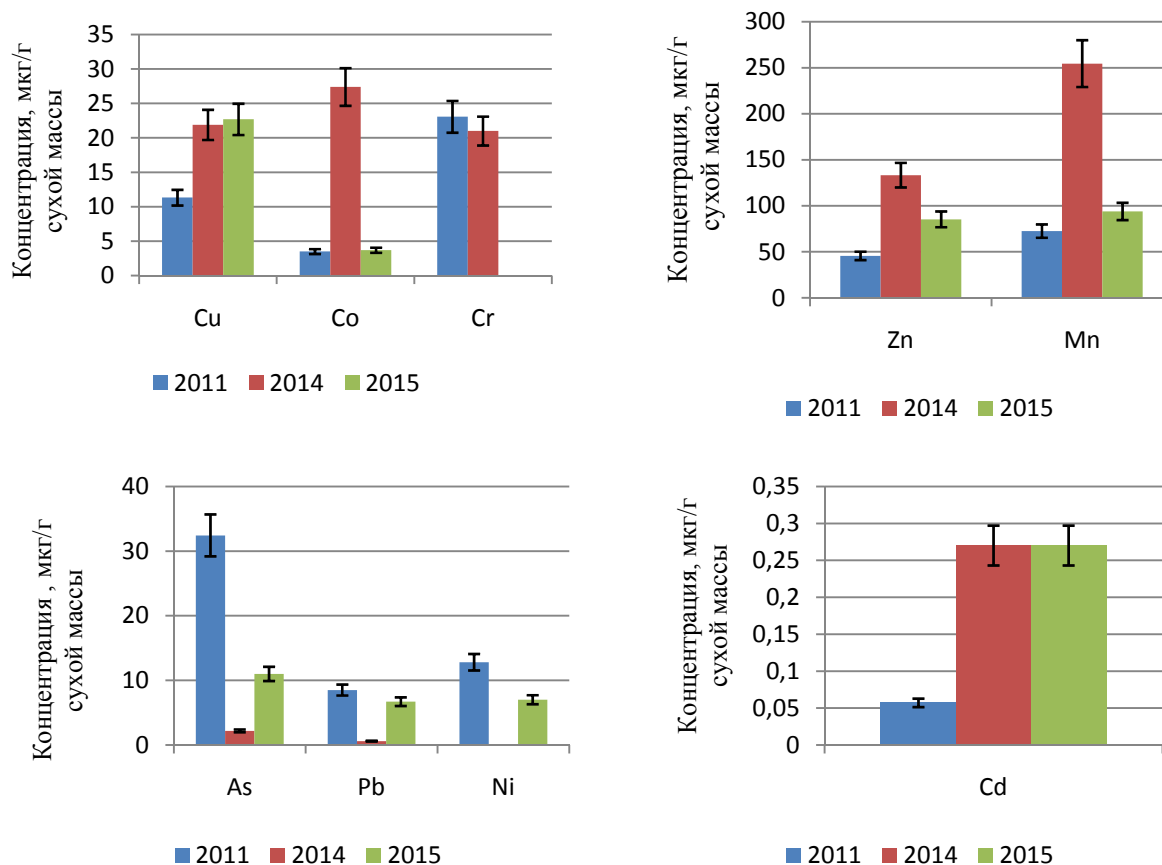


Рис. 2. Средние концентрации элементов в донных отложениях бухты Северная (2014–2015 гг.) и фоновой станции (залив Петра Великого, 2011 г.)

Концентрации Co, Cr, Mn, Pb, Ni и As значительно не отличались от средних для донных отложений залива Петра Великого. Содержание Zn и Cu имело тенденцию к увеличению в донных отложениях бухты Северная. Концентрация кадмия в донных отложениях под плантацией в 3 раза превышала среднюю для залива Петра Великого. Это обстоятельство обусловлено жизнедеятельностью моллюска, который является концентратором этого элемента.

### Заключение

Таким образом, в ходе исследования были получены следующие результаты.

1. Определено содержание Mn, Zn, Cu, Cd, Pb и As в органах и целом мягком теле приморского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis*, Jay, 1856), культивируемого в заливе Петра Великого.
2. В съедобном органе гребешка, мускуле, уровень концентраций элементов низкий, содержание токсичных элементов (Cd, Pb, As) в этом органе не превышает ПДУ.
3. Существование плантации по выращиванию гребешка в бухте Северная залива Петра Великого повлияло на концентрацию Cd в донных отложениях под плантацией. Здесь концентрация Cd в 3 раза превышала среднюю для залива Петра Великого.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Black K. D., Kiemer M. C. B., Ezzi I. A. The relationships between hydrodynamics, the concentration of hydrogen sulfide production by polluted sediments and fish health at several marine cage farms in Scotland and Ireland // J. Appl. Ichthyol. 1996. No. 12. P. 15–20.
2. Lukyanova O. N., Belcheva N. N., Chelomin V. P. Cadmium bioaccumulation in the scallop *Mizuhopecten yessoensis* from an unpolluted environment // Ecotoxicology of metals in vertebrates. Boca Raton (Florida): Lewis Publishers (A special publication of SETAC), 1993. P. 25–35.

3. М 02-902-125-2005. Методика количественного химического анализа. Определение As, Sd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn (кислоторастворимые формы) в почвах и донных отложениях атомно-абсорбционным методом. СПб., 2005. 24 с.

4. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому контролю (С изменениями на 15 января 2013 г.). Решение Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 299. URL: <http://rostandart.ru/files/docum/UTVERZhDENY.pdf>.

5. Ноздриухина Л. П. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М.: Наука, 1977. 183 с.

6. Cadmium in the environment / Eds. Friberg L. T., Piscator M., Nordberg G. F., Kjellstrom T. Cleveland. Ohio: CRC Press, 1974. 248 p.

Статья поступила в редакцию 16.05.2016

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Вязникова Ксения Сергеевна** – Россия, 690087, Владивосток; Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; аспирант кафедры экологии и природопользования; [vyalochka@mail.ru](mailto:vyalochka@mail.ru).

**Ковековдова Лидия Тихоновна** – Россия, 690091, Владивосток; Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр; Аналитический научно-испытательный центр; д-р биол. наук, профессор; ведущий научный сотрудник; [kovekovdova@mail.ru](mailto:kovekovdova@mail.ru).



*K. S. Vyaznikova, L. T. Kovekovdova*

### CONTENT OF METALS AND ARSENIC IN CULTURED SCALLOP (*MIZUHOPECTEN YESSOENSIS*) AND THE IMPACT OF AQUACULTURE FACILITIES IN THE GULF OF PETER THE GREAT ON THE CONTENT OF HEAVY METALS IN BOTTOM SEDIMENTS

**Abstract.** The content of Mn, Zn, Cu, Cd, Pb and As in the whole soft body and organs (gills, digestive gland, muscle, gonads, mantle) of the intercoastal scallop (*Mizuhopecten yessoensis*, Jay, 1856), cultured in the gulf of Peter the Great, is determined. Intercoastal scallop reaches its market size at 3 years. The highest concentration of manganese and zinc in the species of 3 years of age are marked in the gills, the highest content of copper, cadmium and lead is found in the digestive gland. In the edible scallop organ and muscles the level of concentrations of the elements is low, the content of toxic elements such as cadmium, lead and arsenic in the body does not exceed the allowable level. In the digestive gland cadmium has the concentration exceeding the allowable level. It is found that the existence of the plantation in the North bay of the gulf of Peter the Great, where the scallop is grown, has influenced the increase in the concentration of cadmium in the bottom sediments under the plantation – the concentration of cadmium is three times higher than the average one for Peter the Great Bay. The content of zinc and copper in the bottom sediments of the North bay tended to be increased.

**Key words:** scallop, metals, arsenic, atomic absorption, bottom sediments.

### REFERENCES

1. Black K. D., Kierner M. C. B., Ezzi I. A. The relationships between hydrodynamics, the concentration of hydrogen sulfide production by polluted sediments and fish health at several marine cage farms in Scotland and Ireland. *J. Appl. Ichthyol.*, 1996, no. 12, pp. 15–20.
2. Lukyanova O. N., Belcheva N. N., Chelomin V. P. *Cadmium bioaccumulation in the scallop Mizuhopecten yessoensis from an unpolluted environment. Ecotoxicology of metals in vertebrates.* Boca Raton (Florida): Lewis Publishers (A special publication of SETAC), 1993. P. 25–35.

3. М 02-902-125-2005. *Metodika kolichestvennogo khimicheskogo analiza. Opredelenie As, Sd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn (kislotorastvorimye formy) v pochvakh i donnykh otlozheniiakh atomno-absorbtsionnym metodom* [M 02-902-125-2005. The technique of quantitative chemical analysis. Determination of As, Sd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn (acid form) in soils and sediments by atomic absorption method]. Saint-Petersburg, 2005. 24 p.

4. *Edinye sanitarno-epidimiologicheskie i gigenicheskie trebovaniia k tovaram, podlezhashchim sanitarno-epidemiologicheskomu kontroliu* [Unified sanitarium and epidemiological and hygienic requirements to goods subjected to sanitarium and epidemiological control] (S izmeneniiami na 15 ianvaria 2013 g.). Reshenie Komissii tamozhennogo souza ot 28 maia 2010 g. № 299. Available at: <http://rostandart.ru/files/docum/UTV ERZhDENY.pdf>.

5. Nozdriukhina L. R. *Biologicheskaiia rol' mikroelementov v organizme zivotnykh i cheloveka* [Biological role of microelements in the organisms of animals and people]. Moscow, Nauka Publ., 1977. 183 p.

6. *Cadmium in the environment*. Eds. Friberg L. T., Piscator M., Nordberg G. F., Kjellstrom T. Cleveland, Ohio: CRC Press, 1974. 248 p.

The article submitted to the editors 16.05.2016

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Vyaznikova Kseniya Sergeevna** – Russia, 690087, Vladivostok; Far Eastern State Technical Fisheries University; Postgraduate Student of the Department of Ecology and Environmental Sciences; [vyalochka@mail.ru](mailto:vyalochka@mail.ru).

**Kovekovdova Lidiya Tikhonovna** – Russia, 690091, Vladivostok; Pacific Fisheries Research Center; Analytical Research and Testing Center; Doctor of Biology, Professor; Leading Researcher; [kovekovdova@mail.ru](mailto:kovekovdova@mail.ru).

