

УДК 574.24

DOI: 10.18384/2310-7189-2019-4-25-34

## МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ МЯГКИХ ТКАНЕЙ КОРБИКУЛЫ ЯПОНСКОЙ *CORBICULA JAPONICA* (PRIME, 1864) РЕКИ РАЗДОЛЬНОЙ (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

**Слободскова В. В.<sup>1,2</sup>, Довженко Н. В.<sup>1,2</sup>, Кукла С. П.<sup>2</sup>, Мазур А. А.<sup>2</sup>, Колосова Л. Ф.<sup>2</sup>,  
Челомин В. П.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет  
690087, ул. Луговая, д. 52б, г. Владивосток, Российская Федерация

<sup>2</sup>Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН  
690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43, Российская Федерация

**Аннотация.** В настоящей работе проанализированы три выборки двустворчатых моллюсков *Corbicula japonica*, отобранных в разной удаленности от устья реки Раздольной (300, 500 и 1500 м). Проведен анализ микроэлементного состава мягких тканей моллюска, обитающего в эстуарии. Достоверных отличий по уровню содержания микроэлементов в тканях моллюсков между выборками обнаружено не было. Авторами установлено, что жабры корбикулы японской являются эффективным биологическим барьером, который в больших количествах накапливает железо, цинк и марганец по сравнению с другими проанализированными тканями. Выявлено, что во всех исследованных тканях корбикулы больше всего содержится *Fe* и *Zn*. Анализ микроэлементного состава придонного слоя воды из мест отбора моллюсков показал, что наблюдается превышение ПДК, установленных для рыбохозяйственных водоемов по таким элементам, как железо и цинк. Был проведен морфометрический анализ моллюсков исследованных выборок, при этом явных отличий по размерно-весовым характеристикам обнаружено не было.

**Ключевые слова:** моллюск *Corbicula japonica*, популяция, ткань (биологическая), микроэлементный состав, река Раздольная (Приморский край)

## MICROELEMENT COMPOSITION OF SOFT TISSUES OF *CORBICULA JAPONICA* (PRIME, 1864) IN RAZDOLNAYA RIVER (PETER THE GREAT BAY, THE SEA OF JAPAN)

**V. Slobodskova<sup>1,2</sup>, N. Dovzhenko<sup>1,2</sup>, S. Kukla<sup>2</sup>, A. Vazur<sup>2</sup>, L. Kolosova<sup>2</sup>, V. Chelomin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Far Eastern State Technical Fisheries University  
ul. Lugovaya 52b, 690087 Vladivostok, Russian Federation

<sup>2</sup> Illichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences  
ul. Baltiyskaya 43, 600041 Vladivostok, Russian Federation

**Abstract.** We have examined 3 samples of *Corbicula japonica* taken at distances of 300, 500, and 1500 m from the Razdolnaya river estuary. The microelement composition of soft tissues of the bivalve mollusk, which lives in the estuary of the Razdolnaya river, is analyzed. No significant differences in the level of trace elements in tissues of mollusks between the samples are found. It is demonstrated that the gills of *Corbicula japonica* are an effective biological barrier, which accumulates

iron, zinc, and manganese in large quantities in comparison with other studied tissues. It is shown that Fe and Zn are mostly present in all studied tissues of *Corbicula*. Analysis of the microelement composition of the bottom layer of water from the places of mollusk selection shows that there is an excess of the MPC established for fishery reservoirs for such elements as iron and zinc. A morphometric analysis of the mollusks of the studied samples is carried out, while no obvious differences in size and weight characteristics are found.

**Keywords:** *Corbicula japonica*, pollution, heavy metals, estuary, Razdolnaya river

### Введение

В залив Петра Великого впадает несколько больших и малых рек, самая крупная из них – река Раздольная, которая на сегодняшний день испытывает мощное антропогенное воздействие и является одной из самых загрязненных рек в Приморском крае [5, с. 72]. Река берет свое начало в северных провинциях Китая, тем самым испытывает значительное воздействие от интенсивно развивающегося хозяйства данного государства, расположенного в ее верховье [3, с. 73]. Среднее течение реки находится в южной части Приморского края, в зоне сельскохозяйственного возделывания земель, расположения крупных животноводческих комплексов. Нижнее течение реки подвержено антропогенному прессингу города Уссурийск, где находятся стоки коллекторов, железнодорожных предприятий, мясокомбината, сахарного завода, картонной фабрики и других промышленно-хозяйственных предприятий [2, с. 88; 4, с. 4–7].

Известно, что с речным стоком в прибрежные акватории поступает большое количество разнообразных химических элементов, но вследствие интенсивных физико-химических, биогеохимических и седиментационных процессов в эстуариях происходит массовое осаждение всего терригенного стока, в том числе и взвешенных форм металлов [10, с. 597]. При этом скорость осадконакопления в эстуарной зоне значительно выше, чем в океане, что, в свою очередь, и объясняет высокие концентрации различных микроэлементов в устьевых зонах [8, с. 18]. Помимо этого, в водах с промежуточной соленостью происходит десорбция и мо-

билизация металлов из осаждающегося материала и донных отложений, что обуславливает обогащение придонного слоя воды микроэлементами, в том числе и токсичными, какими являются тяжелые металлы [6, с. 128].

Надежный способ исследования экологического состояния эстуарных зон – изучение содержания тяжелых металлов в двустворчатых моллюсках – сестонофагах, каким является и корбикула японская (*C. japonica*). Корбикула японская – двустворчатый моллюск, образующий крупные скопления в эстуариях, лиманах, лагунах залива Петра Великого. По данным С. В. Явнова и В. А. Ракова, самое крупное промышленное скопление корбикулы находится в эстуарии р. Раздольной [11, с. 25–29]. Промысел корбикулы в р. Раздольная был начат еще в начале 90-х гг. прошлого столетия и продолжается по сей день: моллюски представляют особый интерес для человека, прежде всего, как пищевое и лекарственное сырье. Из-за высокой фильтрационной способности корбикул их также применяют в качестве биологического фильтра для очистки воды от взвешенных частиц при выращивании рыб [11, с. 31–86].

В связи со сказанным, целью нашей работы является оценка современного состояния эстуария р. Раздольная по содержанию тяжелых металлов в разных тканях *Corbicula japonica*.

### Материал и методика

*C. japonica* (рис. 1) известна как широко распространенный эвригалинный вид в Японском море – от Восточно-Корейского залива до западного побережья Са-

халина. Встречается моллюск в эстуариях рек и приморских лагунах. Предпочитает солоноватые воды также может встречаться и в верхних течениях рек, с диапазоном солености 0 до 10‰. Корбикула японская обитает на илистых, илисто-песчаных и песчаных грунтах.

Половозрелых особей *C. japonica* отбирали в р. Раздольная с помощью драги в трех точках, которые располагались на расстоянии 300, 1000 и 1500 м от устья, вдоль берега в верх по течению реки, в апреле 2019 г. (рис. 2). Температура воды при вылове моллюсков составляла от 0 до 2°C.



Рис. 1. Внешний вид раковины *Corbicula japonica*

Далее из корбикул извлекали жабры, мантию и пищеварительную железу, в которых методом атомной абсорбции определялись уровни содержания кадмия, меди, цинка, марганца и железа [9, с. 25]. Определение микроэлементов проводилось в 15 параллельных пробах, каждая из которых включала ткани от 5 моллюсков на спектрофотометре Shimadzu AA-610S (Япония). Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета прикладных программ STATISTICA 6.0 и Microsoft Excel 2003.

### Результаты и обсуждение

Анализ размерно-весовой структуры популяции корбикулы японской, отобранной на участках с разной удаленностью от устья реки, показал, что она на 97% состоит из относительно крупных особей со средней длиной раковины 32–40 мм, высотой 31–37 мм. Добытые моллюски имели общую массу 15,3–17,2 г, вес жабр варьировался в пределах 2,06–2,5 г, пищеварительной железы – в пределах 1,2–1,53 г, и мантии – в пределах 1,4–1,49 г. При этом все три выборки моллюсков практически не отличались друг от друга по морфометрическим характеристикам (табл. 1).

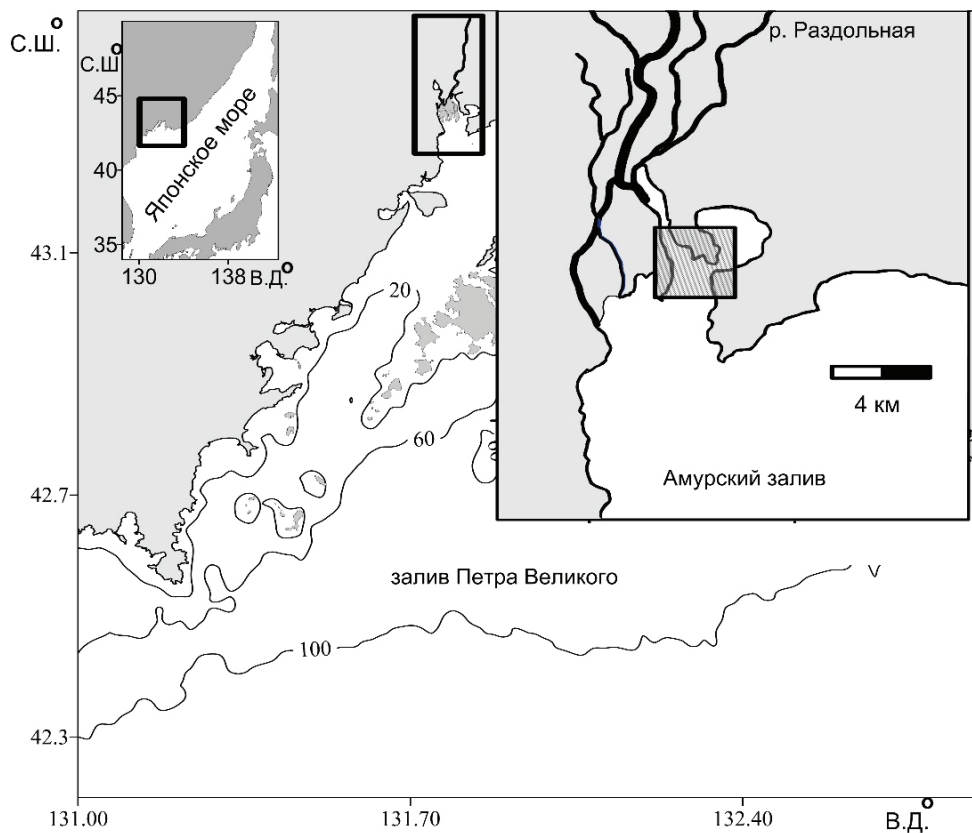
Таблица 1

#### Морфометрические показатели *C. japonica*, отобранной в р. Раздольная

Параметр (n=150)	Удаленность от устья / ткань		
	300 м	1000 м	1500 м
Масса живого моллюска, г	17,2	15,6	15,3
Масса мантии, г	1,49	1,43	1,4
Масса пищеварительной железы, г	1,53	1,29	1,2
Масса жабр, г	2,5	2,06	2,32
Высота моллюска, см	3,7	3,3	3,1
Длина моллюска, см	4,0	3,5	3,2

Исследование содержания микроэлементов в исследуемых моллюсках показало, что в наибольших количествах в тканях корбикулы содержится железо и цинк, средние концентрации которых

для 3-х точек сбора и разных тканей составляют 250,4–458 и 87,2–297,2 мг/г сух. вещ. соответственно, превышая в несколько раз содержание *Mn*, *Cu*, *Cd* (табл. 2).



Прим.: штриховкой обозначена акватория сбора материала

Рис. 2. Карта-схема района работ

Таблица 2

Содержание микроэлементов в тканях *S. japonica*, отобранной в р. Раздольная

Элемент мкг/г сухого веса	Удаленность от устья/ ткань		
	300 м	1000 м	1500 м
<b>Мантия</b>			
<b>Cu</b>	7,18±0,9	11,88±1,3	7,8±0,9
<b>Mn</b>	19,4±1,1	25,84±5,7	35,98±2,58
<b>Zn</b>	257,2±10,1	280,0±9,6	282,6±15,3
<b>Fe</b>	310,6±12,3	304,2±10,8	311,6±13,5
<b>Cd</b>	1,1±0,2	1,36±0,3	2,4±0,6
<b>Жабры</b>			
<b>Cu</b>	8,64±1,3	13,64±2,1	11,6±2,0
<b>Mn</b>	42,82±5,6	33,0±4,1	46,16±6,4
<b>Zn</b>	200,2±16,1	188,4±11,9	297,2±14,6
<b>Fe</b>	423,8±17,3	401,2±19,3	458,0±12,6
<b>Cd</b>	3,7±0,7	3,45±0,7	3,46±0,3

Элемент мкг/г сухого веса	Удаленность от устья/ ткань		
	300 м	1000 м	1500 м
<b>Пищеварительная железа</b>			
<b>Cu</b>	13,38±2,7	14,66±5,0	12,94±4,2
<b>Mn</b>	10,18±1,25	10,68±2,1	14,94±1,6
<b>Zn</b>	140,4±12,01	89,4±5,6	87,2±8,2
<b>Fe</b>	294,2±10,6	250,4±12,3	287,6±11,9
<b>Cd</b>	0,52±0,02	0,62±0,07	0,6±0,07

**Железо.** Согласно полученным данным, самые высокие из всех определенных концентрации *Fe* отмечены в жабрах корбикул из всех 3-точек, а наименьшие были в пищеварительной железе. В целом ряд убывания железа для тканей корбикулы выглядит следующим образом: «жабры > мантия > пищеварительная железа».

Если сравнивать содержание железа в разных тканях моллюсков в зависимости от удаленности от устья, то можно видеть, что самые высокие концентрации этого элемента отмечены в жабрах корбикул,

обитающих на расстоянии 1500 м от устья, при этом в пищеварительной железе и мантии концентрации этого элемента достоверно не отличались между всеми исследованными группами моллюсков.

**Цинк.** Как видно из полученных результатов (рис. 3), меньше всего цинка содержится в пищеварительной железе моллюсков во всех проанализированных группах. Больше всего этого металла обнаружено в мантии всех исследованных выборок, а также в жабрах корбикул, отобранных в точке удаленностью 1500 м от устья.

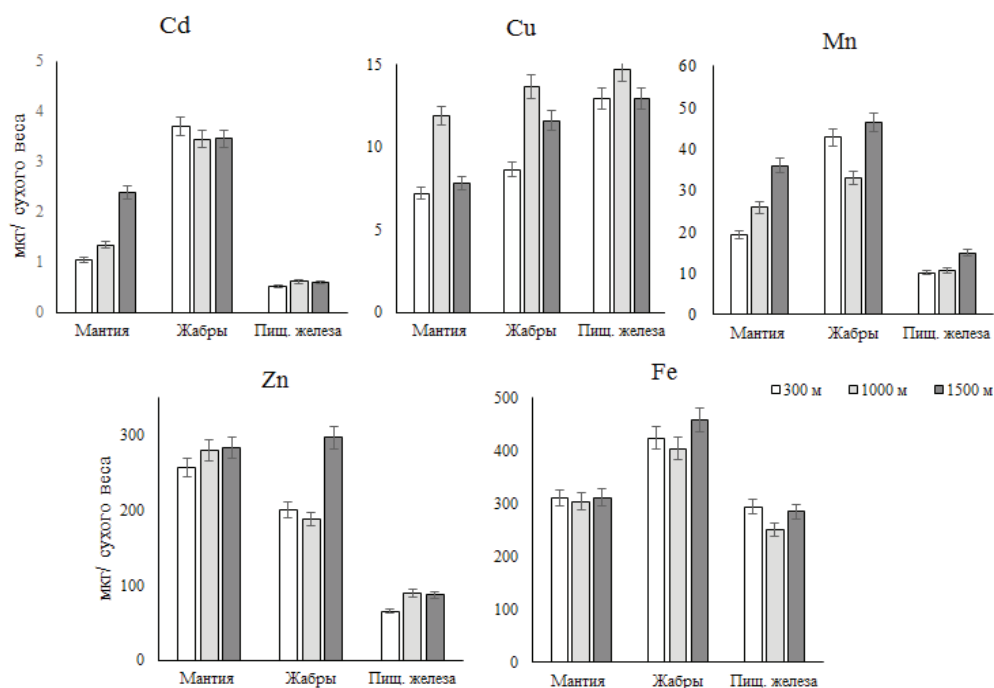


Рис. 3. Средние концентрации микроэлементов в тканях *C. japonica* из реки Раздольная

**Медь.** У моллюсков, отобранных на расстоянии 1500 м от устья, содержание меди во всех исследованных тканях гораздо выше чем у корбикул, обитающих в других акваториях. При этом прослеживается четкая закономерность увеличения содержания меди в тканях моллюсков: «мантия < жабры < пищеварительная железа».

**Марганец.** Максимальные концентрации марганца отмечены в 1500 м от устья во всех исследованных тканях корбикул, в мантии и пищеварительной железе отмечается постепенное увеличение этого металла по удаленности от устья реки.

**Кадмий.** Данный элемент является свидетелем техногенного влияния на среду и живые организмы. Больше всего кадмия содержат жабры моллюсков, выловленных на всех станциях. В мантии и пищеварительной железе прослеживается увеличение кадмия вверх по течению реки.

Известно, что *C. japonica* – активный фильтратор, средняя скорость фильтрации составляет 347 мл/ч на одну особь,

при этом грунт всего лишь удерживает тело моллюска в нужном положении для успешной фильтрации воды [11, с. 39]. Это дает основание полагать, что микроэлементный состав придонного слоя воды, который непосредственно фильтруется корбикулами, и обуславливает микроэлементный состав тканей моллюсков. Во время отбора *C. japonica* был произведен отбор проб воды из придонного слоя, для определения микроэлементного состава (табл. 3). Во всех исследованных пробах воды, как и в тканях моллюсков, в больших количествах содержатся *Fe* и *Zn*. Интересно отметить, что в тканях корбикулы интенсивнее накапливается марганец, чем медь, при этом в воде, наоборот, – меди содержится больше, чем марганца. Также обращает на себя внимание тот факт, что концентрации практически всех микроэлементов в воде увеличивается с течением реки. Возможно, это объясняется тем, что при взаимодействии соленых и пресных вод образуется биогеохимический барьер, обуславливающий резкое осаждение взвешенного вещества [1, с. 577].

Таблица 3

**Микроэлементный состав проб воды из мест обитания *C. japonica* (придонный слой), среднее ± стандартное отклонение, n = 15**

Элемент мкг / дм <sup>3</sup>	Cd	Mn	Cu	Zn	Fe
Место сбора моллюсков					
ПДК1	5	10	1	10	100
ПДК2	10	50	5	50	50
300 м	0,1 ± 0,01	11 ± 70,0	6,2 ± 2,5	15,3 ± 1,0	400 ± 9,0
1000 м	0,1 ± 0,01	11,8 ± 10,0	6,8 ± 0,3	14,9 ± 2,7	490 ± 20,0
1500 м	0,4 ± 0,01	18 ± 0,09	8,0 ± 0,4	16,4 ± 1,0	510 ± 25,5

Прим.: ПДК1 – для пресных водоемов, ПДК2 – для морских водоемов

### Заключение

Исходя из полученных данных, видно, что содержание микроэлементов в придонном слое воды р. Раздольной превышает значения предельно допустимых концентрация (ПДК), установленных для рыбохозяйственных водоемов как пре-

сных, так и морских вод<sup>1</sup>, только по содержанию железа и незначительно для

<sup>1</sup> Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 г. № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 09.02.2010 г. за № 16326).

меди. Концентрации *Mn* и *Zn* незначительно превышают ПДК для пресных вод, но значительно ниже ПДК для морских вод, при этом концентрации кадмия не превышают ПДК1 (пресные воды), ПДК2 (морские воды). Также загрязнение вод реки Раздольная тяжелыми металлами было выявлено с помощью микробной индикации Е. Г. Калитиной с коллегами [7, с. 188]. Интересно отметить, что содержание микроэлементов в придонном слое воды увеличивается с течением реки.

Суммируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что жабры корбикул являются эффективным физиологическим барьером на границе «биологическая система – среда обитания», так в жабрах по сравнению с мантией и пищеварительной железой наиболее продуктивно накапливаются такие металлы, как кадмий, марганец и железо. Медь и цинк, также хорошо накапливаются в жабрах, но большие концентрации цинка

отмечены в мантии, меди – в пищеварительной железе моллюсков.

Важно отметить, что тяжелые металлы, поступающие в прибрежные акватории, порой формируют высокие концентрации, в несколько раз превышающие ПДК как в среде, так и в водных организмах, что требует постоянного наблюдения и экологических оценок [12, с. 171–173]. Тем самым, изучение микроэлементного состава органов и тканей промысловых гидробионтов позволяет более точно оценивать их качество, пищевую ценность и соответственно безопасность. Кроме того, исследования подобного характера служат основой для установления пороговых концентраций тяжелых металлов, превышение которых может привести к необратимым последствиям не только на физиологическом уровне отдельных организмов, но и на экосистеме в целом.

Статья поступила в редакцию 14.06.2019

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гипоксия придонных вод эстуария реки Раздольная / Тищенко П. Я., Семкин П. Ю., Тищенко П. П., В. И. Звалинский, Барабанщиков Ю. А., Михайлик Т. А., Сагалаев С. Г., Швецова М. Г., Шкирникова Е. М., Шулькин В. М. // Доклады Академии наук. 2017. Т. 476. № 5. С. 576–580. DOI: 107868/S0869565217290217.
2. Даниленко С. А., Лукьянова О. Н. Биохимические маркёры адаптации у промысловых рыб эстуариев залива Петра Великого (Японское море) // Вопросы ихтиологии. 2014. Т. 54. № 1. С. 87–96. DOI: 10.7868/S0042875214010032.
3. Даниленко С. А., Лукьянова О. Н. Молекулярные биомаркеры физиологического состояния Японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonica* (de Naap, 1835) в эстуариях рек залива Петра Великого (Японское море) // Биология внутренних вод. 2014. № 3. С. 69–78. DOI: 10.7868/S0320965214030048
4. Колпаков Н. В. Антропогенное загрязнение эстуариев Южного Приморья: обзор // Известия ТИНРО. 2016. Т. 187. С. 3–18. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-187-3-18
5. Никулина Т. В. Оценка экологического состояния р. Раздольная по составу индикаторных видов водорослей // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2006. № 6. С. 71–78.
6. Обмен вод в эстуарии реки Раздольной (Амурский залив, Японское море) в период ледостава / Семкин П. Ю., Тищенко П. Я., Лобанов В. Б., Барабанщиков Ю. А., Михайлик Т. А., Сагалаев С. Г., Тищенко П. П. // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра. 2019. Т. 196. С. 123–137. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-196-123-137.
7. Особенности микробиологического состава вод реки Раздольной (южное приморье) / Е. Г. Калитина, Т. А. Михайлик, П. Ю. Семкин, Ю. А. Барабанщиков, С. А. Зорин // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра. 2015. Т. 180. С. 187–197.
8. Павлова Г. Ю., Тищенко П. Я. Гидрохимический режим эстуария р. Раздольной (Амурский залив, Японское море) // Вода: химия и экология. 2014. № 12. С. 16–25.
9. Христофорова Н. К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. Л.: Наука, 1989. 192 с.

10. Шулькин В. М., Семькина Г. В. Сезонная и многолетняя изменчивость содержания и выноса биогенных соединений р. Раздольной (Приморский край) // Водные ресурсы. 2005. Т. 32, № 5. С. 575–583.
11. Явнов С. В., Раков В. А. Корбикула. Владивосток: ТИПРО-центр, 2002. 145 с.
12. Shulkin V., Tishchenko P., Semkin P., Shvetsova M. Influence of river discharge and phytoplankton on the distribution of nutrients and trace metals in Pazdolnaya River estuary, Russia // Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2018. № 211. P. 166–176. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.09.024>

## REFERENCES

1. Tishchenko P., Semkin P., Tishchenko P. P., Zvalinskiy V., Barabanshchikov Yu., Mikhailik T., Sagalaev S., Shvetzova M., Shkirknikova E., Shulkin V. [Hypoxia of bottom waters of the Razdolnaya river estuary]. In: *Doklady akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences], 2017, vol. 476, no. 5, pp. 576–580.
2. Danilenko S., Luk'yanova O. [Biochemical markers of adaptation in commercial fish in the estuaries of the Peter the great Bay (the sea of Japan)]. In: *Voprosy ikhtiologii* [Problems of ichthyology], 2014, vol. 54, no. 1, pp. 87–96.
3. Danilenko S., Luk'yanova O. [Molecular biomarkers of the physiological state of the Japanese monitor crab *Eriocheir japonica* (de Haan, 1835) in the estuaries of the rivers of the Peter the great Bay (the Sea of Japan)]. In: *Biologiya vnutrennikh vod* [Biology of inland waters], 2014, no. 3, pp. 69–78.
4. Kolpakov N. [Anthropogenic pollution of the estuaries of the southern Primorye: an overview]. In: *Izvestiya Tihookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybohozyajstvennogo centra* [Izvestiya TINRO], 2016, no. 187, pp. 3–18.
5. Nikulina T. [Assessment of the ecological status of the Razdolnaya river on structure of indicator species of algae]. In: *Vestnik DVO RAN*, 2006, no. 6, pp. 71–78.
6. Semkin P., Tishchenko P., Lobanov V., Barabanshchikov Yu., Mikhailik T., Sagalaev S., Tishchenko P. [The exchange of waters in the estuary of the Razdolnaya river (Amur Bay, the Sea of Japan) in the period of ice formation]. In: *Izvestiya Tihookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybohozyajstvennogo centra* [Izvestiya TINRO], 2019, no. 196, pp. 123–137.
7. Kalitina E., Mikhailik T., Semkin P., Barabanshchikov Yu., Zorin S. [Features of the microbiological composition of the waters of the Razdolnaya river (South Primorye)]. In: *Izvestiya TINRO* [Izvestiya TINRO], 2015, no. 180, pp. 187–197.
8. Pavlova G., Tishchenko P. [The hydrochemical regime of the estuary of the Razdolnaya river (Amur Bay, The Sea of Japan)]. In: *Voda: khimiya i ekologiya*, 2014, no. 12, pp. 16–25.
9. Khristoforova N. *Bioindikatsiya i monitoring zagryazneniya morskikh vod tyazhelymi metallami* [Bioindication and monitoring of pollution of marine waters by heavy metals]. Leningrad, Nauka Publ., 1989. 192 p.
10. Shul'kin V., Semykina G. [Seasonal and long-term variability of the content and of the removal of biogenic compounds of the Razdolnaya river (Primorye)]. In: *Vodnye resursy*, 2005, vol. 32, no. 5, pp. 575–583.
11. Явнов С., Раков В. *Корбикула* [Corbicula]. Владивосток, ТИПРО-центр Publ., 2002. 145 p.
12. Shulkin V., Tishchenko P., Semkin P., Shvetsova M. Influence of river discharge and phytoplankton on the distribution of nutrients and trace metals in Pazdolnaya River estuary, Russia. In: *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2018, no. 211, pp. 166–176. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.09.024>

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы AAA-A19-119032090011-7 и частично в рамках госбюджетной темы AAA-A17-117030110038-5. Авторы также выражают признательность старшему научному сотруднику ТОИ ДВО РАН П. Ю. Семкину за помощь в построении карты-схемы сбора моллюсков.

## ACKNOWLEDGMENT

This work was performed within the framework of State Budget Theme AAA-A19-119032090011-7 and partially within the framework of State Budget Theme AAA-A17-117030110038-5. The authors also thank P. Yu. Semkin, a senior researcher at the Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, for his help in constructing a map-diagram of the collection of mollusks



### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Слободскова Валентина Владимировна* – кандидат биологических наук, доцент Дальрыбвтуза, старший научный сотрудник Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук;  
e-mail: [slobodskova@list.ru](mailto:slobodskova@list.ru)

*Довженко Надежда Владимировна* – кандидат биологических наук, доцент Дальрыбвтуза, старший научный сотрудник Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук;  
e-mail: [nadezhda@poi.dvo.ru](mailto:nadezhda@poi.dvo.ru)

*Кукла Сергей Петрович* – младший научный сотрудник Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук;  
e-mail: [kukla.sp@mail.ru](mailto:kukla.sp@mail.ru)

*Мазур Андрей Александрович* – аспирант Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук;  
e-mail: [mazur.aa@poi.dvo.ru](mailto:mazur.aa@poi.dvo.ru)

*Колосова Людмила Федоровна* – ведущий инженер Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук;  
e-mail: [kolosova\\_68@inbox.ru](mailto:kolosova_68@inbox.ru)

*Челомин Виктор Павлович* – доктор биологических наук, зав. лабораторией морской экотоксикологии Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук;  
e-mail: [chelomin@poi.dvo.ru](mailto:chelomin@poi.dvo.ru)

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Valentina V. Slobodskova* – PhD in Biological Sciences, Associate Professor at the Far Eastern State Technical Fisheries University, Senior Researcher at the Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences;  
[slobodskova@list.ru](mailto:slobodskova@list.ru)

*Nadezhda V. Dovzhenko* – PhD in Biological Sciences, Associate Professor at the Far Eastern State Technical Fisheries University, Senior Researcher at the Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences;  
e-mail: [nadezhda@poi.dvo.ru](mailto:nadezhda@poi.dvo.ru)

*Sergey P. Kukla* – junior researcher at the Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences;  
e-mail: [kukla.sp@mail.ru](mailto:kukla.sp@mail.ru)

*Andrei A. Mazur* – post-graduate student at the Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences;  
e-mail: [mazur.aa@poi.dvo.ru](mailto:mazur.aa@poi.dvo.ru)

*Lyudmila F. Kolosova* – leading engineer at the Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences;  
e-mail: [kolosova\\_68@inbox.ru](mailto:kolosova_68@inbox.ru)

*Victor P. Chelomin* – Doctor in Biological Sciences, Head at the Marine Ecotoxicology Laboratory of Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences;  
e-mail: [chelomin@poi.dvo.ru](mailto:chelomin@poi.dvo.ru)

---

### ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Микроэлементный состав мягких тканей корбикулы японской *Corbicula japonica* (Prime, 1864) реки Раздольной (залив Петра Великого, Японское море) / В. В. Слободскова, Н. В. Довженко, С. П. Кукла, А. А. Мазур, Л. Ф. Колосова, В. П. Челомин // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2019. № 4. С. 25–34.  
DOI: 10.18384/2310-7189-2019-4-25-34

**FOR CITATION**

Slobodskova V., Dovzhenko N., Kukla S., Vazur A., Kolosova L., Chelomin V. Microelement composition of soft tissues of *Corbicula japonica* (Prime, 1864) in the Razdolnaya river (Peter the Great bay, The Sea of Japan). In: *Bulletin of the Moscow Regional State University, Series: Natural Sciences*, 2019, no. 4, pp. 25–34. DOI: 10.18384/2310-7189-2019-4-25-34