

© Авторы 2022 г. Открытый доступ.
Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution License 4.0 International (CC BY 4.0)



© The Authors 2022. Open access.
Content is available under Creative Commons Attribution License 4.0 International (CC BY 4.0)

УДК 577.118:543.421:592(265.53)

КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ
<https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.277-282>
<https://www.elibrary.ru/cjskze>

Содержание микроэлементов в некоторых видах беспозвоночных из залива Терпения Охотского моря

Ю. Н. Полтев*, Т. Г. Коренева, В. Е. Марыжихин

*E-mail: y.poltev@sakhniro.ru

Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО), Южно-Сахалинск, Россия

Реферат. Приведены данные атомно-абсорбционного определения содержания микроэлементов в тканях и органах некоторых видов беспозвоночных, отобранных в январе 2021 г. из прилова на промысле дальневосточной наваги *Eleginus gracilis* в водах зал. Терпения Охотского моря. Показано, что в промысловых видах концентрации токсичных нормируемых микроэлементов (As, Pb, Cd) не превышают допустимых уровней.

Ключевые слова: микроэлементы, атомная абсорбция, ткани и органы беспозвоночных, Охотское море

The content of trace elements in some invertebrate species from the Terpeniya Bay, the Sea of Okhotsk

Yuriy N. Poltev*, Tatyana G. Koreneva, Vsevolod V. Maryzhikhin

*E-mail: y.poltev@sakhniro.ru

Sakhalin Branch, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (SakhNIRO), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Abstract. The data on atomic absorption determination of the content of trace elements in the tissues and organs of some invertebrate species sampled in January 2021 from the by-catch in the *Eleginus gracilis* fishery in the Terpeniya Bay, the Sea of Okhotsk are presented. The concentrations of toxic normalized trace elements (As, Pb, Cd) in commercial species are shown not to exceed the permissible levels.

Ключевые слова: trace elements, atomic absorption, invertebrate tissues and organs, Sea of Okhotsk

Для цитирования: Полтев Ю.Н., Коренева Т.Г., Марыжихин В.Е. Содержание микроэлементов в некоторых видах беспозвоночных в заливе Терпения Охотского моря. *Геосистемы переходных зон*, 2022, т. 6, № 3, с. 277–282. <https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.277-282>; <https://www.elibrary.ru/cjskze>

For citation: Poltev Yu.N., Koreneva T.G., Maryzhikhin V.E. The content of trace elements in some invertebrate species from the Terpeniya Bay, the Sea of Okhotsk. *Geosistemy perexodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2022, vol. 6, no. 3, pp. 277–282. (In Russ., abstr. in Engl.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.277-282>; <https://www.elibrary.ru/cjskze>

Благодарности и финансирование

Исследования выполнены в рамках государственной программы СахНИРО на 2021 г. (тема № 076-00002-21-00). Авторы признательны сотрудникам сектора прибрежных и пресноводных рыб Сахалинского филиала ВНИРО (СахНИРО) за отбор беспозвоночных. Авторы благодарны рецензентам за конструктивные замечания, способствующие улучшению данной публикации.

Acknowledgements and Funding

The research was carried out within the framework of the SakhNIRO state program for 2021 (subject No. 076-00002-21-00). Authors are grateful to the staff of the sector of coastal and freshwater fish of the Sakhalin Branch of VNIRO (SakhNIRO) for the sampling of invertebrates. Authors thank the reviewers for their constructive comments that help improve this publication.

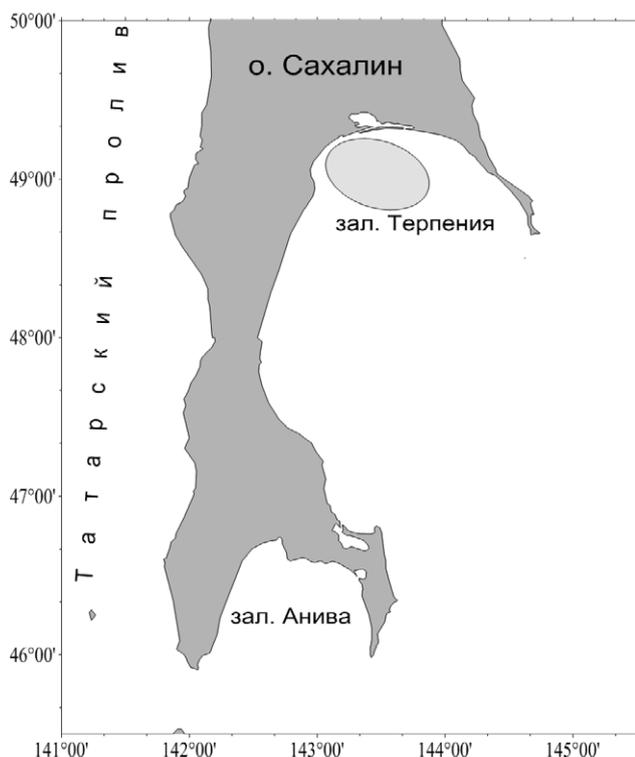
Введение

Сведения о содержании и распределении микроэлементов в органах и тканях гидроби-

онтов интересны для понимания роли микроэлементов в процессе жизнедеятельности организмов [1, 2; и др.]. В связи с усиливающейся

антропогенной нагрузкой оценка содержания и закономерностей аккумуляции микроэлементов в гидробионтах прибрежных морских экосистем становится особенно актуальной. Способность гидробионтов накапливать микроэлементы определяет необходимость контроля за уровнем содержания их токсичных представителей в тканях и органах промысловых видов. В настоящее время информация по содержанию микроэлементов в гидробионтах дальневосточных морей относится преимущественно к водам зал. Петра Великого Японского моря [3, 4, 5; и др.].

Залив Терпения (см. рисунок), расположенный в средней части восточного побережья о. Сахалин, является важным промысловым районом. Его воды богаты дальневосточной навагой *Eleginus gracilis*, желтоперой камбалой *Limanda aspera* и приморским гребешком *Mizuhopecten yessoensis*, а в его реках воспроизводится горбуша *Oncorhynchus gorbusha*. Из обитающих в заливе гидробионтов данные о содержании микроэлементов (Hg) получены лишь для горбуши [6]. Результаты наших исследований расширяют видовой список гидробионтов данного залива и перечень исследованных в них микроэлементов.



Район отбора беспозвоночных [7].
Invertebrate sampling area [7].

Цель данной работы – выявить уровни содержания и особенности распределения микроэлементов, в том числе нормируемых (свинец, кадмий, мышьяк), в некоторых видах водных биоресурсов из морских прибрежных вод зал. Терпения; дать санитарно-гигиеническую оценку качества промысловых видов в отношении содержания в них нормируемых токсичных элементов.

Материал и методика

Материалом для настоящего исследования служили образцы следующих тканей и органов беспозвоночных: икра волосатого краба *Pagurus brachiomastus* (Thallwitz, 1891); мышцы и экзоскелет клешни охотоморского рака-отшельника *P. ochotensis* (Brandt, 1851); мышцы и створки сердцевики гренландской *Serripes groenlandicus* (Mohr, 1786); гонады, щупальца и кожно-мышечный мешок кукумарии японской *Cucumaria japonica* (Semper, 1868); кожа и амбулакральные ножки морской звезды, схожей по внешнему виду с амурской *Asterias amurensis* (Lutken, 1871); тело пробковой губки *Suberites domuncula* var. *domuncula* (Olivi, 1792), обросшей раковину брюхоногого моллюска, используемого самкой волосатого краба в качестве убежища.

Гидробионты были отобраны по одному экземпляру из прилова на промысле дальневосточной наваги в центральной и западной частях зал. Терпения (см. рисунок) в конце января 2021 г. и до проведения исследований хранились в морозильной камере при температуре -20°C .

Для проведения анализа проб на содержание микроэлементов брали навески тканей и органов гидробионтов массой около 1 г. Пробоподготовку проводили способом «мокрой» минерализации в микроволновой печи Mars 6 фирмы СЕМ [8]. Концентрации свинца (Pb), кадмия (Cd), меди (Cu), хрома (Cr), марганца (Mn), никеля (Ni) и мышьяка (As) в полученном минерализате измеряли атомно-абсорбционным методом в режиме электротермической атомизации (GFAA) на спектрофотометре Shimadzu AA-6800 с графитовой печью и коррекцией фона на основе эффекта Зеемана. Концентрацию железа (Fe) определяли этим же методом в пламенном режиме с дейтериевой коррекцией фона (FLAA). Содержание микро-

элементов выражали в мг/кг сырой массы. Границы относительной суммарной погрешности измерений составляли 20 % для Fe, 25 % – для Pb и Cu, 26 % – для Cd, 32 % – для As и Mn, 34 % – для Cr, 36 % – для Ni [8].

Для градуировки спектрофотометра и контроля точности результатов измерений применяли стандартные образцы утвержденного типа – ГСО 7330-96 состава раствора ионов металлов (Fe, Cd, Mn, Cu, Ni и Pb), ГСО 7264-96 состава раствора ионов As(III), ГСО 7781-2000 состава раствора ионов Cr(VI).

Результаты и обсуждение

Исследованные беспозвоночные имели следующие размерно-весовые параметры: охотоморский рак-отшельник – длина от края клешней до конца брюшка 210 мм, ширина жесткого карапакса 24 мм, мягкого – 31 мм, масса тела 85.2 г; волосатый рак-отшельник – длина от края клешней до конца брюшка 110 мм, ширина жесткого карапакса 15 мм, мягкого – 19 мм, масса тела 19.9 г, масса икры на плеоподах 4.35 г; сердцевидка гренландская – длина створок 43 мм, ширина – 36 мм, высота – 24 мм, масса тела 44.0 г, масса мягких тканей 25.6 г, масса тела без створок 18.5 г; кукумария японская – длина 130 мм, ширина 70 мм, высота 32 мм.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о различных уровнях аккумуляции микроэлементов в органах и тканях беспозвоночных.

В тканях и органах десятиногих ракообразных повышенные содержания Fe, Cr, Pb и Cd характерны для икры волосатого рака-отшельника, а Cu и As – для мышц, Mn и Ni – для экзоскелета клешни охотоморского рака-отшельника (см. таблицу). Пониженные уровни аккумуляции большинства микроэлементов (Cd, Pb, Ni, Cr, Mn, Fe) отмечены в мышцах охотоморского рака-отшельника. В целом концентрация микроэлементов в тканях и органах ракообразных убывает в ряду от Fe и Cu к Cd или Pb. Различия концентраций отдельных микроэлементов в экзоскелете, мышцах и икре находятся в пределах одного порядка. Исключение составляет Cd, со-

держание которого в икре на порядок выше, чем в экзоскелете клешни и на 2 порядка – чем в мышцах клешни.

В мускуле двустворчатого моллюска сердцевидки гренландской, являющейся промысловым видом, отмечены более низкие (в 3–4 раза), чем в створках, концентрации Fe, Cu и Mn и в 2 раза более высокое содержание Pb. Содержание других элементов было сопоставимым. Концентрации нормируемых элементов Pb, As и Cd в мускуле не превышали допустимые уровни, составляющие 10, 5 и 2 мкг/г сырой массы соответственно*.

Способность моллюсков накапливать тяжелые металлы делает возможным их использование в качестве живых «мониторов» загрязнения окружающей водной среды [9]. Исходя из содержания нормируемых элементов в мускуле и створках сердцевидки гренландской, можно констатировать, что во всяком случае на участке ее обитания в центральной и западной частях залива водная среда не загрязнена токсикантами и благоприятна для обитания гидробионтов.

У представителя иглокожих кукумарии японской, также промыслового вида, повышенные уровни накопления Fe и Ni отмечены в щупальцах, а Mn и Cd – в гонадах. Наименьшее содержание практически всех элементов наблюдали в тканях кожно-мускульного мешка. Содержание нормируемых токсичных микроэлементов (As, Pb и Cd) в тканях и органах кукумарии не превышало их допустимый уровень.

В коже другого представителя иглокожих – морской звезды содержание Cu, Ni и Cd в 1.8–1.9 раз, а содержание Mn – в 13 раз выше, чем в амбулакральных ножках.

В тканях пробковой губки концентрации микроэлементов снижаются от Fe и Mn к Cr и Cd. Относительно других рассмотренных беспозвоночных данный вид характеризуется максимальными концентрациями Ni, Fe, As, Mn и Pb, что может указывать на возможность использования его в качестве биоиндикатора загрязнения водной среды этими микроэлементами. Ранее исследованиями в водах Хорватии было показано, что пробковая губка может служить биоиндикатором кадмиевой нагрузки [10].

* СанПиН 2.3.2.1078-01. 2002. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. М.: Госкомсанэпиднадзор, 156 с. [SanPiN 2.3.2.1078-01. 2002. Hygienic requirements to safety and nutritive value of food products. Moscow: Goskomsanepidnadzor, 156 p.]

Таблица. Концентрации микроэлементов в органах и тканях исследованных беспозвоночных
Table. Concentrations of trace elements in organs and tissues of the studied invertebrates

Вид	Ткани/ органы	Микроэлементы, мг/кг сыр. массы								в порядке убывания концентраций
		Fe	Cu	As	Mn	Cr	Ni	Pb	Cd	
Охотоморский рак- отшельник	Мышцы клешни	59.7	10.61	5.6	0.66	0.37	0.18	0.08	0.002	Fe Cu As Mn Cr Ni Pb Cd
	Экзоскелет клешни	72.5	6.90	3.5	5.27	0.61	0.63	0.15	0.019	Fe Cu Mn As Ni Cr Pb Cd
Волосатый рак-отшельник	Икра	107.2	9.23	0.9	1.60	0.74	0.39	0.18	0.243	Fe Cu Mn As Cr Ni Cd Pb
Сердцевидка гренландская	Мускул	54.7	0.68	0.6	1.37	0.41	0.67	0.08	0.002	Fe Mn Cu Ni As Cr Pb Cd
	Створки	175.1	2.82	0.9	4.93	0.55	0.77	0.04	0.002	Fe Mn Cu As Ni Cr Pb Cd
Кукумария японская	Кожно- мускульный мешок	24.2	0.38	0.6	0.78	0.32	0.18	0.09	0.016	Fe Mn As Cu Cr Ni Pb Cd
		77.7	0.60	0.7	1.14	0.40	0.37	0.09	0.047	Fe Mn As Cu Cr Ni Pb Cd
	Щупальца Гонады	58.5	0.69	0.8	2.49	0.28	0.19	0.09	0.098	Fe Mn As Cu Cr Ni Cd Pb
Морская звезда	Кожа	159.8	2.30	0.9	9.15	0.49	0.66	0.16	0.160	Fe Mn Cu As Ni Cr Pb, Cd
	Амбулакраль- ные ножки	177.1	1.25	1.0	0.71	0.67	0.35	0.18	0.090	Fe Cu As Mn Cr Ni Pb Cd
Пробковая губка	Ткани	220.3	1.44	6.8	10.11	0.66	1.0	1.33	0.213	Fe Mn As Cu Pb Ni Cr Cd

Если сравнивать исследованные ткани и органы беспозвоночных, то наиболее высокое содержание Cu приходится на мышцы клешни охотоморского рака-отшельника, Cr и Cd – на икру волосатого рака-отшельника (см. таблицу). Минимальные значения Pb отмечены в створках сердцевидки гренландской, Mn – в мышцах клешни охотоморского рака-отшельника, Cd – в мышцах клешни охотоморского рака-отшельника, а также в мускуле и створках сердцевидки гренландской, Cr – в гонадах, а Ni, Fe и Cu – в кожно-мускульном мешке кукумарии японской, As – в кожно-мускульном мешке кукумарии японской и мускуле сердцевидки гренландской. Наименьшее содержание большинства исследованных микроэлементов у кукумарии японской согласуется с данными по голотурии *Eupentacta fraudatrix* из зал. Петра Великого, в тканях которой отмечен низкий уровень аккумуляции тяжелых металлов [11]. Наименьший диапазон различий в содержании (в 2.6 раза) наблюдается для Cr, наибольший (в 122 раза) – для Cd.

Исходя из полученных данных, содержание микроэлементов в органах и тканях различается в зависимости от вида и группы гидро-

бионтов. Так, в мышцах клешни охотоморского рака-отшельника (ракообразные) концентрации Cu на порядок, а As – в 9.3 раза выше, чем в мускуле сердцевидки гренландской (двустворчатые моллюски) (см. таблицу). На порядок выше относительно гонад кукумарии японской (иглокожие) и содержание Cu в икре волосатого рака-отшельника. В экзоскелете клешни охотоморского рака-отшельника содержание Cu на порядок выше, чем в кожно-мускульном мешке кукумарии японской, а в коже морской звезды (иглокожие) концентрации Cd в 80 выше, чем в створках сердцевидки гренландской. Различия в элементном составе у видов из различных семейств и отрядов отмечались ранее [12]. Одним из факторов, влияющих на концентрирование микроэлементов в органах животных, являются видовые особенности аккумуляции элементов [13]. В частности, более высокие концентрации Cu у ракообразных связаны с тем, что медь играет важную роль в процессах их тканевого дыхания, находясь в составе пигмента крови гемоцианина (аналога гемоглобина), переносящего кислород к органам в условиях пониженного содержания кислорода на участках обитания (бентос, придонный слой воды) [14].

Заключение

Определены массовые концентрации микроэлементов в некоторых беспозвоночных зал. Терпения (о. Сахалин), отобранных из прилова в период промысла дальневосточной наваги. Высокотоксичные для гидробионтов свинец и кадмий характеризуются низкими уровнями накопления в тканях и органах.

По содержанию токсичных нормируемых микроэлементов (As, Pb и Cd) промысловые виды (сердцевидка гренландская и кукумария японская) являются безопасными. Полученные данные косвенно указывают на благоприятную экологическую обстановку в центральной и западной частях зал. Терпения относительно содержания этих микроэлементов.

Авторы понимают, что делать выводы о содержании микроэлементов в тканях различных видов гидробионтов по единичным экземплярам малопродуктивно. Для этого необходимо исследовать некоторую выборку каждого вида. Но данное сообщение можно рассматривать как этап поискового исследования для оценки накопления микроэлементов организмами разных трофических уровней с целью выявления видовых особенностей этого накопления и учета этих особенностей в дальнейших исследованиях экологического направления.

Список литературы

- Ковкековдова Л.Т. 2008. Оценка качества отдельных видов промысловых гидробионтов Охотского моря по содержанию металлов и металлоидов. *Вестник Российской военно-медицинской академии*, 23(3): 106–117.
- Патин С.А., Морозов Н.П. 2003. *Микроэлементы в морских организмах и экосистемах*. М.: Пищ. пром-сть, 153 с.
- Христофорова Н.К., Шулькин В.М., Кавун В.Я., Чернова Е.Н. 1993. *Тяжелые металлы в промысловых и культивируемых моллюсках залива Петра Великого*. Владивосток: Дальнаука, 296 с.
- Кику Д.П., Ковкековдова Л.Т. 2007. Оценка содержания микроэлементов в устрицах гигантских (*Crassostrea gigas* из зал. Петра Великого (Японское море). *Известия ТИНРО*, 150: 400–407.
- Стеблевская Н.И., Полякова Н.В., Жадько Е.А., Чусовитина С.В. 2013. Микроэлементный состав тканей некоторых видов гидробионтов залива Петра Великого (бухта Северная). *Вестник ДВО РАН*, 5: 127–132.
- Ковальчук М.В., Христофорова Н.К., Литвиненко А.В., Цыганков В.Ю. 2018. Содержание ртути в горбуше *Oncorhynchus gorbusha* в заливе Терпения Охотского моря. В кн.: *Прибрежно-морская зона Дальнего Востока России: от освоения к устойчивому развитию: Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 20-летию Международной кафедры ЮНЕСКО «Морская экология» ДВФУ (Владивосток 8–10 ноября 2018 г.)*: сб. материалов. Владивосток: Изд-во ДВФУ, с. 54–56.

- Государственная геологическая карта Российской Федерации: масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). 2016. Серия Дальневосточная. Лист М-54 – Александровск-Сахалинский: Объяснительная записка. СПб.: Картогр. фабрика ВСЕГЕИ, 599 с.
- Методика количественного химического анализа. *Определение As, Pb, Cd, Sn, Cr, Cu, Fe, Mn и Ni в пробах пищевых продуктов и пищевого сырья атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией № М-02-1009-08*. 2009. Аттест. Всерос. НИИ метрологии им. Д.И. Менделеева». Свид-во № 242/43-09 от 08.07.2009. ООО «Внедренческая фирма «Аналитик»», 21 с.
- Зарыхта В.В., Zhang Z.H., Кузнецова Т.В., Озерский П.В., Feng Y.J. 2020. Дифференциальное накопление тяжелых металлов в мягких тканях трех видов двусторчатых моллюсков из реки Сунгари вблизи г. Харбина (Китай). *Журнал эволюционной биохимии и физиологии*, 56(2): 119–126.
- Müller W.E.G., Batel R., Lacorn M., Steinhart F.I., Simat T., Lauenroth S., Hassanein H., Schroder H.C. 1998. Accumulation of cadmium and zinc in the marine sponge *Suberites domuncula* and its potential consequences on single-strand breaks and on expression of heatshock protein: a natural field study. *Marine Ecology Progress Series*, 167: 127–135. <https://doi.org/10.3354/meps167127>
- Долматова Л.С., Слинько Е.Н., Колосова Л.Ф. 2010. Содержание тяжелых металлов в тканях голотурий *Eupentacta fraudatrix* в заливе Петра Великого. *Изв. Самарского научного центра Российской академии наук*, 12(5): 1287–1291.
- Виноградов А.П. 1944. *Химический элементарный состав организмов моря*: в 3 ч. Т. 4, ч. 3. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 273 с. (Тр. Биогеохим. лабор. АН СССР; т. 6).
- Покаржевский А.Д. 1993. *Геохимическая экология наземных и почвенных животных (биоиндикационные и радиоэкологические аспекты)*: дис. ... докт. биол. наук. Москва.
- Наревич И.С., Ковкековдова Л.Т. 2017. Микроэлементы (As, Cd, Pb, Fe, Cu, Zn, Se, Hg) в промысловых ракообразных Японского моря. *Известия ТИНРО*, 189: 147–155.

References

- Kovkovdova L.T. 2008. [Assessment of the quality of certain species of commercial hydrobionts of the Sea of Okhotsk by the content of metals and metalloids]. *Vestnik Rossiyskoy voyenno-meditsinskoy akademii*, 23(3): 106–117. (In Russ.).
- Patin S.A., Morozov N.P. 2003. *Mikroelementy v morskikh organizmakh i ekosistemakh* [Trace elements in marine organisms and ecosystems]. М.: Pishchevaya promyshlennost', 153 p. (In Russ.).
- Khristoforova N.K., Shul'kin V.M., Kavun V.Ya., Chernova E.N. 1993. [Heavy metals in commercial and cultivated mollusca in the Peter the Great Gulf]. Vladivostok: Dal'nauka, 296 p. (In Russ.).
- Kiku D.P., Kovkovdova L.T. 2007. [Assessment of trace element content in giant oysters (*Crassostrea gigas* from the Peter the Great Gulf (the Sea of Japan)]. *Izvestiya TINRO*, 150: 400–407. (In Russ.).
- Steblevskaya N.I., Polyakova N.V., Zhad'ko E.A., Chusovitina S.V. 2013. [Trace element composition of tissues of some species of hydrobionts in the Peter the Great Gulf (Severnaya Bay)]. *Vestnik DVO RAN = Vestnik of the FEB RAS*, 5: 127–132. (In Russ.).
- Koval'chuk M.V., Khristoforova N.K., Litvinenko A.V., Tsygankov V.Yu. 2018. Mercury content in pink salmon *Oncorhynchus gorbusha* from Bay of Terpeniya Sea of Okhotsk. In:

- Coastal and marine zone of the Russian Far East: from exploration to sustainable development: Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 20th anniversary of the UNESCO «Marine Ecology» International Chair of FEFU (Vladivostok, 8–10 November, 2018): Proceedings.* Vladivostok: Izd-vo DVFU, p. 54–56. (In Russ., abstr. in Engl.). URL: <http://ihaefe.org/wp-content/uploads/matnesko-dvfu-2018.pdf>
7. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii: masshtab 1:1 000 000 (tret'ye pokoleniye).* 2016. Seriya Dal'nevostochnaya. List M-54 – Aleksandrovsk-Sakhalinskiy: Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation, scale 1:1 000 000 (third generation). Far East series. Sheet M-54 – Aleksandrovsk-Sakhalinskiy: Explanatory note]. Saint Petersburg: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 599 p.
 8. [Method of quantitative chemical analysis. Determination of As, Pb, Cd, Sn, Cr, Cu, Fe, Mn and Ni in the samples of food products and food raw materials by atomic absorption method with electrothermal atomization no. M-02-1009-08. 2009. Certified by the D.I. Mendeleev All-Russian Institute for Metrology (VNIIM). Certification no. 242/43-09 from 08.07.2009. Analit Ltd., 21 p.] (In Russ.).
 9. Zarykhta V.V., Zhang Z.H., Kuznetsova T.V., Ozerskiy P.V., Feng Y.J. 2020. Differential accumulation of heavy metals in soft tissues of three bivalvian species from the Songhua River near Harbin (China). *J. of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 56(2): 125–132. <https://doi.org/10.1134/s0022093020020040>
 10. Müller W.E.G., Batel R., Lacorn M., Steinhart F.I., Simat T., Lauenroth S., Hassanein H., Schroder H.C. 1998. Accumulation of cadmium and zinc in the marine sponge *Suberites domuncula* and its potential consequences on single-strand breaks and on expression of heatshock protein: a natural field study. *Marine Ecology Progress Series*, 167: 127–135. <https://doi.org/10.3354/meps167127>
 11. Dolmatova L.S., Slin'ko Ye.N., Kolosova L.F. 2010. The contents of heavy metals in tissues of holothurians *Eupentacta fraudatrix* in Peter the Great Gulf. *Izv. Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk = Izv. of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 12(5): 1287–1291. (In Russ., abstr. in Engl.). URL: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2010/2010_1_1287_1291.pdf
 12. Vinogradov A.P. 1953. *The elementary chemical composition of marine organisms*: transl. from Russian. New Haven, Yale Univ., 14, 647 p. (Mem. Sears Foundation for Marine Research; N 2).
 13. Pokarzhvskiy A.D. 1993. *Geokhimicheskaya ekologiya nazemnykh i pochvennykh zhivotnykh (bioindikatsionnye i radioekologicheskiye aspekty) [Geochemical ecology of terrestrial and soil animals (bioindicative and radioecological aspects)]*: [doctoral diss. in biological sciences]. Moscow. (In Russ.).
 14. Narevich I.S., Kovekovdova L.T. 2017. [Trace elements (As, Cd, Pb, Fe, Cu, Zn, Se, Hg) in commercial crustaceans of the Sea of Japan]. *Izvestiya TINRO*, 189: 147–155. (In Russ.).

Об авторах

Сотрудники лаборатории исследований среды и мониторинга антропогенного воздействия, Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО), Южно-Сахалинск:

Полтев Юрий Николаевич (<https://orcid.org/0000-0002-5997-0488>), кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, y.poltev@sakhniro.ru

Коренева Татьяна Георгиевна (<https://orcid.org/0000-0003-1030-3286>), кандидат биологических наук, заведующая лабораторией, t.koreneva@sakhniro.ru

Марыжихин Всеволод Евгеньевич, специалист

About the Authors

Employees of the Laboratory for environmental studies and monitoring of anthropogenic impact, Sakhalin Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (SakhNIRO), Yuzhno-Sakhalinsk:

Poltev, Yury N. (<https://orcid.org/0000-0002-5997-0488>), Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, y.poltev@sakhniro.ru

Koreneva, Tatiana G. (<https://orcid.org/0000-0003-1030-3286>), Cand. Sci. (Biology), Head of the Laboratory, t.koreneva@sakhniro.ru

Maryzhikhin, Vsevolod E., Specialist

Поступила в редакцию 30.05.2022
После рецензирования 20.07.2022
Принята к публикации 25.07.2022

Received 30 May 2022
Revised 20 July 2022
Accepted 25 July 2022