© 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)

КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ

УДК 577.118:543.421:597.552.3(265.546)

https://doi.org/10.30730/gtrz.2022.6.2.136-140
https://www.elibrary.ru/ipdmhb

Содержание микроэлементов в дальневосточной мойве *Mallotus catervarius* (Pisces: Osmeridae) из прибрежных вод юго-западной части о. Сахалин

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

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

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

Реферат. Проведена оценка содержания Fe, As, Cu, Mn, Cr, Ni, Pb, Hg и Cd в мышцах и гонадах дальневосточной мойвы, отобранной в 2020 г. в прибрежных водах юго-западной части о. Сахалин. Наибольшее содержание As отмечается в мышцах, Mn – в икре, Hg – в мышцах и молоках. Содержание микроэлементов в мышцах и гонадах рыб снижается в ряду Fe – Cd или Hg. Концентрации нормируемых токсичных элементов Pb, Cd, As и Hg в гонадах и мышцах мойвы являются безопасными по гигиеническим требованиям к пищевым продуктам. Полученные данные косвенно свидетельствуют о благоприятной экологической обстановке относительно содержания нормируемых токсичных элементов в водах у юго-западного Сахалина.

Ключевые слова: микроэлементы, атомная абсорбция, дальневосточная мойва, мышцы, гонады, Татарский пролив

The content of trace elements in the Pacific capelin *Mallotus catervarius* (Pisces: Osmeridae) from the coastal waters of the southwestern part of Sakhalin Island

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

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

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

Abstract. The content of Fe, As, Cu, Mn, Cr, Ni, Pb, Hg and Cd in the muscles and gonads of the Pacific capelin sampled in 2020 in the coastal waters of the southwestern part of Sakhalin Island was estimated. The highest content of As is noted in muscles, Mn – in fish eggs, Hg – in muscles and milt. The content of trace elements in fish muscles and gonads decreases in the range Fe – Cd or Hg. The concentrations of normalized toxic elements Pb, Cd, As and Hg in the muscles and gonads of the Pacific capelin are safe according to hygienic requirements for food products. The data obtained indirectly indicate a favorable ecological situation in terms of the content of normalized toxic elements in the waters near southwest Sakhalin.

Ключевые слова: trace elements, atomic absorption, Pacific capelin, muscles, gonads, Tatar Strait

Для цитирования: Полтев Ю.Н., Коренева Т.Г., Марыжихин В.Е., Сырбу И.В. Содержание микроэлементов в дальневосточной мойве *Mallotus catervarius* (Pisces: Osmeridae) из прибрежных вод юго-западной части о. Сахалин. *Геосистемы переходных зон*, 2022, т. 6, № 2, с. 136–140. https://doi.org/10.30730/gtrz.2022.6.2.136-140; https://www.elibrary.ru/ipdmhb

For citation: Poltev Yu.N., Koreneva T.G., Maryzhikhin V.E., Syrbu I.V. The content of trace elements in the Pacific capelin *Mallotus catervarius* (Pisces: Osmeridae) from the coastal waters of the southwestern part of Sakhalin Island. *Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2022, vol. 6, no. 2, pp. 136–140. (In Russ., abstr. in Engl.). https://doi.org/10.30730/gtrz.2022.6.2.136-140; https://www.elibrary.ru/ipdmhb

Благодарности и финансирование

Авторы благодарят ведущего специалиста лаборатории аквакультуры беспозвоночных и водорослей Сахалинского филиала ВНИРО (СахНИРО) В.А. Сергеенко за отбор дальневосточной мойвы. Авторы признательны рецензентам за конструктивные замечания, способствующие улучшению данного сообщения, и ценные советы относительно методики будущих исследований по теме.

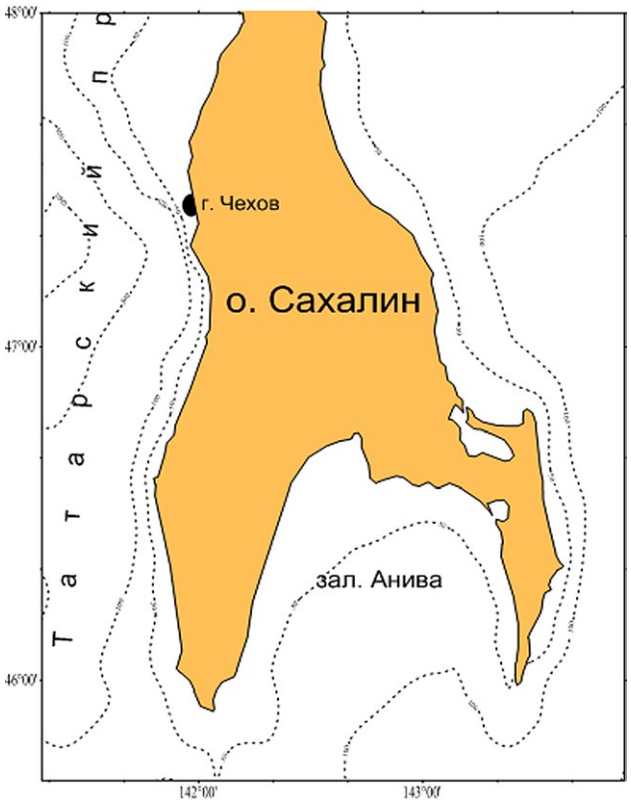
Acknowledgements and Funding

Authors are grateful to leading specialist of the laboratory of aquaculture of invertebrates and algae of the Sakhalin Branch of VNIRO (SakhNIRO) V.A. Sergeenko for sampling of the Pacific capelin. Authors thank the Reviewers for constructive comments that help improve this report and for valuable advices on the methodology future research on the topic.

Введение

Негативной стороной научно-технического прогресса является загрязнение окружающей среды различными поллютантами, из которых наиболее токсичными считаются тяжелые металлы. Попадая в водоемы и водотоки суши, а также в прибрежные участки морей и океанов, они аккумулируются в гидробионтах, использование которых человеком в пищу может негативно отразиться на его здоровье. В связи с этим проблема безопасности продуктов питания морского происхождения является актуальной [1].

Дальневосточная мойва, массово подходящая в последние годы к берегам о. Сахалин для нереста и, соответственно, используемая местным населением для питания, ранее на содержание микроэлементов не изучалась. Цель нашей работы – выявить уровни содержания и особенности распределения микроэлементов, в том числе токсичных нормируемых (Pb, Cd, As и Hg), в мышцах и гонадах дальневосточной мойвы из прибрежных вод юго-западной части острова о. Сахалин, а также дать санитарно-гигиеническую оценку их качества.



Место отбора дальневосточной мойвы.
Place of sampling of the Pacific capelin.

Материалом для настоящего исследования служили мышцы и гонады дальневосточной мойвы *Mallotus catervarius* (Pennant, 1784), отобранной 25 апреля 2020 г. у г. Чехов (о. Сахалин) в районе с координатами 47°25′47″ с.ш. и 141°58′00″ в.д. (см. карту-схему). Отлов рыбы проводили с использованием сачка в период ее массового нереста в прибойной полосе. Среднюю пробу для мышц самок отобрали из 15 особей, икры – из 13, молок – из 10. Пробы хранили в морозильной камере при температуре –20ºС.

У рыб измеряли длину по Смиту (от вершины рыла до конца средних лучей хвостового плавника, *FL*).

Для минерализации из проб отбирали навеску 1 г с точностью до 0.01 г. Для определения Hg в тканях использовали «закрытый» способ разложения навесок смесью кислот (серной и азотной) и перманганата калия [2]. Определение Fe, Pb, Cd, Cu, Cr, Mn, Ni и As проводили способом «мокрой» минерализации в микроволновой печи [3]. Концентрацию Pb, Cd, Cu, Cr, Mn, Ni и As определяли атомно-абсорбционным методом в режиме электротермической атомизации (GFAA) на спектрофотометре Shimadzu AA-6800 с графитовой печью и коррекцией фона на основе эффекта Зеемана. Концентрации Fe измеряли этим же методом, но в пламенном режиме с дейтериевой коррекцией фона (FLAA). Содержание Hg определяли методом «холодного пара» (CVAA) с использованием приставки MVU-1A к спектрофотометру AA-6800. Точность измерений составила 20 % для Fe и Hg, 25 % – для Pb и Cu, 26 % – для Cd, 32 % для As и Mn, 34 % – для Cr, 36 % – для Ni [3]. 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), ГСО 8004-93 состава водного раствора ионов Hg.

Результаты и обсуждение

Дальневосточная мойва *Mallotus catervarius* (Pennant, 1784) – морской, солоноватоводный, неритический вид, характеризующийся коротким жизненным циклом и значительной флюктуацией численности [4]. У восточного побережья России встречается от северной час-

ти Японского до южной части Чукотского моря [5–7]. У азиатского побережья икрометание происходит в верхней части литорали, в приливо-отливной зоне [8]. У берегов Сахалина и Приморья она нерестится на глубине не более 1–2 м [7, 9, 10]. Сезонные миграции ограничиваются смещением скоплений весной из мористых в прибрежные районы, а осенью – в обратном направлении [7, 11, 12].

Длина *FL* исследованных рыб варьировала в пределах от 14.5 до 17.2 см, составив в среднем 16.1 ± 0.12 см, масса тела – от 20 до 32 г (25.0 ± 0.7 г). На особей с *FL* 15.6–16.5 см пришлось 64.0 %. Соотношение самок к самцам 1/0.67. У самок отмечались нерестящиеся (86.7 %) и отнерестившиеся (13.4 %) особи, у самцов – отнерестившиеся. У всех рыб желудки были пустыми. Содержание нормируемых токсичных элементов в мышцах[1], икре и молоках представлено в табл. 1.

Содержание микроэлементов в мышцах самок и гонадах дальневосточной мойвы снижается в ряду железо – кадмий или ртуть. Ряды последовательностей, расположенных в порядке уменьшения концентрации микроэлементов, имеют вид:

Fe >> Mn ≥ Cu ≥ As > Cr > Ni > Pb ≥ Hg >> Cd (мышцы);

Fe >> Mn ≥ Cu > Cr >> Ni > Pb > As >> Cd ≥ Hg (икра);

Fe >> Mn ≥ Cu > Cr > Ni >> Pb > As > Hg >> Cd (молоки).

Из них наиболее близки последовательности для икры и молок – различие только в положении Cd и Hg. Более сильное различие (положение Cr, Ni, Pb и As) отмечается для последовательностей мышц самок и молок, наибольшее различие – для последовательностей мышц самок и икры (положение Cr, Ni, Pb, As, Cd и Hg). Общим для этих трех рядов является значительное доминирование содержания Fe в тканях и органах по сравнению с другими элементами, а также схожесть в положении Fe, Mn и Cu, занимающих в них три первые позиции.

Результаты исследований показывают, что различия концентраций микроэлементов в рассматриваемых тканях невелики и находятся в пределах одного порядка. Исключение составляет As, содержание которого в мышцах на порядок выше, чем в икре и молоках. Распределение микроэлементов в тканях имеет свои особенности. Максимальное содержание As приходится на мышцы, Mn – на икру, Hg – на мышцы и молоки.

Допустимые уровни содержания токсичных элементов в мышечных тканях морских рыб в мг/кг сырой массы составляют: Pb – 1.0; As – 5.0; Cd – 0.2; Hg – 0.5; в икре и молоках: Pb, Cd, As – 1.0, Hg – 0.2 (табл. 2). Согласно полученным данным, концентрации нормируемых элементов в исследованных образцах ниже допустимых уровней (табл. 2). Такие же данные получены и для мойвы *Mallotus villosus* из Баренцева моря [13]. Следует отметить, что в мышцах тихоокеанской мойвы выше концентрации Pb, а баренцевоморской – As, Cd и Hg, при этом содержание Cd у нее выше на порядок.

Таким образом, определены средние концентрации микроэлементов в мойве, отобранной в прибрежных водах у юго-западного побережья о. Сахалин в период ее массового нереста. Выяснены особенности распределения элементов в мышцах и гонадах рыб. В мышцах обнаружены максимальные количества мышьяка, содержания которого на порядок выше, чем в икре и молоках.

Таблица 1. Средние концентрации микроэлементов в мышцах и гонадах дальневосточной мойвы из прибрежных вод юго-западного Сахалина

Table 1. Average concentrations of trace elements in muscles and gonads of the Pacific capelin from the coastal waters of southwest Sakhalin

Ткани	Микроэлементы, мг/кг сыр. массы								
	Fe	Mn	Cu	As	Cr	Ni	Pb	Hg	Cd
Мышцы	3.74	0.54	0.48	0.35	0.23	0.09	0.02	0.016	0.005
Икра	3.09	0.86	0.59	0.03	0.25	0.09	0.04	0.004	0.005
Молоки	2.46	0.46	0.42	0.02	0.24	0.11	0.04	0.016	0.003

[1] По техническим причинам анализ на содержание микроэлементов в мышцах пришлось ограничить анализом мышц самок.

Таблица 2. Средние концентрации нормируемых токсичных элементов в икре, молоках и мышцах дальневосточной мойвы из прибрежных вод юго-западного Сахалина и мышцах атлантической мойвы из Баренцева моря

Table 2. Average concentrations of normalized toxic elements in fish eggs, milt and muscles of the Pacific capelin from the coastal waters of southwest Sakhalin and muscles of the Atlantic capelin from the Barents Sea

Вид, ткани (органы)	Нормируемые токсичные элементы, мг/кг сыр. массы			
	As	Pb	Hg	Cd
Mallotus catervarius (Татарский пролив)				
Икра	0.03	0.04	0.004	0.005
Молоки	0.02	0.04	0.016	0.003
Мышцы	0.35	0.02	0.016	0.005
Mallotus villosus (Баренцево море)				
Мышцы [13]	2.71	0.09	0.019	0.075
Допустимые уровни[2]				
Икра, молоки	*1.0*	*1.0*	*0.2*	*1.0*
Мышцы	*5.0*	*1.0*	*0.5*	*0.2*

Концентрации нормируемых токсичных элементов (Pb, Cd, As и Hg) в мойве ниже регламентируемых уровней, она является безопасной по гигиеническим требованиям к пищевым продуктам. Полученные данные косвенно указывают на благоприятную экологическую обстановку в водах района обитания мойвы.

В перспективе планируется исследовать микроэлементный состав дальневосточной мойвы из других районов присахалинских вод, в частности из зал. Анива и юго-восточной части острова, для сравнения условий обитания.

Список литературы

1. Донец М.М., Цыганков В.Ю. **2019.** Современные уровни загрязняющих веществ в промысловых объектах дальневосточных морей России. *Вестник ДВО РАН*, 4: 90–103. https://doi.org/10.25808/08697698.2019.206.4.010
2. *МУК 4.1.1472-03. Атомно-абсорбционное определение массовой концентрации ртути в биоматериалах животного и растительного происхождения (пищевых продуктах, кормах и др.).* **2003.** Доступ из ИИС «Техэксперт». https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293830/4293830517.htm (дата обращения 04.06.2022).
3. *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.* **2009.** № М-02-1009-08. Аттест. ВНИИМ им. Д.И. Менделеева. Свид-во № 242/43-09 от 08.07.2009. ООО «Аналит», 21 с.
4. *Ихтиофауна залива Анива (остров Сахалин, Охотское море).* **2020.** Авт.: Ю.В. Дылдин, А.М. Орлов, А.Я. Великанов и др. Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 396 с. https://doi.org/10.31677/isbn978_5_94477_271_8
5. Андрияшев А.П. **1954.** *Рыбы северных морей СССР*. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 566 с.
6. Румянцев А.И. **1955.** Мойва, уёк (*Mallotus villosus socialis*, Pallas). *Тр. ИО АН СССР*, 14: 41–43.
7. Великанов А.Я. **1986.** Тихоокеанская мойва. В кн.: *Биологические ресурсы Тихого океана*. М.: Наука, с. 135–145.
8. Великанов А.Я. **2018.** Дальневосточная мойва: Распределение, особенности биологии, динамика биомассы, проблемы и перспективы промыслового освоения. *Вопросы рыболовства*, 19(3): 300–326.
9. Румянцев А.И. **1946.** Мойва Японского моря. *Известия ТИНРО*, 22: 35–74.
10. Великанов А.Я. **1984**. К экологии размножения дальневосточной мойвы *Mallotus villosus socialis* у берегов острова Сахалин. *Вопросы ихтиологии*, 24(3): 425–430.
11. Великанов А.Я. **1986.** Сезонные особенности распределения мойвы в шельфовых водах Сахалина. *Рыбное хозяйство*, 12: 24–26.
12. Савин А.Б. **2001.** Динамика основных биологических показателей дальневосточной мойвы *Mallotus villosus catervarius* (Osmeridae) в ее зимовальных, преднерестовых и посленерестовых скоплениях у западной Камчатки. *Вопросы ихтиологии*, 41(5): 620–630.
13. Лаптева А.М. **2016.** Тяжелые металлы и микроэлементы в баренцевоморских рыбах различных экологических групп. В кн.: *IV Балтийский морской форум: Междунар. науч. конф. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов»*: Труды. Калининград: Калининград. гос. техн. ун-т, с. 37–40.

References

1. Donets M.M., Tsygankov V.Yu. **2019.** Current levels of pollutants in commercial hydrobionts of the Russian Far Eastern seas. *Vestnik DVO RAN = Vestnik of the FEB RAS*, 4: 90–103. (In Russ., abstr. in Engl.). https://doi.org/10.25808/0869769.2019.206.4.010
2. *MUK 4.1.1472-03. Atomic absorption determination of mass concentration of mercury in animal and plant origin biomaterials (alimentary products, feed, etc.).* Available from IRS Techexpert. https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293830/4293830517.htm (accessed 04.06.2022). (In Russ.).

[2] СанПиН 2.3.2.1078-01. 2002. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. М.: Госкомсанэпиднадзор, 156 с.

3. *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.).
4. *Ichthyofauna of the Aniva Bay (the Sakhalin Island, the Sea of Okhotsk)*. **2020.** Authors: Yu.V. Dyldin, A.M. Orlov, A.Ya. Velikanov et al. Novosibirsk State Agricultural University. Novosibirsk: ITS NGAU «Zolotoy kolos»: 396 p. (In Russ.). https://doi.org/10.31677/isbn978_5_94477_271_8
5. Andriyashev A.P. **1954**. *Ryby severnykh morey SSSR* [*Fishes of the northern seas of the USSR*]. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 566 p. (In Russ.).
6. Rumyantsev A.I. **1955.** Moyva, uyok (*Mallotus villosus socialis*, Pallas). *Tr. IO AN SSSR*, 14: 41–43. (In Russ.).
7. Velikanov A.Ya. **1986.** [Pacific capelin]. In: [*Biological resources of the Pacific Ocean*]. Moscow: Nauka, p. 135–145. (In Russ.).
8. Velikanov A.Ya. **2018.** Pacific capelin: Distribution, peculiarities of biology, biomass dynamics, problems and perspectives of its fisheries. *Problems of Fisheries*, 19(3): 300–326. (In Russ., abstr. in Engl.). http://www.vniro.ru/files/voprosy_rybolovstva/archive/vr_2018_t19_3_article_3.pdf
9. Rumyantsev A.I. **1946.** [Capelin of the Sea of Japan]. *Izvestiya TINRO*, 22: 35–74. (In Russ.).
10. Velikanov A.Ya. **1984.** Ecology of reproduction of the far-eastern capelin, *Mallotus villosus socialis* (Osmeridae), along the coasts of Sakhalin. *J. of Ichthyology*, 24(3): 43–48.
11. Velikanov A.Ya. **1986.** [Seasonal features of capelin distribution in the shelf waters of Sakhalin]. *Fisheries*, 12: 24–26. (In Russ.).
12. Savin A.B. **2001.** Dynamics of main biological indices of capelin *Mallotus villosus catervarius* (Osmeridae) in its wintering prespawning and postspawning aggregations off western Kamchatka. *J. of Ichthyol*ogy, 41(8): 589–599.
13. Lapteva A.M. **2016.** Heavy metals and trace elements in the Barents Sea fishes of different ecological groups. In: *IV Baltic Maritime Forum: Intern. scientific conf. "Aquatic bioresources, aquaculture and ecology of reservoirs"*: Proceedings. Kaliningrad: Kaliningrad State Techn. Univ., p. 37–40. (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

Сырбу Ирина Викторовна, ведущий инженер

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

Syrbu, Irina V., Leading Engineer

Поступила в редакцию 15.05.2022
После рецензирования 09.06.2022
Принята к публикации 10.06.2022

Received 10 May 2022
Revised 09 June 2022
Accepted 10 June 2022