

Территориальные и видовые особенности накопления микроэлементов в промысловых рыбах Охотского моря

¹ Шестёра Андрей Александрович, <https://orcid.org/0009-0001-1217-7423>, shestera.2017@mail.ru

¹ Масалева Кристина Руслановна, <https://orcid.org/0009-0002-6393-8533>, masaleva.kr@gmail.com

² Литвиненко Анна Владимировна, <https://orcid.org/0000-0002-3423-3860>, litvinenko.av@bk.ru

¹ Донец Максим Михайлович, <https://orcid.org/0000-0002-2108-4448>, maksim.donecz@mail.ru

¹ Беланов Максим Андреевич, <https://orcid.org/0000-0003-0974-9176>, belanov.ma@gmail.com

¹ Боровкова Александра Дмитриевна, <https://orcid.org/0009-0007-3285-822X>,
borovkovasdm@yandex.ru

¹ Василенко Никита Дмитриевич, <https://orcid.org/0009-0004-2364-4658>, skameika00@yandex.ru

¹ Болдескул Анна Геннадьевна, <https://orcid.org/0000-0001-9014-2405>, boldeskul@tigdvo.ru

¹ Цыганков Василий Юрьевич, <https://orcid.org/0000-0002-5095-7260>, tsig_90@mail.ru

¹ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

² Сахалинский государственный университет, Южно-Сахалинск, Россия

Резюме [PDF RUS](#) [PDF ENG](#) [Полный текст](#) [PDF RUS](#)

Резюме. Северо-западная часть Тихого океана обладает уникальными геохимическими условиями, обеспечивающими повышенные уровни аккумуляции микроэлементов в морских организмах региона. Несмотря на расположение здесь основных промысловых зон Российской Федерации, систематического контроля и оценки микроэлементного состава представителей местной ихтиофауны не ведется. В рамках исследования определены Fe, Zn, Cu, Mn, Ni, As, Pb, Cd в органах (мышцы, печень, гонады самцов и самок) минтая тихоокеанского (*Gadus chalcogrammus*), сельди тихоокеанской (*Clupea pallasii*) и камбалы желтоперой (*Limanda aspera*) из разных районов Охотского моря, выловленных в 2023–2024 гг. Концентрации микроэлементов определяли методами индуктивно связанной плазменной оптической эмиссионной спектрометрии и атомно-абсорбционной спектрометрии. В органах преобладали цинк и железо. Печень содержала наибольшие концентрации железа, цинка, меди, марганца и кадмия. Мышьяк и свинец накапливались преимущественно в мышцах. Наиболее высокие концентрации железа, меди, никеля и мышьяка отмечены для камбалы желтоперой, что является следствием ее придонного образа жизни. В мышцах сельди тихоокеанской зафиксировано пониженное содержание цинка и марганца. Минтай отличался повышенными концентрациями кадмия. Показано, что микроэлементный профиль рыб Охотского моря является интегральным показателем, отражающим сложное взаимодействие спектра факторов: биохимических свойств конкретных элементов, геохимических особенностей среды обитания, образа жизни, состава рациона и др.

Ключевые слова:

микроэлементы, атомная абсорбция, эмиссионная спектрометрия, минтай, тихоокеанская сельдь, желтоперая камбала, органы, Охотское море

Для цитирования: Шестёра А.А., Масалева К.Р., Литвиненко А.В., Донец М.М., Беланов М.А., Боровкова А.Д., Василенко Н.Д., Болдескул А.Г., Цыганков В.Ю. Территориальные и видовые особенности накопления микроэлементов в промысловых рыбах Охотского моря. *Геосистемы переходных зон*, 2026, т. 10, № 3, с. 380–398. <https://doi.org/10.30730/gtrz.2026.10.3.380-398>; <https://www.elibrary.ru/xfstga>

For citation: Shestera A.A., Masaleva K.R., Litvinenko A.V., Donets M.M., Belanov M.A., Borovkova A.D., Vasilenko N.D., Boldeskul A.G., Tsygankov V.Yu. Spatial and species-specific features of trace element accumulation in commercial fish of the

Список литературы

1. Литвиненко А.В., Христофорова Н.К., Цыганков В.Ю. Влияние мест нагула на содержание тяжелых металлов в горбуше (*Oncorhynchus gorbusha*, Salmonidae). *Вестник Камчатского государственного технического университета*. 2022,62:98–116. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2022-62-98-116>
2. Антонов Н.П., Датский А.В., Мазникова О.А., Митенкова Л.В. Современное состояние промысла тихоокеанской сельди в дальневосточных морях. *Рыбное хозяйство*. 2016,1:54–58. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25911565>
3. Антонов Н.П., Кузнецова Е.Н. Динамика вылова основных промысловых видов рыб в морях Дальнего Востока. *Рыбное хозяйство*. 2021,1:34–41. <https://doi.org/10.37663/0131-6184-2021-1-34-41>
4. Монин А.С., Лисицын А.П. (ред.). *Биогеохимия океана*. Москва: Наука; 1983, 368 с.
5. Litvinenko A.V., Alekseev M.Y., Danilin D.D., Tsygankov V.Yu. Food safety of salmon from the Euro-Arctic and Sakhalin-Kuril Regions of Russia: Heavy metals in pink salmon. In: Karev V. (ed.). *Physical and Mathematical Modeling of Earth and Environment Processes: Proceedings of the 10th International scientific school for young scientists, Moscow, October 18-20, 2024*. Cham: Springer, 2025, p. 271–278. https://doi.org/10.1007/978-3-031-88459-7_30
6. Моисеенко Т.И. Влияние геохимических факторов водной среды на биоаккумуляцию металлов в организме рыб. *Геохимия*. 2015,3:222–233. <https://doi.org/10.7868/S0016752515030097>
7. Морозов Н.П., Петухов С.А. *Микроэлементы в промысловой ихтиофауне Мирового океана*. Москва: Агропромиздат, 1986. 159 с.
8. Симоконь М.В. *Тяжёлые металлы в промысловых рыбах залива Петра Великого в связи с условиями обитания*: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: Дальневост. гос. ун-т; 2003, 24 с.
9. Жадько Е.А., Стеблевская Н.И., Полякова Н.В., Чусовитина С.В. Микроэлементы в тканях некоторых видов гидробионтов залива Петра Великого. *Научные труды Дальрыбвтуза*. 2013,30:19–27. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21166395>
10. Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В., Кикун Д.П. Микроэлементный состав промысловых рыб дальневосточных морей. *Проблемы региональной экологии*. 2013,2:72–75. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19100158>
11. Ковековдова Л.Т., Кикун Д.П., Касьяненко И.С. Мониторинг водной среды и безопасности промысловых объектов в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне (токсичные элементы). В кн.: *Морские биологические исследования: достижения и перспективы: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Севастополь, 19–24 сентября. 2016*. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016, т. 3, с. 111–114. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27547401>
12. Gamov M.K., Ivanova A.E., Mironova E.K., Tsygankov V.Yu. Heavy metals and arsenic in commercial fish of the Sea of Japan, Sea of Okhotsk, and Bering Sea: Current status (literature review). *Marine Biological Journal*. 2022,7(4):14–30. <https://doi.org/10.21072/mbj.2022.07.4.02>
13. Христофорова Н.К., Цыганков В.Ю., Боярова М.Д., Лукьянова О.Н. Отражение биогеохимических условий морской среды на содержании микроэлементов в тихоокеанских лососях. *Успехи наук о жизни*. 2014,8:91–100. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23086730>
14. Литвиненко А.В., Салимзянова К.Р., Христофорова Н.К., Данилин Д.Д., Цыганков В.Ю. Половые различия в содержании микроэлементов в органах и тканях нерки из восточных заливов полуострова Камчатка. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. 2023,65:111–122. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2023-65-111-122>
15. Khristoforova N.K., Tsygankov V.Yu., Boyarova M.D., Lukyanova O.N. Heavy metal contents in the pink salmon *Oncorhynchus gorbusha* Walbaum, 1792 from Kuril oceanic waters during anadromous migration. *Russian Journal of Marine Biology*. 2015,41(6):479–484. <https://doi.org/10.1134/S1063074015060085>
16. Эйрих С.С., Колотушкина Л.В., Серых Т.Г. Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани мирных и хищных рыб реки Иртыш. *Известия АО РГО*. 2024,2(73):77–94. <https://doi.org/10.24412/2410-1192-2024-17306>
17. Яблоков Н.О., Анищенко О.В., Зуев И.В. Распределение металлов в красной и белой осевой мускулатуре трех видов рыб Красноярского водохранилища. *Журнал Сибирского фед. ун-та. Серия: Биология*. 2019,12(4):430–444. <https://doi.org/10.17516/1997-1389-0310>
18. Христофорова Н.К., Шулькин В.М., Кавун В.Я., Чернова Е.Н. *Тяжелые металлы в промысловых и культивируемых моллюсках залива Петра Великого*. Владивосток: Дальнаука, 1993, 296 с.
19. Степаненко Е.А., Волкова И.В., Чаплыгин В.А., Исаева Е.К. Содержание цинка в органах и тканях каспийского рыбца *Vimba vimba persa* (Pallas, 1814). *Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство*. 2025,1:95–101. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-1-95-101>
20. Converse A, Thomas P. The zinc transporter ZIP9 (Slc39a9) regulates zinc dynamics essential to egg activation in zebrafish. *Scientific Reports*. 2020,10:15673. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72515-4>
21. Лукина Е.А., Деженкова А.В. Метаболизм железа в норме и при патологии. *Клиническая онкогематология. Фундаментальные исследования и клиническая практика*. 2015,8(4):355–361. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25223915>
22. Коджакова С.З. Биологическая роль меди в живых организмах. *Новая наука: От идеи к результату*. 2016,5–3(84):8–12. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26104564>
23. Adam S., Grama A., Mititelu A., Bența G., Pop T.L. Dysregulation of trace elements in pediatric cholestasis: From pathophysiology to nutritional approaches. *International Journal of Molecular Sciences*. 2026,27(6):2710. <https://doi.org/10.3390/ijms27062710>

24. Lapointe D., Couture P. Accumulation and effects of nickel and thallium in early-life stages of fathead minnows (*Pimephales promelas*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2010;73(4):572–578. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2010.01.004>
25. Goyer R.A. Nutrition and metal toxicity. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1995,61(3 Suppl):646S–650S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/61.3.646S>
26. Титов А.Ф., Казнина Н.М., Карапетян Т.А., Доршакова Н.В. Влияние свинца на живые организмы. *Журнал общей биологии*. 2020,81(2):147–160. <https://doi.org/10.31857/S0044459620020086>
27. Фазлыева А.С., Усманова Э.Н., Даукаев Р.А., Каримов Д.О., Валова Я.В., Смолянкин Д.А., Байгильдин С.С. Распределение кадмия и экспрессия металлотионеина в органах крыс при острой интоксикации. *Гигиена и санитария*. 2020,99(9):1011–1015. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-9-1011-1015>
28. Морозов Н.П., Патин С.А., Никоненко Е.М. Микроэлементы в воде, взвесах и гидробионтах Черного моря. *Геохимия*. 1976,9:1391–1399.
29. Кузнецова Н.А., Шебанова М.А. Питание минтая и его кормовая база в Чукотском море в летне-осенний период. *Известия ТИНРО*. 2023,203:179–199. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2023-203-179-199>
30. Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В., Наревич И.С. Особенности формирования элементного состава морскими ракообразными (*Paralithodes camchaticus*) и (*Chionoecetes opilio*). *Проблемы региональной экологии*. 2022,5:32–38. <https://doi.org/10.24412/1728-323X-2022-5-32-38>
31. Донец М.М., Цыганков В.Ю. Современные уровни загрязняющих веществ в промысловых объектах дальневосточных морей России. *Вестник ДВО РАН*. 2019;4(206):90–103. <https://doi.org/10.25808/08697698.2019.206.4.010>
32. Горбатенко К.М., Мельников И.В. Трофические исследования охотоморской сельди в 2000-е гг. (состав пищи, суточные рационы, оценка выедания кормовых объектов в годовом цикле). *Известия ТИНРО*. 2016,185:185–193. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2016-185-185-193>
33. Пушина О.И., Соломатов С.Ф., Будникова Л.Л., Надточий В.А. Питание и пищевые отношения камбал зал. Петра Великого (Японское море) в летний период. *Известия ТИНРО*. 2012,171:240–266. EDN: WCAMLR
34. Korablina I.V., Barabashin T.O., Katalevsky N.I. Heavy metals in the bottom sediments of the Black Sea northwestern shelf in recent years. *Physical Oceanography*. 2021,28(5):549–566. <https://doi.org/10.22449/1573-160X-2021-5-549-566>
35. Ефимкин А.Я. Питание минтая в Охотском море в весенний и осенний периоды. *Известия ТИНРО*. 2012,171:213–225.