Научная статья
УДК 597.554.3:574.64
doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.005

СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В МЫШЦАХ ЛЕЩА *ABRAMIS BRAMA* РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ОКТЯБРЕ 2024 ГОДА

И. А. Антипов[1], Р. А. Ложкина[2], Е. Г. Скворцова[3], Л. И. Терещенко[4], В. Т. Комов[5]
[1, 3]Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Россия
[1, 2, 4, 5]Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок, Россия

Автор, ответственный за переписку: Илья Андреевич Антипов,
antipovilya111@mail.ru, ORCID 0009-0008-2752-0774

Реферат. По результатам траловых ловов в октябре 2024 г. установлено содержание ртути в мышцах леща Рыбинского водохранилища и выявлена его пространственная неоднородность. Минимальные концентрации металла (0,181 ± 0,015 мкг/г сухой массы), а также наименьшие размерно-массовые характеристики (длина 224,8 ± 7,6 мм, масса 278,3 ± 25,2 г) и возраст рыб (5,3 ± 0,3 года) зафиксированы в Шекснинском плёсе на станции Любец. Максимальные значения исследованных параметров зарегистрированы в Моложском плёсе на станции Первомайка: концентрация Hg составила 0,489 ± 0,034 мкг/г, длина – 383,7 ± 9,6 мм, масса – 1447,6 ± 100,4 г, возраст – 12,8 ± 0,7 года. Установлено, что содержание ртути в мышцах неполовозрелых особей (0,198 ± 0,010 мкг/г) значимо ниже, чем у самок (0,312 ± 0,025 мкг/г) и самцов (0,348 ± 0,027 мкг/г). Концентрация металла у неполовозрелых особей (0,372 ± 0,009), самок (0,476 ± 0,046) и самцов (0,512 ± 0,053) со станции Первомайка была значимо выше по сравнению с другими точками отбора проб, независимо от пола рыб. Выявлена статистически значимая положительная корреляционная связь между содержанием Hg в мышцах с длиной (r_s = 0,638, p < 0,01), массой (r_s = 0,658, p < 0,01) и возрастом рыбы (r_s = 0,613, p < 0,01). Концентрации ртути в мышцах леща Рыбинского водохранилища не превышают установленных нормативов (0,30 мг/г сырой массы) для мирной пресноводной рыбы, что свидетельствует о безопасности её потребления человеком.

Ключевые слова: *лещ, размерно-массовая характеристика, Рыбинское водохранилище*

MERCURY CONTENT IN THE MUSCLES OF BREAM *ABRAMIS BRAMA* OF THE RYBINSK RESERVOIR IN OCTOBER 2024

I. A. Antipov[1], R. A. Lozhkina[2], E. G. Skvortsova[3], L. I. Tereshchenko[4], V. T. Komov[5]
[1, 3]Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia
[1, 2, 4, 5]Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, Borok, Russia

Author responsible for the correspondence: Ilya A. Antipov,
antipovilya111@mail.ru, ORCID 0009-0008-2752-0774

Abstract. According to the results of trawling in October 2024, the mercury content in the muscles of the bream of the Rybinsk reservoir was established and its spatial heterogeneity was revealed. The minimum metal concentrations (0.181 ± 0.015 μg/g dry weight), as well as the lowest size and weight characteristics (length 224.8 ± 7.6 mm, weight 278.3 ± 25.2 g) and age of fish (5.3 ± 0.3 years) were recorded in Sheksninskiy plyos at the Lyubets station. The maximum values of the studied parameters were recorded in the Molozhskiy plyos at Pervomayka station: Hg concentration was 0.489 ± 0.034 μg/g, length – 383.7 ± 9.6 mm, weight – 1,447.6 ± 100.4 g, age – 12.8 ± 0.7 years. It was found that the mercury content in the muscles of sexually-immature animals (0.198 ± 0.010 μg/g) is significantly lower than in females (0.312 ± 0.025 μg/g) and males (0.348 ± 0.027 μg/g). Metal concentration in sexually-immature animals (0.372 ± 0.009), females (0.476 ± 0.046) and males (0.512 ± 0.053) from Pervomayka station was significantly higher compared to other sampling points, regardless of fish sex. A statistically significant positive correlation was found between the Hg content in muscles with length (r_s = 0.638, p <0.01), weight (r_s = 0.658, p <0.01) and age of fish (r_s = 0.613, p <0.01). The mercury concentrations in the muscles of the bream of the Rybinsk reservoir does not exceed the established standards (0.30 mg/g of raw mass) for non-predatory freshwater fish, which indicates the safety of its consumption by humans.

Keywords: *bream, size and weight characteristics, Rybinsk reservoir*

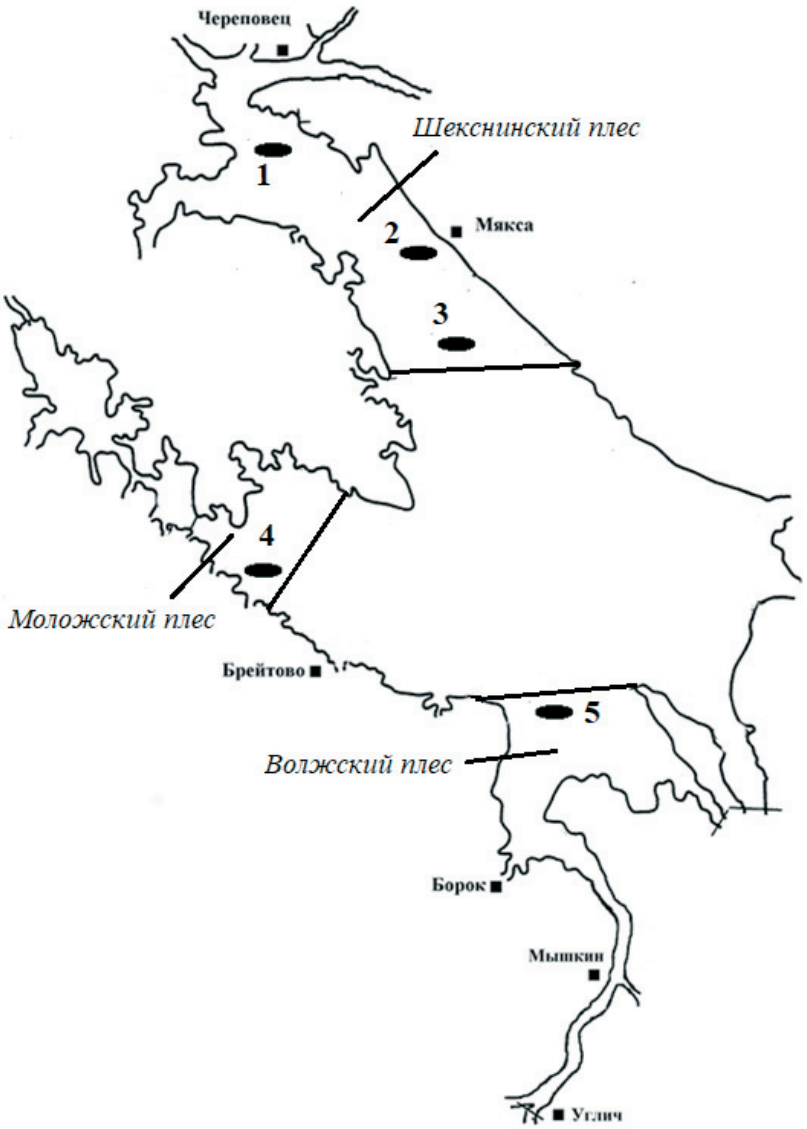
Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания № 124032500015-7 и 124032100075-5.

Введение. Ртуть (Hg) относится к числу наиболее токсичных элементов. Поступая в атмосферу из природных и антропогенных источников, она переносится на значительные расстояния от мест эмиссии. В водных экосистемах неорганическая двухвалентная Hg метилируется сульфатредуцирующими бактериями с образованием высокотоксичной метилртути, которая аккумулируется гидробионтами и достигает максимальных концентраций в тканях хищных рыб. Высокий уровень накопления метилртути создаёт угрозу для рыб, рыбоядных животных и человека, являясь для последнего основным путём поступления токсиканта с пищей [1]. В реках и озёрах с низкой минерализацией и высокой кислотностью воды вероятность интенсивного накопления ртути в мышцах рыб выше, чем у рыб из водоёмов с циркумнейтральными значениями pH воды [2]. Выявление связи между содержанием Hg и размером рыб необходимо для прогнозирования её накопления и разработки рекомендаций по безопасному потреблению рыбы [3].

Рыбинское водохранилище – крупный водоём Волжско-Камского каскада с выраженной пространственной неоднородностью гидрологических и гидрохимических условий, что может влиять на накопление Hg в гидробионтах. Лещ *Abramis brama*, L., 1758 – массовый промысловый пресноводный вид-бентофаг. Известно, что лещ в Рыбинском водохранилище представляет собой единую популяцию, состоящую из локальных стад [4]. Однако закономерности связи содержания Hg в мышцах леща Рыбинского водохранилища с его размерно-массовыми показателями изучены недостаточно.

Цель работы – определить содержание ртути в мышцах леща Рыбинского водохранилища и выявить её связь с размерно-массовыми характеристиками и возрастом рыб.

Материалы и методы исследования. В октябре 2024 г. донным тралом на научно-исследовательском судне «Академик Топчиев» были отобраны 185 разноразмерных лещей на станциях Треугольник (45 экз.),



1 – Любец; 2 – Мякса; 3 – Ягорба; 4 – Первомайка; 5 – Треугольник.

Рисунок 1 – Карта-схема Рыбинского водохранилища со станциями вылова леща

Содержание ртути в мышцах леща *Abramis brama* Рыбинского водохранилища в октябре 2024 года

Первомайка (39 экз.), Ягорба (31 экз.), Мякса (35 экз.) и Любец (35 экз.) (рис. 1). Сразу после отлова измеряли массу, длину тела (до конца чешуйного покрова), определяли пол и отбирали чешую для определения возраста [5].

Для оценки содержания Hg в мышцах леща с левой стороны от спинного плавника отбирали образцы дорсальных мышц массой 15–20 г. Мышцы помещали в полиэтиленовые пакеты, замораживали и хранили при температуре −14°С до анализа. Перед анализом мышцы высушивали при +40°С до постоянного веса. Концентрации Hg (мкг/г сухой массы) в образцах определяли методом пиролиза на атомно-абсорбционном спектрометре РА-915+ с приставкой ПИРО (Люмэкс, Россия). Точность анализа контролировали по сертифицированным биологическим материалам DORM-2 и DOLM-2 (Институт химии окружающей среды, Оттава, Канада). Измерения проводили в трёх повторностях.-

Результаты обрабатывали статистически, данные представляли в виде средних значений и их стандартных ошибок (x ± SE). Для оценки различий между показателями применяли непараметрический критерий Краскела-Уоллиса для выборок, не имеющих нормального распределения (тест Шапиро-Вилкоксона и тест Колмогорова-Смирнова). Для выявления взаимосвязей, а также оценки их силы и направленности использовали корреляционный анализ (ранговый критерий Спирмена, r_s). Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты. Длина лещей Рыбинского водохранилища варьировала в пределах 128–489 мм, масса тела – 44–2877 г. Возраст особей находился в интервале 2+ – 24+ года. Выборки лещей на станциях вылова значимо различались по длине, массе и возрасту (табл. 1).

Максимальные значения длины, массы и возраста зарегистрированы у лещей, выловленных на ст. Пер-

Таблица 1 – Размерно-массовые характеристики и содержание ртути в мышцах леща Рыбинского водохранилища, октябрь 2024 г.

Станция	N	Длина, мм	Масса, г	Возраст, лет	Hg, мкг/г
Любец	35	224,8±7,6 **A** 128–293	278,3±25,2 **A** 44–538	5,3±0,3 **A** 2–9	0,181±0,015 **A** 0,088–0,519
Мякса	35	315,3±10,7 **C** 222–447	784,8±87,4 **BC** 215–1908	9,3±0,6 **C** 5–18	0,224±0,035 **AB** 0,09–1,357
Ягорба	31	318,5±16,5 **C** 142–489	940±128 **C** 73–2680	9,6±0,9 **C** 2–24	0,278±0,027 **B** 0,143–0,653
Первомайка	39	383,7±9,6 **D** 232–485	1447,6±100,4 **D** 248–2877	12,8±0,7 **D** 5–23	0,489±0,034 **C** 0,269–0,102
Треугольник	45	276,8±10,6 **B** 132–440	607,9±65,8 **B** 50–2115	7,4±0,5 **B** 2–18	0,277±0,017 **B** 0,148–0,566
Водохранилище	*185*	*303,79±6,25* *128–489*	*278,29±25,15* *44–538*	*8,9±0,3* *2–24*	*0,294±0,014* *0,088–1,357*

Примечание: в числителе указано среднее ± ошибка среднего, в знаменателе – минимальные и максимальные значения в выборке. Буквенными индексами обозначены статистически значимые различия внутри каждого столбца при $p \leq 0,05$.

Таблица 2 – Содержание ртути в мышцах неполовозрелых особей, самок и самцов леща Рыбинского водохранилища в октябре 2024 г.

Станция	Неполовозрелая особь		Самка		Самец	
	n	Hg, мкг/г	n	Hg, мкг/г	n	Hg, мкг/г
Любец	22	0,176±0,018 **A** 0,088–0,433	9	0,189±0,042 **A** 0,111–0,519	4	0,183±0,009 **A** 0,164–0,198
Мякса	6	0,166±0,021 **A** 0,09–0,228	17	0,255±0,070 **A** 0,121–1,357	12	0,208±0,020 **A** 0,119–0,345
Ягорба	6	0,186±0,005 **A** 0,171–0,204	13	0,316±0,042 **A** 0,171–0,653	12	0,282±0,048 **A** 0,143–0,634
Первомайка	2	0,372±0,009 **B** 0,363–0,382	17	0,476±0,046 **B** 0,269–1,043	20	0,512±0,053 **B** 0,275–1,102
Треугольник	18	0,217±0,012 **A** 0,157–0,389	15	0,303±0,033 **A** 0,148–0,566	12	0,334±0,034 **A** 0,184–0,536
Водохранилище	*54*	*0,198±0,010 A* *0,088–0,433*	*71*	*0,321±0,025 B* *0,111–1,357*	*60*	*0,348±0,027 B* *0,088–0,433*

Примечание: в числителе указано среднее ± ошибка среднего, в знаменателе – минимальные и максимальные значения в выборке. Буквенными индексами показаны различия особей одного пола рыб между станциями водохранилища ($p \leq 0,05$).

вомайка, минимальные – на ст. Любец. Минимальные концентрации ртути в мышцах леща зафиксированы в Шекснинском плёсе водохранилища (станции: Любец, Мякса, Ягорба), максимальные – в Моложском плёсе (ст. Первомайка), таблица 1.

Содержание ртути в мышцах неполовозрелых особей было значимо ниже, чем у самок и самцов, выловленных из водохранилища (табл. 2). Независимо от пола рыб, концентрация металла в лещах со станции Первомайка была значимо выше по сравнению с другими точками отбора проб.

Выявлена статистически значимая положительная корреляционная связь между содержанием Hg в мышцах леща с его длиной (r_s = 0,638), массой (r_s = 0,658) и возрастом (r_s = 0,613) (рис. 2).

Регулирование поступления Hg в организм человека с пищей в РФ предполагает ограничение потребления мирной пресноводной рыбы с концентрацией Hg выше 0,30 мкг/г сырой массы. Для сравнения содержания Hg в мышцах леща с данным нормативом содержание Hg в сухих мышцах переводили в её содержание в сырых образцах. Таким образом, концентрации ртути в мышцах леща Рыбинского водохранилища не превышают установленного норматива для мирной пресноводной рыбы, что указывает на безопасность его потребления человеком.

Обсуждение. Полученные в настоящем исследовании результаты содержания ртути в мышцах леща Рыбинского водохранилища (0,294 ± 0,014 мкг/г сухой массы) согласуются с данными более ранних работ

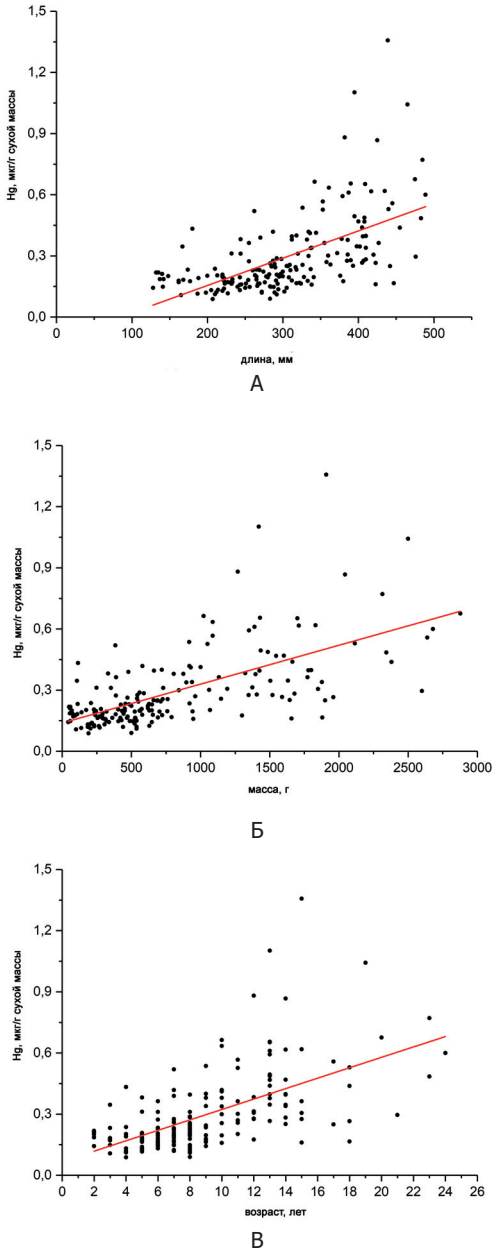


Рисунок 2 – Содержание ртути в мышцах леща Рыбинского водохранилища в зависимости от длины (А), массы (Б) и возраста (В)

[6–8]. Сравнение результатов с другими водохранилищами Волжского бассейна выявило как сходство, так и существенные различия. Концентрации Hg, зарегистрированные в нашей работе, сопоставимы с данными А. В. Горбунова с соавторами [6] для волжских водохранилищ, однако в 14,7 раза превышают значения, полученные Т. И. Моисеенко с соавторами [9] для Иваньковского водохранилища.

Размеры и возраст рыб в значительной степени определяют содержание в них Hg [10; 11]. В отличие от многих других тяжёлых металлов, накопление Hg в организме, как правило, положительно коррелирует с длиной и массой рыб [12; 13]. Результаты нашего исследования подтверждают эту закономерность: для леща Рыбинского водохранилища выявлены значимые положительные связи концентрации металла в мышцах с размером, массой и возрастом (рис. 2). Интересно, что в исследовании А. В. Горбунова с соавторами [5], напротив, отмечено отсутствие зависимости содержания Hg в мышцах от массы тела леща из бассейна р. Волги. Это расхождение может указывать на популяционные особенности накопления ртути, связанные с различной скоростью роста, возрастной структурой выборок или трофическими условиями в разных частях Волжского бассейна. Для окуня *Perca fluviatilis* L., 1758 Рыбинского водохранилища также зафиксирована высокая значимая связь (r_s = 0,96) содержания ртути в мышцах с массой тела [14].

При анализе данных в целом по водохранилищу обнаружена отчётливая закономерность: содержание ртути в мышцах неполовозрелых особей оказалось значимо ниже, чем у половозрелых рыб. Однако на отдельных станциях отбора значимых различий в накоплении металла в мышцах между самками, самцами и неполовозрелыми особями выявлено не было. Вероятно, это связано с эффектом «ростового разбавления». Известно, что у молоди интенсивный прирост мышечной массы может опережать скорость бионакопления токсиканта, что приводит к снижению его концентрации в тканях по мере роста рыбы [15]. Таким образом, более низкие концентрации Hg у неполовозрелых особей, скорее всего, отражают не меньшую аккумулятивную способность, а более высокие темпы роста, характерные для этого возрастного этапа.

Выводы.

1. Установлена пространственная неоднородность распределения ртути в мышцах леща Рыбинского водохранилища. Минимальные значения длины, массы, возраста и содержания металла зафиксированы в Шекснинском плёсе на станции Любец, тогда как максимальные – в Моложском плёсе на станции Первомайка.

2. Концентрация металла в мышцах неполовозрелых особей значимо ниже, чем у половозрелых самок и самцов. Независимо от пола содержание ртути у лещей, выловленных на станции Первомайка, значимо выше по сравнению с другими исследованными станциями.

3. Обнаружены статистически значимые положительные корреляционные связи между содержанием Hg в мышечной ткани и основными биологическими параметрами рыб – длиной, массой и возрастом.

4. Концентрация ртути в мышцах леща Рыбинского водохранилища не превышает установленных нормативов для мирной пресноводной рыбы, что свидетельствует о безопасности его потребления человеком.

Благодарности: авторы выражают благодарность Т. И. Крициной (ИБВВ РАН) за помощь в определении возраста леща.

Список источников

1. Fagbenro O. S., Olaleye E. D. Environmental mercury pollution as a driver of multi-trophic toxicity and human exposure: A one health review of mechanisms, risks, and remediation strategies // Chemosphere. 2026. Vol. 402. Art. 144928. DOI 10.1016/j.chemosphere.2026.144928.

2. Eagles-Smith C. A., Willacker J. J., Flanagan Pritz C. M. Mercury in fishes from 21 national parks in the Western United States: inter- and intra-park variation in concentrations and ecological risk // U.S. Geological Survey Open-File Report 2014-1051. 2014. P. 54. DOI 10.3133/ofr20141051.

3. Backstrom C. H., Buckman K., Molden E., Chen C. Y. Mercury levels in freshwater fish: Estimating concentration with fish length to determine exposures through fish consumption // Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2020. Vol. 78. P. 604–621. DOI 10.1007/s00244-020-00717-y.

4. Герасимов Ю. В., Иванова М. Н., Стрельников А. С. [и др.] Рыбы Рыбинского водохранилища: популяционная динамика и экология : коллективная монография. Ярославль : ООО «Филигрань», 2015. 418 с. ISBN 978-5-906682-31-4. EDN YOPUMP.

5. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / под ред. проф. П. А. Дрягина и канд. биол. наук В. В. Покровского. М. : Пищевая промышленность, 1966. 376 с.

6. Горбунов А. В., Ляпунов С. М., Окина О. И., Шешуков В. С. Биоаккумуляция ртути в тканях пресноводных рыб // Экология человека. 2018. № 11. С. 23–31. DOI 10.33396/1728-0869-2018-11-26-31. EDN OKFVWS.

7. Степанова И. К., Комов В. Т. Накопление ртути в рыбе из водоемов Вологодской области // Экология. 1997. № 4. С. 196–202. EDN RZNBGR.

8. Тютин А. В., Медянцева Е. Н., Гремячих В. А., Комов В. Т. Паразито-хозяинные отношения в системах плероцекоиды *Ligula intestinalis* (L.) (Cestoda: Pseudopyllidea) – карповые рыбы и особенности аккумуляция ртути в мускулатуре зараженных хозяев // Паразитология. 2019. Т. 53, № 3. С. 241–250. DOI 10.1134/S0031184719030062. EDN DDRBTG.

9. Моисеенко Т. И., Гашкина Н. А., Шарова Ю. Н., Покоева А. Г. Экотоксикологическая оценка последствий загрязнения вод р. Волги // Водные ресурсы. 2005. Т. 32, № 4. С. 410–424. EDN HSURRP.

10. Farkas A., Salánki J., Specziár A. Age- and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a low-contaminated site // Water Research. 2003. Vol. 37, No. 5. P. 959–964. DOI 10.1016/s0043-1354(02)00447-5.

11. Łuczyńska J. The influence of weight and length on the mercury content in the muscle tissue of fish from four lakes in the Olsztyn Lake District (Poland) // Fisheries & Aquatic Life. 2005. Vol. 13. P. 51–61.

12. Łuczyńska J., Łuczyński M. J., Paszczyk B., Tońska E. Concentration of mercury in muscles of predatory and non-predatory fish from lake Pluszne (Poland) // Journal of Veterinary Research. 2016. Vol. 60, Is. 1. P. 43–47.

13. Staudinger M. D. Species- and size-specific variability of mercury concentrations in four commercially important finfish and their prey from the northwest Atlantic // Marine Pollution Bulletin. 2011. Vol. 62, Is. 4. P. 734–740. DOI 10.1016/j.marpolbul.2011.01.017.

14. Гремячих В. А., Ложкина Р. А., Комов В. Т. Пространственно-временная вариабельность содержания ртути в речном окуне *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 (Perciformes: Percidae) Рыбинского водохранилища на рубеже XX–XXI веков // Трансформация экосистем. 2019. Т. 2, № 2 (4). С. 85–95. DOI 10.23859/estr-180816. EDN WMYVXA.

15. Lescord G. L., Johnston T. A., Branfireun B. A., Gunn J. M. Percentage of methylmercury in the muscle tissue of freshwater fish varies with body size and age and among species // Environmental Toxicology and Chemistry. 2018. Vol. 37, No. 10. P. 2682–2691.

References

1. Fagbenro O. S., Olaleye E. D. Environmental mercury pollution as a driver of multi-trophic toxicity and human exposure: A one health review of mechanisms, risks, and remediation strategies // Chemosphere. 2026. Vol. 402. Art. 144928. DOI 10.1016/j.chemosphere.2026.144928.

2. Eagles-Smith C. A., Willacker J. J., Flanagan Pritz C. M. Mercury in fishes from 21 national parks in the Western United States: inter- and intra-park variation in concentrations and ecological risk // U.S. Geological Survey Open-File Report 2014-1051. 2014. P. 54. DOI 10.3133/ofr20141051.

3. Backstrom C. H., Buckman K., Molden E., Chen C. Y. Mercury levels in freshwater fish: Estimating concentration with fish length to determine exposures through fish consumption // Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2020. Vol. 78. P. 604–621. DOI 10.1007/s00244-020-00717-y.

4. Gerasimov Yu. V., Ivanova M. N., Strel'nikov A. S. [i dr.] Ryby Rybinskogo vodohranilishcha: populyacionnaya dinamika i ekologiya : kollektivnaya monografiya. YAroslavl' : OOO «Filigran'», 2015. 418 s. ISBN 978-5-906682-31-4. EDN YOPUMP.

5. Pravdin I. F. Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimushchestvenno presnovodnyh) / pod red. prof. P. A. Dryagina i kand. biol. nauk V. V. Pokrovskogo. M. : Pishchevaya promyshlennost', 1966. 376 c.

6. Gorbunov A. V., Lyapunov S. M., Okina O. I., Sheshukov V. S. Bioakkumulyaciya rtuti v tkanyah presnovodnyh ryb // Ekologiya cheloveka. 2018. № 11. S. 23–31. DOI 10.33396/1728-0869-2018-11-26-31. EDN OKFVWS.

7. Stepanova I. K., Komov V. T. Nakoplenie rtuti v rybe iz vodoemov Vologodskoj oblasti // Ekologiya. 1997. № 4. S. 196–202. EDN RZNBGR.

8. Tyutin A. V., Medyantseva E. N., Gremyachikh V. A., Komov V. T. Parazito-hozyainnye otnosheniya v sistemah plerocekoidy Ligula intestinalis (L.) (Cestoda: Pseudopyllidea) – karpovye ryby i osobennosti akkumulyaciya rtuti v muskulature zarazhennyh hozyaev // Parazitologiya. 2019. T. 53, № 3. S. 241–250. DOI 10.1134/S0031184719030062. EDN DDRBTG.

9. Moiseenko T. I., Gashkina N. A., Sharova Yu. N., Pokoeva A. G. Ekotoksikologicheskaya ocenka posledstvij zagryazneniya vod r. Volgi // Vodnye resursy. 2005. T. 32, № 4. S. 410–424. EDN HSURRP.

10. Farkas A., Salánki J., Specziár A. Age- and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish Abramis brama L. populating a low-contaminated site // Water Research. 2003. Vol. 37, No. 5. P. 959–964. DOI 10.1016/s0043-1354(02)00447-5.

11. Łuczyńska J. The influence of weight and length on the mercury content in the muscle tissue of fish from four lakes in the Olsztyn Lake District (Poland) // Fisheries & Aquatic Life. 2005. Vol. 13. P. 51–61.

12. Łuczyńska J., Łuczyński M. J., Paszczyk B., Tońska E. Concentration of mercury in muscles of predatory and non-predatory fish from lake Pluszne (Poland) // Journal of Veterinary Research. 2016. Vol. 60, Is. 1. P. 43–47.

13. Staudinger M. D. Species- and size-specific variability of mercury concentrations in four commercially important finfish and their prey from the northwest Atlantic // Marine Pollution Bulletin. 2011. Vol. 62, Is. 4. P. 734–740. DOI 10.1016/j.marpolbul.2011.01.017.

14. Gremyachikh V. A., Lozhkina R. A., Komov V. T. Prostranstvenno-vremennaya variabel'nost' soderzhaniya rtuti v rechnom okune Perca fluviatilis Linnaeus, 1758 (Perciformes: Percidae) Rybinskogo vodohranilishcha na rubezhe XX–XXI vekov // Transformaciya ekosistem. 2019. T. 2, № 2 (4). S. 85–95. DOI 10.23859/estr-180816. EDN WMYVXA.

15. Lescord G. L., Johnston T. A., Branfireun B. A., Gunn J. M. Percentage of methylmercury in the muscle tissue of freshwater fish varies with body size and age and among species // Environmental Toxicology and Chemistry. 2018. Vol. 37, No. 10. P. 2682–2691.

Сведения об авторах

Илья Андреевич Антипов – аспирант кафедры зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет»; старший лаборант лаборатории физиологии и токсикологии водных животных, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук, spin-код: 4499-9569.

Роза Андреевна Ложкина – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии и токсикологии водных животных, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук, spin-код: 7795-9590.

Елена Гамеровна Скворцова – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 5512-9557.

Любовь Ивановна Терещенко – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории экологии рыб, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук, spin-код: 7600-6433.

Виктор Трофимович Комов – доктор биологических наук, профессор, руководитель научного направления, главный научный сотрудник лаборатории физиологии и токсикологии водных животных, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук, spin-код: 6402-0431.

Information about the authors

Ilya A. Antipov – Postgraduate student at the Department of Animal Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University"; Senior Laboratory Assistant in the Laboratory of Physiology and Toxicology of Aquatic Animals, Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, spin-code: 4499-9569.
Roza A. Lozhkina – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher in the Laboratory of Physiology and Toxicology of Aquatic Animals, Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, spin-code: 7795-9590.
Elena G. Skvortsova – Candidate of Biological Sciences, Docent, Head of the Department of Animal Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 5512-9557.
Lyubov I. Tereshchenko – Candidate of Biological Sciences, Research Officer in the Laboratory of Fish Ecology, Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, spin-code: 7600-6433.
Viktor T. Komov – Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Head of Research, Chief Researcher in the Laboratory of Physiology and Toxicology of Aquatic Animals, Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, spin-code: 6402-0431.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ ФГБОУ ВО «ЯРОСЛАВСКИЙ ГАУ» В 2024 ГОДУ ВЫШЛА МОНОГРАФИЯ

ВЕРА ВИТАЛЬЕВНА ЖОЛУДЕВА

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В монографии рассмотрены различные методы современной математики, применяемые в сельском хозяйстве при моделировании экономики АПК. Для пояснения особенностей рассмотренных моделей приводятся конкретные примеры.

Монография предназначена для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, студентов сельскохозяйственных и смежных специальностей вузов, а также представителям бизнеса и органам власти, имеющим отношение к агробизнесу.

УДК 519.87.631; ББК 22.18; ISBN 978-5-98914-277-4; 90 СТР.

ПО ВОПРОСАМ ПРИОБРЕТЕНИЯ ОБРАЩАТЬСЯ ПО АДРЕСУ:

150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58, ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ»

e-mail: e.bogoslovskaya@yarcx.ru