

СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ОКУНЯ  
*PERCA FLUVIATILIS* ИЗ ВОДОЕМОВ И ВОДОТОКОВ  
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «РУССКИЙ СЕВЕР»

---

**Зимин Матвей Дмитриевич**

студент-бакалавр

ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет», Череповец

*matvejzimin2345@gmail.com*

**Баженова Дарья Эдуардовна**

старший лаборант

ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет», Череповец

*chsu@chsu.ru*

---

*Аннотация.* Определено содержание ртути в мышцах окуня из водоемов и водотоков на территории национального парка «Русский Север» Вологодской области, которые удалены от локальных источников загрязнения металлом. Выявлено, что содержание металла в организме окуня, обитающего в различных водоемах и водотоках, достоверно различается. Установлена взаимосвязь между концентрациями ртути в мышцах рыбы и её размером. Сопоставлено количество ртути в мышцах окуня из водоемов на территории национального парка с рекомендуемыми СанПином концентрациями.

*Ключевые слова:* мышечная ткань, окунь, содержание ртути, *Perca fluviatilis* L.

Ртуть в настоящее время считается загрязнителем окружающей среды, представляющим высокий риск для здоровья населения из-за ее высокой токсичности и подвижности в экосистемах (WHO, 2017). Известно, что потребление рыбы является основным источником поступления ртути в организм человека (EFSA, 2018). В Вологодской области рыболовство является одним из традиционных направлений деятельности населения (Борисов и др., 2019). Окунь (*Perca fluviatilis* L.), являющийся одним из самых многочисленных видов на данной территории, имеет большое значение в структуре промышленного и любительского вылова (КТКПР, 2018; Борисов и др., 2019).

Характерной особенностью национального парка «Русский Север» является существование главного водораздела стока Евразии – между бассейнами Северного Ледовитого и Атлантического океанов, территория изобилует озерами и малыми реками – притоками Северной Двины, Онеги, Шексны (Природа..., 2007).

На территории национального парка «Русский Север» насчитывается 66 рек и 106 озер, наибольший интерес представляют крупные водоемы, такие как озеро Бородаевское. Озеро принадлежит к Бородаевской группе, и является самым большим среди всех остальных водоемов, относящихся к ней – площадь водного зеркала составляет 546 га, средняя глубина 3,1 (Озерные ресурсы..., 1981).

Самая крупная река национального парка – Шексна, основную массу воды она получает из Белого озера, где берет начало. Длина реки 136 км, площадь водосборного бассейна (с озером Белым) – 19 400 км<sup>2</sup> (Природа..., 2007).

Шекснинское водохранилище проходит по затопленной долине реки Шексна, а затем переходит в озеро Белое, общая протяженность водоема около 262 км, площадь – 1665 км<sup>2</sup>, объем водной массы – 6,52 км<sup>3</sup> (Борисов и др., 2019).

*Материалы и методы исследования.* Окунь (*Perca fluviatilis* L.) для исследования был отловлен в трех озерах, расположенных на территории национального парка «Русский Север» Вологодской области. Отловленную рыбу помещали в полиэтиленовые пакеты, замораживали и хранили при температуре – 14 °С. Размороженную рыбу взвешивали, измеряли длину, помещали в эмалированные кюветы и вырезали с левой стороны из спины, начиная от спинного плавника до начала рёбер и вдоль тела к хвосту, 2–4 г скелетных мышц. Содержание ртути в мышцах определяли на ртутном анализаторе РА-915М с приставкой ПИРО атомно-адсорбционным методом, без предварительной пробоподготовки. Пробы образцов массой 10–50 мг помещали на кварцевый дозатор и переносили в ячейку термолитиза для определения общего содержания ртути. Сжигание проб проводилось при температуре 300 °С в течение 1–2 минут. Для контроля точности аналитического метода измерения систематически проверяли сертифицированными биологическими материалами DORM-4 (Institute of environmental chemistry, Ottawa, Canada).

Общий объем исследуемого материала составил 136 проб мышц окуня из трех водоемов – реки Шексна, Шекснинского водохранилища и озера Бородаевское (таблица, рис. 1).

Статистический анализ данных проводили с помощью программы STATISTICA 10. Перед установлением различий между группами, общая выборка была проверена на нормальность, с помощью тестов Шапиро-Вилкоксона и Колмогорова-Смирнова. В ходе анализа, было установлено, что выборка распределена не нормально. Таким образом, для установления статистически значимых различий использовались непараметрический метод – медианный тест Kruskal-Wallis test при уровне значимости  $p \leq 0,05$  (Kruskal, Wallis, 1952). Данные представлены в виде средних значений и их ошибок ( $\bar{x} \pm SE$ ). Для установления корреляционных зависимостей использовался коэффициент корреляции Спирмена при уровне значимости  $p \leq 0,05$  (Sokal, Rolf, 1995).

Объекты исследования на содержание ртути

<i>Водоем</i>	<i>Количество особей</i>
р. Шексна	38
Шекснинское вдхр.	78
оз. Бородаевское	20

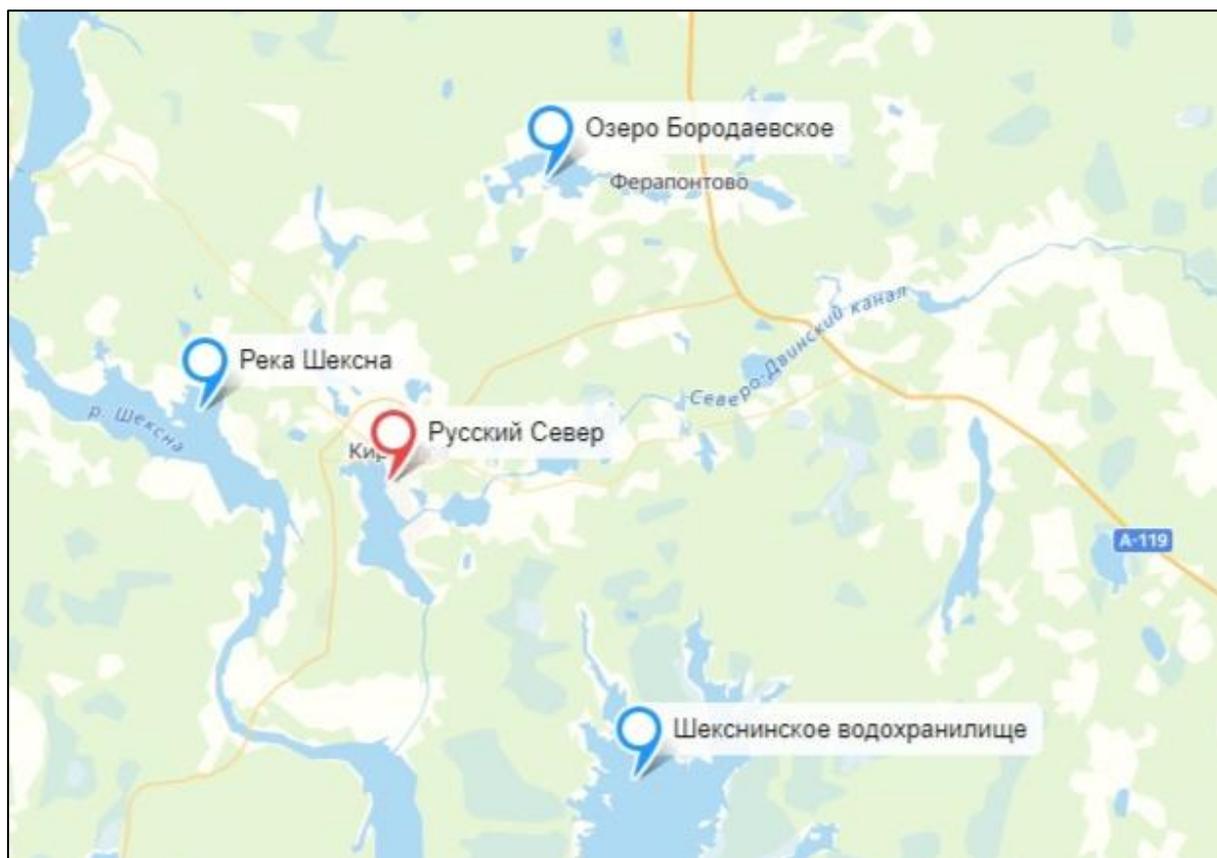


Рисунок 1 – Места отлова рыб для анализа

*Результаты исследования.* Содержание ртути в мышцах окуня отловленного из разных водоемов на территории национального парка в среднем составляет  $0,24 \pm 0,01$  мг/кг сырой массы. При этом концентрации ртути в мышцах рыб из оз. Бородаевское и Шекснинского водохранилища достоверно превышает данный показатель у особей из реки Шексны (рис. 2).

Установлено, что с увеличением размера рыб концентрация ртути в их организме также повышается, при этом интенсивность практически не отличается в различных водоемах (рис. 3).

Также в ходе анализа выявлено, что размеры рыб из различных водоемов отличаются – средняя длина особей из реки Шексна меньше, чем в озере и водохранилище (рис. 4).

Исходя из отличий в размерах рыб из различных водоемов проведено сравнение содержания ртути в мышцах особей, отобранных по длине (17–24 см). В результате также установлены достоверные различия – минимальное содержание ртути в мышцах рыб отмечено в реке Шексна (рис. 5).

По санитарно-гигиеническим нормам, действующим в России, концентрация ртути в пресноводной хищной рыбе не должна превышать 0,6 мг/кг сырой массы (СанПин 2.3.2.560-96). Таким образом, при соотношении количества ртути в мышцах окуня из водоемов на территории национального парка с рекомендуемыми СанПинами концентрациями не установлено превышение допустимых концентраций ртути в мышцах исследованных рыб.

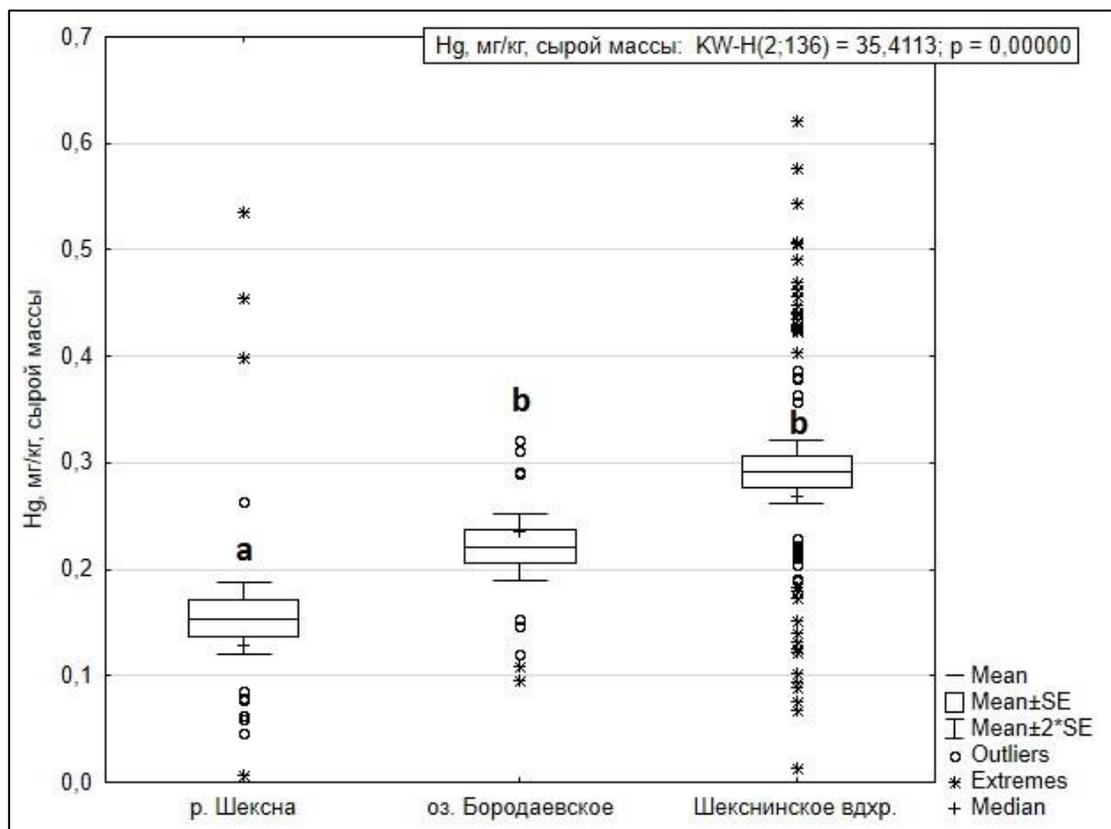


Рисунок 2 – Содержание ртути (мг/кг, сырой массы) в мышцах окуня из различных водоемов. *Примечание:* а, b – значения достоверно различаются, при  $p < 0,05$

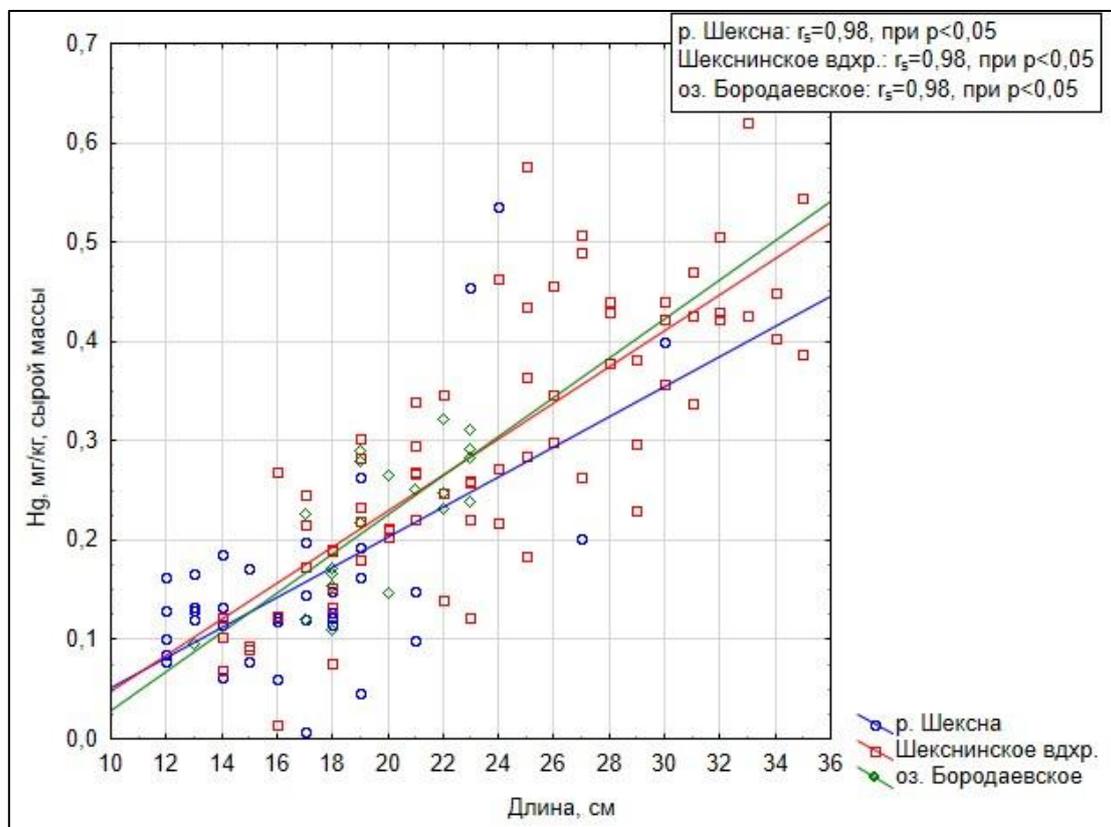


Рисунок 3 – Корреляционная зависимость содержания ртути в мышцах окуня от морфометрических показателей

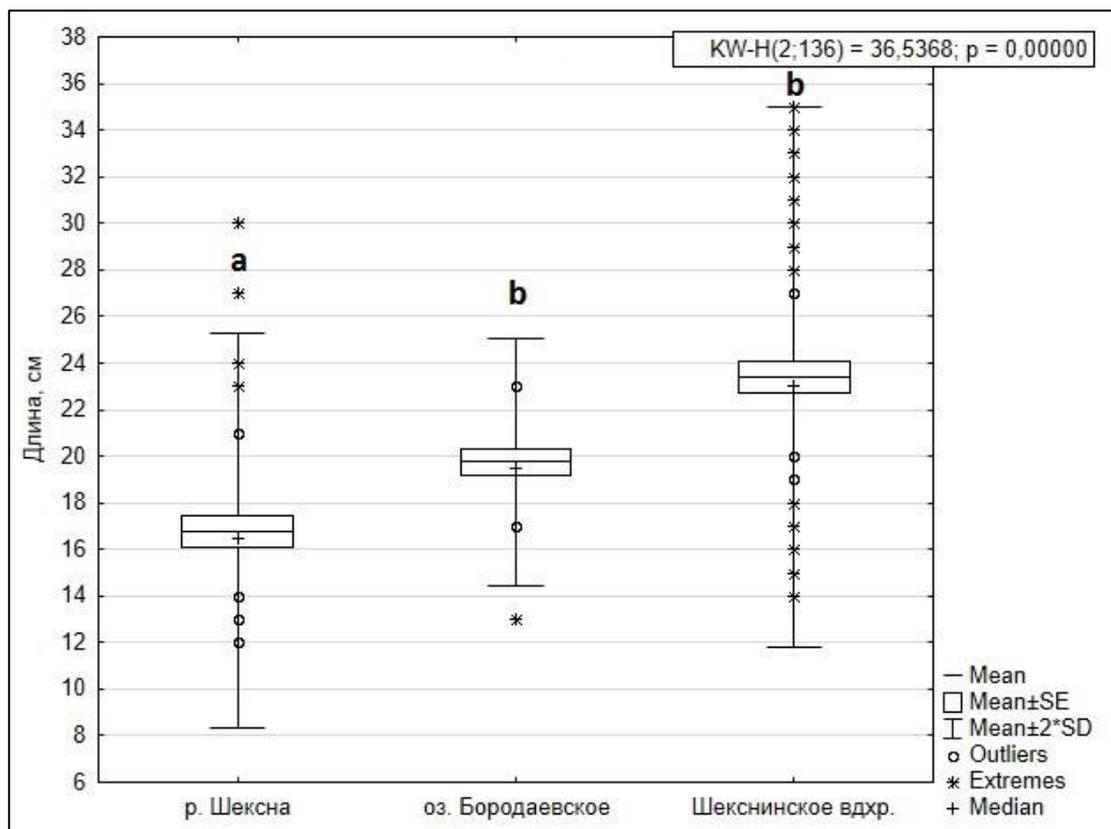


Рисунок 4 – Сравнение длины окуня из различных водоемов. *Примечание:* а, б – значения достоверно различаются, при  $p < 0,05$

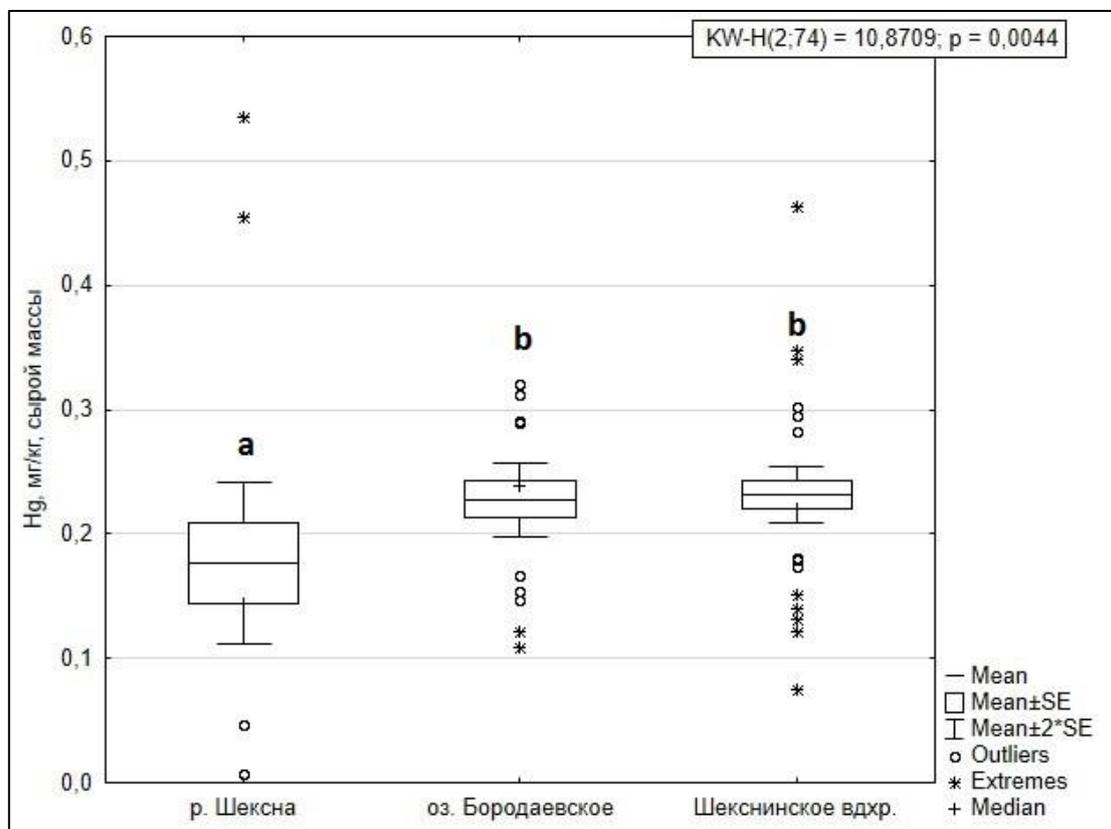


Рисунок 5 – Содержание ртути (мг/кг, сырой массы) в мышцах рыб, отобранных по длине. *Примечание:* а, б – значения достоверно различаются, при  $p < 0,05$

*Заключение.* В ходе исследования выявлено, что содержание металла в организме окуня, обитающего в реке, достоверно ниже концентраций металла в мышцах рыб из озера и водохранилища.

Также установлено, что существует взаимосвязь между концентрациями ртути в мышцах рыбы и её размером. Следовательно, потребление с пищей экземпляров более крупного размера приводит к увеличению уровня воздействия на потребителей.

При соотношении количества ртути в мышцах окуня из водоемов на территории национального парка с рекомендуемыми СанПином концентрациями не установлено превышение допустимых концентраций ртути в мышцах исследованных рыб.

*Авторы выражают благодарность сотрудникам Вологодского филиала ФГБНУ «ВНИРО» за предоставленный материал.*

#### **Список использованных источников**

Борисов М.Я., Коновалов А.Ф., Думнич Н.В. Рыбы в Вологодской области. Череповец: ИД Порт-Апрель, 2019. 128 с.

Комплексный территориальный кадастр природных ресурсов Вологодской области. Выпуск 23 (на 01.01.2018). Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Вологодской области. Вологда, 2018. 465 с.

Озерные ресурсы Вологодской области: сборник статей. Вологда: ВГПИ, 1981. 150 с.

Природа Вологодской области. Вологда: Издательский дом «Вологжанин». 2007. 440 с.

СанПин 2.3.2.1078-01 от 14.11.2001 № 36. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. 2001. 269 с.

European Food Safety Authority (EFSA) (2018) SCIENTIFIC OPINION Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM)., Parma, Italy, 10 April 2018.

Kruskal W.H., Wallis W.A. Use of ranks in one-criterion variance analysis // Journal of the American Statistical Association, vol. 47, 1952. P. 583–621.

Sokal R.R., Rolf F.J. The principals and practice of Statistics in biological research // W.H. Freeman and Company, New York, 1995, 887 pp.

WHO, World Health Organization. Mercury and health. 31 March 2017. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health> (дата обращения: 22.07.2023).