



Кораблина И.В., Горгола Л.Г., Косенко Ю.В., Мхитарьян И.Д., Экилик В.С., Петренко А.А.

## О гигиенической безопасности промысловых видов рыб Азово-Черноморского бассейна

Южный филиал ВНИРО Государственного научного центра Российской Федерации «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», 344002, Ростов-на-Дону, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Водоемы Азово-Черноморского бассейна — значимый источник промысловых видов рыб, поэтому мониторинг накопления токсикантов остаётся главной задачей при оценке физиолого-биохимического состояния рыб в плане воспроизводства и при использовании в качестве продуктов питания. **Цель работы** — оценить безопасность промысловых видов рыб Азово-Черноморского бассейна.

**Материалы и методы.** На основании проведённых в 2024 г. исследований определены уровни накопления полихлорированных бифенилов (ПХБ), пестицидов, токсичных элементов, удельной активности радионуклидов в мышцах тунки, хамсы, пиленгаса, карася, атерины, бычка, камбалы Глосса, мерланга, шпрота, луфары, ставриды, окуня, выловленных в Азовском и Чёрном морях.

**Результаты.** Полученные в 2024 г. данные о содержании токсикантов в рыбах соотнесены с действующим нормативом качества рыбы как продукта питания. Проведено сравнение результатов 2024 г. с ретроспективными данными (2020–2023 гг.). Анализы проводились в соответствии с аттестованными методиками, входящими в область аккредитации аналитического испытательного центра Азово-Черноморского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»).

**Ограничения исследования** связаны со спецификой отбора проб: исследование ограничивалось максимально возможной выборкой биологических ресурсов. **Заключение.** Установлены низкие концентрации пестицидов и токсичных элементов (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк) и незначительные уровни ПХБ, удельной активности цезия-137 и стронция-90. Следовательно, тунка, хамса, пиленгас, карась, атерина, бычки, камбала Глосса, мерланг, шпрот, луфарь, ставрида по показателям загрязнения и радиационной безопасности в соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011 пригодны для пищевых целей.

**Ключевые слова:** Азовское море; Чёрное море; лиманы; гидробионты; тяжёлые металлы; мышьяк; пестициды; ПХБ; удельная активность радионуклидов

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование не требует предоставления заключения комитета по биомедицинской этике и иных документов.

**Для цитирования:** Кораблина И.В., Горгола Л.Г., Косенко Ю.В., Мхитарьян И.Д., Экилик В.С., Петренко А.А. О качестве и безопасности промысловых видов рыб Азово-Черноморского бассейна. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(3): 293–300. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-3-293-300> <https://elibrary.ru/ovsiyy>

**Для корреспонденции:** Горгола Лилия Геннадьевна, e-mail: [gorgolalg@azniirkh.vniro.ru](mailto:gorgolalg@azniirkh.vniro.ru)

**Вклад авторов:** Кораблина И.В. — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей; Горгола Л.Г., Петренко А.А. — сбор материала и обработка данных, редактирование; Косенко Ю.В. — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей; Мхитарьян И.Д. — сбор материала и обработка данных; Экилик В.С. — сбор материала и обработка данных.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

**Финансирование.** Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 14.05.2025 / Принята к печати: 15.10.2025 / Опубликовано: 17.04.2026

Irina V. Korablina, Lilia G. Gorgola, Yulia V. Kosenko, Irina D. Mkhitarayan, Victoria S. Ekilik, Artem A. Petrenko

## On the hygienic safety of commercial fish species in the Azov-Black Sea basin

All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, Azov-Black Sea Branch, Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation

### ABSTRACT

**Introduction.** In the modern period, the reservoirs of the Azov-Black Sea basin continue to be sources of commercial fish species. In this regard, monitoring for the levels of accumulation of toxicants is the main task in assessing the physiological and biochemical state of fish in terms of reproduction and their use as food.

**The purpose.** To assess the safety of commercial fish species in the Azov-Black Sea basin.

**Materials and methods.** Based on studies conducted during 2024, there were determined the levels of accumulation of polychlorinated biphenyls (PCBs), pesticides, toxic elements, and specific activity of radionuclides in the muscles of tunka, anchovy, pilengas, crucian carp, atherina, gobies, gloss's flounder, whiting, sprat, loofah, horse mackerel, and perch, caught in the Azov and Black Seas.

**Results.** The results obtained during 2024 for toxicants in fish are correlated with the current fish as food standard. The results obtained over 2024 were compared with the retrospective data (2020–2023). The analyses were carried out in accordance with certified methods included in the scope of accreditation of the Analytical Testing Center of the Azov-Black Sea branch of the Scientific Research Center of the Russian Federation VNIRO Federal State Budgetary Scientific Institution.

**Limitations.** The limitations are related to the specifics of sampling: the study was limited to the maximum possible selection of biological resources.

**Conclusion.** Low concentrations of pesticides and toxic elements (lead, cadmium, mercury, arsenic), and PCBs were detected, the specific activity of caesium-137 and strontium-90 was recorded at a low level. Therefore, tunka, hamsa, pelengas, crucian carp, atherina, gobies, Gloss flounder, whiting, sprat, lufari, horse mackerel are suitable for food in terms of pollution and radiation safety in accordance with the requirements of TR CU 021/2011.

**Keywords:** Azov Sea; Black Sea; limans; hydrobionts; heavy metals; arsenic; pesticides; PCB; specific activity of radio nuclides

**Compliance with ethical standards.** The study does not require the submission of the conclusion of the biomedical ethics committee or other documents.

**For citation:** Korablina I.V., Gorgola L.G., Kosenko Yu.V., Mhitarayan I.D., Ekilik V.S., Petrenko A.A. On the quality and safety of commercial fish species in the Azov-Black Sea basin. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian Journal*. 2026; 105(3): 293–300. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-3-293-300> <https://elibrary.ru/ovsiyy> (In Russ.)

**For correspondence:** Lilia G. Gorgola, e-mail: [gorgolalg@azniirkh.vniro.ru](mailto:gorgolalg@azniirkh.vniro.ru)

**Contribution:** Korablina I.V. — research concept and design, writing, editing, approval of the final version, responsibility for the integrity of all data; Gorgola L.G., Petrenko A.A. — collection of material and data processing, editing; Kosenko Yu.V. — approval of the final version; responsibility for the integrity of all data; Mkhitarayan I.D. — collection of material and data processing; Ekilik V.S. — collection of material and data processing.

**All authors** are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Funding.** The study had no sponsorship.

Received: May 14, 2025 / Accepted: October 15, 2025 / Published: April 17, 2026

## Введение

В Азово-Черноморский бассейн входят Чёрное и Азовское моря с бассейнами впадающих в них рек, а также водные объекты рыбохозяйственного значения некоторых регионов России (приказ Минсельхоза России от 09.01.2020 г. № 1<sup>1</sup>). Морские порты Ростов-на-Дону, Азов, Таганрог, Ейск, Темрюк, Кавказ, Тамань, Анапа, Новороссийск, Геленджик, Туапсе, Сочи оказывают значительное техногенное влияние на экосистему Азово-Черноморского бассейна [1]. Интенсивная хозяйственная деятельность влияет на качество среды через сбросы в акваторию и через речной сток. К другим видам загрязнения водоёмов Азово-Черноморского бассейна относятся:

- нефтепродукты (интенсификация транспортировки нефти и нефтепродуктов, добыча углеводородов на шельфах Азовского и Чёрного морей, аварийные и несанкционированные разливы горюче-смазочных материалов);
- тяжёлые металлы (особенно подвержены загрязнению акватории Феодосийского залива, Севастопольской бухты и районы газодобычи на северо-западе Чёрного моря) [2];
- стойкие хлорорганические пестициды (в отдельные годы концентрация метаболитов ДДТ в воде увеличивалась по сравнению с фоновыми величинами, что могло быть следствием размыва могильников пестицидов, расположенных на юге Украины) [3, 4].

Большая часть территории Азово-Черноморского водного бассейна относится к зоне интенсивного сельскохозяйственного производства, поэтому значима проблема загрязнения природных вод стоком с полей и животноводческих угодий. Нельзя исключать и техногенные факторы, такие как строительство шлюзов на р. Дон и засоление Азовского моря, которое влияет на низовья Дона [5].

Загрязнение водоёмов Азово-Черноморского бассейна негативно сказывается на гидробионтах. Ухудшение качества воды и сильная рекреационная нагрузка уже привели к существенному уменьшению рыбных запасов. Многие загрязняющие вещества способны накапливаться в тканях гидробионтов, вызывая отравления, нарушения развития и репродуктивной системы, что вызывает снижение численности популяций и даже исчезновение некоторых видов [6]. Токсичные вещества перемещаются по пищевым цепочкам, начиная с микроскопических организмов и заканчивая крупными хищниками, в результате происходит накопление вредных соединений в организме, которое может негативно сказываться на всех уровнях экосистемы. Икра и личинки рыб считаются наиболее уязвимыми к загрязнению, поскольку у них недостаточно сформированы система защиты, а уйти из зон загрязнения они не могут [7]. Тем не менее водоёмы бассейна по-прежнему обладают богатой кормовой базой и удовлетворительными для нагула промысловых видов рыб гидрологическим и гидрохимическим режимами [8].

Наиболее чувствительными к загрязнению в Азово-Черноморском бассейне считаются:

- донные виды рыб (в их тканях в большей степени накапливаются ртуть и мышьяк, что связано с питанием и образом жизни, на которые влияют процессы накопления и скорость трансформации загрязняющих веществ в донных грунтах);
- осетровые;
- бычки (многочисленный вид, для которого характерен оседлый образ жизни и соответственно уязвимость в случае возникновения неблагоприятных ситуаций, связанных с загрязнением, гипоксией, гипертермией в местах обитания);
- пелагическая ставрида (в её тканях часто повышено содержание цинка и меди) [9].

Необходимо учитывать, что степень уязвимости рыб зависит от сезона, особенностей биологии рыб и уровня загрязнения среды обитания. На чувствительность рыб к воздействию токсикантов также влияют вид, возраст и физиологическое состояние. Неблагоприятные условия среды, голод, скученность, поражение паразитами и другие факторы снижают устойчивость рыб к загрязняющим веществам. Среди средних и крупных видов рыб в настоящее время большие экземпляры встречаются всё реже [10].

## Материалы и методы

В задачу настоящего исследования вошла оценка содержания токсикантов в промысловых видах рыб, выловленных в водоёмах Азово-Черноморского бассейна в 2024 г. Для решения данной задачи исследовали мышцы тюльки, хамсы, пиленгаса, карася, атерины, карася, бычка, камбалы Глосса, мерланга, шпрота, луфары, ставриды, выловленных в Азовском и Чёрном морях.

Отбор проб водных биологических ресурсов проводился в соответствии с требованиями ГОСТ 31339–2006<sup>2</sup>. В выборку попали самки и самцы, обладающие близкими внутривидовыми морфометрическими показателями и стадией зрелости гонад. Всего было отобрано и обработано более 100 проб водных биоресурсов. Приведённые в статье данные соответствуют анализу усреднённой пробы каждого вида рыбы ( $n = 10$ ).

Достоверность различий между выборками для определения статистической значимости различий средних величин оценивали по  $t$ -критерию Стьюдента: при вероятности ( $p$ ) ниже уровня значимости ( $p < 0,05$ ) считали, что выборки относятся к двум разным совокупностям, то есть различия статистически достоверны при условии нормального характера распределения данных и равенстве генеральных дисперсий сравниваемых групп. Превышения полученных значений относительно норматива оценивали с использованием бинарного утверждения (простое утверждение, когда предел приемлемости совпадает с пределом допуска) с учётом методической погрешности (неопределённости). Результаты исследований подвергали статистической обработке с помощью программы Excel.

При контроле уровней накопления приоритетных токсикантов в мышцах рыб использовали методики, принятые и утверждённые на федеральном уровне для мониторинговых природоохранных исследований. При определении пестицидов в мышцах рыб использовали метод газовой хроматографии с детектором электронного захвата (НДИ 05.05–2013)<sup>3</sup>. ПХБ определяли методом хромато-масс-спектрометрии с газовым хроматографом и масс-спектрометрическим детектором высокого разрешения, позволяющим вести регистрацию отдельных ионов с заданными массами (НДИ 05.23.2012)<sup>4</sup>. Для определения токсичных элементов использовали атомную абсорбцию в двух модификациях: с электротермической атомизацией и метод холодного пара (НДИ 05.14–2007<sup>5</sup>; НДИ 05.35–2021<sup>6</sup>; НДИ 05.26–2014<sup>7</sup>). Удельную активность радионуклидов определяли с помощью спектрометрической

<sup>2</sup> ГОСТ 31339–2006 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приёмки и методы отбора проб».

<sup>3</sup> НДИ 05.05–2013 «Массовые доли пестицидов в почвах и донных отложениях пресных и морских водных объектов. Методика измерений методом газожидкостной хроматографии».

<sup>4</sup> НДИ 05.23–2012 «Методика измерений массовых долей индивидуальных конгенов полихлорбифенилов в пробах почв и донных отложений пресных и морских водных объектов методом хромато-масс-спектрометрии».

<sup>5</sup> НДИ 05.14–2007 «МВИ массовых долей кадмия, свинца и цинка в пробах гидробионтов методом атомной адсорбции с электротермической атомизацией».

<sup>6</sup> НДИ 05.35–2021 «Методика измерений массовых долей алюминия, бария, кадмия, кобальта, лития, мышьяка, серебра, стронция и таллия в пробах гидробионтов методом атомной абсорбции с электротермической атомизацией».

<sup>7</sup> НДИ 05.26–2014 «Массовая доля общей ртути в пробах гидробионтов. Методика измерений методом беспламенной атомной абсорбции».

<sup>1</sup> Приказ Минсельхоза России от 9 января 2020 г. № 1 «Об утверждении правил рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна»; <https://docs.cntd.ru/document/564189244> (дата обращения: 04.04.2025г.).

Таблица 1 / Table 1

Средние концентрации токсикантов в мышцах промысловых видов рыб, выловленных в Крымском районе Чёрного моря в 2024 г., на сырую массу

Average concentrations of toxicants in the muscles of commercial fish species caught in the Crimean region of the Black Sea in 2024, per wet weight

| Показатель<br>Indicator                                                          |                                                                              | Вид рыб, размерность / Type of fish, dimension                                                                                   |                                                                                                                            |                                                                                                                                    |                                                                                                                                            | Допустимый<br>уровень,<br>не более<br>Acceptable<br>level,<br>no more than |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                  |                                                                              | Хамса<br>длина 10–12 см, масса<br>0.010–0.013 кг<br>Anchovy<br>length of 10–12 cm,<br>weight of 0.010–0.013 kg<br>n = 10 (♂ + ♀) | Шпрот<br>длина 7–8 см,<br>масса 0.003–0.004 кг<br>Sprat<br>length of 7–8 cm,<br>weight of 0.003–0.004 kg<br>n = 10 (♂ + ♀) | Мерланг<br>длина 11–17 см, масса<br>0.010–0.038 кг<br>Whiting<br>length of 11–17 cm,<br>weight of 0.010–0.038 kg<br>n = 10 (♂ + ♀) | Ставрида<br>длина 12–13 см, масса<br>0.014–0.021 кг<br>Horse mackerel<br>length of 12–13 cm,<br>weight of 0.014–0.021 kg<br>n = 10 (♂ + ♀) |                                                                            |
|                                                                                  |                                                                              |                                                                                                                                  |                                                                                                                            |                                                                                                                                    |                                                                                                                                            |                                                                            |
| ПХБ, мг/кг   PCB, mg/kg                                                          |                                                                              | < 0.007                                                                                                                          | < 0.007                                                                                                                    | < 0.007                                                                                                                            | < 0.007                                                                                                                                    | 2.0                                                                        |
| Пестициды<br>Pesticides                                                          | ГХЦГ<br>(α-, β -, γ-изомеры),<br>мг/кг<br>HCH (α-, β -, γ-isomers),<br>mg/kg | < 0.0002                                                                                                                         | < 0.0002                                                                                                                   | < 0.0002                                                                                                                           | < 0.0002                                                                                                                                   | 0.2                                                                        |
|                                                                                  | ДДТ и его метаболиты,<br>мг/кг<br>DDT and its metabolites,<br>mg/kg          | < 0.0002                                                                                                                         | < 0.0002                                                                                                                   | < 0.0002                                                                                                                           | < 0.0002                                                                                                                                   | 0.2                                                                        |
| Токсичные<br>элементы<br>Toxic elements                                          | Кадмий, мг/кг<br>Cadmium, mg/kg                                              | < 0.005                                                                                                                          | 0.055 ± 0.020                                                                                                              | < 0.005                                                                                                                            | 0.006 ± 0.002                                                                                                                              | 0.2                                                                        |
|                                                                                  | Ртуть, мг/кг<br>Mercury, mg/kg                                               | 0.017 ± 0.004*                                                                                                                   | 0.056 ± 0.015                                                                                                              | 0.068 ± 0.018                                                                                                                      | < 0.005                                                                                                                                    | 0.5                                                                        |
|                                                                                  | Свинец, мг/кг<br>Lead, mg/kg                                                 | 0.05 ± 0.03                                                                                                                      | < 0.05                                                                                                                     | < 0.05                                                                                                                             | < 0.05                                                                                                                                     | 1.0                                                                        |
|                                                                                  | Мышьяк, мг/кг<br>Arsenic, mg/kg                                              | 0.54 ± 0.16                                                                                                                      | 0.18 ± 0.05                                                                                                                | 0.13 ± 0.04                                                                                                                        | 0.17 ± 0.05                                                                                                                                | 5.0                                                                        |
| Удельная<br>активность<br>радионуклидов<br>Specific activity<br>of radionuclides | Цезий-137, Бк/кг<br>Cesium-137, Bq/kg                                        | < 2.28                                                                                                                           | 3.15 ± 2.71                                                                                                                | < 2.39                                                                                                                             | < 3.53                                                                                                                                     | 130                                                                        |
|                                                                                  | Стронций-90, Бк/кг<br>Strontium-90, Bq/kg                                    | < 36.50                                                                                                                          | < 15.50                                                                                                                    | < 31.50                                                                                                                            | < 20.50                                                                                                                                    | 100                                                                        |

Примечание. Здесь и в табл. 2: \* – методическая погрешность (неопределённость) измерений.  
Note: Here and in Table 2: \* – methodological error (measurement) uncertainty.

установки МКС-01А «МУЛЬТИРАД» на сцинтиляционном гамма-спектрометре «МУЛЬТИРАД-гамма» (методика измерения, 2003)<sup>8</sup>. Безопасность уровней накопления токсикантов, а также удельную активность цезия-137 и стронция-90 в мышцах рыб, выловленных в 2024 г. в р. Дон, Чёрном и Азовском морях, оценивали по соответствию нормативам, представленным в ТР ТС 021/2011<sup>9</sup> «О безопасности пищевой продукции».

Результаты

В 2024 г. В Кавказском и Крымском районах Чёрного моря обследовано пять видов промысловых видов рыб, выловленных в летний и осенний периоды: хамса, мерланг, шпрот, луфарь и ставрида. ПХБ и пестициды ни в одном из биологических образцов не найдены. Удельная активность стронция-90 зафиксирована на низком уровне только в мышцах ставриды, отловленной в осенний период в Кавказском районе моря, а удельная активность цезия-137 не отмечена (табл. 1, 2).

<sup>8</sup> Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтиляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс».

<sup>9</sup> Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (с изменениями на 22 апреля 2024 г.). Утверждён решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880. ТР ТС 021/2011. <https://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 04.04.2025 г.).

В 2024 г. исследовано пять видов промысловых рыб (тюлька, хамса, пиленгас, карась, атерина), выловленных в весенний и летний периоды в Таганрогском заливе и самом Азовском море. ПХБ ни в одном из образцов не найдены. В мышцах хамсы, отловленной в Азовском море, обнаружен п',п-ДДД (метаболит препарата ДДТ) в следовом количестве (0,0005 мг/кг сырой массы). Удельная активность цезия-137 в мышцах рыб не зафиксирована. В мышцах атерины отмечена низкая удельная активность стронция-90, в остальных изученных видах рыб она отсутствует. Из нормируемых токсичных элементов в мышцах атерины обнаружены ртуть, мышьяк и кадмий в концентрациях ниже допустимого уровня; в карасе – ртуть, кадмий и свинец также ниже допустимого уровня. В мышцах пиленгаса найдена только ртуть в концентрации ниже допустимой, кадмий, свинец и мышьяк в значимых количествах не обнаружены. В мышцах хамсы, отловленной в Таганрогском заливе и собственно в море, из токсичных элементов найдены ртуть и мышьяк в сопоставимых концентрациях ниже допустимого уровня, кадмий и свинец в значимом содержании не обнаружены (табл. 3).

В весенний период 2024 г. было исследовано два вида промысловых рыб, выловленных в Ахтаро-Гривенских лиманах (азовские лиманы Краснодарского края). Из нормируемых токсичных элементов в мышцах окуня зафиксирована только ртуть (концентрация значительно ниже допустимой). Кадмий, мышьяк, свинец, ПХБ и пестициды в значимых

Таблица 2 / Table 2

Средние концентрации токсикантов в мышцах промысловых видов рыб, выловленных в Кавказском районе Чёрного моря в 2024 г., на сырую массу  
Average concentrations of toxicants in the muscles of commercial fish species caught in the Caucasian region of the Black Sea in 2024, per wet weight

| Показатель<br>Indicator                                                          | Весна / Spring                                                                                                              |                                                                                                                          | Лето / Summer                                                                                                                  |                                                                                                                                 | Осень / Autumn                                                                                                           |                                                                                                                               |                                                                                                                                 |               | Допустимый<br>уровень,<br>не более<br>Acceptable<br>level,<br>no more than |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                  | Вид рыб, размерность / Type of fish, dimension                                                                              |                                                                                                                          |                                                                                                                                |                                                                                                                                 |                                                                                                                          |                                                                                                                               |                                                                                                                                 |               |                                                                            |
|                                                                                  | Хамса<br>длина 11–13 см,<br>масса 0.010–0.012 кг<br>length of 11–13 cm,<br>weight of 0.01–0.012 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) | Шпрот<br>длина 7–8 см,<br>масса 0.002–0.004 кг<br>length of 7–8 cm,<br>weight of 0.002–0.004 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) | Мерланг<br>длина 12–14 см,<br>масса 0.017–0.024 кг<br>length of 12–14 cm,<br>weight of 0.017–0.024 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) | Ставрида<br>длина 10–11 см,<br>масса 0.010–0.012 кг<br>length of 10–11 cm,<br>weight of 0.010–0.012 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) | Шпрот<br>длина 7–9 см,<br>масса 0.002–0.004 кг<br>length of 7–9 cm, weight<br>of 0.002–0.004 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) | Луфарь<br>длина 16–19 см,<br>масса 0.043–0.059 кг<br>length of 16–19 cm,<br>weight of 0.043–0.059 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) | Ставрида<br>длина 10–14 см,<br>масса 0.009–0.022 кг<br>length of 10–14 cm,<br>weight of 0.009–0.022 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) |               |                                                                            |
| ПХБ, мг/кг<br>PCB, mg/kg                                                         | < 0.007                                                                                                                     | < 0.007                                                                                                                  | < 0.007                                                                                                                        | < 0.007                                                                                                                         | < 0.007                                                                                                                  | < 0.007                                                                                                                       | < 0.007                                                                                                                         | < 0.007       | 2.0                                                                        |
| Пестициды<br>Pesticides                                                          |                                                                                                                             |                                                                                                                          |                                                                                                                                |                                                                                                                                 |                                                                                                                          |                                                                                                                               |                                                                                                                                 |               |                                                                            |
| ГХЦГ (α-, β-,<br>γ-изомеры), мг/кг<br>HCH (α-, β-,<br>γ-isomers), mg/kg          | < 0.0002                                                                                                                    | < 0.0002                                                                                                                 | < 0.0002                                                                                                                       | < 0.0002                                                                                                                        | < 0.0002                                                                                                                 | < 0.0002                                                                                                                      | < 0.0002                                                                                                                        | < 0.0002      | 0.2                                                                        |
| ДДТ и его<br>метаболиты, мг/кг<br>DDT and its<br>metabolites, mg/kg              | < 0.0002                                                                                                                    | < 0.0002                                                                                                                 | < 0.0002                                                                                                                       | < 0.0002                                                                                                                        | < 0.0002                                                                                                                 | < 0.0002                                                                                                                      | < 0.0002                                                                                                                        | < 0.0002      | 0.2                                                                        |
| Токсичные<br>элементы<br>Toxic elements                                          |                                                                                                                             |                                                                                                                          |                                                                                                                                |                                                                                                                                 |                                                                                                                          |                                                                                                                               |                                                                                                                                 |               |                                                                            |
| Кадмий, мг/кг<br>Cadmium, mg/kg                                                  | < 0.005                                                                                                                     | 0.008 ± 0.003                                                                                                            | < 0.005                                                                                                                        | 0.009 ± 0.003                                                                                                                   | 0.065 ± 0.025                                                                                                            | < 0.005                                                                                                                       | < 0.005                                                                                                                         | < 0.005       | 0.2                                                                        |
| Ртуть, мг/кг<br>Mercury, mg/kg                                                   | 0.018 ± 0.005*                                                                                                              | 0.103 ± 0.027                                                                                                            | 0.150 ± 0.039                                                                                                                  | 0.093 ± 0.024                                                                                                                   | 0.006 ± 0.002                                                                                                            | < 0.005                                                                                                                       | 0.005 ± 0.001                                                                                                                   | < 0.005       | 0.5                                                                        |
| Свинец, мг/кг<br>Lead, mg/kg                                                     | 0.15 ± 0.05                                                                                                                 | < 0.05                                                                                                                   | < 0.05                                                                                                                         | < 0.05                                                                                                                          | < 0.05                                                                                                                   | < 0.05                                                                                                                        | < 0.05                                                                                                                          | < 0.05        | 1.0                                                                        |
| Мышьяк, мг/кг<br>Arsenic, mg/kg                                                  | 0.25 ± 0.07                                                                                                                 | 0.07 ± 0.02                                                                                                              | 0.09 ± 0.03                                                                                                                    | 0.09 ± 0.03                                                                                                                     | 0.19 ± 0.05                                                                                                              | 0.51 ± 0.15                                                                                                                   | 0.05 ± 0.01                                                                                                                     | 0.05 ± 0.01   | 5.0                                                                        |
| Удельная<br>активность<br>радионуклидов<br>Specific activity<br>of radionuclides |                                                                                                                             |                                                                                                                          |                                                                                                                                |                                                                                                                                 |                                                                                                                          |                                                                                                                               |                                                                                                                                 |               |                                                                            |
| Цезий-137, Бк/кг<br>Cesium-137, Bq/kg                                            | < 2.28                                                                                                                      | < 3.76                                                                                                                   | < 3.38                                                                                                                         | < 4.34                                                                                                                          | < 4.39                                                                                                                   | < 3.84                                                                                                                        | < 5.33                                                                                                                          | < 5.33        | 130                                                                        |
| Стронций-90, Бк/кг<br>Strontium-90, Bq/kg                                        | < 36.50                                                                                                                     | < 45.80                                                                                                                  | < 14.30                                                                                                                        | < 29.40                                                                                                                         | < 26.80                                                                                                                  | < 32.70                                                                                                                       | 27.60 ± 18.50                                                                                                                   | 27.60 ± 18.50 | 100                                                                        |

Таблица 3 / Table 3

Средние концентрации токсикантов в мышцах промысловых видов рыб, выловленных в Азовском море в 2024 г., на сырую массу  
Average concentrations of toxicants in the muscles of commercial fish species caught in Sea of Azov in 2024, per wet weight

| Показатель<br>Indicator                                                   | Таганрогский залив / Taganrog Bay                                                                                                   |                                                                                                                                  |                                                                                                                                       |                                                                                                                                    | Собственно Азовское море / Sea of Azov itself                                                                                                 |                                                                                                                                       |                                                                                                                                    |                                                                                                                                        | Допустимый<br>уровень,<br>не более<br>Acceptable<br>level,<br>no more than |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|                                                                           | Весна / Spring                                                                                                                      |                                                                                                                                  | Лето / Summer                                                                                                                         |                                                                                                                                    | Лето / Summer                                                                                                                                 |                                                                                                                                       |                                                                                                                                    |                                                                                                                                        |                                                                            |
|                                                                           | Вид рыб, размерность / Type of fish, dimension                                                                                      |                                                                                                                                  |                                                                                                                                       |                                                                                                                                    |                                                                                                                                               |                                                                                                                                       |                                                                                                                                    |                                                                                                                                        |                                                                            |
|                                                                           | Пилентас<br>длина 39–43 см,<br>масса 1.6–2.4 кг<br>Pilengas<br>length of 39–43 cm,<br>weight of 1.6–2.4 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) | Тюлька<br>длина 6–8 см,<br>масса 0.007–0.01 кг<br>Tulka<br>length of 6–8 cm,<br>weight of 0.007–0.01 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) | Хамса<br>длина 9–12 см,<br>масса 0.005–0.012 кг<br>Anchovy<br>length of 9–12 cm,<br>weight of 0.005–0.012 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) | Тюлька<br>длина 6–9 см, масса<br>0.001–0.006 кг<br>Tulka<br>length of 6–9 cm,<br>weight of 0.001–0.006 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) | Карась<br>длина 15–18 см,<br>масса 0.182–0.209 кг<br>Crucian carp<br>length of 15–18 cm,<br>weight of 0.182–0.209 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) | Хамса<br>длина 5–12 см,<br>масса 0.006–0.012 кг<br>Anchovy<br>length of 5–12 cm,<br>weight of 0.006–0.012 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) | Тюлька<br>длина 8–9 см,<br>масса 0.005–0.006 кг<br>Tulka<br>length of 8–9 cm,<br>weight of 0.005–0.006 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) | Атерина<br>длина 8–9 см,<br>масса 0.003–0.007 кг<br>Atherina<br>length of 8–9 cm,<br>weight of 0.003–0.007 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) |                                                                            |
| ПХБ, мг/кг<br>PCB, mg/kg                                                  | < 0.007                                                                                                                             | < 0.007                                                                                                                          | < 0.007                                                                                                                               | < 0.007                                                                                                                            | < 0.007                                                                                                                                       | < 0.007                                                                                                                               | < 0.007                                                                                                                            | < 0.007                                                                                                                                | 2.0                                                                        |
| ГХПГ (α-, β -,<br>γ-изомеры), мг/кг<br>HCH (α-, β -,<br>γ-isomers), mg/kg | < 0.0002                                                                                                                            | < 0.0002                                                                                                                         | < 0.0002                                                                                                                              | < 0.0002                                                                                                                           | Пестициды / Pesticides                                                                                                                        |                                                                                                                                       |                                                                                                                                    |                                                                                                                                        | 0.2                                                                        |
| ДДТ и его<br>метаболиты, мг/кг<br>DDT and its<br>metabolites, mg/kg       | < 0.0002                                                                                                                            | < 0.0002                                                                                                                         | < 0.0002                                                                                                                              | < 0.0002                                                                                                                           | < 0.0002                                                                                                                                      | < 0.0002                                                                                                                              | 0.0005 ± 0.002                                                                                                                     | 0.0008 ± 0.002                                                                                                                         | 0.2                                                                        |
| Кадмий, мг/кг<br>Cadmium, mg/kg                                           | < 0.005                                                                                                                             | < 0.005                                                                                                                          | < 0.005                                                                                                                               | < 0.005                                                                                                                            | < 0.005                                                                                                                                       | < 0.005                                                                                                                               | < 0.005                                                                                                                            | 0.006 ± 0.002                                                                                                                          | 0.2                                                                        |
| Ртуть, мг/кг<br>Mercury, mg/kg                                            | 0.018 ± 0.005**                                                                                                                     | 0.013 ± 0.003                                                                                                                    | 0.021 ± 0.005                                                                                                                         | 0.017 ± 0.004                                                                                                                      | 0.012 ± 0.003                                                                                                                                 | 0.017 ± 0.004                                                                                                                         | 0.014 ± 0.004                                                                                                                      | 0.021 ± 0.005                                                                                                                          | 0.5                                                                        |
| Свинец, мг/кг<br>Lead, mg/kg                                              | < 0.05                                                                                                                              | 0.05 ± 0.03                                                                                                                      | < 0.05                                                                                                                                | 0.05 ± 0.03                                                                                                                        | < 0.05                                                                                                                                        | < 0.05                                                                                                                                | < 0.05                                                                                                                             | < 0.05                                                                                                                                 | 1.0                                                                        |
| Мышьяк, мг/кг<br>Arsenic, mg/kg                                           | < 0.05                                                                                                                              | 0.05 ± 0.01                                                                                                                      | 0.25 ± 0.07                                                                                                                           | 0.14 ± 0.004                                                                                                                       | < 0.05                                                                                                                                        | 0.05 ± 0.01                                                                                                                           | 0.36 ± 0.10                                                                                                                        | 0.06 ± 0.02                                                                                                                            | 1.0                                                                        |
| Удельная активность радионуклидов / Specific activity of radionuclides    |                                                                                                                                     |                                                                                                                                  |                                                                                                                                       |                                                                                                                                    |                                                                                                                                               |                                                                                                                                       |                                                                                                                                    |                                                                                                                                        |                                                                            |
| Цезий-137, Бк/кг<br>Cesium-137, Bq/kg                                     | < 3.80                                                                                                                              | —*                                                                                                                               | < 7.62                                                                                                                                | < 3.86                                                                                                                             | —                                                                                                                                             | < 5.01                                                                                                                                | < 3.61                                                                                                                             | < 4.00                                                                                                                                 | 130                                                                        |
| Стронций-90,<br>Бк/кг<br>Strontium-90, Bq/kg                              | < 30.90                                                                                                                             | —                                                                                                                                | < 33.90                                                                                                                               | 32.00 ± 20.20                                                                                                                      | —                                                                                                                                             | < 22.50                                                                                                                               | < 31.30                                                                                                                            | 39.10 ± 19.90                                                                                                                          | 100                                                                        |

Примечание. Здесь и в табл. 4: \* — нет данных, \*\* — методическая погрешность (неопределённость) измерений.  
Note: Here and in Table 4: \* — no data available; \*\* — methodological error (measurement) uncertainty.

Таблица 4 / Table 4

Средние концентрации токсикантов в мышцах промысловых видов рыб, выловленных в лиманах Азовского моря в 2024 г., на сырую массу  
Average concentrations of toxicants in the muscles of commercial fish species caught in the estuaries of Azov Sea in 2024, per wet weight

| Показатель<br>Indicator                                                          | Ахтаро-Гривенские лиманы<br>Akhtaro-Grivensky estuaries                                                                           |                                                                                                                                           | Лиман Молочный / Molochny estuary                                                                                                           |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                            |               | Допустимый<br>уровень,<br>не более<br>Acceptable<br>level,<br>no more than |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                  | Вид рыб, размерность / Type of fish, dimension                                                                                    |                                                                                                                                           |                                                                                                                                             |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                            |               |                                                                            |
|                                                                                  | Окунь<br>длина 11–15 см,<br>масса 0.13–0.35 кг<br>Perch<br>length of 11–15 cm,<br>weight of 0.13–0.35 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) | Карась<br>длина 13–19 см,<br>масса 0.12–0.16 кг<br>Crucian carp<br>length of 13–19 cm,<br>weight of 0.12–0.16 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) | Пиленгас<br>длина 25–28 см,<br>масса 0.146–0.203 кг<br>Pilengas<br>length of 25–28 cm,<br>weight of 0.146–0.203 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) | Бычки<br>длина 16–19 см,<br>масса 0.067–0.08 кг<br>Gobies<br>length of 16–19 cm,<br>weight of 0.067–0.08 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) | Камбала Глосса<br>длина 22–24 см,<br>масса 0.149–0.151 кг<br>Gloss's flounder,<br>length of 22–24 cm,<br>weight of 0.149–0.151 kg<br><i>n</i> = 10 (♂ + ♀) |               |                                                                            |
| ПХБ, мкг/кг   PCB, mg/kg                                                         | < 0.007                                                                                                                           | < 0.007                                                                                                                                   | < 0.007                                                                                                                                     | < 0.007                                                                                                                              | < 0.007                                                                                                                                                    | < 0.007       | 2.0                                                                        |
| Пестициды<br>Pesticides                                                          | ГХЦГ (α-, β-, γ-изомеры), мг/кг<br>HCN (α-, β-, γ-isomers), mg/kg                                                                 | < 0.0002                                                                                                                                  | < 0.0002                                                                                                                                    | < 0.0002                                                                                                                             | < 0.0002                                                                                                                                                   | < 0.0002      | 0.2                                                                        |
| ДДТ и его метаболиты, мг/кг<br>DDT and its metabolites, mg/kg                    | < 0.0002                                                                                                                          | < 0.0002                                                                                                                                  | < 0.0002                                                                                                                                    | < 0.0002                                                                                                                             | < 0.0002                                                                                                                                                   | < 0.0002      | 0.2                                                                        |
| Токсичные<br>элементы<br>Toxic elements                                          | Кадмий, мг/кг   Cadmium, mg/kg                                                                                                    | < 0.005                                                                                                                                   | 0.006 ± 0.002                                                                                                                               | < 0.005                                                                                                                              | < 0.005                                                                                                                                                    | < 0.005       | 0.2                                                                        |
| Ртуть, мг/кг   Mercury, mg/kg                                                    | 0.010 ± 0.003*                                                                                                                    | 0.032 ± 0.008                                                                                                                             | < 0.005                                                                                                                                     | < 0.005                                                                                                                              | 0.021 ± 0.005                                                                                                                                              | 0.032 ± 0.008 | 0.5                                                                        |
| Свинец, мг/кг   Lead, mg/kg                                                      | < 0.05                                                                                                                            | 0.07 ± 0.04                                                                                                                               | < 0.05                                                                                                                                      | < 0.05                                                                                                                               | < 0.05                                                                                                                                                     | < 0.05        | 1.0                                                                        |
| Мышьяк, мг/кг   Arsenic, mg/kg                                                   | < 0.05                                                                                                                            | < 0.05                                                                                                                                    | 0.29 ± 0.08                                                                                                                                 | 1.2 ± 0.19                                                                                                                           | 3.1 ± 0.50                                                                                                                                                 |               | 1.0                                                                        |
| Удельная<br>активность<br>радионуклидов<br>Specific activity<br>of radionuclides | Цезий-137, Бк/кг   Caesium-137, Bq/kg                                                                                             | –                                                                                                                                         | –                                                                                                                                           | < 3.21                                                                                                                               | < 3.06                                                                                                                                                     | < 3.34        | 130                                                                        |
| Стронций-90, Бк/кг   Strontium-90, Bq/kg                                         | –                                                                                                                                 | –                                                                                                                                         | 32.00 ± 16.80                                                                                                                               | < 45.00                                                                                                                              | < 38.90                                                                                                                                                    |               | 100                                                                        |

концентрациях не обнаружены. В мышцах карася из нормируемых токсичных элементов обнаружены ртуть, кадмий и свинец (концентрации значительно ниже допустимых). Мышьяк, ПХБ и пестициды в мышцах карася не найдены. В осенний период было оценено накопление токсикантов в трёх видах промысловых рыб, отловленных в лимане Молочный (лиман Азовского моря, Запорожская область). В мышцах пиленгаса, бычков и камбалы Глосса ПХБ и пестициды в значимых концентрациях не обнаружены; удельная активность цезия-137 не зафиксирована, а стронция-90 обнаружена только у пиленгаса ниже допустимого уровня (48,8 Бк/кг). Из нормируемых токсичных элементов в мышцах рыб зафиксированы мышьяк и ртуть в концентрациях ниже допустимых, кадмий и свинец не найдены (табл. 4).

Обсуждение

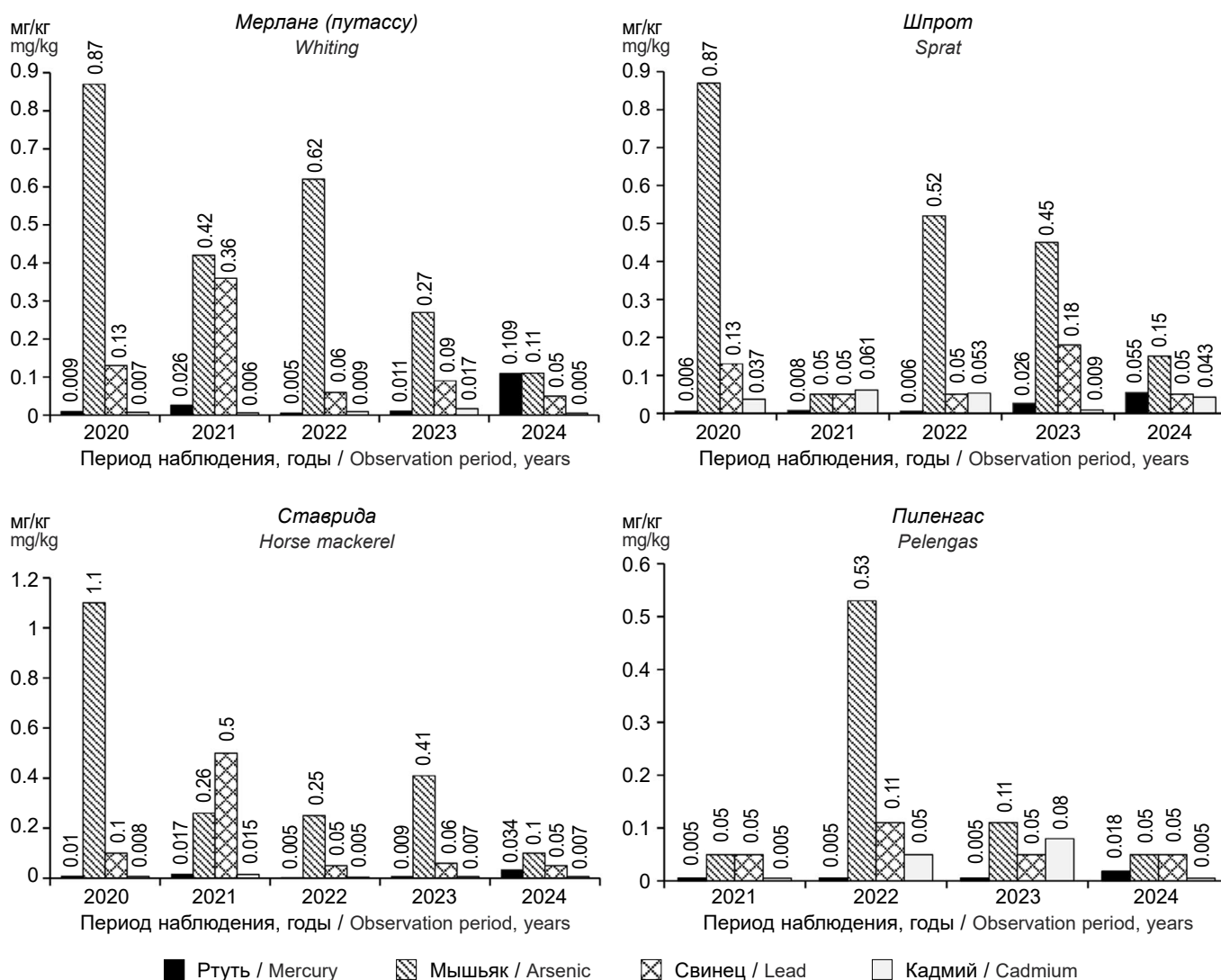
Для адекватной оценки уровней накопления токсикантов в рыбах необходимо иметь представление о содержании данных веществ в элементах экосистемы водоёмов [9]. Концентрации всех контролируемых элементов и веществ, обнаруженные в воде и донных отложениях водоёмов, с некоторыми флуктуациями соответствовали среднегодовым (2020–2023 гг.) показателям (при  $p < 0,05$ ) [11–15].

За последние пять лет наблюдений содержание ртути в мышцах черноморского мерланга возросло более чем в 10 раз (сохранившись в допустимых пределах), содержание мышьяка и свинца понизилось более чем в 7 и 2 раза соответственно, содержание кадмия сохранилось на близком уровне с некоторыми флуктуациями (см. рисунок).

Содержание ртути в мышцах шпрота за тот же период возросло в девять раз, а содержание мышьяка понизилось в пять раз, концентрации кадмия и свинца сохраняются низкими и относительно близкими (см. рисунок).

Содержание ртути в мышцах ставриды к 2024 г. возросло в три раза, а содержание мышьяка и свинца понизилось более чем в 10 и 2 раза соответственно, уровень кадмия изменился незначительно (см. рисунок).

От 2021 к 2024 г. содержание ртути в мышцах азовского пиленгаса возросло в 3,6 раза, а содержание мышьяка и свинца после пика концентрации в 2022 г. вновь вернулось к показателям 2021 г. (см. рисунок).



Динамика накопления токсичных элементов (мг/кг сырой массы) в мышцах мерланга, шпрота, ставриды и пиленгаса, выловленных в акватории Чёрного моря в 2020–2024 гг.

Trend in accumulation of toxic elements (mg/kg of crude weight) in the muscles of whiting, sprats, horse mackerel, pelengas caught in the Black Sea in 2020–2024.

## Заклучение

Проведён сбор и анализ информации о состоянии промысловых видов рыб Азово-Черноморского бассейна, выловленных в Азовском и Чёрном морях в весенний, летний и осенний периоды 2024 г., по химическим и радиологическим показателям. Обнаруженные низкие концентрации пестицидов и токсичных элементов (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк) свидетельствуют о высоком физиологическом ста-

тусе и пищевых качествах рыбы. ПХБ в исследованных водных биоресурсах в значимых концентрациях не найдены, удельная активность цезия-137 и стронция-90 установлены на предельно низком уровне. Тюлька, хамса, пиленгас, карась, атерина, карась, бычки, камбала Глосса (из Азовского моря, в том числе из лиманов), а также хамса, мерланг, шпрот, луфарь, ставрида (из Чёрного моря) по показателям загрязнения и радиационной безопасности соответствуют нормативным требованиям и пригодны в пищу.

## Литература

- Салько Д.Ю., Аристов В.М. Характеристика и анализ грузооборота морских портов Азово-Черноморского бассейна как составного элемента грузовой базы морских портов России. *Экономический вектор*. 2020; (1): 34–7. <https://doi.org/10.36807/2411-7269-2020-1-20-34-37> <https://elibrary.ru/qgdces>
- Буфетова М.В., Егоров В.Н., Малахова Т.В., Проскурнин В.Ю., Бобко Н.И. Миграция тяжелых металлов и бора через Керченский пролив. *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря*. 2018; (3): 77–83. <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2018-3-77-83> <https://elibrary.ru/yllqhz>
- Барабашин Т.О., Кораблина И.В., Павленко Л.Ф., Скрыпник Г.В., Короткова Л.И. Методическое обеспечение мониторинга загрязнения водных объектов Азово-Черноморского бассейна. *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2018; 1(3–4): 9–27. [https://doi.org/10.47921/2619-1024\\_2018\\_1\\_3-4\\_9](https://doi.org/10.47921/2619-1024_2018_1_3-4_9) <https://elibrary.ru/ysevvz>
- Павленко Л.Ф., Кораблина И.В., Барабашин Т.О., Экилик В.С. Приоритетные токсиканты в элементах экосистемы Нижнего Дона. *Водные ресурсы*. 2022; 49(3): 298–30. <https://elibrary.ru/efjpsa>
- Матишов Г.Г., Хорошев О.А., Сушко К.С., Степаньян О.В., Малик Ю.В. Нижний Дон: уникальная речная артерия и ее экологические проблемы. *Природа*. 2023; (3): 36–50. <https://elibrary.ru/susvxx>
- Акселев О.И., Никитина Т.А. Состояние запасов и вылов ценных промысловых видов рыб в Азово-Черноморском бассейне. *Международный журнал экспериментального образования*. 2016; (4–3): 503–5. <https://elibrary.ru/vssbxd>

7. Балькин П.А. Изменения видового состава российских уловов в Черном и Азовском морях в XXI в. *Вопросы рыболовства*. 2021; 22(3): 51–60. <https://elibrary.ru/cxqfac>
8. Руднева И.И. Оценка токсичности мазута для икры двух видов морских рыб. *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря*. 2022; (2): 118–27. <https://elibrary.ru/ekwoft>
9. Руднева И.И. *Ответные реакции морских животных на антропогенное загрязнение Черного моря*: Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. М.; 2000. <https://elibrary.ru/qdbmzh>
10. Аршаница Н.М., Беляев Д.С., Стекольников А.А., Гребцов М.Р., Каримов Б.К. Токсикорезистентность рыб к основным типам загрязнения водоемов. *Международный вестник ветеринарии*. 2018; (3): 110–23. <https://elibrary.ru/sahayp>
11. Корниенко Г.Г., Дудкин С.И., Сергеева С.Г., Ружинская Л.П., Цема Н.И., Бугаев Л.А. и др. Физиолого-биохимическая характеристика рыб Азово-Черноморского бассейна в условиях современной антропогенной нагрузки. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. 2017; (40): 58–66. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2017-40-58-66> <https://elibrary.ru/ytnuet>
12. Кораблина И.В., Барабашин Т.О., Геворкян Ж.В., Евсеева А.И. Динамика распределения тяжёлых металлов в водной толще северо-восточной части Чёрного моря после 2000 г. *Труды ВНИРО*. 2021; 183: 96–112. <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2021-183-96-112> <https://elibrary.ru/akzgvz>
13. Косенко Ю.В., Кораблина И.В. Прогноз динамики первичной продукции органического вещества и загрязнения приоритетными токсикантами Азовского моря на краткосрочную перспективу. *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2023; 6(4): 31–42. [https://doi.org/10.47921/2619-1024\\_2023\\_6\\_4\\_31](https://doi.org/10.47921/2619-1024_2023_6_4_31) <https://elibrary.ru/xyaefa>
14. Мхитарян И.Д., Кораблина И.В. Оценка накопления цезия-137 донными отложениями и водными биоресурсами Азовского моря в современный период. *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2020; 3(3): 36–44. [https://doi.org/10.47921/2619-1024\\_2020\\_3\\_3\\_36](https://doi.org/10.47921/2619-1024_2020_3_3_36) <https://elibrary.ru/qtjima>
15. Горгола Л.Г., Барабашин Т.О., Кораблина И.В., Геворкян Ж.В., Денисова Т.В. Современная оценка концентраций меди, свинца, кадмия и никеля в воде Нижнего Дона. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(1): 23–30. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-1-23-30> <https://elibrary.ru/bwnpnw>

## References

1. Salko D.Y., Aristov V.M. Characteristics and analysis of cargo turnover of sea ports of the Azov-Black Sea basin as a component of cargo base of sea ports of Russia. *Ekonomicheskii vektor*. 2020; (1): 34–7. <https://doi.org/10.36807/2411-7269-2020-1-20-34-37> <https://elibrary.ru/qgdccc> (in Russian)
2. Bufetova M.V., Egorov V.N., Malakhova T.V., Proskurnin V.Yu., Bobko N.I. Migration of heavy metals and boron through the Kerch strait. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoi i shel'fovoi zon morya*. 2018; (3): 77–83. <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2018-3-77-83> <https://elibrary.ru/yllqhz> (in Russian)
3. Barabashin T.O., Korablina I.V., Pavlenko L.F., Skrypnik G.V., Korotkova L.I. Methodological support of pollution monitoring of the Azov and Black seas water bodies. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya*. 2018; 1(3–4): 9–27. [https://doi.org/10.47921/2619-1024\\_2018\\_1\\_3-4\\_9](https://doi.org/10.47921/2619-1024_2018_1_3-4_9) <https://elibrary.ru/ysevvz> (in Russian)
4. Pavlenko L.F., Korablina I.V., Barabashin T.O., Ekilik V.S. Priority toxicants in elements of Lower Don ecosystem. *Vodnye resursy*. 2022; 49(3): 298–30. <https://elibrary.ru/efjpsa> (in Russian)
5. Matishov G.G., Khoroshev O.A., Sushko K.S., Stepanyan O.V., Malik Yu.V. The Lower Don: a unique river artery and its environmental problems. *Priroda*. 2023; (3): 36–50. <https://elibrary.ru/susvxx> (in Russian)
6. Akselev O.I., Nikitina T.A. The state of stocks and catch of valuable commercial fish species in the Azov-Black Sea basin. *Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*. 2016; (4–3): 503–5. <https://elibrary.ru/vssbxd> (in Russian)
7. Balykin P.A. Changes in the species composition of Russian catches in the Black and Azov seas in the 21<sup>st</sup> century. *Voprosy rybolovstva*. 2021; 22(3): 51–60. <https://elibrary.ru/cxqfac> (in Russian)
8. Rudneva I.I. Assessment of mazut toxicity for embryos of two sea fish species. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoi i shel'fovoi zon morya*. 2022; (2): 118–27. <https://elibrary.ru/ekwoft> (in Russian)
9. Rudneva I.I. *Responses of marine animals to anthropogenic pollution of the Black Sea*: Diss. Moscow; 2000. <https://elibrary.ru/qdbmzh> (in Russian)
10. Arshanita N.M., Belyaev D.S., Stekolnikov A.A., Grebtsov M.R., Karimov B.K. Toxicoresistance to the main types of water pollution. *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii*. 2018; (3): 110–23. <https://elibrary.ru/sahayp> (in Russian)
11. Kornienko G.G., Dudkin S.I., Sergeeva S.G., Ruzhinskaya L.P., Tsema N.I., Bugaev L.A., et al. Physiological and biochemical characteristics of the Azov and Black Sea fishes undergoing anthropogenic pressure. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2017; (40): 58–66. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2017-40-58-66> <https://elibrary.ru/ytnuet> (in Russian)
12. Korablina I.V., Barabashin T.O., Gevorkian J.V., Evseeva A.I. The dynamics of the distribution of heavy metals in the water column of the North-Eastern part of the Black Sea after 2000. *Trudy VNIRO*. 2021; 183: 96–112. <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2021-183-96-112> <https://elibrary.ru/akzgvz> (in Russian)
13. Kosenko Yu.V., Korablina I.V. Short-term forecast of the changes in the primary production of organic matter and pollution by priority toxicants in the Azov Sea. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya*. 2023; 6(4): 31–42. [https://doi.org/10.47921/2619-1024\\_2023\\_6\\_4\\_31](https://doi.org/10.47921/2619-1024_2023_6_4_31) <https://elibrary.ru/xyaefa> (in Russian)
14. Mkhitarian I.D., Korablina I.V. Assessment of caesium-137 accumulation in the bottom sediments and aquatic bioresources of the Azov Sea at the present time. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya*. 2020; 3(3): 36–44. [https://doi.org/10.47921/2619-1024\\_2020\\_3\\_3\\_36](https://doi.org/10.47921/2619-1024_2020_3_3_36) <https://elibrary.ru/qtjima> (in Russian)
15. Gorgola L.G., Barabashin T.O., Korablina I.V., Gevorkyan Zh.V., Denisova T.V. Modern assessment of copper, lead, cadmium, and nickel concentrations in the water of the Lower Don. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2025; 104(1): 23–30. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-1-23-30> <https://elibrary.ru/bwnpnw> (in Russian)

## Сведения об авторах

**Кораблина Ирина Владимировна**, зав. лаб. аналитического контроля водных экосистем, Южный филиал ВНИРО, 344002, Ростов-на-Дону, Россия. E-mail: korablinaiv@azniir.kh.vniro.ru

**Горгола Лилия Геннадьевна**, вед. специалист лаб. аналитического контроля водных экосистем Южный филиал ВНИРО, 344002, Ростов-на-Дону, Россия. E-mail: gorgolal@azniir.kh.vniro.ru

**Косенко Юлия Владимировна**, канд. биол. наук, нач. испытательного аналитического центра, Южный филиал ВНИРО, 344002, Ростов-на-Дону, Россия. E-mail: kosenko.yu@azniir.kh.vniro.ru

**Мхитарян Ирина Давидовна**, гл. специалист лаб. аналитического контроля водных экосистем Южный филиал ВНИРО, 344002, Ростов-на-Дону, Россия. E-mail: mhitarianid@azniir.kh.vniro.ru

**Экилик Виктория Сергеевна**, вед. специалист лаб. аналитического контроля водных экосистем Южный филиал ВНИРО, 344002, Ростов-на-Дону, Россия. E-mail: ekilikvs@azniir.kh.vniro.ru

**Петренко Артём Александрович**, специалист лаб. аналитического контроля водных экосистем Южный филиал ВНИРО, 344002, Ростов-на-Дону, Россия. E-mail: petrenkoa@azniir.kh.vniro.ru

## About the authors

**Irina V. Korablina**, head, Laboratory for analytical control of aquatic ecosystems, Azov-Black Sea Branch, All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, Rostov-on-Don 344002, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-3995-9425> E-mail: korablinaiv@azniir.kh.vniro.ru

**Lilia G. Gorgola**, leading specialist, Laboratory for analytical control of aquatic ecosystems, Azov-Black Sea Branch, All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1685-0099> E-mail: Lilia.Gorgola@yandex.ru

**Yulia V. Kosenko**, PhD (Biology), head, Testing Analytical Center, Azov-Black Sea Branch, All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation. E-mail: kosenko.yu@azniir.kh.vniro.ru

**Irina D. Mkhitarian**, chief specialist of the Laboratory for analytical control of aquatic ecosystems, Azov-Black Sea Branch, All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation. E-mail: mhitarianid@azniir.kh.vniro.ru

**Victoria S. Ekilik**, leading specialist, Laboratory for analytical control of aquatic ecosystems, Azov-Black Sea Branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation. E-mail: ekilikvs@azniir.kh.vniro.ru

**Artem A. Petrenko**, specialist, Laboratory for analytical control of aquatic ecosystems, Azov-Black Sea Branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation. E-mail: petrenkoa@azniir.kh.vniro.ru