

Среда обитания водных
биологических ресурсов

УДК 597:504.5:546(470.6)

Тяжёлые металлы в органах и тканях промысловых рыб
пресноводных объектов Северо-Кавказского региона

И.В. Кораблина, Т.О. Барабашин, Ж.В. Геворкян, А.И. Евсеева

E-mail: korablina_i_v@azniirkh.ru

Водоёмы Северного Кавказа богаты промысловыми видами рыб. На основании обобщения результатов экспедиционных наблюдений, проведённых в 2016–2018 гг. в пресноводных водоёмах Республики Адыгея, Краснодарского и Ставропольского краёв, Ростовской области, определены диапазоны концентраций тяжёлых металлов и мышьяка в воде и донных отложениях. Определение уровня загрязнения среды обитания водных биологических ресурсов проведено в соответствии с действующим нормативом для пресноводных рыбохозяйственных водоёмов (для воды) и среднесуточными показателями (для донных отложений). Сравнение средних содержаний токсикантов в воде и донных отложениях разных водоёмов показало различную степень их загрязнения. Представлены усреднённые результаты по содержанию тяжёлых металлов и мышьяка в органах и тканях промысловых видов рыб (судак, карась, густера, окунь, лещ, тарань), выловленных в Краснодарском, Тахтамукайском, Отказненском, Новотроицком, Чограйском, Крюковском, Варнавинском, Весёловском, Пролетарском и Усть-Манычском водохранилищах, а также в реках Дон, Кубань и Мокрая Буйвола в современный период. Сравнение уровней накопления токсичных элементов в мышцах, печени и гонадах рыб проведено в соответствии с действующими Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормами качества продуктов питания [СанПиН 2.3.2.1078–01]. Отмечены случаи превышения допустимого уровня содержания мышьяка. Оценены концентрации тяжёлых металлов и мышьяка у одновидовых рыб, выловленных в разных водоёмах, и у различных видов рыб, выловленных в одном водоёме. Определение свинца, кадмия ртути и мышьяка во всех объектах проводилось в соответствии с методиками, разработанными в Азово-Черноморском филиале ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра, рентгенфлуоресцентного спектрометра и анализатора ртути.

Ключевые слова: водоёмы Северо-Кавказского региона, среда обитания, гидробионты, накопление, тяжёлые металлы, мышьяк.

ВВЕДЕНИЕ

Природная среда — это совокупность чисто природных и природно-антропогенных факторов, не являющихся средствами труда, предметами потребления или источниками энергии и сырья, но оказывающих непосредственное воздействие на уровень

жизни населения. На территории Северо-Кавказского региона проживает около 10 млн человек, что составляет примерно 7% населения России. В рейтинге российских регионов 2018 г. по качеству жизни Северный Кавказ оказался в числе аутсайдеров.

Несмотря на некоторый спад производства, уровень загрязнения биосферы на Кавказе растёт. К основным причинам антропогенного воздействия на экосистему региона относятся: функционирование горнопромышленных и металлургических предприятий; сливы неочищенных сточных вод в реки; несанкционированные полигоны и свалки; бесконтрольная вырубка древесины; автомобильное загрязнение. Весомый вклад вносят карьеры по добыче песчано-гравийной смеси: добыча нерудных материалов осуществляется в более чем в 60 карьерах. Только в Ставропольском крае насчитывается свыше 450 предприятий, выделяющих ядовитые газы в атмосферу, ежегодный выброс составляет до 75000 тонн. Загрязнённой водой орошают земли, на которых выращивают тонны продовольствия. Эти и другие факторы приводят к прогрессирующему загрязнению водных объектов, атмосферы, разрежению лесов, эрозии почв и высыханию родников.

Необходимость мониторинговых исследований содержания тяжёлых металлов в организмах гидробионтов связана с антропогенным нарушением природных уровней их содержания [Аналитические методики ..., 2014]. Наибольший интерес вызывают металлы, широко и в значительных объёмах используемые в производственной деятельности и в результате накопления во внешней среде представляющие серьёзную опасность с точки зрения их биологической активности и токсичности для гидробионтов [Эйхлер, 1993].

Рыбы выступают в качестве функциональных звеньев экосистем, в которых обычно завершаются циклы биологической миграции металлов в водной среде с последующим биоседиментационным отложением их в донных осадках, микробной или физико-химической деструкцией отмершего биологического материала, регенерацией минеральных форм и вовлечением в новые, бесконечно повторяющиеся биологические круговороты веществ в Мировом океане [Герлах, 1985].

Отдельные химические соединения металлов присутствуют в организме рыб в нескольких основных видах:

- электролиты, растворённые в биологических жидкостях;
- нерастворимы соли, откладывающиеся в твёрдых тканях;
- в составе органических биологически активных веществ, таких как витамины, гормоны, красящие вещества [Кравцов, Гордеев и др., 1984].

Распределение это неравномерное. Оно обусловлено неодинаковой поглотительной и выделительной способностью органов и тканей гидробионтов, особенностями протекающих в них биохимических реакций [Зубкова, 2001].

Согласно одной из главных концепций геохимической экологии и биогеохимии, организмы и биоценозы не только адаптируются к химическим факторам среды, но, в свою очередь, реально изменяют её состав в соответствии с потребностями живого к развитию и воспроизводству [Патин, 1979]. Это особенно важно для металлов, которые являются одновременно и естественными природными компонентами окружающей среды и антропогенными, т. е. элементами, для которых важны *толерантные диапазоны естественной изменчивости содержания*. Верхним пределом диапазона при этом можно считать максимально допустимую концентрацию элемента, т. к. она отражает конкретную ситуацию, при которой естественная стабильность в целом не разрушается, нижняя граница обусловлена региональными особенностями экосистем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Северный Кавказ является наиболее перспективным регионом для воспроизводства водных биологических ресурсов. Многочисленные водоёмы как естественные (озера, реки, лиманы), так и искусственные (водохранилища и другие водоёмы комплексного назначения) с богатой кормовой базой и удовлетворительными для нагула ценных видов рыб гидрологическим и гидрохимическим режимом делают этот регион крупнейшим резервом увеличения производства товарной рыбы.

Речные водные ресурсы региона протянулись примерно на 48000 км, среднем-

ноголетний сток составляет около 28 км³/год. Речные ресурсы распределены по территории Северного Кавказа неравномерно, часть регионов относится к засушливым территориям.

Река Дон — четвёртая в Европе по площади бассейна (около 422000 км²) после Волги, Днепра и Дуная. Дон — типичная равнинная река (длина около 1870 км), имеет множество ериков, рукавов и стариц; русло извилистое, заполнено отложениями аллювия. Дельта и устье Дона находятся в Таганрогском заливе Азовского моря. Реку питают, главным образом, снега, а также грунтовые воды и дожди. На значительном протяжении река активно эксплуатируется: на Дону расположены два города-миллионника (Воронеж и Ростов-на-Дону), в районе станицы Цимлянская построены плотина и гидроэлектростанция, донская вода используется в оросительных и обводнительных целях. Дон доступен для судоходства, судоходная глубина поддерживается систематическим землечерпанием. На сегодня есть информация более чем о 70 видах рыбы, которые водятся в р. Дон. По численности доминируют карась, линь, налим, лещ, карп, белый амур, жерех, щука, сом.

Река Кубань — наиболее крупная и полноводная река Северного Кавказа (длина около 870 км, площадь бассейна — 58000 км²). Начало берёт в ледниках на юго-западном склоне Эльбруса в горах Карачаево-Черкессии, впадает в Азовское море возле г. Темрюк. Вода Кубани очень мутная. За год она сбрасывает в Азовское море около 8 млн тонн твёрдых наносов и 3 млн тонн растворённых солей. По данным 100-летнего ряда наблюдений средний годовой сток Кубани формируется за счёт дождевого и снегового питания (65%), таяния высокогорных снегов и ледников (20%) и грунтовых вод (15%). В верховье Кубань ведёт себя как типичная горная река, в среднем и нижнем течении она имеет многочисленные ерики и старицы. Для регулировки стока Кубани на ней было создано несколько водохранилищ, так же река имеет опреснительный канал, по которому вода поступает в Кизилташский лиман. Воды Кубани используют

в оросительных целях на полях Краснодарского и Ставропольского краёв. По основному руслу ходят суда, на протоках построено несколько гидроэлектростанций. В Кубани водятся карась, карп, сазан, тарань, толстолобик, судак, щука, окунь, сом и другие виды рыбы.

Река Мокрая Буйвола относится к бассейну Каспийского моря, левый приток р. Кума (длина около 151 км, площадь бассейна — 2490 км²). Река несёт свои воды лишь весной и во время летних ливней. После перегораживания устья реки возникло озеро Буйвола. По мелководью вдоль берегов река и озеро заросли тростниковыми плавнями. Вблизи расположен химический завод «Ставролен» с отстойниками вдоль берега, в водоёмах водятся карась, краснопёрка, судак, окунь, донный бычок, уклейка, плотва, в озере промышленно разводят толстолобика и сазана.

В середине прошлого века в регионе Северного Кавказа было создано значительное число водохранилищ. Большинство из них на сегодняшний день продолжают оставаться крупнейшими в мире по объёму воды и имеют важное значение для увеличения рыбных ресурсов (табл. 1).

Водоохранилища используются, главным образом, в целях энергетики, водоснабжения населённых пунктов, для ирригации и обводнения, предупреждения паводков и наводнений, разведения и добычи рыбы, в рекреационных целях. По берегам культивируется выращивание риса и овощей. Акватории и прибрежные территории Весёловского и Усть-Манычского водохранилищ включены в состав водно-болотных угодий международного значения как соответствующие критериям Рамсарской конвенции 1972 г. [Калинин, 2004].

Водоохранилища богаты рыбой. В них встречаются щука, вырезуб, уклея, белоглазка, синец, чехонь, верховка, линь, горчак обыкновенный, рыбец, шемая, толстолобик, налим, щиповка, бёрш, окунь, ёрш, бычок, сом. По численности доминируют карась, сазан, краснопёрка, лещ, тарань, судак и густера.

В задачу настоящего исследования входила оценка содержания тяжёлых металлов и мы-

Таблица 1. Водохранилища Северо-Кавказского региона

Водохранилище	Год основания	Полный объём, млн м ³	Принадлежность к субъекту Российской Федерации
Тахтамукайское	1964	15	Республика Адыгея
Крюковское	1967	111	Краснодарский край
Варнавинское	1964	160	Краснодарский край
Краснодарское	1967	1580	Краснодарский край, Республика Адыгея
Новотроицкое	1952	132	Ставропольский край
Отказненское	1965	131	Ставропольский край
Пролетарское	1954	2310	Ростовская область, Ставропольский край, Республика Калмыкия
Чограйское	1969	720	Ставропольский край
Весёловское	1941	1000	Ростовская область
Усть-Маньчское	1936	72	Ростовская область

шьяка в промысловых видах рыб, выловленных в пресноводных водоёмах Северо-Кавказского региона в 2016–2018 гг., соотношение уровней накопления с концентрацией в среде обитания. Для решения данной задачи исследовали органы и ткани (мышцы, печень, гонады) 6-ти промысловых видов рыб (судак, окунь, густера, карась, тарань, лещ), выловленных в пресноводных водоёмах пяти территориальных образований Северного Кавказа (табл. 1). В выборку попали самки и самцы, обладающие близкими внутривидовыми морфометрическими показателями и стадией зрелости гонад. Всего было отобрано и обработано более 400 проб гидробионтов.

Для определения концентраций тяжёлых металлов и мышьяка в органах и тканях рыб использовался метод атомной абсорбции в двух его модификациях: с электротермической атомизацией и «холодного пара». Определение тяжёлых металлов проводилось в соответствии с аттестованными на федеральном уровне методиками [Барабашин, Кораблина и др., 2018; Практическое руководство ..., 2018; Методика выполнения ..., 2006, 2014, 2018].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В период наблюдений 2016–2018 гг. концентрации свинца в воде водоёмов Ставропольского края были наиболее низкими (<0,40–0,86 мкг/л), в водоёмах Краснодарского края — достигали уровня ПДК в р. Кубань (6,4 мкг/л), в водоёмах Республики

Адыгея — превысили ПДК в 2 раза в Краснодарском водохранилище, в водоёмах Ростовской области — превысили ПДК в 3 раза в р. Дон. Содержание ртути в водоёмах Республики Адыгея и Ставропольского края было крайне низким и колебалось на уровне предела обнаружения (0,01 мкг/л), в водоёмах Краснодарского края и Ростовской области — превысило ПДК до 14 раз в р. Кубань и до 22 раз в р. Дон. Концентрации кадмия и мышьяка в воде всех обследованных водоёмов находились в узких диапазонах от <0,10 до 0,16 и от <2,5 до 3,6 мкг/л, соответственно (табл. 2).

Содержание свинца в донных осадках водоёмов Северо-Кавказского региона в 2016–2018 гг. варьировало в диапазоне от 2,0 до 364 мг/кг, мышьяка — от 0,70 до 62 мг/кг, кадмия — от <0,05 до 0,75 мг/кг, ртути — от <0,10 до 0,22 мг/кг сухой массы. Наиболее высокие концентрации свинца и мышьяка зафиксированы в водоёмах Краснодарского края (Крюковское водохранилище), кадмия и ртути — в водоёмах Ростовской области (р. Дон) (табл. 3).

Безопасность уровней накопления токсикантов в органах и тканях рыб оценивали в соответствии с Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормами, действующими с 1 июля 2002 г. [СанПиН 2.3.2.1078–01] (табл. 4). В данном исследовании изучали уровни накопления нормируемых свинца, кадмия, ртути и мышьяка в мышцах, печени и гонадах судака, окуня, густеры, кара-

Таблица 2. Диапазоны концентраций тяжёлых металлов и мышьяка в воде пресноводных водоёмов Северо-Кавказского региона, 2016–2018 гг., мкг/л

Водоём	Свинец	Кадмий	Ртуть	Мышьяк
<i>Водохранилища</i>				
Тахтамукайское	<0,40–4,0	<0,10	<0,01	<2,5
Крюковское	<0,40	<0,10	<0,01	<2,5
Варнавинское	<0,40	<0,10	<0,01	<2,5
Краснодарское	<0,40–12	<0,10–0,10	<0,01	<2,5
Отказненское	<0,40	<0,10	<0,01	<2,5
Новотроицкое	<0,40	<0,10	<0,01	<2,5
Чограйское	<0,40–0,86	<0,10–0,10	<0,01–0,01	<2,5
Весёловское	<0,40–1,1	<0,10–0,10	<0,01–0,01	<2,5
Пролетарское	0,58–2,1	0,10–0,14	<0,01	<2,5
Усть-Маньчское	<0,40	<0,10	<0,01	<2,5
<i>Реки</i>				
Кубань	<0,40–6,4	<0,10–0,16	<0,01–0,14	<2,5–3,3
Мокрая Буйвола	<0,40	<0,10	<0,01	<2,5
Дон	<0,40–18	<0,10–0,14	<0,01–0,22	<2,5–3,6
ПДК [Приказ Федерального агентства ..., 2016]	6	5	0,01	50

Таблица 3. Диапазоны концентраций тяжёлых металлов и мышьяка в донных отложениях пресноводных водоёмов Северо-Кавказского региона, 2016–2018 гг., мг/кг сухой массы

Водоём	Свинец	Кадмий	Ртуть	Мышьяк
<i>Водохранилища</i>				
Тахтамукайское	5,5–35	<0,05–0,17	<0,10	1,8–8,0
Крюковское	8,6–364	<0,05–0,05	<0,10–0,11	4,0–62
Варнавинское	5,0–25	<0,05–0,05	<0,10–0,11	3,6–11
Краснодарское	22–40	0,05–0,22	0,10–0,11	2,0–14
Отказненское	5,0–14	<0,05–0,27	<0,10–0,10	1,4–5,7
Новотроицкое	5,7–17	<0,05–0,10	<0,10–0,10	1,6–7,4
Чограйское	8,0–20	<0,05–0,40	0,10–0,20	5,3–11
Весёловское	14–111	0,06–0,21	0,10–0,21	7,1–27
Пролетарское	10–22	<0,05–0,11	<0,10–0,10	3,6–9,4
<i>Реки</i>				
Кубань	12–23	0,05–0,14	0,10–0,19	6,2–15
Мокрая Буйвола	5,0–19	<0,05–0,05	<0,10–0,10	2,0–7,1
Дон	2,0–212	<0,05–0,75	<0,10–0,22	0,70–25

ся, леща и тарани. Все вышеперечисленные виды рыб в зависимости от водоёма являются промысловыми в Северо-Кавказском регионе, а также объектами прудового хозяйства.

Лещ обыкновенный (*Abramis brama*, (L., 1758)) — представитель семейства карповых,

одна из наиболее крупных рыб пресноводных водоёмов Северо-Кавказского региона. Лещ водится во многих реках, особенно многочислен в глубоких водохранилищах. Живёт 12–14 лет, длина тела 25–45 см, масса 0,5–3 кг. Придонная рыба, предпочитающая участки с медленным течением и незарос-

Таблица 4. Допустимые уровни накопления токсикантов в органах и тканях рыб, мг/кг сырой массы

Показатели	Объекты исследований		
	Мышцы	Печень	Икра и молоки
Свинец	1,0	1,0	1,0
Кадмий	0,2	0,7	1,0
Мышьяк	1,0	не установлен	1,0
Ртуть	0,6 (хищная); 0,3 (нехищная)	0,5	0,2

шим дном. Питается донными беспозвоночными, иногда хищничает, поедая рыбную молодь. Ведёт стайный образ жизни, в стаю объединяются одинаковые по размерам рыбы. Лещ — пугливая, осторожная оседлая рыба. Небольшие перемещения наблюдаются к местам нереста, для откорма — к берегам с травянистыми отмелями, на зимовку — в глубокие ямы. Может служить своеобразным биомаркером загрязнения водоёма.

В органах и тканях леща, выловленного в пресноводных водоёмах Северо-Кавказского региона в весенний, летний и осенний периоды 2016–2018 гг., концентрации высокотоксичных и нормируемых свинца,

кадмия, ртути и мышьяка не превышали допустимый уровень (табл. 4). Концентрации свинца в органах и тканях леща находились в диапазоне от <0,05 до 0,52 мг/кг, кадмия — от <0,005 до 0,160 мг/кг, ртути — от <0,005 до 0,025 мг/кг, мышьяка — от <0,50 до 0,68 мг/кг сырой массы. Наиболее высокие концентрации всех контролируемых элементов зафиксированы у рыб из водоёмов Ростовской области: свинца и кадмия — в печени леща, выловленного в Весёловском водохранилище в весенний период 2016 и 2017 г., соответственно, ртути — в мышцах и мышьяка — в гонадах леща, выловленного в р. Дон летом 2017 г. Наименьшие уровни накопления контролируемых токсикантов зафиксиро-

Таблица 5. Средние концентрации тяжёлых металлов и мышьяка в органах и тканях леща, выловленного в пресноводных водоёмах Северо-Кавказского региона, 2016–2018 гг., мг/кг сырой массы

Морфометрические показатели рыб		Пол, стадия зрелости гонад	Объект исследо- вания	Тяжёлые металлы			As
Длина, см	Масса, кг			Pb	Cd	Hg	
Республика Адыгея и Краснодарский край (Краснодарское водохранилище)							
18–35	0,40–0,54	♀ + ♂, II	мышцы	<0,05	<0,005	0,018	<0,50
			печень	<0,05	0,012	<0,005	<0,50
			гонады	<0,05	0,005	<0,005	<0,50
Краснодарский край (р. Кубань)							
22–28	0,36–0,58	♀ + ♂	мышцы	0,05	<0,005	<0,005	<0,50
			печень	<0,05	0,038	<0,005	<0,50
			гонады	<0,05	0,012	<0,005	<0,50
Ставропольский край (Отказненское и Чограйское водохранилища, оз. Буйвола)							
21–34	0,40–0,50	♀ + ♂, IV	мышцы	0,12	0,005	0,011	<0,50
			печень	0,09	0,048	0,011	<0,50
			гонады	0,49	0,020	0,021	<0,50
Ростовская область (Весёловское, Пролетарское, Усть-Маньчское водохранилища, р. Дон)							
23–54	0,40–2,5	♀ + ♂, II–V	мышцы	0,09	0,044	0,025	0,50
			печень	0,52	0,160	0,007	0,50
			гонады	0,07	0,038	<0,005	0,68

рованы у леща из Краснодарского водохранилища (Республика Адыгея). Полученные данные по накоплению токсичных элементов в леще положительно соотносятся с их распределением в воде и донных отложениях обследованных водоёмов (табл. 2, 3).

Карась серебряный (*Carassius auratus gibelio* Bloch, 1782) — рыба из семейства карповых. Вес колеблется от 0,2 до 2,5 кг, длина тела 40–50 см. В водоёме караси предпочитают держаться у берегов и среди растительности, где в изобилии водятся улитки, различные личинки, ракообразные и червяки, составляющие их рацион. С приближением зимы рыба уходит в более глубокие участки водоёма, где зимует в оцепенении, не питаясь. Даже в случае глубокого промерзания воды карась не гибнет: он способен переждать холодное время года, будучи замерзшим во льду. При пересыхании водоёма рыба может зарываться в ил и впадать в спячку.

В органах и тканях карася серебряного, выловленного в пресноводных водоёмах Северо-Кавказского региона в весенний, летний

и осенний периоды 2016–2018 гг., концентрации высокотоксичных и нормируемых свинца, кадмия, ртути и мышьяка не превышали допустимый уровень (табл. 4). Концентрации свинца в органах и тканях карася находились в диапазоне от <0,05 до 0,36 мг/кг, кадмия — от <0,005 до 0,087 мг/кг, ртути — от <0,005 до 0,021 мг/кг, мышьяка — колебались на уровне предела определения (0,05 мг/кг сырой массы) (табл. 6). Наиболее высокие концентрации свинца и кадмия зафиксированы, соответственно, в гонадах и печени карася, выловленного в р. Кубань (Краснодарский край) летом 2017 г., ртути — в икре карася, выловленного в Чограйском водохранилище (Ставропольский край) весной 2017 г., мышьяка — в мышцах карася, выловленного в Краснодарском водохранилище (Республика Адыгея) весной 2016 г. Полученные данные по накоплению токсичных элементов в карасе положительно соотносятся с их распределением в воде и донных отложениях обследованных водоёмов (табл. 2, 3).

Тарань (*Rutilus heckelii* (Nordmann, 1840)) — небольшая рыба семейства кар-

Таблица 6. Средние концентрации тяжёлых металлов и мышьяка в органах и тканях карася серебряного, выловленного в пресноводных водоёмах Северо-Кавказского региона, 2016–2018 гг., мг/кг сырой массы

Морфометрические показатели рыб		Пол, стадия зрелости гонад	Объект исследо- вания	Тяжёлые металлы			As
Длина, см	Масса, кг			Pb	Cd	Hg	
Республика Адыгея и Краснодарский край (Краснодарское водохранилище)							
13–26	0,20–0,24	♀ + ♂, III–IV	мышцы	0,20	<0,005	<0,005	0,50
			печень	0,23	0,045	<0,005	<0,50
			гонады	0,07	<0,005	<0,005	<0,50
Краснодарский край (Крюковское водохранилище, р. Кубань)							
14–48	0,13–0,52	♀ + ♂	мышцы	0,16	0,006	0,005	0,50
			печень	0,19	0,087	<0,005	<0,50
			гонады	0,36	0,028	<0,005	<0,50
Ставропольский край (Чограйское водохранилище)							
14–37	0,2–0,3	♀ + ♂, IV	мышцы	<0,05	<0,005	<0,005	<0,50
			печень	0,09	0,047	0,011	<0,50
			гонады	0,08	0,021	0,021	<0,50
Ростовская область (Весёловское и Пролетарское водохранилища, р. Дон)							
18–50	0,11–2,5	♀ + ♂, II–III	мышцы	0,12	0,009	0,020	<0,50
			печень	0,33	0,058	0,020	0,50
			гонады	0,07	0,011	0,008	0,50

повых, разновидность плотвы. Длина тела до 35 см; вес до 2 кг. Стайная рыба. Основу рациона составляют моллюски и мелкие ракообразные, может поглощать и растительную пищу. Все лето нагуливает вес в море, поздней осенью покидает насиженные места и выходит в устья рек и лиманов на нерест. Двигаться может всю зиму, даже подо льдом, на место приходит в конце марта-апреле. Отнерестившись, взрослые особи скатываются обратно в море и активно питаются, восстанавливая силы.

В органах и тканях тарани, выловленной в пресноводных водоёмах Северо-Кавказского региона в весенний, летний и осенний периоды 2016–2018 гг., концентрации высокотоксичных и нормируемых свинца, кадмия, ртути и мышьяка не превышали допустимый уровень (табл. 4). Концентрации свинца в органах и тканях тарани находились в диапазоне от <0,05 до 0,09 мг/кг, кадмия — от <0,005 до 0,039 мг/кг, ртути — от <0,005 до 0,021 мг/кг, мышьяка — от <0,50 до 0,54 мг/кг сырой массы (табл. 7). Наиболее высокие концентрации кадмия и мышьяка зафиксированы в печени, свинца — в мышцах тарани, выловленной в Весёловском водохранилище (Ростовская область) весной 2017 г., ртути — в мышцах тарани, выловленной в Чограйском водохранилище (Став-

ропольский край) осенью 2016 г. Наименьшие уровни накопления контролируемых токсикантов зафиксированы у тарани, выловленной в Отказненском водохранилище (Ставрополье). Полученные данные по накоплению токсичных элементов в тарани положительно соотносятся с их распределением в воде и донных отложениях обследованных водоёмов (табл. 2, 3).

Густера (*Blicca bjoerkna*, (L., 1758)) — стайная рыба семейства карповых. Максимальная длина до 35 см при весе около 1,5 кг, живёт в среднем 10 лет. Удивительно похожа на леща-подростка. Густера — рыба ленивая, вялая, предпочитает ямы, заросли трав, тихие заводи с тёплой водой. Живёт на одном месте, совершая небольшие миграции только для зимовки и нереста. Иногда образует необычайно густые стаи. В обычном рационе густеры присутствуют самые разнообразные водные организмы. Мальки потребляют водоросли и зоопланктон, взрослые особи предпочитают питаться довольно крупными моллюсками. Может служить биомаркером загрязнения водоёма.

В органах и тканях густеры, выловленной в пресноводных водоёмах Северо-Кавказского региона в весенний, летний и осенний периоды 2016–2018 гг., концентрации высокотоксичных и нормируемых свинца,

Таблица 7. Средние концентрации тяжёлых металлов и мышьяка в органах и тканях тарани, выловленной в пресноводных водоёмах Северо-Кавказского региона, 2016–2018 гг., мг/кг сырой массы

Морфометрические показатели рыб		Пол, стадия зрелости гонад	Объект исследо- вания	Тяжёлые металлы			As
Длина, см	Масса, кг			Pb	Cd	Hg	
Республика Адыгея и Краснодарский край (Краснодарское водохранилище)							
10–14	0,10–0,15	♂, II	мышцы	<0,05	0,005	<0,005	<0,50
			печень	0,08	0,035	<0,005	<0,50
			гонады	0,07	<0,005	<0,005	<0,50
Ставропольский край (Отказненское и Чограйское водохранилища)							
16–23	0,15–0,25	♀ + ♂, IV	мышцы	0,07	0,005	0,021	<0,50
			печень	0,07	0,013	0,008	0,54
			гонады	0,07	0,012	0,005	<0,50
Ростовская область (Весёловское, Пролетарское водохранилища, р. Дон)							
9,0–21	0,10–0,43	♀ + ♂, II–IV	мышцы	0,09	0,006	0,009	<0,50
			печень	0,07	0,039	<0,005	0,51
			гонады	0,06	0,006	<0,005	<0,50

кадмия, ртути и мышьяка не превышали допустимый уровень (табл. 4). Концентрации свинца в органах и тканях густеры находились в диапазоне от <0,05 до 0,25 мг/кг, кадмия — от <0,005 до 0,134 мг/кг, ртути — от <0,005 до 0,033 мг/кг, мышьяка — от <0,50 до 1,0 мг/кг сырой массы (табл. 8). Наиболее высокие концентрации свинца и мышьяка зафиксированы в мышцах густеры, выловленной в Крюковском водохранилище (Краснодарский край) весной 2016 г., ртути и кадмия — соответственно, в мышцах и печени густеры, выловленной в Краснодарском водохранилище (Республика Адыгея) весной 2016 г. Наименьшие уровни накопления контролируемых токсикантов зафиксированы у густеры из р. Дон (Ростовская область). Полученные данные по накоплению токсичных элементов в густере положительно соотносятся с их распределением в воде и донных отложениях обследованных водоёмов (табл. 2, 3).

Речной окунь (*Perca fluviatilis* L., 1758) распространён в регионе практически повсеместно, за исключением бессточных заморных водоёмов. Единственная рыба, которая может обитать в озёрах с кислой реакцией воды (рН 4,0). Живёт около 17 лет, длина тела до 50 см, масса до 4,8 кг. Ведёт стайный образ жизни, держится либо на мелково-

дьях, заросших водными растениями, либо в глубоких заводях и плесах среди коряг и завалов из деревьев, сторонится сильного течения. Очень подвижная рыба, прожорливый хищник. В период паводка окуни часто выходят в залитую пойму. В благоприятных условиях далеких миграций окунь не совершает, но уходит из заморных водоёмов на зимовку, а из малокормных — на нагул. При недостатке какого-либо вида корма легко переходит на другой, прекращает питаться только во время нереста, а также обычно в декабре–январе во время зимовки. Исследования, проведённые в 2000-х годах в Европе, подтвердили важную роль речного окуня в поддержании баланса экосистем водоёмов: резкое сокращение его численности приводит к ухудшению состояния качества воды водоёмов [Rowe et al., 2008]. Промышленное загрязнение водоёмов приводит к накоплению тяжёлых металлов преимущественно в печени, почках, голове и костях окуня [Борисов, 2008], повышенная концентрация ртути вызывает замедление развития репродуктивных органов у самок окуня и их дегенерацию у части популяции [Таликина и др., 2006].

В органах и тканях окуня, выловленного в пресноводных водоёмах Северо-Кавказского региона в весенний, летний и осен-

Таблица 8. Средние концентрации тяжёлых металлов и мышьяка в органах и тканях густеры, выловленной в пресноводных водоёмах Северо-Кавказского региона, 2016–2018 гг., мг/кг сырой массы

Морфометрические показатели рыб		Пол, стадия зрелости гонад	Объект исследо- вания	Тяжёлые металлы			As
Длина, см	Масса, кг			Pb	Cd	Hg	
Республика Адыгея (Краснодарское и Тахтамукайское водохранилища)							
14–24	0,10–0,24	♀, III–IV	мышцы	0,06	<0,005	0,033	0,50
			печень	0,06	0,134	0,012	0,92
			гонады	0,12	0,070	0,009	0,85
Краснодарский край (Крюковское и Варнавинское водохранилища, р. Кубань)							
13–20	0,10–0,23	♀ + ♂, III–IV	мышцы	0,25	<0,005	<0,005	1,0
			печень	0,23	0,110	<0,005	<0,50
			гонады	0,12	0,013	0,007	0,50
Ростовская область (р. Дон)							
12–35	0,10–1,5	♀ + ♂, II–IV	мышцы	<0,05	0,005	<0,005	<0,50
			печень	0,05	0,009	<0,005	0,50
			гонады	0,05	0,016	<0,005	<0,50

ний периоды 2016–2018 гг., концентрации высокотоксичных и нормируемых свинца, кадмия, ртути и мышьяка не превышали допустимый уровень (табл. 4). Концентрации свинца в органах и тканях окуня находились в диапазоне от 0,05 до 0,11 мг/кг, кадмия — от <0,005 до 0,027 мг/кг, ртути — от <0,005 до 0,041 мг/кг, мышьяка — колебались на уровне предела определения (0,50 мг/кг сырой массы) (табл. 9). Наиболее высокие концентрации всех контролируемых элементов зафиксированы в печени окуня, выловленного в летний период 2016 г.: свинца, кадмия и мышьяка — в Пролетарском водохранилище (Ростовская область), ртути — в р. Мокрая Буйвола (Ставропольский край).

Судак (*Sander lucioperca*, (L., 1758)) — хищник, относится к виду пучеглазых рыб семейства окунёвых. Некоторые особи вырастают длиной более 1 м, масса достигает 15 кг. Рацион судака состоит из мелкой рыбы, лягушек и раков. Судак считается стайной рыбой, но крупные особи судака предпочитают одиночество. Особенность поведения: днём старается быть в глубоких местах, а ночью выходит на мелководье. Предпочитает галечное дно, особенно, если там есть коряги, пни, камни, за которыми можно спрятаться. В зимнее время выбирает углубления в предустьевых участках рек, куда в весенний период отправляется на нерест. В это время нередко судака можно встретить в компании с лещами или сазанами.

В гонадах судака, выловленного летом 2017 г. в р. Кубань (Краснодарский край), концентрации мышьяка превысили допустимый уровень (табл. 4) в среднем в 3,3 раза (табл. 10). Мышьяк — медленно действующий яд. Основным механизмом токсического действия у гидробионтов связан с блокированием тиоловых групп ферментов, участвующих в процессах клеточного метаболизма. В больших концентрациях соединения мышьяка действуют прижигающе на жабры и кожу рыб. Проникая внутрь организма, мышьяк связывается с SH-группами ферментов и вызывает сосудистые нарушения и деструктивные изменения во внутренних органах. При попадании в значительных концентрациях в организм гидробионта мышьяк вызывает отравление: рыбы угнетены, малоподвижны, истощены, анемичны. При попадании летальной дозы перед смертью наступает сильное возбуждение и судороги. Патоморфологические изменения характеризуются дистрофией респираторного эпителия, водяночно-жировой дистрофией и некробиозом печёчных клеток и эпителия канальцев почек.

Уровни накопления свинца, кадмия и ртути в органах и тканях судака, а также мышьяка в мышцах и печени рыб, выловленных в пресноводных водоёмах Северо-Кавказского региона в весенний, летний и осенний периоды 2016–2018 гг., не превышали допустимый уровень (табл. 4). Концентрации свинца в органах и тканях судака нахо-

Таблица 9. Средние концентрации тяжёлых металлов и мышьяка в органах и тканях окуня, выловленного в пресноводных водоёмах Северо-Кавказского региона, 2016–2018 гг., мг/кг сырой массы

Морфометрические показатели рыб		Пол, стадия зрелости гонад	Объект исследо- вания	Тяжёлые металлы			As
Длина, см	Масса, кг			Pb	Cd	Hg	
Ставропольский край (р. Мокрая Буйвола)							
22–31	0,22–3,4	♀, IV	мышцы	0,05	<0,005	0,038	<0,50
			печень	0,07	0,005	0,041	<0,50
			гонады	0,06	<0,005	<0,005	<0,50
Ростовская область (Весёловское и Пролетарское водохранилища, р. Дон)							
11–30	0,10–3,0	♀ + ♂, II–III	мышцы	0,09	0,016	<0,005	<0,50
			печень	0,11	0,027	<0,005	0,50
			гонады	0,10	0,005	0,014	<0,50

Таблица 10. Средние концентрации тяжёлых металлов и мышьяка в органах и тканях судака, выловленного в пресноводных водоёмах Северо-Кавказского региона, 2016–2018 гг., мг/кг сырой массы

Морфометрические показатели рыб		Пол, стадия зрелости гонад	Объект исследо- вания	Тяжелые металлы			As
Длина, см	Масса, кг			Pb	Cd	Hg	
Краснодарский край (р. Кубань)							
26–40	0,20–0,86	♀ + ♂	мышцы	0,13	0,005	0,011	0,50
			печень	0,12	0,018	0,008	0,53
			гонады	0,14	0,005	<0,005	3,2
Ставропольский край (Новотроицкое водохранилище)							
36–40	1,3–1,5	♀, IV	мышцы	0,05	<0,005	<0,005	<0,50
			печень	0,05	0,040	<0,005	<0,50
			гонады	0,07	<0,005	<0,005	<0,50
Ростовская область (Пролетарское водохранилище, р. Дон)							
19–50	0,12–4,5	♀ + ♂, II–V	мышцы	0,27	<0,005	0,006	0,50
			печень	0,05	0,008	0,005	0,50
			гонады	0,09	0,019	<0,005	<0,50

дились в диапазоне от 0,05 до 0,27 мг/кг, кадмия — от <0,005 до 0,040 мг/кг, ртути — от <0,005 до 0,011 мг/кг сырой массы (табл. 10). Наиболее высокие концентрации свинца и ртути зафиксированы в мышцах судака, выловленного, соответственно, в Пролетарском водохранилище (Ростовская область) летом 2016 г. и в р. Кубань весной 2017 г., кадмия — в печени судака, выловленного в Новотроицком водохранилище (Ставропольский край) осенью 2016 г. Полученные данные по накоплению токсичных элементов в судаке положительно соотносятся с их

распределением в воде и донных отложениях обследованных водоёмов (табл. 2, 3).

Анализ полученных данных показал различные уровни накопления токсикантов в одних и тех же видах рыб в зависимости от водоёма. Так, в пресноводных водоёмах Краснодарского края максимальный уровень накопления мышьяка зафиксирован в судаке, кадмия — в густере, свинца — в карасе, а этих же элементов в леще — минимальный. Содержание ртути во всех проанализированных видах рыб сопоставимо низкое (рис. 1).

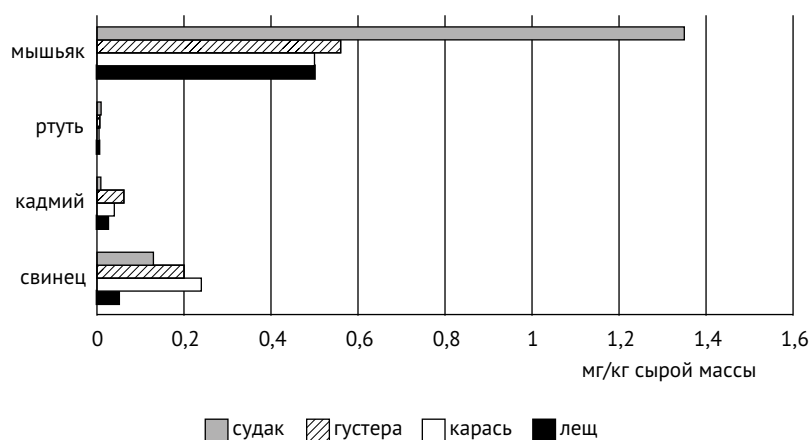


Рис. 1. Усреднённые уровни накопления токсичных элементов в промысловых видах рыб, выловленных в пресноводных водоёмах Краснодарского края, 2016–2018 гг.

В пресноводных водоёмах Республики Адыгея максимальный уровень накопления мышьяка и кадмия зафиксирован в густере, свинца — в карасе, этих же элементов в леще — снова минимальный (рис. 2). Содержание ртути в густере и леще оказалось немногим выше, чем в тарани и карасе, но в обоих случаях это очень низкие величины (до 0,02 мг/кг сырой массы).

В отличие от других водоёмов, для которых лещ оказался наименее загрязнённым видом, в пресноводных водоёмах Ростовской области наиболее высокие уровни накопления свинца и кадмия зафиксированы именно у леща, наименее загрязненными оказались окунь и густера (рис. 3). Содержа-

ние мышьяка во всех видах рыб, выловленных в пресноводных водоёмах Ростовской области, колебалось на уровне предела определения (0,5 мг/кг сырой массы).

В пресноводных водоёмах Ставропольского края наиболее высокий уровень накопления свинца зафиксирован у леща (втрое выше, чем у всех остальных видов рыб), кадмия — в судаке (в 5 раз выше, чем у окуня), ртути — в окуне (в 5 раз выше, чем в судаке), менее загрязнёнными оказались тарань и карась (рис. 4). Во всех случаях речь идёт о величинах, существенно ниже ДУ (табл. 4). Содержание мышьяка во всех видах рыб, выловленных в пресноводных водоёмах Ставропольского края так же, как и в водоёмах

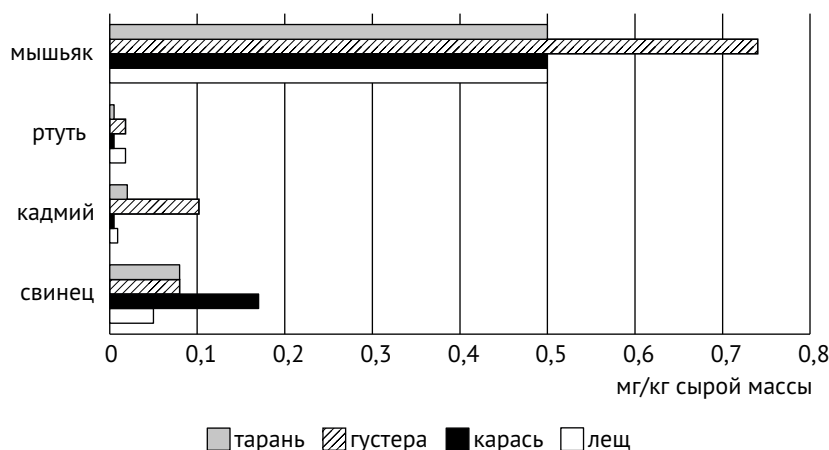


Рис. 2. Усреднённые уровни накопления токсичных элементов в промысловых видах рыб, выловленных в пресноводных водоёмах Республики Адыгея, 2016–2018 гг.

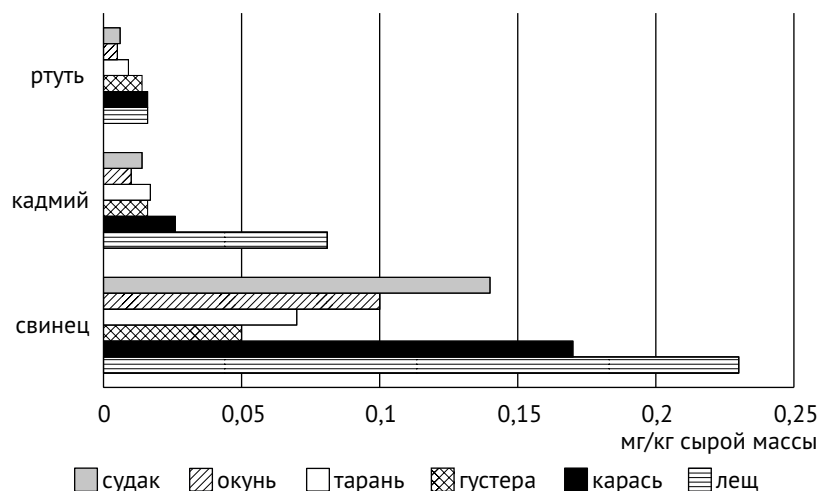


Рис. 3. Усреднённые уровни накопления токсичных элементов в промысловых видах рыб, выловленных в пресноводных водоёмах Ростовской области, 2016–2018 гг.

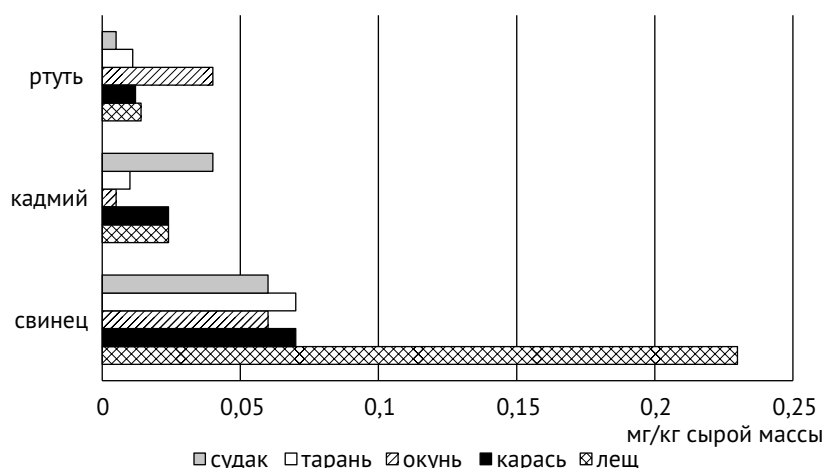


Рис. 4. Усреднённые уровни накопления токсичных элементов в промысловых видах рыб, выловленных в пресноводных водоёмах Ставропольского края, 2016–2018 гг.

Ростовской области, колебалось на уровне предела определения (0,5 мг/кг сырой массы).

Таким образом, ранжирование степени накопления контролируемых токсикантов различными видами промысловых рыб, обитающих в пресноводных водоёмах Северо-Кавказского региона, показало, что мышьяк накапливается в диапазоне от 0,50 до 1,35 мг/кг сырой массы: судак (Краснодарский край) >густера (Республика Адыгея; Краснодарский край) >лещ (Ростовская область) >судак (Ростовская область) >карась (Республика Адыгея; Ростовская область) >окунь (Ростовская область) >тарань (Ставропольский край; Ростовская область); свинец накапливается в диапазоне от 0,11 до 0,49 мг/кг сырой массы: лещ (Ростовская область; Ставропольский край) >карась (Краснодарский край). Накопление гидробионтами кадмия и ртути вне зависимости от водоёма низкое: в максимуме до 0,102 и 0,018 мг/кг сырой массы, соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ уровней накопления токсикантов органами и тканями гидробионтов пресноводных водоёмов Северо-Кавказского региона показал, что в современный период (2016–2018 гг.) наиболее высокие концентрации зафиксированы в рыбах, выловленных в Краснодарском крае, из органов «лидируют» гонады, из элементов — мышьяк. Продолжительное техногенное воздействие

на экосистему региона требует постоянной целенаправленной работы по поддержанию природного баланса и его сохранению не только на законодательном уровне, не только от природопользователей, но и от каждого человека.

ЛИТЕРАТУРА

- Аналитические методики для контроля качества пищевых продуктов и продовольственного сырья. Показатели безопасности. 2014 / Под ред. А.Б. Белова, С.Н. Быковского. Часть 1. М.: Перо. 232 с.
- Барабашин Т.О., Кораблина И.В., Павленко Л.Ф., Скрипник Г.В., Короткова Л.И. 2018. Методическое обеспечение мониторинга загрязнения водных объектов Азово-Черноморского бассейна // Водные биоресурсы и среда обитания. Т. 1. № 3–4. С. 9–27.
- Борисов М.Я. 2008. Накопление тяжёлых металлов в тканях и органах рыб озера Воже // Мат. Всерос. конф. с межд. участием «Водные экосистемы: трофические уровни и проблемы поддержания биоразнообразия» (г. Вологда, 24–28 ноября 2008 г.) Вологда. С. 254–258.
- Герлах С.А. 1985. Загрязнение морей. Диагноз и терапия. Л: Гидрометеиздат, 269 с.
- СанПиН 2.3.2.1078–01. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. 2011. Российская газета, № 54.
- Зубкова Н.Н. 2001. Закономерности накопления микроэлементов и металлов в органах и тканях карповых рыб // Академику Л.С. Бергу — 125 лет. Сб. науч. статей. Экол. общ-во «ВЮТИСА». Бендеры. С. 69–73.
- Калинин М.В. 2004. Рамсарская конвенция — что это такое? // Охотничьи просторы: Альманах. Кн. 3 (41). С. 266–269.

- Кравцов В.А., Гордеев В.В., Пашикина В.И. 1974. Рас-
творённые формы тяжёлых металлов в про-
мышленности рыб Южной Атлантики // Тру-
ды ВНИРО. Т. 100. С. 45–50.
- Методика выполнения измерений массовых до-
лей железа, марганца, мышьяка, никеля и хро-
ма в пробах гидробионтов методом атомной
абсорбции с электротермической атомизацией.
2018. Ростов-на-Дону: ФГУП «АзНИИРХ». 2018.
16 с.
- Методика выполнения измерений массовых долей
кадмия, меди, свинца и цинка в пробах гидро-
бионтов методом атомной абсорбции с электро-
термической атомизацией. 2006. Ростов-на-До-
ну: Виразж. 12 с.
- Методика выполнения измерений массовой доли
общей ртути в пробах гидробионтов методом
беспламенной атомной абсорбции. 2014. Ростов-
на-Дону: Виразж. 14 с.
- Патин С.А. 1979. Влияние загрязнения на биоло-
гические ресурсы и продуктивность Мирового
океана. М.: Пищепромиздат. 305 с.
- Практическое руководство по химическому анали-
зу элементов водных экосистем. 2018. Ростов-на-
Дону: ООО «Мини Тайп». 436 с.
- Приказ Федерального агентства по рыболовству от
13 декабря 2016 г. N552 «Об утверждении нор-
мативов качества водных объектов рыбохозяй-
ственного значения, в том числе нормативов
предельно допустимых концентраций вредных
веществ в водах водных объектов рыбохозяйст-
венного значения» (с изменениями на 12 октября
2018 г.). Доступно через: [http://www.garant.ru/
products/ipo/prime/doc/2070984/#ixzz5ge58hiT2](http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2070984/#ixzz5ge58hiT2).
18.06.2019.
- Таликина М.Г., Комов В.Т., Гремячих В.А., Чебо-
тарёва Ю.В. 2006. Влияние ртути на морфоло-
гические и цитоморфологические показатели
молоди окуня *Perca fluviatilis* в хроническом экс-
перименте // Токсикологический вестник. № 4.
С. 16–19.
- Эйхлер В. 1993. Яды в нашей пище. М.: Мир.
188 с. (Eichler W. 1982. Gift in Unserer Nahrung.
KildaVerlag)
- Rowe D., Moore A., Giorgetti A., Maclean C., Grace P.,
Wadhwa S., Cooke J. 2008. Review of the impacts of
gambusia, redfin perch, tench, roach, yellowfin goby
and streaked goby in Australia. // Commonwealth of
Australia. P. 58. 241 p.

Поступила в редакцию 19.07.2019 г.
Принята после рецензии 29.07.2019 г.

Habitat of aquatic biological resources

Heavy metals in the organs and tissues of fishing fishes
freshwater objects of the North Caucasian region

I. V. Korablina, T. O. Barabashin, G. V. Gevorkyan, A. I. Evseeva

Azov Sea branch of FSBSI «VNIRO» («AzNIIRKH»), Rostov-on-Don

The research results on the heavy metals and arsenic content in the water and bottom sediments of freshwater bodies of the Republic of Adygea, Krasnodar Krai, Stavropol Krai, and Rostov Region are given for the period of 2016–2018. The levels of pollution of the habitat of aquatic biological resources have been estimated in accordance with the standards for freshwater bodies of fisheries importance and the average long-term values. Average heavy metals and arsenic concentrations in the water bodies are compared. The averaged results are presented for the organs and tissues of such commercial fish species as the pike perch (zander) *Sander lucioperca*, crucian carp *Carassius*, white bream *Blicca bjoerkna*, European perch *Perca fluviatilis*, common bream *Abramis brama* and the roach *Rutilus heckelii* caught in the Krasnodar, Takhtamukaysk, Otkaznensk, Novotroitsk, Chograysk, Kryukovsk, Varnavinsk, Veselovsk, Proletarsk and Ust-Manych Reservoirs, the Don River, the Kuban and Mokraya (Wet) Buyvola Rivers. The levels of heavy metals and arsenic accumulated in the muscles and gonads of the fish have been compared in accordance with the Russian Sanitary Rules and Norms for Food Quality (SanPiN 2.3.2.1078–01). Heavy metals and arsenic concentrations have been assessed in the same species caught in different bodies of water and in different species caught in the same body of water. The determination of heavy metals and arsenic in the fish and the water bodies under study was carried out in accordance with the procedures developed in the Azov-Black Sea Branch of «VNIRO» («AzNIIRKH»).

Keywords: North Caucasus region, water, bottom sediments, hydrobionts, accumulation levels, heavy metals.

REFERENCES

- Analiticheskie metodiki dlya kontrolya kachestva pishchevykh produktov i prodovol'stvennogo syr'ya. Pokazateli bezopasnosti.* [Analytical procedures for quality control of food products and raw materials. Part 1. Safety metrics]. 2014 / Pod red. A. B. Belova, S. N. Bykovskogo. Chast' 1. M.: Pero. 232 s.
- Barabashin T. O., Korablina I. V., Pavlenko L. F., Skrypnik G. V., Korotkova L. I. 2018. Metodicheskoe obespechenie monitoringa zagryazneniya vodnykh ob"ektov Azovo-Chernomorskogo bassejna [Methodological support of monitoring pollution of the Azov-Black Sea basin water bodies] // Vodnye bioresursy i sreda obitaniya. T. 1. № 3–4. S. 9–27.
- Borisov M. Ya. 2008. Nakopleniye tyazhelykh metallov v tkanyakh i organakh ryb ozera Vozhe [Accumulation of heavy metals in fish tissues and organs in Lake Vozhe] // Mat. Vseros. konf. s mezhd. uchastiem «Vodnye ehkossistemy: troficheskie urovni i problemy podderzhaniya bioraznoobraziya» (g. Vologda, 24–28 noyabrya 2008 g.) Vologda. S. 254–258.
- Gerlakh S. A. 1985. Zagryaznenie morej. Diagnostika i terapiya. [Pollution of the seas. Diagnosis and therapy]. L.: Gidrometeoizdat, 269 s.
- Gigienicheskie trebovaniya k bezopasnosti i pishchevoj tsennosti pishchevykh produktov. SanPiN 2.3.2.1078–01. 2011. [Hygienic requirements for the safety and nutritional value of food. SanPiN 2.3.2.1078–01]. Rossiyskaya gazeta. № 54.
- Zubkova N. N. 2001. Zakonomernosti nakopleniya mikroelementov i metallov v organakh i tkanyakh karpovykh ryb [Patterns of accumulation of trace elements and metals in the organs and tissues of carp fish] // Akademiku L. S. Bergu — 125 let. Sb. nauch. statej. Ehkol. obshch-vo «BIOTICA». Bendery. S. 69–73.
- Kalinin M. V. 2004. Ramsarskaya konventsia — chto eto takoe? [Ramsar Convention — what is it?] // Okhotnich'i prostory: Al'manakh. Kn. 3 (41). S. 266–269.
- Kravtsov V. A., Gordeev V. V., Pashkina V. I. 1974. Rastvorennnye formy tyazhelykh metallov v

- promyshlennosti rybakov Yuzhnoj Atlantiki [Dissolved forms of heavy metals in the fish industry of the South Atlantic] // Trudy VNIRO. T. 100. S. 45–50.
- Metodika* vypolneniya izmerenij massovykh dolej zheleza, margantsa, mysh'yaka, nikelya i khroma v probakh gidrobiontov metodom atomnoj absorptsii s ehlektrotermicheskoj atomizatsiej. 2018. Rostov-na-Donu: FGUP «AzNIIRKH». 2018. 16 s.
- Metodika* vypolneniya izmerenij massovykh dolej kadmiya, medi, svintsya i tsinka v probakh gidrobiontov metodom atomnoj absorptsii s ehlektrotermicheskoj atomizatsiej. 2006. Rostov-na-Donu: Virazh. 12 s.
- Metodika* vypolneniya izmerenij massovoj doli obshchej rtuti v probakh gidrobiontov metodom besplamennoj atomnoj absorptsii. 2014. Rostov-na-Donu: Virazh. 14 s.
- Patin S.A.* 1979. Vliyanie zagryazneniya na biologicheskie resursy i produktivnost' Mirovogo okeana. M.: Pishchepromizdat. 305 s.
- Prakticheskoe* rukovodstvo po khimicheskomu analizu ehlementov vodnykh ehkositsem. 2018. Rostov-na-Donu: OOO «Mini Tajp». 436 s.
- Prikaz* Federal'nogo Agentstva po rybolovstvu ot 13 dekabrya 2016 g. N552 «Ob utverzhdenii normativov kachestva vodnykh ob'ektov rybokhozyajstvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyykh kontsentratsij vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'ektov rybokhozyajstvennogo znacheniya» (s izmeneniyami na 12 oktyabrya 2018 g.). Accessible via: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2070984/#ixzz5ge58hiT2>. 18.06.2019.
- Talikina M.G., Komov V.T., Gremyachikh V.A., Chebotareva YU.V.* 2006 Vliyanie rtuti na morfologicheskie i tsitomorfolozicheskie pokazateli molodi okunya *Perca fluviatilis* v khronicheskom ehksperimente [The effect of mercury on the morphological and cytological parameters of juvenile perch *Perca fluviatilis* in a chronic experiment] // Toksikologicheskij vestnik. № 4. S. 16–19.
- Ehikhler V.* 1993. Yady v nashej pishche. M.: Mir. 188 s. (*Eichler W.* 1982. Gift in Unserer Nahrung. KildaVerlag)
- Rowe D., Moore A., Giorgetti A., Maclean C., Grace P., Wadhwa S., Cooke J.* 2008. Review of the impacts of gambusia, redfin perch, tench, roach, yellowfin goby and streaked goby in Australia. // Commonwealth of Australia. P. 58. 241 p.

TABLE CAPTIONS

Table 1. Reservoirs of the North Caucasus Region

Table 2. The concentration ranges of heavy metals and arsenic in the water of freshwater reservoirs of the North Caucasus region, 2016–2018, mg/l

Table 3. The ranges of concentrations of heavy metals and arsenic in the bottom sediments of freshwater reservoir of the North Caucasus region, 2016–2018, mg/kg dry weight

Table 4. Permissible levels of accumulation of toxicants in different organs of fish, mg/kg wet weight

Table 5. The average concentrations of heavy metals and arsenic in the organs and tissues of bream from freshwater reservoir of the North Caucasus region, 2016–2018, mg/kg wet weight

Table 6. The average concentrations of heavy metals and arsenic in the organs and tissues of silver carp from freshwater reservoir of the North Caucasus region, 2016–2018, mg/kg wet weight

Table 7. The average concentrations of heavy metals and arsenic in the organs and tissues of the roach from freshwater reservoir of the North Caucasus region, 2016–2018, mg/kg wet weight

Table 8. The average concentrations of heavy metals and arsenic in the organs and tissues of busters from freshwater reservoir of the North Caucasus region, 2016–2018, mg/kg wet weight

Table 9. The average concentrations of heavy metals and arsenic in the organs and tissues of perch from freshwater reservoir of the North Caucasus region, 2016–2018, mg/kg wet weight

Table 10. The average concentrations of heavy metals and arsenic in the organs and tissues of pike perch from freshwater reservoir of the North Caucasus region, 2016–2018, mg / kg wet weight

FIGURE CAPTIONS

Fig.1. Averaged levels of accumulation of toxic elements in commercial fish species from freshwater reservoir of the Krasnodar Territory, 2016–2018

Fig. 2. Averaged levels of accumulation of toxic elements in commercial fish species from freshwater reservoir of the Republic of Adygea, 2016–2018

Fig. 3. Averaged levels of accumulation of toxic elements in commercial fish species from freshwater reservoir of the Rostov region, 2016–2018

Fig. 4. Averaged levels of accumulation of toxic elements in commercial fish species from freshwater reservoir of the Stavropol Territory, 2016–2018