

УДК 502/504:639.3.043:636.087.8

А.Ю. МАТВЕЕВА, Э.Н. ЯППАРОВА, А.А. САДЫКОВ, Ю.Р. ГАЛИНУРОВА

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования Бирский филиал Башкирского государственного университета, г. Бирск, Российская Федерация

ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЫБ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДОЕМАХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Рассмотрено влияние тяжелых металлов (ТМ) на морфометрические показатели ихтиофауны реки База (Республика Башкортостан). Река протекает около многих промышленных городов, стоки которых попадают непосредственно в водоем. Именно здесь происходит накопление и аккумуляция биогенных элементов, в частности тяжелых металлов, содержание которых может нести высокую токсикологическую опасность для рыб, которые находятся на высшем трофическом уровне и являются важным пищевым компонентом для человека. Определено содержание тяжелых металлов (Fe, Zn, Cu, Cr, Pb) в органах и тканях рыб семейств карповых (Cyprinidae) и щуковых (Esocidae). Представлены результаты анализа содержания тяжелых металлов в сердце, печени и кишечнике рыб. Прослежена зависимость между накоплением тяжелых металлов в организме рыб, изучены индексы органов и дана оценка экологического состояния водоема под воздействием антропогенной нагрузки.

Поллютанты, тяжелые металлы, индексы внутренних органов, ихтиофауна, рыбы.

Введение. Состояние окружающей природной среды является важнейшим фактором, определяющим жизнедеятельность человека и общества. Высокие концентрации многих химических элементов и соединений, обусловленные техногенными процессами, обнаружены в настоящее время во всех природных средах: атмосфере, воде, почве, растениях [1-4].

Наиболее широко распространенными поллютантами водной и почвенной среды являются тяжелые металлы (ТМ). Они составляют значительную долю загрязнителей окружающей среды и по токсичности занимают второе место после пестицидов. Однажды попав в биогеохимический цикл, они крайне редко и медленно покидают его [5].

Тяжелые металлы, попадающие в окружающую среду в результате производственной деятельности человека (промышленность, транспорт и т.д.), являются одним из самых опасных загрязнителей биосферы. Даже в ничтожных концентрациях они ядовиты. Проникая в живые клетки, нарушают их жизнедеятельность, но свое токсическое действие тяжелые металлы проявляют только в виде ионов.

Поллютанты опасны тем, что они обладают способностью накапливаться в живых организмах, включаться в метаболический цикл, образовывать высокотоксичные металлорганические соединения, изменять формы нахождения при переходе от одной

природной среды в другую, не подвергаясь биологическому разложению.

Среди тяжелых металлов приоритетными загрязнителями считаются свинец, кадмий, цинк, что обусловлено тем, что их техногенное накопление в окружающей среде идет высокими темпами. Эта группа веществ обладает большим сродством к физиологически важным органическим соединениям [4].

Такие элементы, как ртуть, свинец, кадмий, медь, относят к так называемой критической группе веществ – индикаторов стресса окружающей среды. В связи с кумулятивной способностью тяжелых металлов живые организмы в загрязненных водах способны накапливать их до концентраций, во много раз превосходящих допустимый уровень. Перечень изложенных закономерностей свидетельствует о необходимости исследования рыбной продукции республики Башкортостан на наличие в ней токсикантов, которые могут представлять опасность для человека при нахождении их в рыбе и рыбных продуктах выше предельно допустимых концентраций.

Тяжелые металлы по-прежнему остаются одной из приоритетных групп загрязняющих веществ, имеющих как локальное и региональное, так и глобальное распространение. Их поступление в водную среду связано с природными и антропогенными источниками [3].

Такие металлы, как цинк, медь, свинец, кадмий, ртуть мышьяк в малых количествах

являются постоянной, необходимой составной частью животных организмов. В организм водных животных металлы попадают в основном с пищей. Токсичность металлов зависит от концентрации, продолжительности действия, температуры, насыщенности воды кислородом и других факторов. Особенности токсического действия металлов заключаются в их универсальном влиянии на живые организмы в качестве общеплазматических ядов и в их способности к образованию комплексов с компонентами клеток, белков, аминокислот и других радикалов [6].

Актуальной задачей современных научных исследований, связанных с предотвращением негативных воздействий на гидросферу, является выяснение путей и условий накопления в ней тяжелых металлов.

Материалы и методы исследования.

Работа проведена в лаборатории мониторинга физико-химических загрязнений окружающей среды при Бирском филиале Баш. ГУ. Отбор проб воды проводили в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб». Для характеристики уровня содержания тяжелых металлов в тканях и органах рыб полученные концентрации сравнивали с нормативами (СанПиН 2.3.2. 560-96; СанПиН 2.3.2.1078-01) – «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов». В качестве тест-объектов водных экосистем для оценки биоаккумуляции тяжелых металлов использовали гидробионтов.

Предметом исследований на содержание ТМ являлись пробы поверхностных вод и представители ихтиофауны реки База

в Чекмагушевском районе республики Башкортостан. Исследования проводились в весенне-летний период 2018 г. в тканях промысловых рыб карася и щуки реки База в районе молокозавода. Морфофизиологический анализ проводили на только что пойманной рыбе. Сердце перед взвешиванием перфузировали физраствором для освобождения от крови, затем обсушивали фильтровальной бумагой. Печень взвешивали без желчного пузыря. Индексы внутренних органов рассчитывали как отношение массы органа к массе тела с внутренностями и без внутренностей.

Результаты и обсуждение. Для оценки влияния загрязнителей на морфофизиологические показатели рыб были сформированы группы из особей одного пола (это были самки) близких размерных групп. Для анализа возможного влияния загрязнителей на индексы органов мы исходили из положений, сформулированных в статье Т.И. Моисеенко (2006), где отмечалось, что «антропогенное загрязнение вод создаёт «экстремальность» условий обитания» для рыб, «загрязнители (токсиканты) создают дополнительную нагрузку на организм и, соответственно, изменяют уровень метаболизма в виде увеличения энергетических затрат на детоксикацию».

Исследовался уровень аккумуляции тяжелых металлов в мышечных тканях, сердце, печени и кишечнике у карася и щуки. Для анализа было отобрано по 10 экземпляров каждого вида. Все исследуемые особи рыб обитали в р. База в районе молокозавода.

Результаты исследования содержания тяжелых металлов на ионы железа (Fe) и цинка (Zn) представлены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание железа и цинка в тканях и органах промысловых видов рыб р. База, мг/кг

| Ткани и органы | Вид рыбы | |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| | Щука (<i>Esox lucius</i>) | Карась (<i>Carassius gibelio</i>) |
| | Железо (ПДК = 30,0 мг/кг) | |
| Мышцы | *48,4±1,9 | 11,6±0,1 |
| Сердце | *38,5±1,2 | *46,3±2,2 |
| Печень | *239,1±10,7 | *107,3±4,3 |
| Кишечник | *39,6±2,1 | *43,2±2,7 |
| Цинк (ПДК = 40,0 мг/кг) | | |
| Мышцы | 37,2±1,8 | 4,0±0,2 |
| Сердце | *50,1±2,5 | 4,50±0,25 |
| Печень | *92,1±4,6 | 6,2±0,3 |
| Кишечник | 16,60±0,83 | 8,3±0,4 |

Примечание: * – превышение ПДК ионов металла в тканях и органах рыбы при $p < 0,05$.

Примечание: ПДК – предельно-допустимые концентрации тяжелых металлов (СанПиН 2.3.2. 560-96; СанПиН 2.3.2.1078-01).

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что у щуки показатели содержания ионов железа выше ПДК по всем параметрам, а у карася наблюдается превышение ПДК по этому показателю в сердце в 1,2 раза, в печени – в 3,6 и кишечнике – в 1,4 раза.

Содержание ионов цинка в теле рыб превышает ПДК только у щуки (в сердце – в 1,3 раза и в печени – на 2,3 раза).

Данные исследований по изучению содержания ионов меди, хрома и свинца в органах и тканях рыб представлены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в органах и тканях промысловых видов рыб р. База, мг/кг

| Ткани и органы | Вид рыбы | |
|----------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| | Щука (<i>Esox lucius</i>) | Карась (<i>Carassius gibelio</i>) |
| | Медь (ПДК = 10,0мг/кг) | |
| Мышцы | 1,1±0,5 | 0,60±0,03 |
| Сердце | 0,70±0,04 | 0,70±0,04 |
| Печень | 1,50±0,07 | 1,50±0,07 |
| Кишечник | 0,20±0,01 | 0,20±0,01 |
| | Хром (ПДК = 1,0мг/кг) | |
| Мышцы | 0,47±0,09 | 0,070±0,004 |
| Сердце | 0,47±0,031 | 0,60±0,03 |
| Печень | 0,050±0,003 | 0,080±0,006 |
| Кишечник | 0,040±0,002 | 0,0040±0,0002 |
| | Свинец (ПДК = 1,0мг/кг) | |
| Мышцы | 0,070±0,004 | 0,60±0,03 |
| Сердце | 0,0050±0,0003 | 0,10±0,01 |
| Печень | *1,30±0,07 | 0,070±0,004 |
| Кишечник | 0,060±0,0030 | 0,0040±0,0002 |

Примечание: * – превышение ПДК металла в тканях и органах рыбы при $p < 0,05$.

Содержание второй группы металлов (медь, хром, свинец) в теле рыб не превышает ПДК (исключение составляет свинец в печени щуки). Наибольшая аккумуляция свинца отмечается в печени (до 1,3 мг/кг) и сердце (до 0,6 мг/кг).

Максимальные значения хрома обнаружены в мышцах и сердце (до 0,60 и 0,67 мг/кг) у обоих видов рыб. Независимо от видовой принадлежности рыбы в печени

больше всего накапливается железо, в мышцах и в сердце – хром.

Изменение индексов органов, согласно теории С.С. Шварца, будет отражением того, насколько влияют факторы среды обитания на исследуемых рыб.

Сведения по изменению индексов внутренних органов изучаемых видов рыб в зависимости от района вылова с разной степенью загрязнения показаны в таблице 3.

Таблица 3

Индексы внутренних органов карася (*Carassius gibelio*) и щуки (*Esox lucius*)

| Река База | Сердце | | Печень | | Кишечник | |
|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | карась, % | щука, % | карась, % | щука, % | карась, % | щука, % |
| весна | 0,47±0,12 | 0,28±0,07 | 1,01±0,18* | 0,36±0,09 | 5,47±1,17 | 4,15±0,92 |
| лето | 0,49±0,09 | 0,22±0,04 | 1,13±0,18* | 0,29±0,03 | 5,63±0,99 | 3,72±0,22 |

* показатели, достоверно различающиеся между собой ($P < 0,05$)

Из таблицы видно, что индекс сердца у карася выше, чем у щуки и связан с уровнем метаболизма рыбы. Поскольку мы в нашей работе исследовали только половозрелых рыб, можно заключить, что после полового созревания интенсивность метаболизма

у рыб по этому показателю остаётся приблизительно на одном уровне.

Более показательны наибольшие значения индекса печени у карася в районе молокозавода. Можно предложить следующее объяснение. Ранние

компенсаторно-приспособительные реакции печени начинаются с гиперфункции гепатоцитов. Морфологическим проявлением гиперфункции является гипертрофия гепатоцитов, а также не исключено, что может увеличиваться и количество клеток. Всё это ведёт к увеличению массы печени. Также в районе реки с «умеренным» загрязнением в печени может проявиться жировая дистрофия. При большом накоплении жира происходит увеличение массы печени по сравнению с нормой.

Основным фактором, влияющим на рост рыб, является кормовая база. При уменьшении корма рыбы, растущие всю жизнь, могут замедлить свой рост и тем самым сохранить достаточную упитанность. Однако у разных видов рыб эта способность проявляется различно. Так, у карповых рыб линейный рост сильно изменяется под влияние внешних факторов только до наступления половой зрелости, а у щуковых изменяется рост как до, так и после нее [7].

Увеличение массы внутренних органов поддерживает повышенный энергетический баланс, в случае перенапряжения в органах развиваются не только адаптивные, но и патологические изменения.

В изучаемом водоеме, имеющем признаки экологического неблагополучия, отмечены повышенные значения морфофизиологических индикаторов (индексов внутренних органов). Следовательно, увеличение массы внутренних органов у рыб является следствием необходимости поддержания повышенного энергетического баланса для обеспечения достаточной детоксикационной способности организма.

Таким образом, проведенное исследование позволяет дать достоверную оценку среды обитания и характера реагирования организма рыб на условия среды.

Выводы

1. Показатели ионов хрома и меди у всех видов рыб находятся в пределах допустимых концентраций.

2. В органах и тканях исследованных рыб, кроме щуки, содержание свинца ниже предельно допустимого уровня. Наибольшее значение содержания ионов свинца отмечается в печени щуки (1,3 мг/кг), что можно объяснить ее местом в трофической цепи водоема: в экологической пирамиде она стоит выше других рассматриваемых нами видов.

3. Аккумуляция железа и цинка в большем объеме наблюдается в печени, кишечнике и сердце щуки. У карася характерно превышение ПДК по ионам железа: в сердце – в 1,2 раза, в печени – в 3 раза и гонадах – в 1,5 раза. Превышение уровня ПДК ионов железа наблюдается в печени у обоих представителей рыб. Высокое содержание железа и цинка для всех видов рыб может быть обусловлено тем, что эти металлы являются неотъемлемой частью важных систем жизнеобеспечения (миоглобин, гемоглобин, цитохромы и др.), необходимых для устойчивого поддержания метаболизма, а также обусловлено участием ионов железа и цинка в процессах кроветворения и энергетического обмена у рыб.

4. Даже в малых концентрациях тяжелые металлы оказывают влияние на морфологические и физиолого-биохимические показатели рыб. При этом отмечается снижение иммунитета, изменение поведения, темпа роста и упитанности, активности пищеварительных ферментов, эффективности ассимиляции пищи, а также состояния углеводного обмена, морфологических и физиологических параметров (скорости роста, плавания, потребления пищи, интенсивности дыхания, плодовитости, выживаемости и жизненных циклов).

5. Вследствие антропогенной нагрузки на р. База в районе молокозавода происходит накопление тяжелых металлов в воде и в кормовых организмах, затем тяжелые металлы передаются рыбам. Высокое содержание тяжелых металлов в тканях и органах рыб приводит к тому, что рыба становится непригодной для потребления человеком.

Библиографический список

1. Р 52.24.566-94 Рекомендации. Методы токсикологической оценки загрязнения пресноводных экосистем / А.В. Жулидов, Т.П. Хоружая, Л.М. Предеина, Е.Н. Бакаева, Е.В. Морозова. – М.: Федеральная Служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – 1994. – 129 с.

2. Моисеенко Т.И., Шарова Ю.Н. Физиологические механизмы деградации популяций рыб в закисленных водоемах. // Экология. – 2006. – № 4. – С. 287-293.

3. Курамшина Н.Г., Виноградов Г.Д., Матвеева А.Ю. Характеристика промыслового вылова рыбы в бассейне реки Белая. // Рыбное хозяйство. – 2009. – № 4. – С. 103-106.

4. Черных Н.А., Овчаренко М.М. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеоценозах. – М.: Агроконсалт. – 2002. – 198 с.

5. **Курамшина Н.Г., Топурия Г.М., Матвеева А.Ю.** Оценка влияния цеолитов на поступление супертоксикантов в организм карпа. Оренбург. // Вестник ОГАУ ГОУ ВПО. – 2010. – № 2. (26). – С. 83-86.

6. **Томилина, И.И.** Эколого-токсикологическая характеристика донных отложений водоемов северо-запада России: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. бил. наук / И.И. Томилина. Институт биологии внутренних вод имени И.Д. Папанина РАН. – Борок. – 2000. – 21 с.

7. **Власов, В.А., Маслова Н.И.** Морфофизиологическая изменчивость карпа. Монография. – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. – 227 с.

Материал поступил в редакцию 27.11.2018 г.

Сведения об авторах

Матвеева Алевтина Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры

биологии, экологии и химии Бирского филиала БашГАУ; 452450, Республика Башкортостан, г. Бирск, ул. Интернациональная, 10; e-mail: alevt.matveeva@yandex.ru

Яппарова Эльвира Нигматуллаевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, экологии и химии Бирского филиала БашГАУ; 452450, Республика Башкортостан, г. Бирск, ул. Интернациональная, 10; e-mail: alvera03@yandex.ru

Садыков Артур Альбертович, магистрант 3 года обучения по направлению «Биология» Бирского филиала БашГАУ; 452450, Республика Башкортостан, г. Бирск, ул. Интернациональная, 10; e-mail: artisaev860@yandex.ru

Галинурова Юлия Ришатовна, магистрант 1 года обучения по направлению «Биология» Бирского филиала БашГАУ; 452450, Республика Башкортостан, г. Бирск, ул. Интернациональная, 10; e-mail: galinurova@yandex.ru

A.YU. MATVEEVA, E.N. YAPPAROVA, A.A. SADYKOV, YU.R. GALINUROVA

Federal state budgetary institution of higher education Birk branch of Bashkir state university, Birk, Russian Federation

CHANGING OF FISH MORPHOMETRIC PARAMETERS UNDER THE INFLUENCE OF HEAVY METALS IN THE WATER BASINS OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

The influence of heavy metals (HM) on the morphometric parameters of the ichthyofauna of the Baza river (Republic of Bashkortostan) is considered. The river flows near many industrial cities, the drains of which fall directly into the reservoir. It is here that the accumulation of nutrients in particular heavy metals occurs, the content of which can carry a high toxicological danger to fish which is at the highest trophic level and is an important food component for humans. The content of heavy metals (Fe, Zn, Cu, Cr, Pb) in organs and tissues of fish of the carp (Cyprinidae) and pike (Esocidae) family was determined. The results of the analysis of heavy metal content in the heart, liver and intestines of fish are given. There is traced the dependence between the accumulation of heavy metals in the fish body, studied indices of organs and assessed the ecological state of the reservoir under the influence of anthropogenic load.

Pollutants, heavy metals, indices of internals, ichthyofauna, fish.

References

1. R52.24.566-94 Rekomendatsii. Metody toksikologicheskoy otsenki zagryazneniya presnovodnykh ekosistem / A.V. Zhulidov, T.P. Khoruzhnaya, L.M. Predeina, E.N. Bakaeva, E.V. Morozova. – М.: Federal'naya Sluzhba Rossii po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchej sredy. 1994. – 129 s.

2. **Moiseenko T.I., Sharova Yu.N.** Fiziologicheskie mehanizmy degradatsii populyatsij ryb v zakislennykh vodojemah. // Ekologiya. – 2006. – № 4, – S. 287-293.

3. **Kuramshina N.G., Vinogradov G.D., Matveeva A.Yu.** Harakteristika promyslovo-

go vylova ryby v bassejne reki Belaya. // Rybnoe hozyajstvo. – 2009. – № 4. – S. 103-106.

4. **Chernyh N.A., Ovcharenko M.M.** Tyazhelye metally i radionuklidy v biogeotsenozah. – М.: Agrokonsalt, 2002. – 198 s.

5. **Kuramshina N.G., Topuria G.M., Matveeva A.Yu.** Otsenka vliyaniya tseolitov na postuplenie supertoksikantov v organizm karpa. Оренбург. // Vestnik OGAU GOU VPO. – 2010. – № 2. (26). – S. 83-86.

6. **Tomilina I.I.** Ekologo-toksikologicheskaya harakteristika donnykh otlozhenij vodojemov severo-zapada Rossii: avtoref. Dis. na soisk. uch. step. kand. biol. nauk /

I.I. Tomilina // Institut biologii vnutrennih vod imeni I.D. Papanina RAN. – Borok, 2000. – 21 s.

7. **Vlasov V.A., Maslova N.I.** Morpho-physiologicheskaya izmenchivost karpa. Monografiya. – M.: RGAU-MSHA imeni C.A. Timiryazeva, 2011. – 227 s.

The material was received at the editorial office
27.11.2018 g.

Information about the authors

Matveeva Alevtina Yurievna, candidate of biological sciences, associate professor of the chair of biology, ecology and chemistry, Birsk branch of BashGAU; 452450, Republic of Bashkortostan, Birsk, 10 Internatsionalnaya str.; e-mail: alevt.matveeva@yandex.ru

Yapparova Elvira Nigmatullaevna, PhD, candidate of biological sciences, associate professor of the chair of biology, ecology and chemistry of the Birsk branch of BashGAU; 452450, Republic of Bashkortostan, Birsk, Internatsionalnaya str, 10; e-mail: alvera03@yandex.ru

Sadykov Arthur Albertovich, undergraduate of the 3rd year on the direction “Biology”, Birsk branch of Bashkir state University; 452450, Republic of Bashkortostan, Birsk, Internationalnaya str., 10; e-mail: artisaev860@yandex.ru

Galinurova Julia Rishatovna, undergraduate of the 1st year in the direction of “Biology”, Birsk branch of Bashkir state University; 452450, Republic Bashkortostan, Birsk, Internationalnaya str., 10; e-mail: galinurova@yandex.ru