

УДК 502/504:639.3.043:636.087.8

**А.Ю. МАТВЕЕВА, Н.Г. КУТЛИН, Д.Г. КАРДАПОЛЬЦЕВА, А.Т. МУЛЛАГАЛИЕВА**

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

### **ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА АККУМУЛЯЦИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ**

*Рассмотрено влияние тяжелых металлов (ТМ) на ихтиофауну реки Белая (Республика Башкортостан). Река протекает около многих промышленных городов, стоки которых попадают непосредственно в водоем. Именно здесь происходит накапливание и аккумуляция биогенных элементов, в частности тяжелых металлов, содержание которых может нести высокую токсикологическую опасность как для микро- и макрофауны, так и 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), осетровых (Acipenseridae) и окуневых (Percidae). Представлены результаты анализа содержания тяжелых металлов в мышцах, сердце, чешуе, печени и гонадах рыб. Прослежена зависимость между накоплением тяжелых металлов в органах и тканях исследуемых рыб и их местообитанием. Дана оценка экологического состояния водоема под воздействием антропогенной нагрузки.*

*Поллютанты, тяжелые металлы, донные отложения, ихтиофауна, рыбы.*

**Введение.** На современном этапе развития территории Республики Башкортостан с каждым годом все большее значение приобретает использование природных биоресурсов. Башкортостан располагает хорошо развитой речной сетью и многочисленными озерами, что является средой обитания для важнейшего биоресурса – рыбы, представляющей собой ценнейший белковый продукт.

Однако в последнее время все чаще большинство водоемов испытывают значительное антропогенное воздействие. В водоемах содержатся практически все химические элементы, но только немногие из них, так называемые биогенные, присутствуют в больших количествах, остальные являются микроэлементами. Биогенные элементы участвуют в построении тел гидробионтов и, соответственно, циркулируют в биологическом круговороте веществ. Определенные концентрации и правильное их соотношение играют важную положительную роль в жизни водоемов [1].

Биогенные элементы оказывают прямое положительное влияние на развитие фитопланктона и косвенно влияют на животных (зоопланктон и зообентос), которые, в свою очередь, служат пищей для рыб. Фосфор, каль-

ций, натрий, калий, хлор, железо и другие элементы необходимы для роста и развития рыб, эти элементы, проникая через жабры, кожу и слизистую оболочку в организм рыб, включаются в обмен веществ. Однако слишком большое поступление в водоем биогенных элементов и других минеральных солей может оказать вредное воздействие и поэтому рассматривается как загрязнение водоемов [2].

Водные объекты республики Башкортостан загрязнены нефтепродуктами, фенолами, диоксинами, марганцем, железом, никелем, цинком и другими тяжелыми металлами. Последнее время техногенное воздействие на природные воды (особенно в западной части территории Башкортостана) проявляется во всё больших и больших площадях [3].

Особую опасность для водных экосистем в отличие от других поллютантов, оказывающих наиболее значимое отрицательное влияние как на качество природных вод, так и на водные экосистемы в целом, представляют тяжелые металлы (ТМ). Они относятся к классу консервативных загрязняющих веществ, которые не разлагаются в природных водах, а только изменяют форму своего существования, сохраняются в ней

длительное время, даже после устранения источника загрязнения [4].

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

Одним из признаков, которые позволяют относить металлы к группе тяжелых, является их плотность. Согласно существующей классификации, к группе тяжелых металлов принадлежит более 40 элементов с высокой относительной атомной массой и относительной плотностью больше 6 г/см<sup>3</sup>, более десяти из которых признаны приоритетными загрязнителями окружающей среды. Наиболее ядовитыми являются ртуть, свинец и кадмий.

Повышение концентрации ТМ в живых организмах выше оптимального уровня вызывают серьезные заболевания гидробионтов и, следовательно, человека. Они способны вызывать мутагенез, канцерогенный эффект [5].

Наиболее объективными и надежными показателями загрязнения водоема является содержание тяжелых металлов в донных отложениях, которые отражают многолетние процессы накопления и трансформации вещества. По цепям питания они переходят в растения, беспозвоночных животных и к рыбам [6].

**Материалы и методы исследования.** Работа проведена в лаборатории мониторинга физико-химических загрязнений окружающей среды при Бирском филиале Баш. ГУ. Отбор проб воды проводили в соот-

ветствии 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 р. Белой в районе г. Бирск.

Подготовка минерализации проб на определение уровня содержания тяжелых металлов в органах и тканях рыб осуществляли методом сжигания в печи. Для определения концентрации содержания железа, цинка, меди, хрома и свинца в организме рыб использовали атомный адсорбционный прибор ААС-30.

**Результаты и обсуждение.** Исследовался уровень аккумуляции тяжелых металлов в мышечных тканях, сердце, печени, чешуе, жабрах и гонадах леща, судака, карася и стерляди. Для анализа было отобрано по 10 экземпляров каждого вида. Все исследуемые особи рыб обитали в р. Белой в зоне городской территории.

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. Белой, мг/кг**

Ткани и органы	Вид рыбы			
	Стерлядь (Acipenser ruthenus)	Карась (Carassius gibelio)	Лещ (Abramis brama)	Судак (Lusioperca lusioperca)
<b>Железо (ПДК = 30,0 мг/кг)</b>				
Мышцы	*48,4 ± 1,9	11,6 ± 0,1	12,7 ± 0,9	15,1 ± 0,7
Жабры	*91,7 ± 5,1	4,6 ± 0,6	2,10 ± 0,11	12,0 ± 1,3
Чешуя	21,3 ± 1,1	13,0 ± 0,7	12,2 ± 0,6	13,1 ± 0,7
Сердце	*38,5 ± 1,2	*46,3 ± 2,2	23,1 ± 2,	24,55 ± 1,62
Печень	*239,1 ± 10,7	*107,3 ± 4,3	*101,8 ± 2,3	*42,43 ± 1,23
Гонады	*39,6 ± 2,1	*43,2 ± 2,7	*41,2 ± 3,2	13,2 ± 0,4
<b>Цинк (ПДК = 40,0 мг/кг)</b>				
Мышцы	37,2 ± 1,8	4,0 ± 0,2	3,50 ± 0,17	14,51 ± 0,73
Жабры	29,6 ± 1,5	3,0 ± 0,2	2,60 ± 0,13	2,21 ± 0,11
Чешуя	6,50 ± 0,33	21,4 ± 1,1	21,9 ± 1,4	11,82 ± 0,59
Сердце	*50,1 ± 2,5	4,50 ± 0,25	4,70 ± 0,24	13,52 ± 0,68
Печень	*92,1 ± 4,6	6,2 ± 0,3	6,50 ± 0,34	20,0 ± 1,0
Гонады	16,60 ± 0,83	8,3 ± 0,4	8,5 ± 0,4	8,3 ± 0,4

Примечание: \* – превышение ПДК ионов металла в тканях и органах рыбы при p < 0,05; 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 стерляди показатели содержания ионов железа выше ПДК по всем параметрам (кроме чешуи), а у карася наблюдается превышение ПДК по этому показателю в сердце в 1,2 раза, в печени – в 3,6 и гонадах – в 1,4 раза. Превышение уровня ПДК ионов железа наблюдается в печени

у всех представителей, особенно у стерляди (в 8 раз).

Содержание ионов цинка в теле рыб превышает ПДК только у стерляди (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. Белая, мг/кг**

Ткани и органы	Вид рыбы			
	Стерлядь ( <i>Acipenser ruthenus</i> )	Карась ( <i>Carassius gibelio</i> )	Лещ ( <i>Abramis brama</i> )	Судак ( <i>Lusioperca lusioperca</i> )
<b>Медь (ПДК = 10,0 мг/кг)</b>				
Мышцы	1,1 ± 0,5	0,60 ± 0,03	0,63 ± 0,03	1,1 ± 0,3
Жабры	0,50 ± 0,03	0,50 ± 0,03	0,50 ± 0,03	0,50 ± 0,03
Чешуя	0,40 ± 0,02	0,40 ± 0,02	0,40 ± 0,02	0,40 ± 0,02
Сердце	0,70 ± 0,04	0,70 ± 0,04	0,70 ± 0,04	0,70 ± 0,04
Печень	1,50 ± 0,07	1,50 ± 0,07	1,50 ± 0,07	1,50 ± 0,07
Гонады	0,20 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,20 ± 0,01
<b>Хром (ПДК = 1,0 мг/кг)</b>				
Мышцы	0,47 ± 0,09	0,070 ± 0,004	0,060 ± 0,005	0,050 ± 0,003
Жабры	0,43 ± 0,01	0,041 ± 0,0023	0,060 ± 0,002	0,070 ± 0,002
Чешуя	0,30 ± 0,02	0,030 ± 0,002	0,030 ± 0,002	0,020 ± 0,001
Сердце	0,47 ± 0,031	0,60 ± 0,03	0,40 ± 0,02	0,50 ± 0,03
Печень	0,050 ± 0,003	0,080 ± 0,006	0,14 ± 0,02	0,77 ± 0,03
Гонады	0,040 ± 0,002	0,0040 ± 0,0002	0,0055 ± 0,0002	0,0040 ± 0,0001
<b>Свинец (ПДК = 1,0 мг/кг)</b>				
Мышцы	0,070 ± 0,004	0,60 ± 0,03	0,050 ± 0,003	0,040 ± 0,002
Жабры	0,030 ± 0,002	0,60 ± 0,04	0,60 ± 0,03	0,020 ± 0,001
Чешуя	0,020 ± 0,04	0,30 ± 0,02	0,057 ± 0,003	0,60 ± 0,03
Сердце	0,0050 ± 0,0003	0,10 ± 0,01	0,30 ± 0,02	0,60 ± 0,03
Печень	*1,30 ± 0,07	0,070 ± 0,004	0,10 ± 0,01	0,70 ± 0,04
Гонады	0,060 ± 0,0030	0,0040 ± 0,0002	0,0040 ± 0,0002	0,0050 ± 0,0003

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 стерляди). 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 всех видов рыб. Значительное содержание этого металла отмечено в жабрах и чешуе (соответственно 0,43 и 0,33 мг/кг), который активно участвуют в обменных процессах у рыб.

Независимо от видовой принадлежности рыбы в печени больше всего накапливается железо, в мышцах и в сердце – хром.

### Выводы

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

2. В органах и тканях исследованных рыб содержание свинца ниже предельно допустимого уровня, кроме стерляди. Наибольшее значение содержания ионов свинца в печени стерляди (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, гонадах и сердце стерляди. 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 всех 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 участием ионов железа и цинка в процессах кроветворения и энергетического обмена у рыб.

4. В следствии антропогенной нагрузки на р. Белая в районе промышленных городов 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.

Материал поступил в редакцию 01.12.2017 г.

#### Сведения об авторах

**Матвеева Алевтина Юрьевна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и экологии Бирского филиала БашГАУ; 452450, Республика Башкортостан, г. Бирск, ул. Интернациональная, 10; тел.: 7(347)8440402; e-mail: alevt.matveeva@yandex.ru

**Кутлин Николай Георгиевич**, доктор биологических наук, профессор кафедры биологии и экологии Бирского филиала БашГАУ; 452450, Республика Башкортостан, г. Бирск, ул. Интернациональная, 10; тел.: 7(347) 8440402; e-mail: cutlin@mail.ru

**Кардапольцева Дарина Геннадьевна**, магистрант 3 года обучения по направлению «Биология» Бирского филиала БашГАУ; 452450, Республика Башкортостан, г. Бирск, ул. Интернациональная, 10; тел.: 7(347)8440402; e-mail: kardapoltseva1991@mail.ru

**Муллагалиева Алсу Тависовна**, магистрант 2 года обучения по направлению «Биология» Бирского филиала БашГАУ; 452450, Республика Башкортостан, г. Бирск, ул. Интернациональная, 10; тел.: 7(347)8440402; e-mail: mullagalievaalsu@yandex.ru

**A.YU. MATVEEVA, N.G. KUTLIN, D.G. KARDAPOLJTSEVA, A.T. MULLAGALIEVA**

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

## THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC LOADING ON ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN THE ORGANS AND FABRICS OF COMMERCIAL FISH

*In the article there is considered the influence of heavy metals (HM) on the fish fauna of the river Belaya (Republic of Bashkortostan). The river flows near many industrial towns, their sewage gets directly into the reservoir. Exactly here the accumulation of biogenic elements, in particular heavy metals, takes place, their content may be highly toxically dangerous for both micro- and macro fauna and for the fish that is on the highest trophic level and is an important nutritious component for a human. The content of heavy metals (Fe, Zn, Cu, Cr, Pb) is determined in organs and fabrics of fish of families Carp (Cyprinidae), Sturgeon (Acipenseridae) and Perch (Percidae). The results of the analysis of heavy metals content are presented in muscles, heart, scale, liver and gonads. Dependence is observed*

*between the accumulation of heavy metals in organs and fabrics of the investigated fish and its habitat. There is given an assessment of the ecological state of the reservoir under the influence of anthropogenic loading.*

*Pollutants, heavy metals, bottom sediments, fish fauna, 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. Bakayeva, E.V. Morozova. – M.: Federal'naya Sluzhba Rossii po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchej sredy. 1994. – 129 s.

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

3. **Kuramshina N.G., Vinogradov G.D., Matveeva A.Yu.** Harakteristika promyslovogo 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. – M.: Agrokonsalt, 2002. – 198 s.

5. **Kuramshina N.G., Topuria G.M., Matveeva A.Yu.** Otsenka vliyaniya tseolitov na postuplenie supertoksikantov v organism karpa. Orenburg. // *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.

The material was received at the editorial office  
01.12.2017

### Information about the authors

**Matveeva Valentina Yurjevna**, candidate of biological sciences, associate professor of the chair of biology and ecology of the Birsk branch of BashSAU; 452450, Republic of Bashkortostan, Birsk, ul. Internatsional'naya, 10; tel.: 7(347)8440402; e-mail: alevt.matveeva@yandex.ru

**Kutlin Nikolaj Georgievich**, doctor of biological sciences, professor of the chair of biology and ecology of the Birsk branch of BashSAU; 452450, Republic of Bashkortostan, Birsk, ul. Internatsional'naya, 10; tel.: 7(347)8440402; e-mail: cutlin@mail.ru

**Kardapoltseva Darina Gennadjevna**, undergraduate of the 3<sup>rd</sup> year on the direction «Biology» of the Birsk branch of BashSAU; 452450, Republic of Bashkortostan, Birsk, ul. Internatsional'naya, 10; tel.: 7(347)8440402; e-mail: kardapoltseva1991@mail.ru

**Mullagalieva Alsu Tavisovna**, undergraduate of the 2<sup>nd</sup> year on the direction «Biology» of the Birsk branch of BashSAU; 452450, Republic of Bashkortostan, Birsk, ul. Internatsional'naya, 10; tel.: 7(347)8440402; e-mail: mullagalievaalsu@yandex.ru