

Н. Г. Курамшина (д.б.н., проф.)¹, Э. А. Тимофеев (магистрант)¹,
Э. М. Курамшин (д.х.н., проф.)², У. Б. Имашев (д.х.н., проф., акад. АН РБ, зав. каф.)²,
Г. В. Карпова (д.б.н., проф.)³

БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОСНОВНЫХ ВОДОТОКОВ БАШКОРТОСТАНА

Уфимский государственный нефтяной технический университет,

¹ кафедра охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов
450022, г. Уфа, ул. Акназарова, 24; тел. (347)2285796, e-mail: n-kuramshina@mail.ru

² кафедра физической и органической химии

450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; тел. (347)2420855, e-mail: corw2000@gmail.ru

³ Оренбургский государственный университет,

кафедра биологии и почвоведения

460018, г. Оренбург, проспект Победы, 13; тел. (353)2372483, e-mail: GVKarpova@mail.ru

N. G. Kuramshina¹, E. A. Timofeev¹, E. M. Kuramshin², U. B. Imashev², G. V. Karpova³

BIOGEOCHEMICAL ASSESSMENT OF THE STATE FOR THE MAIN WATERCOURSES IN BASHKORTOSTAN

Ufa State Petroleum Technological University

¹ 24, Aknazarova St., 450022, Ufa, Russia; ph. (347)2285796, e-mail: n-kuramshina@mail.ru

² 1, Kosmonavtov St., 450062, Ufa, Russia; ph. (347)2420855, e-mail: corw2000@gmail.ru

³ Orenburg State University

13, Prospekt Pobedy St., 460018, Orenburg, Russia; ph. (353)2372483; e-mail: GVKarpova@mail.ru

Для оценки экологического состояния водных объектов Башкортостана изучена биоаккумуляция соединений тяжелых металлов (ТМ) типичными представителями ихтиофауны р. Белая, Уфа, Дема (лещ, судак, стерлядь, окунь, щука). Полученные данные свидетельствуют о невысокой концентрации соединений ТМ в мышцах исследованных рыб, значения которых существенно ниже предельно-допустимого уровня и практически соответствуют физиологическим нормам. Исследование комплекса гематологических и биохимических показателей крови (число эритроцитов, скорость оседания эритроцитов, содержание гемоглобина, число лейкоцитов, концентрация общего белка, содержание креатинина, холестерина, глюкозы) свидетельствуют об удовлетворительном физиологическом состоянии организма рыб.

Ключевые слова: гематологические и биохимические показатели крови; качество среды обитания; малые реки; рыбы; тяжелые металлы.

Для оценки экологического состояния водных экосистем и их загрязнения тяжелыми металлами (ТМ), органическими веществами в качестве тест-объектов рекомендуется использовать гидробионты (планктон, бентос, макро-

To assess of the ecological status of water bodies of the Bashkortostan Republic bioaccumulation of heavy metals (HM) typical representatives of the ichthyofauna of the river Belaya, Ufa, Dyoma (bream, perch, sturgeon, perch, pike) are studied. The data indicate low concentrations of HM compounds in the muscles of the studied fish whose values significantly below the maximum permissible level, and almost correspond to physiological norms. The study of complex hematological and biochemical parameters of blood (number of erythrocytes, erythrocyte sedimentation rate, hemoglobin, white blood cell count, total protein concentration, creatinine, cholesterol, glucose) evidence satisfactory physiological state of fish.

Key words: fish; heavy metals; hematological and biochemical parameters of blood; physiological state of fish.

фиты, рыбы)¹. Рыбы — перемещающиеся животные, они представляют верхнее звено пищевой цепи водоема, и присутствующие в воде ТМ накапливаются в них. Поэтому результаты обследования рыб информируют об усредненной токсичности всего района обитания. Тяже-

Дата поступления 28.12.16

лые металлы оказывают разнообразное негативное действие на состояние гидробионтов, вызывая изменение гематологических и биохимических показателей крови. Знания о количествах токсичных металлов в мышечной ткани имеют большое значение, т.к. рыбы являются одним из компонентов пищевого рациона населения, и избыточное содержание тяжелых металлов в рыбопродуктах, в конечном итоге, отражается на здоровье человека как потребителя продукции^{1–3}.

Изучение гидрохимического состава поверхностных вод р. Белая и ее притоков (р. Уфа, Дема) показало, что они загрязнены соединениями меди, цинка, никеля, марганца и железа^{2,3}. В среднем течении изученных водотоков отмечено превышение концентрации ТМ (C_{TM}) соответствующих значений ПДК ($C_{TM}/ПДК$): для меди – до 3.0; марганца – до 8.0; железа – до 1.2. Для соединений цинка и никеля превышение нормативных показателей не характерно ($C_{TM}/ПДК = 0.2–0.3$)⁴.

Целью настоящей работы явилось изучение биоаккумуляции ТМ рыбами, выловленными в среднем течении р. Белая, Уфа, Дема, установление гематологических, биохимических показателей крови рыб для характеристики их экологического состояния и на этой основе оценки качества среды обитания.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали рыбы из р. Белая (лещ, окунь, судак, стерлядь), р. Дема (щука, лещ, судак), р. Уфа (стерлядь).

Концентрацию ТМ (марганец, железо, цинк, медь) в мышечной ткани рыб устанавливали методом атомно-абсорбционной спектрометрии (ГОСТ 26929-94, 30178-96).

Гематологические показатели крови. Форменные элементы крови изучали в камере Горяева. Реакцию оседания эритроцитов проводили с помощью аппарата Панченкова. Гемоглобин определяли гемометром Сали, лейкоциты – унифицированным методом при помощи микроскопа^{4,5}.

Биохимические показатели крови. Общих холестерин анализировали с помощью биохимического анализатора «Ensor-11», метод CHOD-PAP. Глюкозу и креатинин определяли, используя набор фирмы «Ремикс», метод Поппера. Для определения концентрации общего белка в сыворотке крови применяли унифицированный метод В.В. Меньшикова^{4,5}.

Статистическую обработку полученных результатов проводили общепринятыми методами вариационной статистики в соответствии с рекомендациями Г.Ф. Лакина⁶ с использованием программы Microsoft Excel. Достоверную вероятность устанавливали с учетом числа наблюдений по таблице Стьюдента. Различия считали достоверными при $P < 0.05$.

Результаты и их обсуждение

Поверхностные воды р. Белая и ее притоков загрязнены соединениями меди, цинка, марганца и железа. Значения концентраций соединений меди и цинка соизмеримы: 1.19–2.50 и 2.22–2.40 мкг/дм³, подобное наблюдается для соединений железа и марганца: 2.50–127 и 73.9–81.4 мкг/дм³. Превышение значений ПДК, характерное для железа, марганца и меди, составляло 1.3, 8.2 и 2.5 раза соответственно. Последовательность изменения содержания соединений ТМ в водах р. Белая может быть выражена следующим рядом: $Fe > Mn > Cu > Zn$ ⁴.

Результаты изучения биоаккумуляции ТМ в мышечной ткани леща, судака, окуня, стерляди, щуки в среднем течении р. Белая, Уфа, Дема представлены в табл. 1. Полученные данные свидетельствуют о невысокой концентрации соединений ТМ в мышцах исследованных рыб, значения которых существенно ниже предельно-допустимого уровня (ПДУ) и практически соответствуют физиологическим нормам. Убывающие ряды концентраций ТМ в тканях рыб могут быть представлены следующим образом (табл. 1):

р. Белая (лещ, судак): $Fe > Mn > Zn > Cu$; (окунь): $Fe > Mn > Cu > Zn$; (стерлядь): $Mn > Fe > Cu > Zn$;

р. Уфа (стерлядь): $Fe > Mn > Zn > Cu$;

р. Дема (щука): $Fe > Zn > Mn > Cu$.

Морфофизиологические особенности реакции организма при негативном влиянии внешней среды могут быть использованы для оценки ее состояния. У разных видов рыб количество эритроцитов колеблется в широких пределах $(0.7 – 3.5) \cdot 10^{12}/л$ ⁷. В перечне основных физиологических констант сельскохозяйственных животных указан диапазон изменения числа эритроцитов в крови рыб, который составляет $(1.5–2.5) \cdot 10^{12}/л$ ⁸. Настоящими исследованиями установлено, что показатели содержания эритроцитов у исследованных рыб соответствуют физиологическим нормативам (табл. 2), эти результаты свидетельствуют о

том, что в здоровой среде развивается активная рыба.

В списке гематологических показателей для скорости оседания эритроцитов (СОЭ) в крови рыб принята величина, равная 4.0 мм/ч⁸. Значения СОЭ, определенные для леща и стерляди, близки к нормативным значениям (табл. 2). Наблюдаемое замедление СОЭ у судака (2.0 мм/ч), выловленного на участке реки ниже Давлекановской МГЭС, указывает на патологические изменения в его организме, связанные с загрязнением данного участка р. Дема стоками г. Давлеканово.

Известно, что средние концентрации гемоглобина у костных рыб (40–147 г/л) значительно превышают таковые у хрящевых рыб (17–58 г/л)⁷. В списке физиологических констант, принятых для рыб, содержание гемоглобина в норме изменяется в интервале 70–120 г/л⁸. Уменьшение содержания гемоглобина в крови рыб при сравнении с нормативными значениями свидетельствуют об анемии. Согласно результатам, полученным в работе (табл. 2), концентрация гемоглобина в

крови леща, судака и стерляди изменяется в интервале 82.0–91.3 г/л и соответствует нижней границе нормативных показателей^{7,8}.

Лейкоциты содержатся в крови рыб в значительно меньших количествах по сравнению с эритроцитами. Лейкоциты, выполняя защитную функцию, предотвращают проникновение бактерий в организм рыб; в норме их число может изменяться в интервале $(40–100) \cdot 10^9/\text{л}$. Исследование крови леща, судака, выловленных в р. Дема в зоне влияния г. Давлеканово и стерляди из р. Уфа в условно чистом участке в районе пос. Павловка показало, что число лейкоцитов в крови рыб изменяется незначительно: $(40–60) \cdot 10^9/\text{л}$ (табл. 2) и соответствует физиологическим нормам^{7,8}.

Содержание общего белка в плазме крови исследованных рыб (24.3–54.0 г/л) (табл. 2) соответствует установленным нормам (25.0–70.0 г/л) и является благоприятным признаком, поскольку значительные потери белка могут вызвать снижение жизнестойкости и возможную гибель рыб.

Таблица 1

Содержание микроэлементов в мышечной ткани рыб р. Белая и ее притоков

Пункты вылова, (рыба)	Концентрация ТМ в мышечных тканях рыб, мг/кг			
	Медь	Цинк	Марганец	Железо
р. Белая, Бирск:				
Лещ	2.10±0.53	2.31±0.22	12.4±1.0	59.0±0.3
Судак	2.65±0.23	3.30±0.06	13.7±1.2	11.6±0.1
Окунь	3.70±0.20	2.10±0.20	8.4±0.9	12.8±0.2
Стерлядь	1.65±0.11	1.56±0.21	7.8±0.6	3.9±0.6
р. Уфа				
Павловка: стерлядь	2.50±0.40	4.71±0.72	4.7±0.6	41.7±3.6
Устье р. Уфа: стерлядь	3.10±0.30	6.10±0.76	4.6±0.6	23.5±3.4
р. Дема				
Выше впадения р. Мияки: щука	0.41±0.06	20.37±3.11	11.4±1.7	31.6±4.8
Ниже впадения р. Мияки: щука	0.35±0.05	8.78±1.32	1.4±0.2	24.3±3.1
Ниже Давлекановской МГЭС: щука	0.50±0.07	11.24±1.73	3.7±0.3	27.1±4.0
Устье р. Дема: щука	0.42±0.06	14.35±2.24	4.3±0.6	26.7±3.2
ПДУ (СанПиН 2.3.2.560-96)	10.0	40.0	10.0	–
Физиологическая норма ^{7,8}	0.30	7.80	7.37	22.72

Таблица 2

Гематологические и биохимические показатели крови рыб

Показатели	Лещ*	Судак*	Стерлядь**	Физиологические нормативы ^{5,7,8}
Число эритроцитов, $\text{п} \cdot 10^{12}/\text{л}$	1.1±0.2	2.3±0.2	2.6±0.1	1.5–2.5
Скорость оседания эритроцитов, мм/ч	4.0±0.3	2.0±0.2	4.2±0.5	3.6–4.5
Гемоглобин, г/л	82.3±3.4	91.3±2.8	90.0±5.0	70–120
Число лейкоцитов, $\text{п} \cdot 10^9/\text{л}$	44.0±0.3	60.0±1.2	40.0±3.6	40–100
Общий белок сыворотки, г/л	24.3±1.8	45.7±2.1	54.0±7.2	25.0–70.0
Креатинин, ммоль/л	26.3±2.4	30.6±2.7	26.0±3.1	26.0–30.0
Холестерин, ммоль/л	3.5±0.1	8.7±0.1	2.6±0.3	7.5–10.5
Глюкоза, ммоль/л	1.9±0.1	1.9±0.3	3.7±0.3	2.0–11.0

*р. Дема, район г. Давлеканово; **р. Уфа, район п. Павловка

Показатели содержания креатинина в крови рыб (лещ, судак, стерлядь: 26.0–30.6 мкмоль/л) согласуются с нормативными значениями (табл. 2).

Низкий уровень холестерина, обнаруженный у леща из р. Дема (3.5 ммоль/л) и стерляди из р. Уфа (2.6 ммоль/л), может быть связан как с уменьшением кормовой базы животного происхождения, так и ухудшением работы печени вследствие токсического действия поступающих загрязнителей. Для хищной рыбы – судака (р. Дема) это не характерно (табл. 2).

В отличие от высших позвоночных животных, у которых содержание глюкозы в крови изменяется в узких пределах, у рыб эти диапазоны могут быть значительными, например, у стерляди: 2.0–11.1 ммоль/л⁷. Как следует из полученных данных, концентрация глюкозы в крови исследованных рыб, выловленных в водах р. Дема и Уфа, изменяется в интервале 1.9–3.7 ммоль/л и близка к нижнему значению нормативных показателей (табл. 2). На-

блюдаемое, по-видимому, связано с напряженными экологическими условиями, связанными с загрязнениями поверхностных вод тяжелыми металлами, приводящими к изменению физиологического состояния рыб, к снижению концентрации глюкозы и, как следствие, к снижению активности рыб.

Таким образом, изучение накопления тяжелых металлов типичными представителями ихтиофауны р. Белая, Уфа, Дема (лещ, судак, стерлядь, окунь, щука) показало невысокую концентрацию ТМ в мышечной ткани исследованных рыб, значения которых практически соответствуют физиологическим нормам.

Исследование комплекса гематологических и биохимических показателей крови рыб свидетельствовало о нормальном физиологическом состоянии организма. Совокупность полученных результатов позволила оценить экологическое состояние основных водотоков Башкортостана как удовлетворительное.

Литература

1. Курамшина Н.Г., Имашев У.Б. Геохимическое, эколого-социальное состояние основных техногенных зон Башкортостана. – Уфа: Гилем, 2013. – 236 с.
2. Курамшина Н.Г., Халимов Р.Ф. Оценка экологического риска поверхностных вод реки Уфа в районе промышленного технополиса // Проблемы региональной экологии. – 2011. – №1. – С.16-20.
3. Сафина Г.И., Курамшина Н.Г., Николаева Т.И., Курамшин Э.М. Геохимическая характеристика экологического состояния поверхностных вод малых рек Республики Башкортостан (р. Дема) // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. – 2012. – №1(18). – С.70-77.
4. Меньшиков В.В. Справочник по лабораторным методам исследования. – М.: Медицина, 1995. – 321 с.
5. Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 184 с.
6. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1973. – 348 с.
7. Строганов Н.С. Элементы водных экосистем. – М.: Наука, 1978. – 150 с.
8. Лукьяненко В.И. Экологическая физиология и биохимия рыб. – Ярославль, 1988. – 260 с.

References

1. Kuramshina N.G., Imashev U.B. *Geokhimicheskoye, ekologo-sotsial'noye sostoyaniye osnovnykh tekhnogennykh zon Bashkortostana* [Geochemical, ecological and social status of the main technogenic zones of Bashkortostan]. Ufa, Gilem Publ., 2013, 236 p.
2. Kuramshina N.G., Khalimov R.F. *Otsenka ekologicheskogo riska poverkhnostnykh vod reki Ufa v rayone promyshlennogo tekhnopolisa* [Assessment of the ecological risk of surface waters in the Ufa River in the industrial technopolis]. *Problemy regional'noy ekologii* [Problems of regional ecology], 2011, no.1, pp.16-20.
3. Safina G.I., Kuramshina N.G., Nikolayeva T.I., Kuramshin E.M. *Geokhimicheskaya kharakteristika ekologicheskogo sostoyaniya poverkhnostnykh vod malykh rek Respubliki Bashkortostan (r. Dyoma)* [Geochemical characteristics of the ecological state of surface waters of small rivers of the Republic of Bashkortostan (the river Dyoma)]. *Problemy biogeokhimii i geokhimicheskoy ekologii* [Problems of biogeochemistry and geochemical ecology], 2012, no.1(18), pp.70-77.
4. Men'shikov V.V. *Spravochnik po laboratornym metodam issledovaniya* [Handbook of laboratory methods of research]. Moscow, Meditsina Publ., 1995, 321 p.
5. Ivanova N.T. *Atlas kletok krovi ryb* [Atlas of blood cells of fish]. Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost' Publ., 1983, 184 p.
6. Lakin G.F. *Biometriya* [Biometric]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1973, 348 p.
7. Stroganov N.S. *Elementy vodnykh ekosistem* [Elements of aquatic ecosystems]. Moscow, Nauka Publ., 1978, 150 p.
8. Luk'yanenko V.I. *Ekologicheskaya fiziologiya i biokhimiya ryb* [Ecological physiology and biochemistry of fish]. Yaroslavl', 1988, 260 p.