

**Курамшина Н.Г.¹, Нуртдинова Э.Э.¹, Назыров А.Д.¹, Виноградов Г.Д.²,
Матвеева А.Ю.², Богатова О.В.³**

¹Уфимский государственный университет экономики и сервиса

²Бирский филиал Башкирский государственный университет

³Оренбургский государственный университет

E-mail: n-kuramshina@mail.ru

ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЫБ МАЛЫХ РЕК ЮЖНОГО УРАЛА

Результаты исследования содержания тяжелых металлов в мышечной ткани рыб, а также гематологические и биохимические показатели крови рыб, выловленных на различных участках р. Дема, свидетельствует о нормальном физиологическом состоянии и указывает на удовлетворительное качество природных вод, пригодных для обитания и развития.

Ключевые слова: ихтиофауна, тяжёлые металлы, физиология крови рыб, малые реки.

В современных условиях малые реки Башкортостана, протекая по территории с жилой и производственной застройкой, испытывают сильнейшее антропогенное воздействие. Интенсивная хозяйственная деятельность, связанная с вырубкой лесов в верховьях рек, незаконной выборкой песчано-гравийной смеси из русел в их нижнем течении, приводит к уменьшению водности и ухудшению формирования стока. Загрязнение водоёмов негативно влияет на состояние гидробионтов, особенно это актуально для рыб, которые замыкают пищевую цепь [1, 2]. В результате техногенного загрязнения поверхностных вод в р. Дема исчез пескарь, составляющий основу питания хищных рыб – окуня, судака, щуки и других. Это привело к нарушению трофических связей и уменьшению биомассы ихтиофауны [3-4, 7].

Рыбы завершают трофические цепи водоема и накапливают тяжелые металлы (ТМ), содержащиеся в воде, донных осадках, в фито- и зоопланктоне, в фито- и зообентосе, отражая гидрогеохимические условия и степень загрязнение водоемов [1-5,8].

При оценке состояния рыб важное место занимают гематологические и биохимические исследования крови. Это чувствительный и информативный индикатор состояния защитных сил организма животных [5-6, 9]. Она быстро реагирует на действие различных неблагоприятных факторов и может служить одним из ранних показателей нарушения состояния рыб при загрязнении среды обитания. Это позволяет не только оценивать и прогнозировать экологические последствия нарушения качества водной среды, но и разрабатывать методы оптимизации рыбной продукции в водоёмах [3-4, 7].

Целью работы являлось изучение уровня содержания тяжелых металлов (Zn, Cu, Ni, Mn) в мышечных тканях и физиологические показатели крови рыб на различных участках р. Дема для оценки экологического состояния водотока.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования являлись рыбы р. Дема (левый приток р. Белая), выловленные на участках верхнего, среднего течений и устья реки (рис.). Для исследования была выбрана щука (*Esox Lucius L.* – рыба с хищным типом питания). Определение тяжелых металлов (Zn, Cu, Ni, Mn) в мышечной ткани рыбы проводилось в аттестованной лаборатории Центра ФГУЗ «ЦГЭ в РБ» методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии на приборе «Квант-2А», согласно требованиям ГОСТ 30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов». Для характеристики уровня содержания ТМ в тканях рыбы полученные концентрации сравнивали с соответствующими санитарно-гигиеническими нормативами по СанПиН 2.3.2.560-96 «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов». Гематологические и биохимические характеристики крови рыб изучали на примере мирной рыбы – леща (*Abramis brama*) и хищной – судака (*Lucioperca lucioperca*) по стандартным методикам [6, 9-10].

Результаты и обсуждение. В организм рыб загрязняющие вещества проникают осмотически – через жабры и кожу. Однако для устойчивых токсикантов, с низкой растворимостью в воде, пищевой путь накопления является основ-

ным. Следует отметить, что факторы окружающей среды и биологические характеристики организма влияют на активность накопления в нем загрязняющих веществ [1-2, 8].

Результаты исследования содержания тяжелых металлов (Zn, Cu, Ni, Mn) в щуке р. Дема представлены в таблице 1.

Последовательный ряд убывания содержания ТМ в мышечных тканях рыбы р. Дема имеет следующий вид:

выше впадения р. Мияки – Zn > Mn > Ni > Cu
ниже впадения р. Мияки – Mn > Zn > Cu > Ni
ниже Давлекановской МГЭС – Zn > Mn > Cu > Ni
ниже п. Чишмы – Zn > Mn > Cu > Ni
устье р. Дёма – Zn > Mn > Cu > Ni

Характер распределения концентрации ТМ в образцах рыб в большинстве участков вылова рыбы практически совпадает. Лишь в пунктах 1, 2 (выше и ниже впадения р. Мияки) имеются различия в ряду для марганца и меди.

Содержание цинка в мышечной ткани рыб р. Дема изменяется от 8,78 до 20,37 мг/кг и не превышает допустимый уровень концентрации металла (40 мг/кг). Максимальное значение концентрации цинка, превышающее физиологическую норму (17,80 мг/кг), было отмечено в рыбах, выловленных выше впадения р. Мияки.

Во всех местах р. Дема содержание меди в мышечной ткани щуки варьировало незначительно (от 0,35 до 0,50 мг/кг), существенно уступая величине ПДУ (10 мг/кг), была близко к показателю физиологической нормы (0,3 мг/кг) [5, 8].

Концентрация никеля в мышечной ткани щуки в большинстве пунктов изученного участка р. Дема изменялась в интервале 0,11-0,28 мг/кг и соответствовала нормативным показателям. При этом в образцах рыб, выловленных в верховье р. Дема (пункт 1), содержание никеля (1,1 мг/кг), значительно превышало соответствующие значения ПДУ (0,5 мг/кг) и физиологической нормы (0,34 мг/кг) [6, 8].

Физиологические особенности реакции организма рыб были использованы для оценки её состояния. В связи с этим исследованы гематологические и биохимические показатели крови мирных и хищных рыб (лещ – *Abramis brama*, судак – *Luciopeca luciopeca*, соответственно), отловленных у города Давлеканово (табл. 2).

Кровь рыб мало отличается по составу от других позвоночных животных. Форменными элементами крови являются эритроциты, лейкоциты и тромбоциты. По объему эритроциты занимают 41-43 % по отношению к плазме крови. Для разных видов рыб количество эритроцитов изменяется в широких пределах: у пресноводных – $(0,7-3,5) \cdot 10^{12}/л$ [7, 12]. Установлено, что количество эритроцитов в крови леща и судака составляет $1,1 \times 10^{12}$ и $2,0 \times 10^{12}/л$, соответственно и согласуется с нормативными физиологическими параметрами (табл. 2). При этом имеет место связь между общей активностью рыбы и количеством эритроцитов, более активные (хищные) рыбы имеют больше эритроцитов. Это находит подтверждение в показателях скорости оседания эритроцитов (СОЭ), значение СОЭ судака значительно больше, чем у леща, что объясняется более активным образом жизни.

Содержание гемоглобина также является одним из индикаторов физиологического состояния рыб. Его высокий уровень обеспечивает более интенсивные обменные процессы и широкие возможности для выживания в неблагоприятных условиях. Исследования показали, что уровни гемоглобина в крови леща и судака близки (82,3 и 91,3 г/л, соответственно) и согласуются нормативными показателями (70-120 г/л).

Лейкоциты рыб отличаются большим разнообразием. У большинства видов рыб в крови имеются зернистые (нейтрофилы, эозинофилы) и незернистые (лимфоциты, моноциты) формы лейкоцитов. Преобладают лимфоциты, на их долю приходится до 80-95%, содержание нейтрофилов не превышает 20%, моноцитов – составляет 0,5-10%, эозинофилы встречаются редко. Количество лейкоцитов зависит от сезона, летом оно повышается и понижается зимой в связи со снижением интенсивности обменных процессов [4]. Число лейкоцитов у исследованных рыб – $(44,0$ и $60,0) \times 10^9/л$. У хищного судака лейкоцитов больше на 36%, но соответствует физиологическим нормам $(20-60) \times 10^9/л$ (табл. 2) [9, 10].

Белки плазмы выполняют многообразные функции: обеспечивают оптимальную вязкость крови и водный баланс организма, является резервом для построения тканевых белков, осуществляют перенос биологически-активных веществ, участвуют в регуляции кислотно-

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани хищных рыб (щука)

Пункты вылова рыбы	Концентрация ТМ в мышечной ткани рыбы, мг/кг					
	Цинк		Медь		Никель	
	М±m	К	М±m	К	М±m	К
1	20,4±5,3	0,51	0,41±0,3	0,04	1,10±0,1	2,2
2	8,8±2,7	0,22	0,35±0,2	0,03	0,28±0,2	0,5
3	11,2±3,4	0,28	0,50±0,3	0,05	0,18±0,1	0,3
4	12,3±3,6	0,31	0,50±0,3	0,05	0,12±0,1	0,2
5	14,4±4,1	0,35	0,42±0,3	0,04	0,11±0,1	0,2
ПДУ*, мг/кг	40,0		10,0		0,5	
Физиологическая норма, мг/кг	17,80		0,30		0,34	

*ПДУ – предельно допустимые уровни концентраций металлов в мышцах рыб по СанПиН 2.3.2.560-96

Таблица 2. Гематологические и биохимические показатели крови леща (*Abramis brama*) и судака (*Lucioperca lucioperca*)

Показатели	Виды рыб		Физиологическая норма*
	лещ	судак	
Число эритроцитов, $\cdot 10^{12}/л$	1,1±0,1	2,3±0,2	1,5-2,5
Скорость оседания эритроцитов (СОЭ), мм/ч	4,0±0,3	2,0±0,2	3,6-4,5
Гемоглобин, г/л	82,3±3,4	91,3±2,8	70-120
Число лейкоцитов, $\cdot 10^9/л$	44,0±1,4	60,0±1,2	20-60
Общий белок, г/л	24,3±1,8	45,7±2,1	25-70
Холестерин, ммоль/л	3,5±0,1	8,7±0,2	7,5-10,5
Глюкоза, ммоль/л	1,9±0,1	1,9±0,3	2,0-11,0
Креатинин, мкмоль/л	26,3±2,4	30,6±2,7	26-30

*Примечание: физиологическая норма по данным [6], [11]–[12]

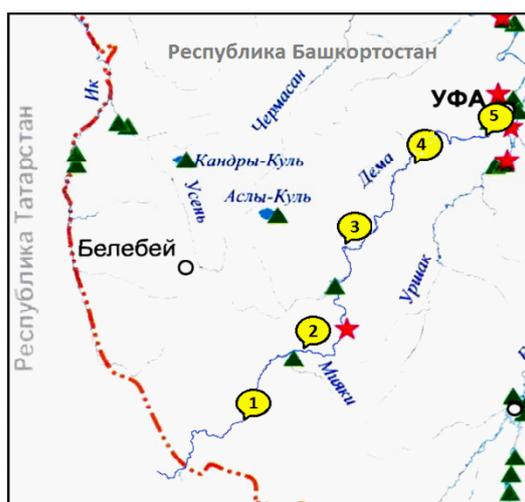


Рисунок. Пункты вылова рыбы р. Дема:
 1 – выше впадения р. Мияки; 2 – ниже впадения р. Мияки; 3 – ниже Давлекановской МГЭС;
 4 – ниже п. Чишмы;
 5 – устье реки (г. Уфа)

щелочного равновесия, выполняют защитные функции [9, 10]. Исследование показало, что содержание общего белка в плазме крови различается (24,3 и 45,7 г/л), соответственно у леща и судака. Возможно это обусловлено разницей в пищевой обеспеченности этого вида и скоростью метаболизма, но в целом результаты согласуются с физиологическими нормами (25-70 г/л) (табл. 2).

Снижение содержания холестерина в крови часто происходит вследствие уменьшения кормовой базы животного происхождения или в результате ухудшения работы печени из-за токсического действия загрязнителей. Проведенное исследование показало различие уровня холестерина в крови мирных и хищных рыб: лещ – 3,5; судак – 8,7 ммоль/л. Эти результаты не выходят за пределы нормативных показателей (7,5-10,5 ммоль/л). Патология печени и интокси-

кация у изученных рыб не наблюдалась. Одним из информативных биохимических показателей физиологического состояния живых организмов является содержание глюкозы. У исследованных рыб эти значения близки к нижней границе физиологической нормы (2,0-11,0 ммоль/л).

Повышение концентрации креатинина в крови является свидетельством почечной недостаточности, а снижение – может быть следствием нарушения кормовой базы. При проведении исследований отклонение данного показателя у рыб (лещ – 26,3 и судак – 30,6 мкмоль/л) от со-

ответствующих физиологических нормативов (26-30 мкмоль/л) не обнаружено.

Таким образом, исследования по содержанию ряда тяжелых металлов в мышечной ткани рыб, а также совокупность полученных гематологических и биохимических показателей крови рыб, выловленных на различных участках р. Дема (приток р. Белая), свидетельствует об удовлетворительном физиологическом состоянии, что указывает на удовлетворительное состояние и возможности самоочищения природных вод.

11.02.2015

Работа выполнена при поддержке гранта РГНФ № 12-16-02005

Список литературы:

1. Попова Н.В., Маркова Л.Н. Комплексная оценка качества воды Нижней Лены и содержание тяжелых металлов в мышечной ткани промысловых рыб // Роль аграрной науки в развитии сельскохозяйственного производства Якутии: сб. материалов науч.-произв. конф. – Новосибирск: Агрос, – 2007. – С.225-228.
2. Курамшина Н.Г., Курамшин Э.М., Николаева С.В. Биоаккумуляция ТМ в рыбе водных объектов РБ // Сборник научных трудов международной НПК «Экологическая безопасность и охрана природной среды» в рамках экологического форума и специализированной выставки «Уралэкология. Промышленная безопасность – 2012» Уфа. – 2012. – С. 91-94.
3. Курамшина Н.Г., Бикташева Ф.Х., Аминова Ф.А. Современное состояние промышленного рыболовства в Республике Башкортостан // Рыбное хозяйство – №5 – 2008. – С. 54-56.
4. Курамшина Н.Г., Имашев У.Б. Геохимическое, эколого-социальное состояние основных техногенных зон Башкортостана. Уфа: Гилем. – 2013. 236 с.
5. Егошина Т.Л., Шихова Л.Н., Лисицын Е.М., Жиряков А.С. Накопление тяжелых металлов в водных экосистемах разной степени загрязненности // Проблемы региональной экологии. – №2, – 2007. – С. 17-23.
6. Филенко О.Ф., Михеева И.В. Основы водной токсикологии. – М.: Колос. – 2007. 142 с.
7. Строганов Н.С. Экологическая физиология рыб. М.: 1962. Т.1. 427с.
8. Евтушенко Н.Ю., Малышева Т.Д., Шаповал Т.П. Закономерности поступления в организм и накопление тяжелых металлов в тканях рыб // Тезисы докладов I Всероссийской конференции по рыбохозяйственной токсикологии. Рига, – 1988. – Ч. 2. – С. 132-133.
9. Рудницкая О.А., Житенёва Л.Д., Сергеева С.Г. Использование гематологического метода для определения нарушений физиологического статуса производителей судака и тарани. // Экологические проблемы Кубани, – 2001. – №12. – С.198-201.
10. Назыров А.Д., Курамшина Н.Г. Биоаккумуляция тяжелых металлов, диоксинов и их влияние на гематологические, биохимические показатели гидробионтов р. Уфа. // Биологические науки в XXI веке. Сборник научных трудов II Международной НПК – Бирск, – 2008. – С.133-137.
11. Аминова Ф.А., Курамшина Н.Г. Биоаккумуляция тяжелых металлов (Cu, Cd, Zn, Pb) в мышцах и органах плотвы (*Rutilus rutilus*) // Сборник научных трудов IV международной НПК «Актуальные экологические проблемы». – Уфа: изд-во: БирГСПА, – 2009. – С. 7-8.
12. Кудрявцев А.А., Кудрявцева Л.А., Привольнев Т.И. Гематология животных и рыб. М.: Колос. – 1969. 320с.
13. Яржомбек А.А. Справочник по физиологии рыб. М.: Агропромиздат. – 1986. 428с.

Сведения об авторах:

Курамшина Наталья Георгиевна, профессор кафедры охраны окружающей среды и рационального природопользования Уфимского государственного университета экономики и сервиса, доктор биологических наук, профессор

Нуртдинова Элеонора Энсовна, магистрант кафедры охраны окружающей среды и рационального природопользования Уфимского государственного университета экономики и сервиса

Назыров Айрат Дамирович, доцент кафедры охраны окружающей среды и рационального природопользования Уфимского государственного университета экономики и сервиса, кандидат биологических наук

450078, г. Уфа, ул. Чернышевского, 145, e-mail: n-kuramshina@mail.ru

Виноградов Геннадий Дмитриевич, старший преподаватель кафедры общей биологии и экологии Бирского филиала Башкирского государственного университета, кандидат биологических наук, e-mail: vinogradov-bgspsa@mail.ru

Матвеева Алевтина Юрьевна, доцент кафедры общей биологии и экологии Бирского филиала Башкирского государственного университета, кандидат биологических наук, e-mail: vinogradov-bgspsa@mail.ru

Богатова Ольга Викторовна, заведующий кафедрой биотехнологии животного сырья и аквакультуры Оренбургского государственного университета, профессор, e-mail: bov@mail.osu.ru
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13