

На правах рукописи



Ардаширова Гузалия Ильгизовна

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
В СИСТЕМЕ «ВОДА – ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ – ИХТИОФАУНА»
(р. ДЁМА, БАШКОРТОСТАН)**

Специальность 03.02.08 – экология (биология)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Владимир – 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

Научный руководитель: **Курамшина Наталья Георгиевна**
доктор биологических наук

Официальные оппоненты: **Синдирева Анна Владимировна**
доктор биологических наук, ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина», профессор кафедры экологии, природопользования и биологии

Ильязов Роберт Гиниятуллович
доктор биологических наук, профессор, член корреспондент ГНБУ «Академия наук Республики Татарстан», ученый секретарь Отделения сельскохозяйственных наук ГНБУ «Академия наук Республики Татарстан»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»

Защита состоится «__» _____ 2016 года в __. __ часов на заседании диссертационного совета Д 212.025.07 при ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, ВлГУ.

Сайт: <http://www.vlsu.ru/>

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВлГУ.

Отзывы на реферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, ВлГУ.

Автореферат разослан «__» _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук.
e-mail: sahno_vlgu@mail.ru



О.Н. Сахно

Актуальность темы. Охрана окружающей среды и обеспечение экологической безопасности являются одними из самых важных проблем, стоящих перед человечеством (Черников В.А., Соколов О.А., 2009; Яшин И.М. и др., 2012; Мазиров М.А. и др., 2014). В настоящее время усиливается внимание к малым рекам, что обусловлено их особой ихтиоресурсной и экологической ролью. Сложившееся природопользование затрагивает и разрушает, прежде всего, эти экосистемы (Ткачев Б.П., Булатов В.И., 2002). Антропогенная деятельность приводит к изменению и деградации речной экосистемы, нарушению состояния ихтиофауны (Барышников Н.Б., 1998, Никандров А.Н., 1999, Acreman, 2003 и др.).

Одно из главных направлений в изучении водных экосистем – региональная оценка состояния водных объектов (Гареев А.М., 2000, Курамшина Н.Г., 2002, Красногорская Н.Н., 2006, Елизарьев А.Н., 2007 и др.). Нарушение водных экосистем негативно влияет на здоровье населения. В этой связи важной и актуальной задачей является изучение экогеохимического и биогеохимического состояния малых рек Башкортостана на примере р. Дёма, которая является питьевым источником и местом добычи ихтиоресурсов для многих населенных пунктов и малых городов. Изучение изменения её экологического состояния, оценка региональных значений содержания микроэлементов и других загрязняющих веществ в основных компонентах речной экосистемы имеет большое практическое значение.

Цель исследования - комплексная эколого-геохимическая оценка состояния основных элементов речной экосистемы на примере р. Дёма – основного притока р. Белая, главной водной артерии Башкортостана.

В задачи исследования входило:

1. Изучить экологическое состояние поверхностных вод р. Дёма. Исследовать поверхностные воды и донные отложения на содержание Zn, Cu, Ni, Mn и нефтепродуктов на участках с различной антропогенной нагрузкой.
2. Определить биоаккумуляцию химических элементов (Ag, Bi, Br, Ca, Cd, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, In, K, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, S, Sb, Sn, Sr, Ti, U, V, Zn, Zr) в чешуе хищных рыб.
3. Изучить биоаккумуляцию Zn, Cu, Ni, Mn в мышечной ткани представителей ихтиофауны р. Дёма.
4. Определить физиологическое состояние рыб по биохимическим и гематологическим показателям крови.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Комплексная экогеохимическая оценка современного состояния р. Дёма в верхнем, среднем и нижнем течении на территории Республики Башкортостан.
2. Экогеохимическая характеристика основных загрязняющих веществ поверхностных вод и донных отложений р. Дёма.
3. Биоаккумуляция химических элементов в чешуе окуня и щуки на участках р. Дёма, различных по антропогенному влиянию.
4. Поступление Zn, Cu, Ni, Mn в мышечные ткани щуки, выловленной на различных участках р. Дёма, с оценкой физиологического состояния крови рыб.

Научная новизна. Впервые проведено комплексное экологическое исследование, согласованное во времени и пространстве наблюдение за уровнем ТМ и нефтепродуктов в различных компонентах экосистемы р. Дёма: поверхностной воде, донных отложениях, ихтиофауне в районах с различной антропогенной нагрузкой. Получены фоновые значения содержания изученных микроэлементов в базовых компонентах для верхнего, среднего и нижнего течения р. Дёма.

Научно-практическая значимость исследования. Результаты исследования могут служить научной основой для оценки состояния речной экосистемы, составления планов и программ охраны гидро- и ихтиоресурсов бассейнов малых рек, использоваться в учебном процессе при подготовке специалистов по направлениям: экология, биоэкология, геоэкология, охрана окружающей среды и рациональное природопользование.

Личный вклад автора. Тема, цель, задачи, объекты, методы и план исследования определены автором совместно с научным руководителем. Отбор проб воды, донного грунта, биоматериала, лабораторные опыты осуществлены при непосредственном участии автора. Анализ и обобщение полученных результатов, формулировка выводов и основных защищаемых положений выполнены лично автором.

Достоверность результатов исследований. Результаты исследований не противоречат исходным теоретическим положениям, отвечают поставленной цели и задачам диссертационной работы. Достоверность полученных материалов подкреплена результатами математической обработки с применением методов статистического анализа.

Апробация результатов исследований. Материалы диссертационной работы представлены Международной НПК «Экологическая безопасность и охрана природной среды» (Уфа, 2012), VII Международной НПК «Тяжелые металлы и радионуклиды в природной среде» (Семипалатинск, 2012), Международной НПК «Стратегические направления и инструменты повышения эффективности сотрудничества стран – участников Шанхайской организации сотрудничества: экономика, экология, демография» (Уфа, 2013), II Всероссийской научной конференции с международным участием «Окружающая среда и устойчивое развитие регионов» (Казань, 2013), Международной школе-семинаре молодых исследователей «Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах» (Тюмень, 2014), Международной научно-технической конференции «Защита окружающей среды от экотоксикантов» (Уфа, 2014), Всероссийской с международным участием НПК «Экологическая безопасность и культура – требование современности» (Уфа, 2014).

Публикации. По результатам исследований в открытой печати опубликована 18 научных работ в отечественных и зарубежных изданиях, в том числе 5 – в изданиях, рекомендованных ВАК Российской Федерации.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа включает введение, обзор литературы, материал и методику исследований, главы результатов собственных исследований и их обсуждение, выводы,

рекомендации и библиографический список, который включает 253 источника, в том числе 25 работ иностранных авторов. Работа изложена на 134 страницах компьютерного набора, иллюстрирована 34 таблицами и 41 рисунком.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, профессору, доктору биологических наук, заслуженному деятелю науки РБ Курамшиной Наталье Георгиевне и кафедре «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» Уфимского государственного университета экономики и сервиса.

Автор выражает благодарность ректору Гродненского государственного университета им. Янки Купалы и кандидату химических наук Лосевой Людмиле Павловне (Белоруссия); Республиканскому аналитическому центру контроля качества воды ОАО «Башкоммунводоканал»; Центру Гигиены и Экспертизы в Республике Башкортостан за содействие в выполнении анализов.

ГЛАВА 1. Экологическое состояние малых рек РФ

В главе проведен анализ научных работ отечественных и зарубежных специалистов, посвященных вопросам экологического состояния речных экосистем.

В процессе использования речных экосистем происходит изъятие воды, её перераспределение во времени и пространстве, что приводит к нарушению режима и химическому загрязнению вод (Барабанов О.Н., 2008; Панин М.С., 2011). Это вызывает ухудшение качества поверхностных вод малых рек в условиях усиливающегося антропогенного влияния (Кривопапов З.Ф., 1987; Кузнецова Л.А. и др., 1995; Бастраков С.И., Рябинина Д.И., 1996; Смирнова А.В., 1999), мелиорации (Пальцев В.П., Прокопенко Н.Ф., 1987), сельского хозяйства (Черников В.А. и др., 2001; Григорьева И.Л., Чермных Л.П., 2012; Яшин и др., 2012, 2014). Эти вопросы напрямую увязываются с экологической оценкой состояния вод (Искандаров Т.И. и др., 1986) и их самоочищающей способностью (Калинин В.М. и др., 1998).

Совокупность физических, химических и биологических процессов, происходящих в водных экосистемах, отражаются на составе и свойствах донных отложений, которые, в отличие от природных вод, являются депонирующей средой. Кроме эффекта накопления, велика вероятность протекания медленных реакций с образованием новых химических соединений с более высокими токсичными свойствами (Комов В.Т., Томилина И.И., 1999; Баканов А.И., 2003; Иванова И.Ю., 2009; Васенев И.И., Авилова А.А., Багина Б.В., 2015). Органические и неорганические токсические вещества существенно нарушают естественный кругооборот химических элементов в водных экосистемах и негативно влияют на биоту (Моисеенко Т.И. и др., 1999; Naux S. et al., 1989).

Рыбы – перемещающиеся животные, поэтому результаты их обследования могут информировать об усредненной токсичности всего района обитания. Они представляют верхнее звено пищевой цепи водоема, где накапливаются тяжёлые металлы. Негативное влияние экологических факторов

среды на рыб так же, как и на высших позвоночных и человека, выражается в проявлении изменений в состоянии крови (Agemian H., 1980, Воробьев В.И., 1993; Евтушенко Н.Ю., 1996; Курамшина Н.Г., 2005; Назыров А.Д. и др., 2012).

ГЛАВА 2. Условия, объекты и методы исследований

Работа проведена по тематике научных исследований кафедры: «Комплексный региональный подход в оценке эколого-социальных рисков различных техногенных территорий РБ» (грант РГНФ № 12-16-02005), «Инновационные подходы в микроэлементном обеспечении рыб и оценке их состояния» (№ госрегистрации ВНИТИЦ 0120.0950318), «Геохимическая оценка экологического состояния малых рек на территории Башкортостана» (№ госрегистрации ВНИТИЦ 114121240026), «Биогеохимические исследования наземных экосистем регионов Башкортостана» (№ госрегистрации ВНИТИЦ 114121240025). Исследования проводились по следующей схеме (рис. 1).

Объекты исследования: поверхностная вода – анализ на содержание Zn, Cu, Ni, Mn, нефтепродуктов и другие гидрохимические показатели; донные отложения – на Zn, Cu, Ni, Mn; мышечная ткань хищных рыб – на Zn, Cu, Ni, Mn; чешуя – на 30 химических элементов; кровь рыб – на 12 гематологических и биохимических показателей; состояние здоровья населения в бассейне р. Дёма по экологозависимым заболеваниям – новообразования (ЗН), врожденные пороки развития (ВПР)).

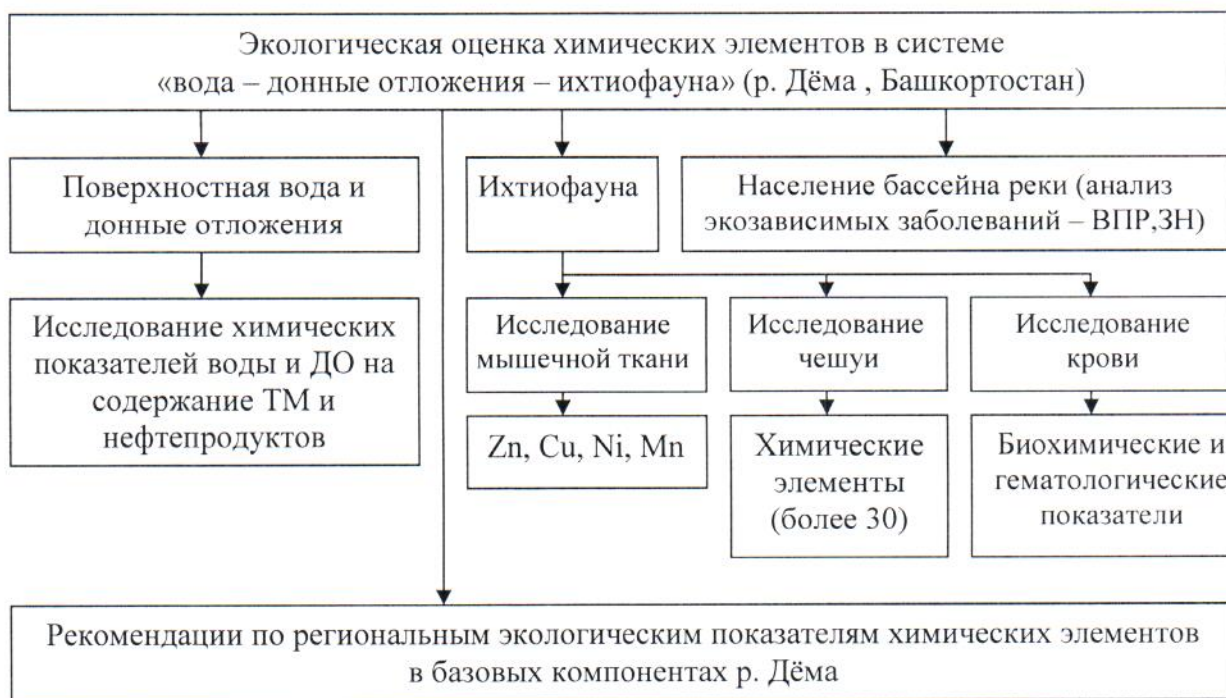


Рисунок 1 - Схема исследований

Место исследования: р. Дёма – приток р. Белая, основной водной артерии Башкортостана на всем её протяжении (рис. 2). Отбор проб воды производился согласно требованиям ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» и ГОСТ 17.1.5.04-81 «Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод. Общие технические условия».

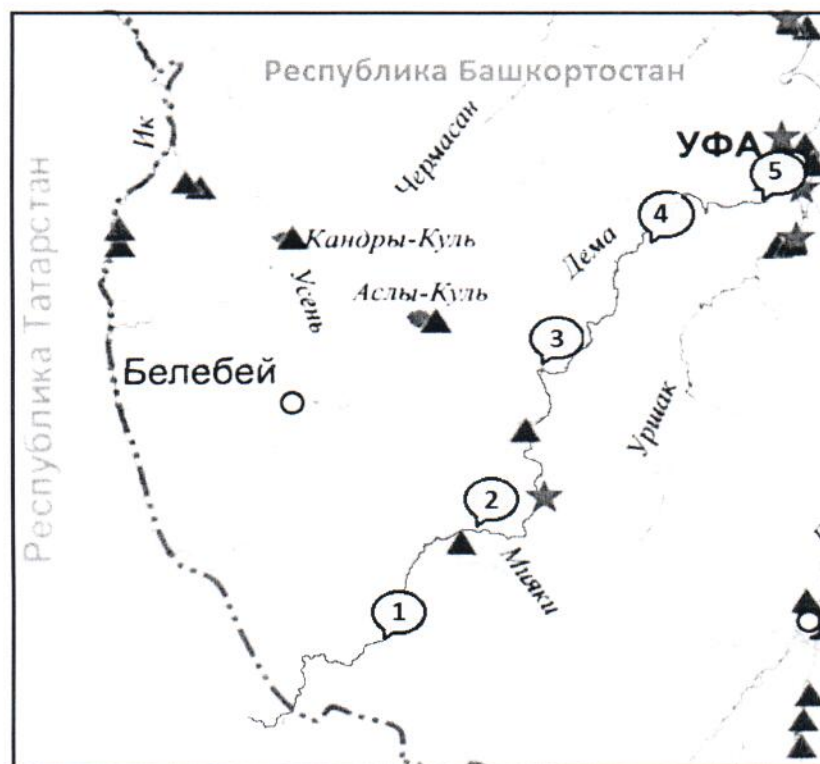


Рисунок 2 - Карта-схема отбора проб поверхностной воды, ДО, рыбы р. Дёма: п. 1 – выше впадения р. Мияки; п. 2 – ниже впадения р. Мияки; п. 3 – ниже Давлекановской МГЭС; п. 4 – ниже п. Чишмы; п. 5 – устье реки

Полученные концентрации ТМ в мышечной ткани рыб сравнивали с утвержденными санитарно-гигиеническими ПДУ металлов по СанПиН 2.3.2.560-96 «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов», региональным уровнем. Показатели крови рыб сопоставляли с физиологической нормой по работам на территории Республики Башкортостан (Назыров А.Д., 2003; Галатова Е.А., 2007; Аминова Ф.А., 2011 и др.).

Изучение состояния здоровья населения на территории бассейна р. Дёма проведено по данным Башкортостанстата и Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по РБ.

Результаты исследований обрабатывались статистическими методами математического анализа по общепринятым методикам (коэффициент корреляции Пирсона, коэффициент ранговой корреляции Спирмена) (Доспехов Б.А., 1985) с использованием программы «Statistica».

ГЛАВА 3. Комплексная экогеохимическая оценка современного состояния р. Дёма на территории Республики Башкортостан

В главе проведен гидрохимический анализ поверхностных вод в устье р. Дёма за период 2004-2013 гг. (табл. 1).

Таблица 1 - Оценка экологического риска состояния поверхностных вод в устье р. Дёма

Ингредиенты	ПДК* р/х, мг/дм ³	Содержание, мг/дм ³		K _к = = C _{ср} / ПДК _{р/х}	Содержание, мг/дм ³		K _к = = C _{ср} / ПДК _{р/х}
		2004-2006 гг.			2007-2013 гг.		
		C _{min} -C _{max}	C _{ср}	C _{min} -C _{max}	C _{ср}		
Сульфаты	100,0	263,0-312,0	287,5	2,90	257,0-390,0	323,5	3,20
Железо (общ.)	0,1	0,063-0,130	0,097	0,90	0,037-0,111	0,074	0,70
Медь	0,001	0,004-0,011	0,0075	7,50	0,007-0,025	0,0016	1,63
Цинк	0,01	0,001-0,005	0,003	0,30	0,001-0,004	0,0024	0,24
Никель	0,01	0,002-0,008	0,005	0,50	0,003-0,004	0,0032	0,32
Марганец	0,01	0,053-0,064	0,059	5,90	0,037-0,081	0,0586	5,86
Нефтепродукты	0,05	0,040-0,007	0,055	1,10	0,048-0,119	0,084	1,68
ХПК	15,0	22,6-27,4	25,0	1,67	25,4-31,1	28,25	1,88

Примечание: Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно-допустимых концентраций (ПДК_{р/х}) и ориентировочно безопасных уровней воздействий (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М.: ВНИРО, 1999. – 304 с.

Выявлено загрязнение реки соединениями меди, цинка, никеля, марганца, сульфатами, нефтепродуктами и органическими веществами (ХПК). Превышение ПДК_{р/х}, отмечено для сульфатов, соединений меди, марганца, нефтепродуктов и органических соединений. Наблюдаемые значения коэффициента K_к в период 2004–2006 гг., (K_к = 2,90; 7,50; 5,90; 1,10, 1,67, соответственно) близки к таковым в 2007-2013 гг. Для меди значения показателя K_к уменьшились значительно, от 7,5 до 1,60. Динамика роста характерна для нефтепродуктов. Максимальное значение средней концентрации зафиксировано в 2013 году (0,119 мг/дм³), что выше ПДК_{р/х} в 2,4 раза.

Показатели загрязнения поверхностных вод имеют стабильно высокие значения, что свидетельствует о нарастающем антропогенном воздействии объектов экономики в бассейне р. Дёма. В этой связи возникла необходимость исследования качества поверхностных вод р. Дёмы, на всем её протяжении на территории Республики Башкортостан (табл. 2).

Таблица 2 - Содержание тяжелых металлов в поверхностных водах р. Дёма на всем её протяжении

Проба (пункт, №)	Содержание ТМ, мг/дм ³				Коэффициент превышения $K_k = C_{cp} / ПДК_{p/x}$			
	Цинк	Медь	Никель	Марганец	Цинк	Медь	Никель	Марганец
Выше впадения р. Мияки, (№1)	0,004 ±0,0006	0,004 ±0,0006	0,005 ±0,0007	0,032 ±0,005	0,4	4,0	0,5	3,2
Ниже впадения р. Мияки, (№2)	0,004 ±0,0006	0,005 ±0,0007	0,0014 ±0,0002	0,036 ±0,005	0,4	5,0	0,14	3,6
Ниже Давлеканов- ской МГЭС, (№3)	0,004 ±0,0006	0,004 ±0,0006	0,002 ±0,0003	0,039 ±0,006	0,4	4,0	0,2	3,9
Ниже п. Чишмы, (№4)	0,017 ±0,002	0,004 ±0,0006	0,002 ±0,0003	0,054 ±0,008	1,7	4,0	0,2	5,4
Устье реки, (№5)	0,009 ±0,001	0,001 ±0,0001	0,004 ±0,0006	0,056 ±0,008	0,9	1,0	0,4	5,6
ПДК _{p/x} , мг/дм ³	0,01	0,001	0,01	0,01				

Результаты гидрохимического анализа в верхнем, среднем и нижнем течении р. Дёма показали, что содержание приоритетных загрязнителей (цинк, медь, никель, марганец) имеют довольно высокие значения, при этом для меди и марганца превышение нормативных показателей достигает 5,0 и 5,6 ПДК_{p/x} соответственно. Следует отметить, что по мере движения от верховьев к устью р. Дёма соответствующие значения K_k для соединений меди уменьшаются (от 4,0; 5,0 до 1,0), что связано с самоочищающей способностью реки и уменьшением поступления медьсодержащих загрязнителей, а для соединений марганца характерен рост (от 3,2 до 5,6). Уровень концентрации цинка на всем протяжении реки находится в пределах ПДК_{p/x} и только ниже п. Чишмы наблюдается превышение в 1,7 раза. Это указывает на техногенный характер поступления указанных поллютантов.

Влияние нефтедобывающей отрасли региона на экологическое состояние малых рек Башкортостана. Сопоставление средних концентраций нефтепродуктов в природных водах малых рек республики показало (рис. 4), что наибольшее превышение ПДК_{p/x} характерно для вод р. Дёма. Следует отметить, что аномально высокое содержание выявлено в притоке р. Дёмы – р. Мияки.

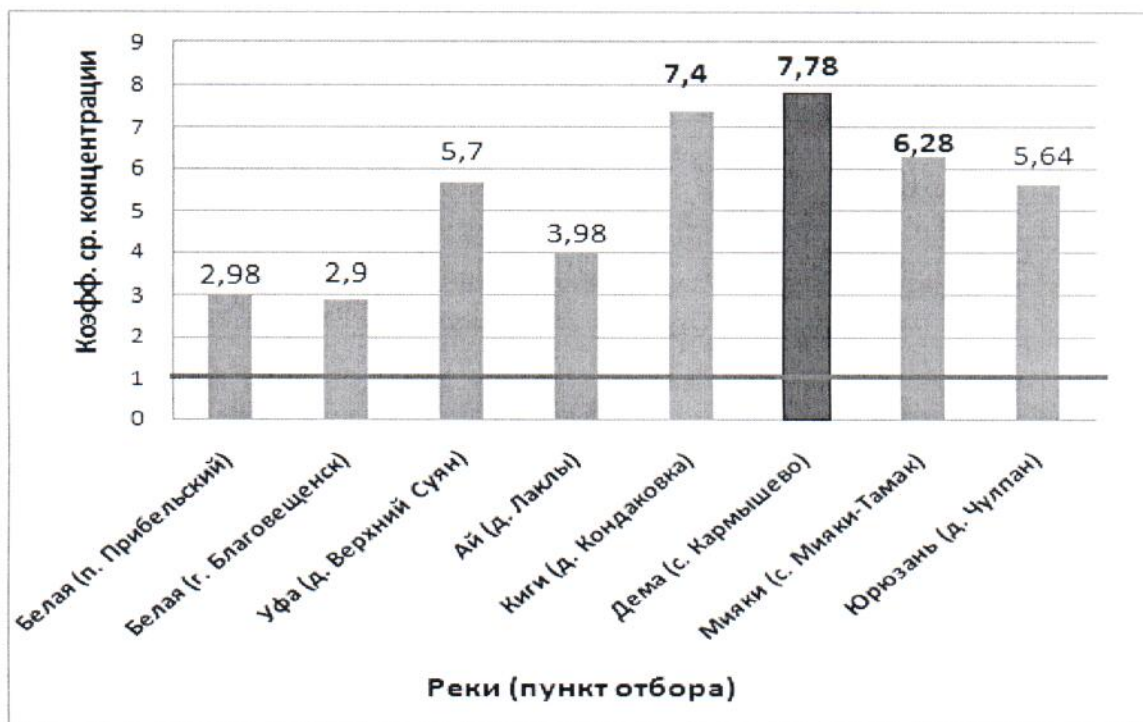


Рисунок 3 - Экологический риск по коэффициенту концентрации нефтепродуктов в поверхностных водах рек РБ

Повышенная загрязненность нефтепродуктами поверхностных вод р. Дёма (табл.1) по-видимому связана с наличием в пределах водоохранной зоны реки большого количества нефтедобывающих скважин: Сатаевское – 59 ед., Шафрановское – 14 ед., Раевское – 9 ед..

Оценка содержания тяжелых металлов (Zn, Cu, Ni, Mn) в донных отложениях р. Дёма

Донные отложения водоемов являются своеобразным индикатором загрязнения вод, поскольку вещества, выводящиеся из водной массы, накапливаются и концентрируются в отложениях. Содержание всех веществ в донных осадках, как правило, на порядок выше, чем в воде.

В донных отложениях р. Дёма во всех местах отбора проб содержание цинка (22,0 до 49,5 мг/кг) не превышало ОДК для почв (55 мг/кг). Максимальные концентрации были отмечены в ниже впадения притока – р. Мияки (п. 2) и ниже Давлекановской МГЭС (п. 3). Содержание меди на исследуемом участке реки изменялось от 6,5 до 38,5 мг/кг. Содержание марганца (135,0 – 784,0 мг/кг), не превышало значение регионального геохимического фона (892,0 мг/кг). Максимальная концентрация данного элемента была отмечена ниже впадения р. Мияки. Содержания никеля варьировали от 41,5 до 137,0 мг/кг, что существенно выше регионального геохимического фона (23,4 мг/кг) в 1,77-5,85 раза. Концентрация никеля значительно превышает показатель ОДК для почв (20,0 мг/кг) в двух пунктах отбора проб – ниже впадения р. Мияки и Давлекановской МГЭС.

В результате исследований были получены последовательные ряды убывания содержания ТМ в донных отложениях реки Демы. Характер

распределения ТМ в донных осадках во всех пунктах отбора проб имеет следующий вид: $Mn > Ni > Zn > Cu$, изменение этой последовательности наблюдалось для меди и цинка ниже Давлекановской МГЭС. Оценка степени техногенного загрязнения донных осадков р. Дёма с использованием индекса Z_c на основе регионального геохимического фона для исследованных элементов показала её невысокий уровень (табл. 3). Величина индекса Z_c в верховьях реки имела низкие значения ($Z_c = 2,56$), в среднем течении реки несколько возрастает ($Z_c = 5,85$), затем ближе к устью реки вновь уменьшается ($Z_c = 1,77$). Эти результаты, согласно ориентировочной оценочной шкале опасности, указывают на слабое загрязнение ($Z_c < 10$) (Ахтямова Г.Г., 2009).

Таблица 3 - Оценка экологического состояния донных отложений р. Дёма

Точка отбора проб на р. Деме	Величина Z_c
Выше впадения р. Мияки (п.1)	2,59
Ниже впадения р. Мияки (п. 2)	5,85
Ниже Давлекановской МГЭС (п.3)	5,85
Ниже п. Чишмы (п.4)	2,39
Устье реки (п.5)	1,77

Примечание: $Z_c = \sum(C_i/C_{\text{фи}}) - (n-1)$, где C_i – концентрация определяемого компонента; $C_{\text{фи}}$ – среднефоновое содержание компонента; n – число показателей, используемых для расчета индекса

Исследование содержания приоритетных ТМ в донных отложениях на различных участках р. Дёма с различной степенью антропогенной нагрузки выявило слабый уровень техногенного загрязнения.

Оценка связи между содержаниями Zn, Cu, Ni и Mn в поверхностной воде и донном грунте р. Дёма, полученная путем применения корреляционно-регрессионного анализа по коэффициенту Пирсона показал тесноту (силу) связи по шкале Чеддока от слабой до высокой.

Биоаккумуляция тяжелых металлов в тканях рыб

Оценка содержания химических элементов в чешуе хищных рыб р. Дёма. Урбанизация территории и деятельность нефтедобывающих предприятий резко ухудшают экологическое состояние бассейна малых рек. Фауна рыб водоёмов Башкортостана отражает экологическую обстановку её отдельных территорий, наблюдается уменьшение численности хищных рыб в малых реках – щуки, налима, окуня, крупного голавля. С ростом загрязнения природных вод тяжелыми металлами особый интерес и важное практическое значение представляет изучение закономерностей их распределения в биоресурсах.

Исследование чешуи щуки и окуня р. Дёма методом рентгенофлуоресцентного анализа на содержание Ag, Bi, Br, Ca, Cd, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, In, K, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, S, Sb, Sn, Sr, Ti, U, V, Zn, Zr показало, что во всех образцах выловленных рыб наибольшее содержание характерно для Ca, Cl, K, S, Sr, которые можно ранжировать следующим образом: $Ca > S > Cl > K > Sr$. Из тяжелых металлов в чешуе рыб представлены: Ag, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, V, W, Zn (табл. 4, 5).

Таблица 4 - Содержание микроэлементов в чешуе окуня (*Perca fluviatilis*)

Химические элементы	Концентрация микроэлементов, мг/кг	
	Выше г. Давлеканово	Ниже г. Давлеканово
	M±m	M±m
Сера	4031,10±529,82	5980,56±645,74
Стронций	221,05±2,76	208,66±2,68
Цинк	19,79±1,48	16,44±1,35
Молибден	16,14±1,06	0,47±0,07
Титан	6,66±0,99	6,67±1,00
Железо	5,62±0,84	9,50±1,28
Марганец	4,48±0,67	2,76±0,41
Серебро	1,62±0,24	2,06±0,31
Олово	1,19±0,18	2,99±0,45
Медь	0,94±0,15	0,47±0,07
Ртуть	0,88±0,13	0,49±0,07
Свинец	0,49±0,07	0,50±0,07
Сурьма	0,47±0,07	1,00±0,15
Ванадий	0,45±0,07	0,90±0,13
Кадмий	0,31±0,05	0,73±0,11
Индий	0,30±0,05	0,12±0,02
Никель	–	3,48±0,52

Таблица 5 - Содержание микроэлементов в чешуе щуки (*Esox lucius*)

Химические элементы	Концентрация микроэлементов, мг/кг	
	п. Чишмы	Устье
	M±m, мг/кг	M±m, мг/кг
Сера	7543,57 ± 795,65	6057,19± 692,28
Стронций	106,99±2,11	81,73±1,79
Цинк	20,40±1,65	30,14±1,94
Титан	10,14±1,52	5,59±0,84
Железо	7,70±1,15	11,67±1,51
Цирконий	3,91±0,40	2,97±0,34
Олово	3,60±0,48	2,09±0,31
Марганец	2,90±0,43	12,18±1,83
Медь	2,02±0,30	–
Сурьма	1,46±0,22	1,08±0,16
Кадмий	1,40±0,19	0,53±0,08
Ртуть	1,24±0,19	–
Никель	1,14±0,17	0,448±0,07
Уран	0,96±0,14	0,65±0,09
Серебро	0,62±0,09	–
Хром	0,53±0,08	1,54±0,23
Индий	0,36±0,05	0,67±0,09
Свинец	0,29±0,04	0,28±0,04

Ряды убывания содержания химических элементов имеют следующий вид: **в чешуе окуня:**

Выше $S > Sr > Zn > Mo > Ti > Fe > Mn > Ag > Sn > Cu > Hg > Pb > Sb > V > Cd > In$;

г. Давлеканово

Ниже $S > Sr > Zn > Fe > Ti > Ni > Sn > Mn > Ag > Sb > V > Cd > Pb > Hg > Cu > In$;

г. Давлеканово

в чешуе щуки:

у п. Чишмы $S > Sr > Zn > Ti > Fe > Zr > Sn > Mn > Cu > Sb > Cd > Hg > Ni > U > Ag > Cr > In > Pb$;

в устье реки $S > Sr > Zn > Mn > Fe > Ti > Zr > Sn > Cr > Sb > In > U > Cd > Ni > Pb$.

Характер распределения химических элементов в чешуе окуня и щуки имеет различия, что может быть обусловлено факторами окружающей среды и видовыми особенностями. У окуня и щуки доминируют основные биогенные металлы: цинк (16,443-30,139 мг/кг), молибден (0,341-16,139 мг/кг), железо (5,615-11,666 мг/кг), марганец (2,759-12,184 мг/кг).

Концентрация цинка и железа значительно выше других металлов, что подтверждает высокое содержание этих веществ в воде р. Дёма. Известно, что цинк концентрируется преимущественно в чешуе, контактирующей со средой (Вундцеттель, Кузнецова, 2013). Следует отметить, что в зависимости от места вылова в чешуе окуня и щуки наблюдаются отличия в содержании некоторых элементов. Ниже г. Давлеканово у окуня практически в 2 раза больше кадмия (0,73 мг/кг), железа (9,50 мг/кг), сурьмы (0,99 мг/кг), олова (2,99 мг/кг) и ванадия (0,90 мг/кг). В образцах, выловленных в устье реки, значительно больше хрома (1,54 мг/кг), железа (11,67 мг/кг), индия (0,67 мг/кг), калия (453,63 мг/кг), марганца (12,18 мг/кг) и цинка (30,14 мг/кг). Исследование чешуи щуки и окуня р. Дёма на редкие химические элементы (Ag, Ti, Sn, In, Zr, Sb, Sr) показало, что во всех пунктах вылова рыбы наибольшее содержание имеют стронций, цирконий, титан. Анализ распределения элементов в чешуе **окуня** позволил ранжировать их следующим образом: $Sr > Zr > Ti > Ag > Sn > Sb > In$. На всем протяжении р. Дёма (около 500 км) концентрация серебра, титана, стронция, индия, циркония имеет незначительные колебания, При этом у окуня два элемента – сурьма и, особенно, олово – к устью реки показали увеличение в 3 и 5 раз, соответственно. В чешуе **щуки** обнаружено иное распределение элементов: $Sr > Ti > Zr > Sn > Sb > In > Ag$. Это расхождение, вероятно, связано с видовыми особенностями изученных рыб. Содержание редких элементов в чешуе щуки, в основном, показало сходную картину, при этом значительно в меньших количествах обнаружены стронций, цирконий. Характерное увеличение концентрации серебра, сурьмы, олова наблюдается в районах урбанизированных территорий.

Содержание тяжелых металлов в мышцах рыб. Результаты исследования биоаккумуляции Zn, Cu, Ni, Mn в спинных мышцах хищных рыб показали, что для никеля и марганца обнаружено превышение нормативных санитарных требований (ПДУ), а для цинка и меди это не наблюдается (табл. 6). Однако в пункте вылова выше впадения р. Мияки, содержание цинка (более чем в 2 раза) и никеля (в 3 раза) превышает физиологическую норму. Концентрация меди во всех пунктах вылова рыб на р. Дёме имеет равномерный характер (0,35-

0,50 мг/кг). Максимальные концентрации цинка (20,37 мг/кг), никеля (1,10 мг/кг) и марганца (11,40 мг/кг) обнаружены в тканях рыб, выловленных выше впадения р. Мияки. Последовательный ряд убывания содержания ТМ в мышечных тканях рыб р. Дёма имеет следующий вид:

выше впадения р. Мияки	-	Zn > Mn > Ni > Cu;
ниже впадения р. Мияки	-	Zn > Mn > Cu > Ni;
ниже Давлекановской МГЭС	-	Zn > Cu > Ni > Mn;
ниже п. Чишмы	-	Zn > Mn > Cu > Ni;
устье реки -		Zn > Mn > Cu > Ni.

Характер распределения ТМ во всех точках вылова рыб на р. Дёма практически совпадает, различия в рядах имеются лишь для марганца и меди ниже Давлекановской МГЭС.

Таблица 6 - Концентрация тяжелых металлов в мышечных тканях щуки (*Esox lucius*) р. Дёма

Пункт вылова рыбы, р. Дёма	Цинк		Медь		Никель		Марганец	
	M±m, мг/кг	K ¹ _н	M±m, мг/кг	K ¹ _н	M±m, мг/кг	K ¹ _н	M±m, мг/кг	K ¹ _н
Выше впадения р. Мияки (п. 1)	20,37±3,1	1358,0	0,41±0,06	410,0	1,10±0,16	550,0	11,40±1,7	495,7
Ниже впадения р. Мияки (п. 2)	8,78±1,3	2195,0	0,35±0,05	350,0	0,28±0,04	280,0	1,42±0,2	671,3
Ниже Давлекановской МГЭС (п. 3)	11,24±1,7	244,4	0,50±0,07	500,0	0,18±0,03	180,0	0,07±0,01	1007,0
Ниже п. Чишмы (п. 4)	12,30±1,8	2050,0	0,50±0,07	166,7	0,12±0,02	120,0	3,93±0,6	158,6
Устье реки (п. 5)	14,35±2,2	3587,5	0,42±0,06	420,0	0,11±0,02	110,0	4,29±0,6	276,3
ПДУ ^{**} , мг/кг	40,00		10,00		0,5		10,0	
Физиологические показатели ^{***} , мг/кг	7,80		0,30		0,34		7,37	

Примечания: ¹ - коэффициент накопления ТМ в мышцах рыб (C_p^{TM} / C_b^{TM} , где C_p^{TM} , C_b^{TM} – концентрация ТМ в рыбе и воде соответственно);

² - допустимые уровни концентраций металлов в мышцах рыб по СанПиН 2.3.2.560-96;

³ - физиологические показатели содержания ТМ в мышцах рыб по Сухопаровой В.П. и др., 1994.

Выявлены значительные различия между способностью чешуи и мышечной ткани щуки аккумулировать микроэлементы. Установлено, что содержание цинка, меди и никеля в чешуе превышает таковую в мышцах в 1,5; 4 и 10 раз, соответственно.

Оценка связи между содержаниями Zn, Cu, Ni и Mn в базовых компонентах р. Дёма, полученная путем применения корреляционно-

регрессионного анализа по коэффициенту Пирсона показал тесноту (силу) связи по шкале Чеддока высокую для «мышечная ткань – чешуя рыб»; от заметной до высокой для «донные отложения – мышечная ткань», «донные отложения – чешуя рыбы»; от слабой до высокой для «поверхностная вода – чешуя рыбы», от слабой до заметной для «поверхностная вода – мышечная ткань».

Характеристика гематологических и биохимических показателей крови рыб р. Дёма

Среди оценки состояния рыб важное место занимают биохимические исследования крови. Кровь – чувствительный и информационный индикатор состояния защитных сил организмов животных. Она быстро реагирует на действие различных неблагоприятных факторов и может служить одним из ранних показателей отравления рыб при загрязнении среды обитания. Результаты проведенных исследований крови мирных (лещ) и хищных рыб (судак), выловленных в районе г. Давлеканово, приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Гематологические и биохимические показатели крови рыб

Показатели	Лещ (Abramis brama)	Судак (Lucioperca lucioperca)	Физиологические нормативы*
Число эритроцитов, $n \cdot 10^{12}/л$	1,1±0,15	2,3±0,18	1,5-2,5
Скорость осаждения эритроцитов, 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, $n \cdot 10^9/л$	44,0±0,3	60,0±1,2	40-100
Холестерин, ммоль/л	3,49±0,1 2	8,67±0,14	7,5-10,5
Глюкоза, ммоль/л	1,9±0,1	1,9±0,3	2,0-11,0
Креатинин, ммоль/л	26,3±2,4	30,6±2,7	26,0-30,0
Общий белок сыворотки, г/л	24,3±1,8	45,7±2,1	25,0-70,0

Примечание: за физиологическую норму были взяты данные Кудрявцева А.А. (1969), Шакировой Г.Р., Бикташевой Ф.Х. (2010)

Число эритроцитов в крови исследованных рыб имеет довольно высокое значение (лещ – $1,1 \cdot 10^{12}/л$, судак – $2,3 \cdot 10^{12}/л$), что свидетельствует об удовлетворительном состоянии ихтиофауны. Скорость осаждения эритроцитов у леща (4,0 мм/ч) больше в 2 раза, чем у судака (2,0 мм/ч), что можно объяснить более активным образом жизни. Концентрация гемоглобина у рыб р. Дёма (лещ – 82,3 г/л, судак – 91,3 г/л) свидетельствует об удовлетворительном качестве поверхностных вод. Относительно высокое содержание холестерина в крови судака (8,67 ммоль/л) указывает на оптимальную кормовую базу его места обитания. Содержание глюкозы в крови рыб зависит от степени активности – уменьшение движения приводит к понижению количества глюкозы в крови,

увеличение – к росту ее концентрации.. Показатели глюкозы (1,9 ммоль/л) и белка сыворотки крови (лещ – 24,3 г/л, судак – 45,7 г/л) свидетельствуют об относительной стабильности состояния рыб.

Следовательно, исследования гематологических и биохимических показателей крови рыб подтверждают слабый уровень техногенного загрязнения на всех исследованных участках р. Дёма.

Выводы

Полученные в ходе исследований комплексные экогеохимические характеристики природных компонентов реки Дёма (поверхностная вода, донные отложения, ихтиофауна) на всем ее протяжении на территории Республики Башкортостан позволяет заключить:

1. Анализ гидрохимического состояния поверхностных вод р. Дёма показал удовлетворительное экологическое состояние реки. Отмечено превышение показателей ХПК ($K_k=1,9$), концентрации нефтепродуктов ($K_k=1,7$), сульфатов ($K_k=3,2$) и тяжелых металлов. Исследование поверхностных вод на содержание Zn, Cu, Ni, Mn, показало превышение меди и марганца ($K_{Cu}=5,0$, $K_{Mn}=5,4$);

Негативное влияние нефтедобычи на природные воды рек РБ проявляется в высоком уровне содержания нефтепродуктов (до 7,8 ПДК_{р/х}) и ТМ;

2. Содержание Zn, Cu, Ni, Mn в донном грунте р. Дёма находится в допустимых пределах, за исключением никеля, концентрация которого превышает значения регионального геохимического фона (23,4 мг/кг) до 6 раз, значения ОДК (20,0 мг/кг) – до 7 раз. Максимальные концентрации Ni составили 137 мг/кг.

3. Впервые проведенные исследования микроэлементного состава чешуи щуки и окуня р. Дёма показали, что из изученного перечня химических элементов наибольшее содержание во всех пунктах вылова рыбы имеют: Ca, Cl, K, S, Sr. У окуня и щуки доминируют основные биогенные металлы: цинк (16,443-30,139 мг/кг), молибден (0,341-16,139 мг/кг), железо (5,615-11,666 мг/кг), марганец (2,759-12,184 мг/кг).

4. Изучение Zn, Cu, Ni, Mn в мышечной ткани хищных рыб р. Дёма показало, что их концентрации (кроме цинка) находятся в допустимых пределах. В чешуе содержание цинка, меди и никеля больше в 1,5; 4 и 10 раз соответственно, чем в мышцах (р. Дёма ниже промышленного п. Чишмы).

5. Гематологические и биохимические показатели крови рыб р. Дёма (лещ, судак) свидетельствуют об удовлетворительном состоянии ихтиофауны.

Практические рекомендации

1. Результаты экогеохимических исследований р. Дёма (поверхностная вода, донные отложения, ихтиофауна), полученные в работе, рекомендуется учитывать при принятии управленческих решений.

2. При комплексной оценке техногенного воздействия на водные экосистемы необходимы исследования чешуи и биохимических характеристик крови промысловых и других видов рыб.

3. Рекомендуется использовать химический состав чешуи хищных рыб для оценки состояния водных экосистем в биологическом мониторинге.

4. Результаты исследований предлагается использовать в учебном процессе при подготовке специалистов по направлениям: экология, геоэкология, охрана окружающей среды и рациональное природопользование.

Список научных трудов в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Сафина Г.И. Геохимическая характеристика экологического состояния поверхностных вод малых рек Республики Башкортостан (р. Дёма) / **Г.И. Сафина**, Н.Г. Курамшина, Т.И. Николаева, Э.М. Курамшин // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии: Научный журнал (Казахстан) – 2012. - № 1 (18). – С. 70-77.

2. Курамшина Н.Г. Оценка экобезопасности донных отложений по тяжёлым металлам (Zn, Cu, Ni, Mn) малых рек республики Башкортостан / Н.Г. Курамшина, Э.Э. Нуртдинова, **Г.И. Сафина**, Э.М. Курамшин // Безопасность жизнедеятельности. – М., 2014. - № 1. – С. 15-18.

3. Курамшина Н.Г. Биоаккумуляция редких элементов в чешуе хищных рыб реки Дёма (Башкортостан) / Н.Г. Курамшина, Э.Э. Нуртдинова, **Г.И. Сафина** и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета: Теоретический и научно-практический журнал. – 2015. - № 2 (52). – С. 112-116.

4. Курамшина Н.Г. Загрязнение поверхностных вод Республики Башкортостан / Н.Г. Курамшина, **Г.И. Сафина**, Э.М. Курамшин, Н.Н. Красногорская // Безопасность жизнедеятельности. – М., 2015. - №11. – С. 42-48.

5. Сафина Г.И. Распределение тяжелых металлов в базовых элементах экосистем малых водотоков (река Дёма, Башкортостан) / **Г.И. Сафина**, Н.Г. Курамшина // Проблемы региональной экологии - М, 2016. - №3. - С. 5-8.

В других изданиях:

6. Камаева Л.М. Экологическое состояние поверхностных вод малых рек Башкортостана / Л.М. Камаева, Н.Г. Курамшина, **Г.И. Сафина**, Ю.Н. Кулак // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Экологическая безопасность и охрана природной среды» в рамках экофорума «Уралэкология. Пром. безопасность – 2012». - Уфа: УГАЭС. - 2012. – С. 84-90.

7. Сафина Г.И. Современная геохимическая характеристика экологического состояния озера Аслыкуль / **Г.И. Сафина** // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Экологическая безопасность и охрана природной среды» в рамках экофорума «Уралэкология. Пром. безопасность – 2012». - Уфа: УГАЭС. - 2012. – С. 134-144. – 0,79 п.л.

8. Сафина Г.И. Тяжелые металлы в природных водах реки Дёма / **Г.И. Сафина**, Н.Г. Курамшина, Л.М. Камаева // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Экологическая

безопасность и охрана природной среды» в рамках экофорума «Уралэкология. Пром. безопасность – 2012». - Уфа: УГАЭС. - 2012. – С. 144-154.

9. Курамшина Н.Г. Экологическая ситуация озера «Аслыкуль» по гидрохимическим показателям / Н.Г. Курамшина, **Г.И. Сафина**, Э.М. Курамшин // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы и радионуклиды в природной среде». - Республика Казахстан, Семипалатинск: СГПИ. - 2012. - С. 205-209.

10. Сафина Г.И. Оценка состояния демографии и здоровья населения на территории бассейна р. Дема (Республика Башкортостан) / **Г.И. Сафина**, Э.Э. Нуртдинова, Н.Г. Курамшина // Стратегические направления и инструменты повышения эффективности сотрудничества стран – участников Шанхайской организации сотрудничества: экономика, экология, демография: Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, 24-26 сентября 2013 г. В 2 частях. Часть II. – Уфа: УГУЭС. – 2013. – С. 123-129.

11. Курамшина Н.Г. Гидрохимическая и токсикологическая характеристика малых рек Башкортостана / Н.Г. Курамшина, Ю.Н. Кулак, **Г.И. Сафина**, Э.М. Курамшин, У.Б. Имашев // Сборник научных докладов II Всероссийской научной конференции с международным участием «Окружающая среда и устойчивое развитие регионов». - Казань, 2013.-С.91-94.

12. Сафина Г.И. Гидрохимический мониторинг р. Дема / **Г.И. Сафина**, Н.Г. Курамшина, Э.Э. Нуртдинова // Сборник научных трудов II Международной НПК «Экологическая безопасность и охрана природной среды», посвященной 20-летию кафедры «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» Уфимского государственного университета экономики и сервиса, 27-28 марта 2014 г. – Уфа: УГУЭС, 2014. – С. 157-160.

13. Курамшина Н.Г. Особенности геохимической характеристики донного грунта малых рек при антропогенном влиянии / Н.Г. Курамшина, **Г.И. Сафина**, А. Михалевич // Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции «Защита окружающей среды от экотоксикантов» 14-15 апреля 2014 г. – Уфа: Редакционно-издательский центр УГНТУ, 2014. – С. 128-135.

14. Сафина Г.И. Особенности геохимической характеристики донного грунта малых рек Башкортостана / **Г.И. Сафина**, Э.Э. Нуртдинова, Ю. Хакимова, Н.Г. Курамшина // Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах: Материалы Международной школы-семинара молодых исследователей, г. Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2014. – С. 252-256.

15. Сафина Г.И. Биогеохимический анализ поступления тяжелых металлов в организм хрящевых рыб (р. Уфа, Башкортостан) / **Г.И. Сафина**, Г. Аминова, Ю.Н. Кулак, Н.Г. Курамшина // Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах: Материалы Международной школы-семинара молодых исследователей, г. Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2014. – С. 256-261.

16. Курамшина Н.Г. Поступление цинка, меди, никеля, марганца в хищную рыбу (Республика Башкортостан) / Н.Г. Курамшина, **Г.И. Сафина**, Э.Э. Нуртдинова // Экологическая безопасность и культура – требование современности: Сборник научных трудов Всероссийской с международным участием НПК, посвященной 20-летию кафедры «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» УГУЭС 10 октября 2014. – Уфа, 2014. – С. 92-96.

17. Сафина Г.И. Влияние донных отложений на биогеохимическое состояние поверхностных вод и гидробионтов / **Г.И. Сафина** // Экологическая безопасность и культура – требование современности: Сборник научных трудов Всероссийской с международным участием НПК, посвященной 20-летию кафедры «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» УГУЭС 10 октября 2014. – Уфа, 2014. – С. 153-157.

18. Курамшина Н.Г., Оценка биоаккумуляции химических элементов в чешуе хищных рыб (Башкортостан) / Н.Г. Курамшина, **Сафина Г.И.**, Лосева Л.П. // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2015. - №1. – С. 92-94.