

# ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ ШУГУРОВКА

**Исследовано влияние неорганизованных диффузных источников загрязнения на качество придонной воды и донных отложений р. Шугуровка с использованием различных биологических методов контроля. Показана необходимость расширения рамок биотестирования с использованием реакции организмов на конкретные токсиканты на основе физиологических, поведенческих и других характеристик.**

## Введение

**П**роблема устойчивого экологического и социально-экономического развития отдельных регионов России тесно связана с решением вопросов охраны и восстановления окружающей среды. Возрастающее антропогенное воздействие на окружающую среду выделяет ряд проблем, связанных с установлением характера, масштабов и последствий воздействия загрязняющих веществ на водные экосистемы. Основными следствиями этого влияния являются изменения структуры сообществ, круговорота веществ, функциональных характеристик и основных направлений развития экосистем [1].

В связи с этим совершенствование оценки качества природных сред является одной из важнейших задач современной экологии. Ввиду недостаточности системы санитарно-гигиенических нормативов, основанной на химических анализах загрязняющих веществ, для оценки качества природных сред большое внимание привлекает биотическая концепция экологического контроля. В настоящей работе проведена комплексная оценка современного экологического состояния р. Шугуровка, которая протекает в зоне активной деятельности промышленных предприятий химического и нефтехимического профиля г. Уфа, в том числе производства пестицидов, и является дренажной системой для стоков, формирующихся на их территории. Актуальность исследования обусловлена и тем, что устье р. Шугуровка расположено выше Южного водозабора на р. Уфа, который служит основным источником питьевой воды населения г. Уфа.

## А.Т. Магасумова \*

соискатель кафедры аналитической химии, ГОУ ВПО Башкирский государственный университет, начальник отдела физико-химических методов анализа, ГБУ Управление государственного аналитического контроля Минэкологии РБ

## Т.П. Смирнова,

кандидат химических наук, главный специалист отдела физико-химических методов анализа, ГБУ Управление государственного аналитического контроля Минэкологии РБ

## А.П. Ступин,

начальник отдела биологического контроля, ГБУ Управление государственного аналитического контроля Минэкологии РБ



В связи с этим р. Шугуровка является потенциальным источником загрязнения питьевого водозабора органическими токсикантами, в первую очередь фенолами [2, 3].

Известно, что фенолы, особенно его хлорпроизводные, являются токсичными веществами, способными аккумулироваться в донных отложениях и оказывать отрицательное воздействие на водную экосистему. Фенолы могут накапливаться в живых организмах и передаваться по трофической цепи. В наибольшем количестве эти соединения обнаруживаются в печени рыб, а затем (в порядке уменьшения) в жабрах, почках, селезенке, мышцах и кишечнике [4], а также они могут влиять на различные показатели жизнедеятельности представителей зообентоса (тубифицид, хирономид) [3]. Поэтому экологическое состояние р. Шугуровка было оценено комплексно на примере донных отложений - проведены идентификация и количественное определение органических соединений в донных отложениях р. Шугуровка, выявление острой и хронической токсичности придон-

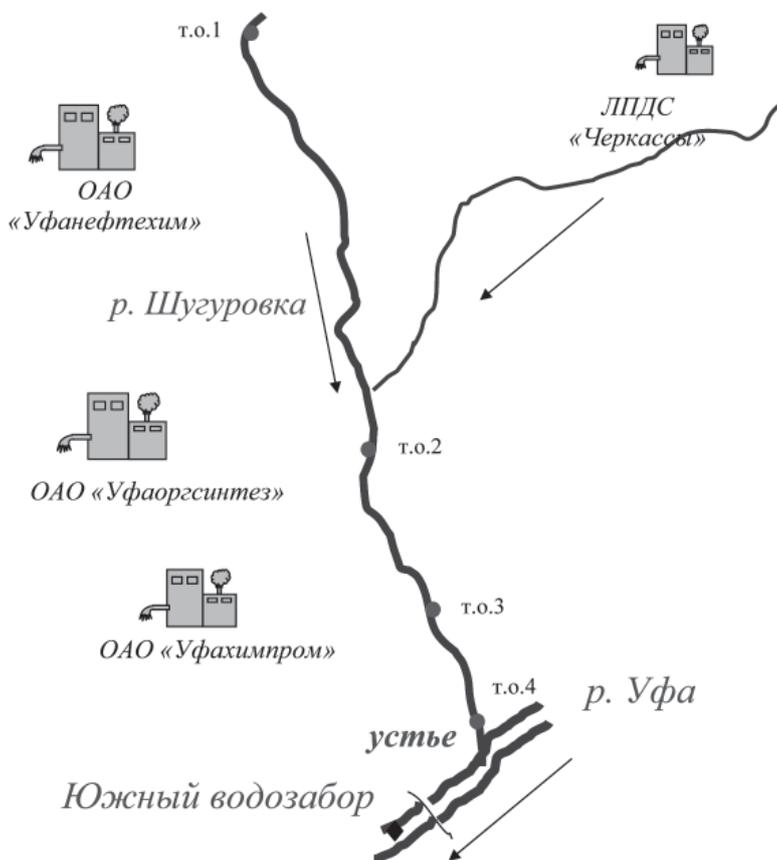
\* Адрес для корреспонденции: e-mail-ugak@ufanet.ru

ных вод и оценка структурно-функциональных характеристик зообентоса.

## Материалы и методы исследования

Отбор проб придонной воды и донных отложений из р. Шугуровка проводили в соответствии с требованиями нормативных документов [5, 6]. Идентификацию и количественное определение индивидуальных фенолов проводили методом хромато-масс-спектрометрии [7]. Схема расположения точек контроля представлена на *рис. 1*. Биотестирование проб придонной воды и донных отложений р. Шугуровка проводили на тест-объектах *Daphnia magna* и *Paramecium caudatum*, культивируемых в лаборатории по стандартным методикам [8-10]. Острое и хроническое токсическое действие загрязняющих веществ устанавливали на тест-объекте *Daphnia magna*.

Для индикации качества воды по структурно-функциональным характеристикам бентофауны применяли систему сапробности Кольквитца–Марсона [11], основанную на принципе, отражающем отношение гидробионтов к кислороду, т.е. их оксифильность.



**Рис. 1.** Схема расположения точек контроля на р. Шугуровка.

**В.И. Сафарова,**  
доктор химических наук, профессор, начальник ГБУ Управление государственного аналитического контроля Минэкологии РБ

**Р.М. Хатмуллина,**  
кандидат химических наук, начальник отдела хроматографии, ГБУ Управление государственного аналитического контроля Минэкологии РБ

**Е.В. Фатянова,**  
кандидат технических наук, начальник отдела информации, ГБУ Управление государственного аналитического контроля Минэкологии РБ

## Результаты и их обсуждение

В *табл. 1* представлены результаты анализа донных отложений р. Шугуровка на содержание органических веществ.

Несмотря на отсутствие организованных сбросов сточных вод в р. Шугуровка, из полученных данных видно, что в донных отложениях реки присутствуют гидроксибензол (фенол), ксилолы и хлорированные фенолы. Выявленные концентрации и перечень идентифицированных хлорпроизводных фенола свидетельствуют о техногенном происхождении данных веществ. Это позволяет предположить, что они были аккумулированы донными отложениями в результате их постоянного поступления с водосборной площади реки. Известно, что эти соединения, обладая мутагенными, канцерогенными свойствами, могут представлять серьезную угрозу живым организмам [12].

Из данных *табл. 2, 3* видно, что наиболее уязвимой группой является молодь рыб. Безвредные концентрации фенола и его производных для бентосных и планктонных организмов значительно превышают нормативы ПДК<sub>рыб.хоз</sub> для этих соединений. Этот вывод подтверждается отсутствием острой токсичности на стандартном тест-объекте *Daphnia magna* (*табл. 4*).

Показано, что из выбранных тест-объектов более чувствительным является *Paramecium caudatum* - токсическое воздействие зафиксировано в придонной воде в створе влияния производства пестицидов и в устьевой части реки по хемотоксической реакции организмов.

При этом следует отметить, что исследования, проведенные в условиях лабораторного эксперимента с использованием модельных растворов, содержащих 2,4-дихлорфенол с концентрацией 0,001 мг/дм<sup>3</sup>, показали хроническое токсическое действие на низших ракообразных *Daphnia magna* (снижение выживаемости *Daphnia magna* на 20 % от контрольного уровня на 20-е сут экспозиции).

Для оценки токсичности донных отложений по фенольным производным была использована летальная концентрация 0,071 мг/дм<sup>3</sup> для личинок рыб (*табл. 3*). Было допущено, что летальная концентрация для бентосных организмов будет близка к этой концентрации (с учётом характера питания и условий развития).

Суммарное содержание хлорфенолов, рассчитанное по данным химического анализа, составило 0,098 мг/дм<sup>3</sup>, т.е. концентрацию, близкую к летальной. Таким образом, накопление хлорфенолов в донных отложениях

**Таблица 1**

Результаты определения органических веществ в донных отложениях р. Шугуровка

Определяемые ингредиенты	Содержание, мг/кг (в пересчете на воздушно-сухие донные отложения)			
	Фоновый створ (т.о. 1)	в створе влияния производства органического синтеза (т.о. 2)	в створе влияния производства пестицидов (т.о. 3)	Устье реки (т.о. 4)
Гидроксibenзол	<0,0005	0,0025	0,0310	0,048
м (п)-Ксилолы	0,0010	0,0007	0,0023	0,0012
о-Ксилол	0,0040	0,0016	0,0076	0,0031
о-Хлорфенол	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
п-Хлорфенол	<0,0005	0,0020	<0,0005	0,012
2,4-Дихлорфенол	<0,00005	0,0002	0,0120	0,034
2,6-Дихлорфенол	<0,0005	<0,0005	0,012	0,0490
2,4,6-Трихлорфенол	<0,00005	<0,00005	<0,00005	0,003

может приводить к повреждению гидробионтов из разных систематических групп по биологическим, физиологическим и другим показателям. Результаты исследования состояния зообентоса р. Шугуровка представлены в табл. 5.

В результате идентификации видового состава бентосных животных выявлено сравнительно небольшое число видов (8) из трёх классов животного мира. Лидирующую роль играли  $\alpha$ -мезосапробные организмы - личинки большекрылки *Sialis lutaria*. Видовое разнообразие зообентоса практически не менялось при движении от фонового участка вниз по течению. Необходимо обратить внимание на то, что в исследованных пробах отсутствовали представители класса *Oligo-chetae* и личинки *Chironomus plumosus*.

Таким образом, при анализе структуры зообентоса р. Шугуровка выявлены изменения, которые могут быть связаны с техногенным

**Таблица 2**

Безвредные концентрации органических соединений для гидробионтов по [12] для фенола и [13] для пентахлорофенолята натрия

Организмы	Показатели	Концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	
		Пентахлорофенолят натрия	Фенол
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Число клеток	0,01	н/д
<i>Daphnia magna</i>	Выживаемость	0,001	н/д
	Число генераций	0,001	н/д
	Линька	0,01	н/д
<i>Tubifex tubifex</i>	Выживаемость	0,01	н/д
Личинки <i>Chironomus plumosus</i>	Выживаемость	0,005	н/д
	Окукливание	0,01	н/д
	вылет	0,01	н/д
Рыбы	Выживаемость	н/д	0,1-0,5

н/д - нет данных

**Таблица 3**

Летальные и токсические концентрации фенола и его производных для различных организмов по [12, 14]

Организмы	Показатели	Концентрация, мг/дм <sup>3</sup>						
		Нитрофенол			Хлорфенол		Пента-хлорфенолят натрия	Фенол
		о-*	м-*	п-*	о-*	пента-		
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Число клеток	36 <sub>Т</sub>	28 <sub>Т</sub>	72 <sub>Т</sub>	н/д	н/д	н/д	40 <sub>Т</sub>
<i>Daphnia magna</i>	Выживаемость	60 <sub>Т</sub>	24 <sub>Т</sub>	14 <sub>Т</sub>	0,86 <sub>Л</sub>	н/д	н/д	3,47 <sub>Л</sub> **
Личинки рыб		н/д	н/д	н/д	н/д	0,071 <sub>Л</sub>	н/д	5,0-10,0 <sub>Л</sub>
Гольян		125-130 <sub>Л</sub>	20-22 <sub>Л</sub>	30-35 <sub>Л</sub>	11,63 <sub>Л</sub>	0,21 <sub>Л</sub>	0,04 <sub>Т</sub>	0,079 <sub>Л</sub>

\*-о-, м-, п - изомеры; Л - летальная, Т - токсическая концентрация, н/д - нет данных;

\*\* - летальная концентрация по [14].

**Таблица 4**

Результаты токсикологического контроля придонной воды и донных отложений р. Шугуровка (n=3)

Место отбора проб	Контролируемый объект	Индекс токсичности, Т <i>Paramecium caudatum</i> *	Выживаемость, <i>Daphnia magna</i> (%)**
Устье р. Шугуровка (т.о. 4)	придонная вода	0,76	100,0
	донные отложения	0,70	100,0
В створе влияния производства пестицидов (т.о. 3)	придонная вода	0,96	100,0
	донные отложения	0,38	100,0
В створе влияния производства оргсинтеза (т.о. 2)	придонная вода	0,53	не анал.
	донные отложения	0,41	100,0
фоновый створ (т.о. 1)	придонная вода	0,53	100,0
	донные отложения	0,38	100,0

\* -  $0,0 < T \leq 0,4$  - допустимая;  $0,40 < T \leq 0,7$  - умеренная;  $T > 0,70$  - высокая степень токсичности \*\* - острая токсичность (в случае гибели 50 % и более особей).

**Таблица 5**

Состав зообентоса р. Шугуровка

№	Виды гидробионтов	Точки контроля*				Тип питания	Сапробность
		1	2	3	4		
Класс Hirudinea							
1	<i>Erpobdella octoculata</i> (L., 1758)	+	-	+	-	зоофаг	α
Класс Bivalvia							
2	<i>Sphaerium corneum</i> L., 1758	.+	+	+	-	эврифаг	α
Отряд Ephemeroptera							
3	<i>Baetis rhodani</i> Pictet, 1843	+	-	-	+	фитофаг	β
Отряд Megaloptera							
4	<i>Sialis lutaria</i> L., 1758	+	+	+	+	зоофаг	α
Отряд Coleoptera							
5	<i>Dytiscus</i> sp.	-	-	-	+		
Отряд Diptera							
6	<i>Tabanidae</i> gen.sp.	+	+	-	+	зоофаг	β
7	<i>Ablabesmyia</i> gr. <i>monilis</i> (L., 1758)	-	+	+	-	зоофаг	β
8	<i>Demicryptochironomus vulneratus</i> Zetterstedt, 1860	-	+	-	+	зоофаг	α
ИТОГО:		5	5	4	5		

\* - т.о. 1 - фоновый створ; т.о. 2 - в створе влияния производства оргсинтеза; т.о. 3 - в створе влияния производства пестицидов; т.о. 4 - устье р. Шугуровка. (период отбора проб май-сентябрь)

загрязнением. Об этом свидетельствует низкое видовое разнообразие бентосных сообществ и преобладание среди донных организмов видов, устойчивых к антропогенному воздействию.

## Заключение

Несмотря на отсутствие организованных сбросов промышленных сточных вод в р. Шугуровка, донные отложения загрязнены фенолом и хлорированными фенолами, токсичными веществами техногенного происхождения. Поскольку биологическое разложение хлорированных соединений в природных условиях протекает крайне медленно, можно прогнозировать их прогрессивное накопление в донных отложениях.

Результаты структурно-функциональных исследований бентофауны (низкое видовое разнообразие, превалирование в составе бентоценозов личинок насекомых) являются подтверждением техногенного влияния на экосистему р. Шугуровка. Однако, в связи с отсутствием систематических исследований по определению пороговых концентраций хлорированных производных фенола на гидробионты, необходимо расширение рамок биотестирования для проведения мониторинга донных отложений с использованием свойств организмов и разработка новых подходов к выбору тест-организмов на основе физиологических, поведенческих и других характеристик.

## Литература

1. Баканов А.И. Использование зообентоса для мониторинга пресных вод // Биол. внутр. вод. 2000. № 1. С. 108-111.

2. Сафарова В.И. Оценка воздействия промплощадки ОАО «Уфахимпром» на экологическое состояние реки Шугуровка / В.И. Сафарова, А.Т. Магасумова // *Материалы межрегиональной научно-практической конференции «Чистая вода Башкортостана – 2008»*. Уфа. 2008. С. 197-202.
3. Красногорская Н.Н. Влияние поверхностного стока с территории нефтеперерабатывающих предприятий на качество воды реки Шугуровки. / Н.Н. Красногорская, Т.А. Рогозина, А.Н. Асеев // *Материалы 7-го Конгресса нефтегазопромышленников России*. 2007. С. 17-19.
4. Елин Е.С. Фенольные соединения в биосфере. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 392 с.
5. ГОСТ 51592-2000. Вода. «Общие требования к отбору проб». М.: Изд-во стандартов. 2000. 31 с.
6. ГОСТ 17.1.5.01-80. Гидросфера. «Общие требования к отбору проб» донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность». М: Изд-во стандартов. 1980. 5 с.
7. ФР. 1.31.2008.04431. Методика выполнения измерений массовой концентрации фенола, о - хлорфенола, о-крезола, п-крезола, нитробензола, 2,4-дихлорфенола, п-хлорфенола, 2,6-дихлорфенола, 1-метилнафталина, 2,4,6-трихлорфенола, 2,4,5-трихлорфенола в пробах очищенных сточных и природных вод методом хромато-масс-спектрометрии. Методика аттестована в метрологической службе ГУ УГАК ПНД В МСУ ХМС 3.4.-003-07, Уфа 2007, 21 с.
8. ФР.1.39.2007.03223. Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из

**Ключевые слова:**

зоопланктон,  
сапробность,  
качество воды,  
Нижегородское  
Поволжье

- почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей. М.: «Акварос». 2007. 47 с.
9. ФР.1.31.0005.01881. Методика определения токсичности проб природных, питьевых, хоз.-питьевых, хоз.-бытовых сточных, очищенных сточных, сточных вод экспресс методом с применением прибора «Биотестер». 2010. -С-Петербург, ООО «СПЕКТР-М». 19 с.
  10. ФР.1.31.2005.01882. Методика определения токсичности проб почв, донных отложений и осадков сточных вод экспресс-методом с применением прибора «Биотестер». 2010. С-Петербург, ООО «СПЕКТР-М». 19 с.
  11. Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. Л.:ЗИН АН СССР, 1974. 60 с.
  12. Грушко Я.М. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах. Л.: Химия. 1982. 214 с.
  13. Строганов Н.С. Моделирование возможных изменений экосистемы при загрязнении по чувствительности гидробионтов к токсикантам. // *Материалы двух советско-американских симпозиумов «Влияние загрязнителей на водные экосистемы»*. Дулут – Миннесота. США. Л.: Наука. 1975, С. 142-149.
  14. Филов В.А. Вредные вещества в окружающей среде: В 4 ч. С.-Петербург: НПО «Профессионал», 2004. ч. 1. 402 с.



A.T. Magasumova, T.P. Smirnova, A.P. Stupin, V.I. Safarova, R.M.Hatmullina, E.V. Fatyanova

## EVALUATION OF ECOLOGICAL STATE OF RIVER SHUGUROVKI

The influence of spontaneous pollution diffuse sources on the bottom water quality and sediments of the river Shugurovka was analyzed by various biological control methods.

The necessity of variation of biotesting methods using ability of organisms to respond to certain toxicants was shown.

**Key words:** bottom sediments, chlorophenols, biotesting, bioindication