

УДК 574.24, 574.21, 574.635

ОТВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ ДАФНИЙ НА ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДЫ ИЗ РАЗНЫХ СТОРОВ РЕКИ ТУРЫ

С. В. Артеменко, Г. А. Петухова

DAPHNIA RESPONSE REACTIONS TO TECHNOGENIC POLLUTION OF THE WATER FROM DIFFERENT PARTS OF THE TURA RIVER

S. V. Artemenko, G. A. Petukhova

Проведен анализ выживаемости и плодовитости дафний в пробах воды из разных створов реки Туры в течение 4-х лет наблюдения. Выявлена токсичность воды из реки в ряде районов, что связано с наличием в воде высоких концентраций нефтепродуктов, фенолов, фтора, ПАВ. Степень загрязнения речной воды на протяжении 4-х лет исследования (с 2009 по 2012 гг.) возрастала.

The study analyzed the survival and fecundity of *Daphnia* in the water samples from different cross-sections of the Tura River for over 4 years. The toxicity of river water in a number of areas was identified, which is caused by the presence of high concentrations of oil products, phenols, fluorine and surfactants in the water. The degree of river water pollution increased over the 4 years of research (2009 – 2012).

Ключевые слова: выживаемость, плодовитость, дафнии, загрязнение речной воды.

Keywords: survival, fecundity, *Daphnia*, river water pollution.

Среди приоритетных проблем охраны и использования водных ресурсов следует отметить низкое повсеместное качество поверхностных вод. Степень загрязнения вод за последнее время становится выше потенциала самоочищения водных экосистем в наиболее развитых и заселенных территориях. В категорию техногенных источников, загрязняющих водные объекты, входят различные промышленные предприятия, речной и автомобильный транспорт, а также предприятия коммунального хозяйства, поставляющие загрязнители в водные объекты городов [2]. Не исключением в этом отношении является город Тюмень, поставляющий в воду реки Туры, на которой он расположен, различные виды загрязнителей, превышающие ПДК: NO₂ до 3 ПДК, Mn до 12 ПДК, Фенолы до 2 ПДК, нефтепродукты до 2 ПДК [8].

Целью проведенного исследования был анализ выживаемости и плодовитости чувствительного модельного тест-объекта *Daphnia magna* (L.) в пробах воды из разных створов реки Туры в течение 4-х лет наблюдения.

Материал и методы исследований

Исследования проводили по стандартным методикам (выживаемость ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06; плодовитость ФР.1.39.2007.03222) на 2-х суточных дафниях, используемых в остром и хроническом эксперименте. Эксперименты ставились в 5-ти кратной повторности с плотностью посадки 10 рачков на литр тестируемой воды. Плодовитость регистрировали по количеству появившейся молоди в пересчете на 1 самку.

В створе реки были выделены следующие 5 участков, соответственно, по течению реки: пос. Док (TR1), мост Челюскинцев (TR2), пос. Яр (TR3), с. Каскара (TR4), д. Чикча (TR5).

Проведенные исследования показали, что в воде зон TR2, TR3 и TR4, расположенных последовательно

по ходу течения реки, в остром эксперименте (первый ряд столбиков на рис. 1) выживаемость рачков была ниже контрольного уровня. Причиной этого является превышение ПДК по ХПК и фенолам в зонах исследования. Кроме того, усиление токсического действия в зоне TR3 объясняется высоким (3-кратное превышение ПДК) уровнем ПАВ. Отличие уровня выживаемости дафний в остром и хроническом эксперименте (второй ряд столбиков на рис. 1) свидетельствует о том, что угнетение происходит как вследствие прямого действия высоких концентраций веществ, так и в ходе их функциональной кумуляции [7]. О токсичном эффекте кумуляции отдельных веществ в организме рачков говорит в своих исследованиях О. А. Бархатова [1]. В работах К. В. Кулагиной показано, что допустимые концентрации инсектицида «лепидоцид», накапливаясь, приводят к высокой степени интоксикации дафний [6].

Изучение выживаемости дафний в пробах воды из этих же районов в последующие годы позволило выделить наиболее токсичные зоны на изучаемом отрезке реки Туры. В 2010 и 2011 году ситуация во многом аналогична 2009 г. (рис. 2 и рис. 3).

Наличие загрязнения разного происхождения, а также специфичность для разных отрезков реки прослеживаются в работах ряда авторов (Е. А. Исаченко-Боме [4], В. В. Горгуленко [3], Г. В. Ким [5]). Отличительной особенностью является отсутствие угнетения в зоне TR5 на 10 день эксперимента в последующие годы исследования. В остром эксперименте, как более опасные зоны, охарактеризованы TR3 и TR4. В хроническом эксперименте к ним добавляется TR2. В этом случае дафнии испытывают на себе действие фенолов и ПАВ, превышающих ПДК.

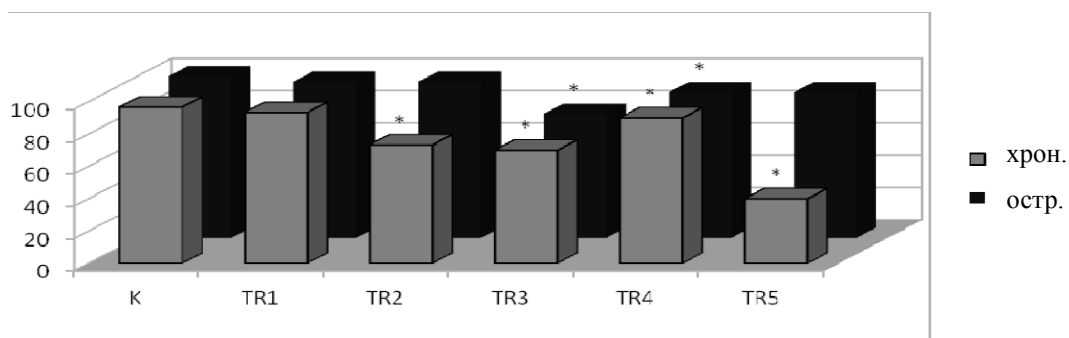


Рис. 1. Выживаемость дафний на 2 и 10 сутки экспозиции в воде разных створов реки Туры 2009 г.

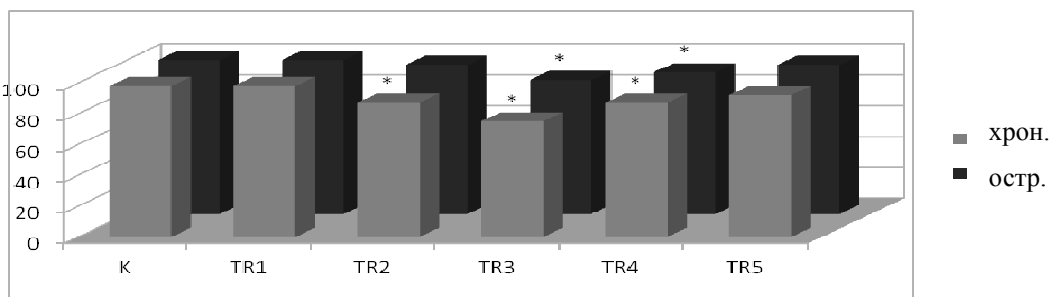


Рис. 2. Выживаемость дафний на 2 и 10 сутки экспозиции в воде разных створов реки Туры 2010 г.

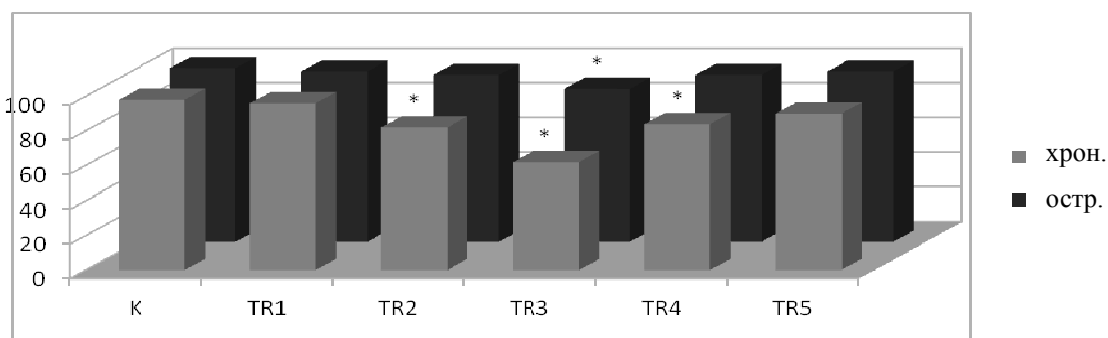


Рис. 3. Выживаемость дафний на 2 и 10 сутки экспозиции в воде разных участков реки Туры 2011 г.

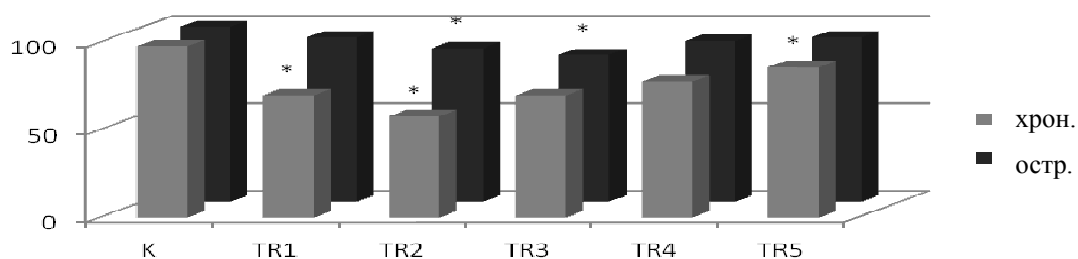


Рис. 4. Выживаемость дафний на 2 и 10 сутки экспозиции в воде разных участков реки Туры 2012 г.

При анализе данных за 2012 г. (рис. 4) выявлено снижение уровня выживаемости дафний на всём исследуемом отрезке реки. Также отмечено увеличение концентрации нефтепродуктов (выше уровня ПДК).

Это указывает на загрязнение реки Туры выше по течению исследуемого отрезка. Вследствие этого зона TR1 перешла в разряд токсичных вод для жизни гидробионтов. Также можно отметить, что токсический эффект, вследствие физиологической кумуляции ток-

сикантов, проявляется в 2012 году во всех зонах исследуемого участка реки.

Таким образом, можно обозначить TR2 и TR3 как зоны, испытывающие наибольшее влияние техногенного пресса, а также наиболее токсичные для жизнедеятельности гидробионтов. Кроме того, повышение рельефа дна зоны TR3 и наличие миандр речного русла между TR3 и TR4 формируют условный барьер для распространения загрязнения реки.

В ходе исследования также была проанализирована плодовитость дафний (рис. 5). Многолетние наблюдения позволили установить статистически значимое снижение уровня плодовитости дафний во всех

пробах воды в 2012 году: это реакция на изменения в химическом составе воды, в частности, на повышение уровня нефтепродуктов в речной воде в 2012 г.

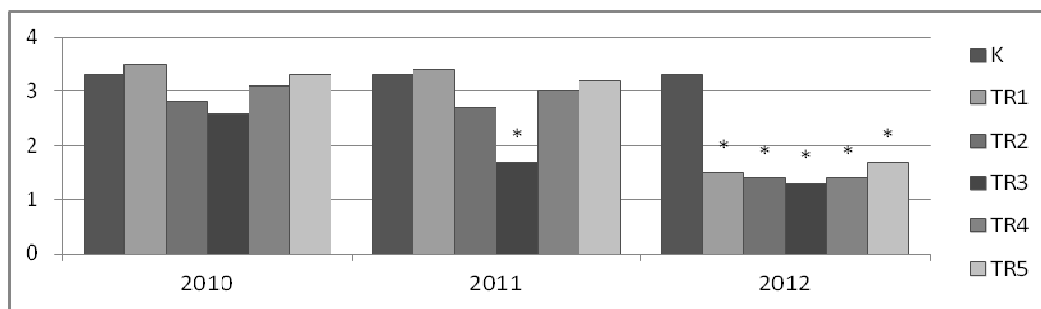


Рис. 5. Плодовитость дафний в исследуемых зонах р. Туры 2010 – 2012 гг.

Интересно отметить, что в воде TR3 ответная реакция проявилась годом ранее (2011). Можно заключить, что эта зона имеет прогностическую ценность как создающая комплекс условий для увеличения чувствительности показателя плодовитости дафний.

Для интеграции данных о влиянии веществ на показатели дафний был проведён корреляционный анализ. Сопоставляли изменение химического состава воды из реки Туры и степень выраженности реакций

дафний. Это позволило определить степень чувствительности каждого показателя к конкретному токсиканту. Анализ проводился для всех 18 проанализированных параметров химического состава проб воды, но зависимость обнаружена лишь для 9-ти параметров. Коэффициенты корреляция были рассчитаны с учётом особенностей химического состава каждой исследуемой зоны реки (таблица 1).

Таблица 1

Коррелятивная зависимость выживаемости дафний от содержания химических реагентов в воде разных створов р. Туры

	<i>Fe</i>	<i>Cl</i>	<i>F-</i>	<i>NO3</i>	<i>NO2</i>	<i>PO4</i>	<i>Фенолы</i>	<i>ПАВ</i>	<i>Oil</i>
TR1	0,17	-0,11	0,5	0,17	0,17	-	0,72	-	-
TR2	0,20	0,20	0,55	-0,04	-0,04	-0,04	0,20	-	-0,56
TR3	-0,18	-0,31	0,23	-0,26	-0,18	0,14	0,19	-0,14	-0,08
TR4	0,42	-0,42	0,35	-	0,42	-	-0,06	-	-0,51
TR5	-0,93	0,93	-0,47	-	-0,93	-	-0,63	-	0,33

Примечание: жирным выделена достоверно установленная корреляция.

Исходя из данных таблицы, однозначно негативное влияние оказывают нефтепродукты. Прочие показатели влияют в разных зонах реки как положительно, так и негативно. Причиной позитивной коррелятивной связи может являться загрязнение естественной природы, стимулирующее рост водорослей и бактерий, которые употребляются в пищу дафниями. В зоне TR5 коррелятивная связь обратна по отношению к большинству веществ, что может указывать на более низкий уровень органики вследствие удалённости от городских сточных систем.

Значительно информативнее выглядит корреляционный анализ плодовитости дафний к тем же 18 гидрохимическим параметрам (таблица 2). Подтверждается высокая значимость токсичного влияния нефтепродуктов практически для всех исследуемых зон реки Туры. В данном случае стало возможным доказать негативный эффект содержащихся в речной воде ПАВ и нитратов. Взаимовозрастание плодовитости и концентрации таких веществ, как фтор, фенол, железо, фосфаты, может быть связано с участием данных химических элементов в комплексах снижающих общую токсичность среды. Кроме того, указанные вещества

также могут быть органического происхождения и стимулировать рост пищевого ресурса.

Характеризуя исследуемый отрезок реки Туры по ответным реакциям *D. magna*, следует выделить зоны TR2 и TR3 как испытывающие высокую степень техногенного пресса. Наиболее сильный негативный эффект оказывают нефтепродукты. Выявленная прямая взаимозависимость дафний и группы веществ, в т. ч. фторидов, указывает на особенность антагонистических взаимоотношений токсикантов. Подобная зависимость, обнаруженная для фенола, говорит о его естественном происхождении, что стимулирует рост и размножение организмов, используемых дафниями в пищу.

Коррелятивная зависимость плодовитости дафний от содержания химических реагентов в воде разных створов р. Туры

<i>Створ</i>	<i>Fe</i>	<i>Cl</i>	<i>F-</i>	<i>NO3</i>	<i>NO2</i>	<i>PO4</i>	<i>Фенол</i>	<i>ПАВ</i>	<i>Oil</i>
TR1	0,36	0,03	0,62	0,36	0,36	-	0,72	-	-
TR2	0,55	-0,03	0,78	0,36	0,36	0,36	0,55	-	-0,92
TR3	0,19	-0,60	0,52	-0,89	0,19	0,59	0,62	-0,59	-0,84
TR4	0,37	-0,37	0,29	-	0,37	-	-0,51	-	-0,66
TR5	0,35	-0,35	0,63	-	0,35	-	-0,52	-	-0,98

Примечание: жирным шрифтом выделена достоверно установленная корреляция.

Выводы

1. Выявлена токсичность воды из реки Туры в районах моста Челюскинцев и пос. Яр при учете выживаемости и плодовитости дафний.

2. Наиболее выраженный токсический эффект речной воды связан с наличием в ней нефтепродуктов, фенолов, фтора, ПАВ.

3. Степень загрязнения речной воды на протяжении 4-х лет исследования (с 2009 по 2012 гг.) возрас- тала.

4. Чувствительность соматических клеток дафний (регистрируемая при учете выживаемости) была выше, чем чувствительность половых клеток (регистрируемая по реальной плодовитости рачков).

Литература

1. Бархагова О. А. Сравнительная токсикорезистентность *Epischura baicalensis* и *Daphnia magna* в присутствии и отсутствии пищи: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск, 2000. 153 с.
2. Власова Е. Я. Количественная оценка уровня устойчивости экосистемы урбанизированных территорий // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2007. № 4. С. 77 – 80.
3. Горгуленко В. В., Кириллов В. В., Ким Г. В., Ковешников М. И. Оценка качества донных отложений реки Аба методами биоиндикации и биотестирования // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2011. № 2-2. С. 65 – 71.
4. Исаченко-Боме Е. А., Михайлова Л. В., Бондарь М. С. Воздействие нефтяного загрязнения на сообщество макрозообентоса (натурное моделирование) // Путь в Сибирь. 2007.
5. Ким Г. В. Морфологические аномалии диатомовых водорослей фитозепилитона как индикаторы качества воды водотоков и водоемов горного Алтая // Мир науки, культуры, образования. 2013. № 5. С. 444 – 449.
6. Кулагина К. В., Каменек В. М. Морфофизиологические особенности *Daphnia magna* в условиях влияния биологического пестицида на основе *Bacillus thuringiensis* // ZOOCENOSIS – 2009. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: V Міжнародна наукова конференція. Україна, Дніпропетровськ, ДНУ. Днепропетровск: Лира, 2009. С. 63 – 65.
7. Сердюк В. С., Стищенко Л. Г. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: учебное пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2003. 240 с.
8. Содержание загрязняющих веществ в водных объектах Тюменской области. Режим доступа: http://admtumen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/water.htm (дата обращения: 20.11.14).
9. Содержание загрязняющих веществ в водных объектах Тюменской области // Тюменская область. Официальный портал органов государственной власти. Режим доступа: http://admtumen.ru/ogv_ru/about/-ecology/eco_monitoring/water.htm (дата обращения: 20.11.14).

Информация об авторах:

Артеменко Сергей Владимирович – аспирант, ассистент кафедры экологии и генетики Института биологии Тюменского государственного университета, 8-909-742-41-55, artbot89@mail.ru.

Sergen V. Artemenko – post-graduate student, Assistant Lecturer at the Department of Ecology and Genetics, Institute of Biology, Tyumen State University.

(Научный руководитель – Г. А. Петухова).

Петухова Галина Александровна – доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и генетики Института биологии Тюменского государственного университета, 8-9-222-62-03-92, gpetuhova1@mail.ru.

Galina A. Petukhova – Doctor of Biology, Professor at the Department of Ecology and Genetics, Institute of Biology, Tyumen State University.

Статья поступила в редколлегию 17.12.2014 г.