

© С.В. АРТЕМЕНКО, Г.А. ПЕТУХОВА

Artbot89@mail.ru, Gpetuhova1@mail.ru

УДК 574.24

БИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДЫ УРБАНОЗАВИСИМЫХ УЧАСТКОВ РЕКИ ТУРЫ

АННОТАЦИЯ. Данная статья посвящена исследованию физиологических и поведенческих реакций инфузорий-туфельки *Paramecium caudatum*. Инфузории выступили в роли индикаторов на токсичные комплексы в пробах воды. Пробы воды были отобраны на удаленных друг от друга участках реки Туры с различными видами, а также степенью антропогенной нагрузки. Участки реки были выбраны в черте города Тюмени, а также в пригороде ниже по течению реки. Выявленные отклонения от нормы реакции организмов были использованы для анализа состояния исследуемых участков водоема. В ходе исследования определены участки реки с наибольшей токсичностью и безопасные участки. После дополнительно проведенного химического анализа отдельных элементов, были выдвинуты предположения о влиянии отдельных элементов, а также их комплексное воздействие на реакцию инфузорий. Отмечено, что формирование поведенческих и физиологических реакций происходит не только лишь за счет агентов химической природы, но также за счет биологических факторов.

SUMMARY. This article is devoted to the research of physiological and behavioral reactions of the ciliate *Paramecium caudatum*. In our experiment ciliates acted as indicators of toxic complexes in water samples which were taken from different parts of the Tura river with various types and degrees of anthropogenic pressure. Parts of the river selected for analysis were located both in the urban and rural areas of Tyumen. Abnormal reactions of ciliates were used for the analysis of areas of the river under study. Over the course of the analysis, the most toxic and the safest sections of the river were identified. After further analysis of chemical elements, assumptions were made concerning the impact of individual chemical elements as well as their complexes on ciliates. It was also revealed that behavioral and physiological reactions of ciliates were dependent not only upon chemical, but also upon biological factors.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Тест-объект, токсичность, *Paramecium caudatum*, р. Тура.

KEY WORDS. Test-object, toxicity, *Paramecium caudatum*, the Tura river.

По обширности пространства и резко дифференцированной плотности населения, богатству ресурсами и контрастом уровня жизни людей, разнообразию культурных традиций и сложнопостроенности политических институтов Тюменский регион во многом напоминает Россию в целом. По численности населения Тюменская область занимает 11-е место, что составляет 2,3% по России [1]. Город Тюмень снабжается водой от нескольких водозаборов: Метелевский, Головной, Велижанский. Лишь последний из перечисленных использует подзем-

ные источники, остальные же производят забор и очистку воды из р. Туры. Класс качества воды в реке, при этом, расценивается от категории «грязная» до категории «чрезвычайно грязная» [2-7].

Из вышеизложенного ясно, что мониторинг состояния водоемов чрезвычайно важен и необходим как с экологической, санитарно-гигиенической сторон, так и с экономической.

Исследуемая часть русла р. Туры была подразделена на стратегические показательные участки. Получившийся отрезок является наиболее интересным с точки зрения биомониторинговых исследований, поскольку представляет взаимопереходящие типы микрорельефа и испытывает разные степени нагрузки на каждом участке (рис. 1).

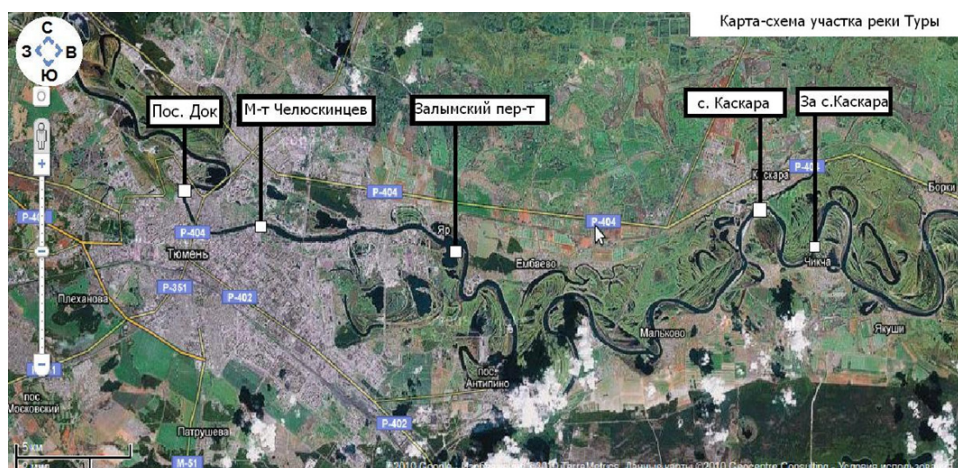


Рис. 1. Расположение точек забора проб воды

Были установлены точки: пос. Док, мост по улице Челюскинцев, Залымский пережат, с. Каскара, за с. Каскара. В качестве тест-объектов использовали инфузорий-туфельек *Paramecium caudatum*. Тестирование воды проводилось в лаборатории Тюменского государственного университета по методике определения численности и двигательной активности ресничных инфузорий [8].

На основе проведенных исследований были получены следующие результаты:

Наиболее быстрый и простой способ определения наличия токсиканта в воде биотестирование на инфузориях-туфельках. В ходе данного исследования установлено, что численность клеток в речной воде во много раз больше, чем в отстоянной воде, что говорит о высоком содержании органических веществ и сопутствующих бактерий их преобразующих.

Таблица 1

Тест-функции *Paramecium caudatum* в пробах из р. Туры

Объект	Численность, шт.		Двигательная активность, %	
	1 сутки	9 сутки	1 сутки	9 сутки
Контроль*	11,7±0,56	11,9±0,61	27,3±2,42	33,0±2,40
пос. Док	26,1±2,52*	22,1±2,21*	13,0±1,15*	13,6±1,42*

Окончание табл. 1

мост Челюскинцев	43,8±3,97*	29,6±2,91*	13,3±1,35*	8,6±0,98*
Залымский Перекат	38,7±3,23*	19,4±1,64*	18,6±1,56*	5,7±0,38*
с. Каскара	31,7±3,25*	34,2±3,54*	29,4±2,73	21,5±0,97
3 км. за с. Каскара	30,7±3,39*	28,1±2,67*	25,3±2,28	33,8±3,21

Усл. обознач.: * — статистически достоверное различие с контролем ($\alpha=0,95$).

В воде с участка Залымский перекаат инфузории, питаюсь бактериями, в короткие сроки размножились в большом количестве, но по прошествии нескольких дней их численность сократилась практически в два раза. Причина этого — влияние высоких концентраций токсичных веществ. Отмечено резкое снижение показателя и в воде из района моста Челюскинцев, т.е. зоне предшествующей Залымскому перекаату. Численность инфузорий говорит о том, что в реке высоко содержание органических веществ и микроорганизмов, а кроме того в районе моста Челюскинцев — Залымского перекаата повышено влияние токсичных комплексов.

Расширить и уточнить складывающуюся токсикологическую картину на отмеченных участках поможет следующий показатель, наблюдаемый у этих же организмов — двигательная активность. Природная особенность инфузорий: жизнь в движении, т.е. при полной остановке инфузории можно констатировать ее гибель. Отмечено резкое снижение активности движения в воде с участков мост Челюскинцев и Залымский перекаат, что подтверждает повышенную концентрацию токсиканта на данных участках или его более агрессивную природу.

Природные особенности участка Залымский перекаат, а также высокая амплитуда изменения параметров тест-объектов в воде с данного участка указывает на то, что в данном месте река накапливает токсичные вещества, при этом последующие участки ниже по течению содержат воду с меньшим токсическим эффектом или с отсутствием последнего.

Адекватность оценки поведения тест-систем возможно лишь при наличии химического анализа проб воды. Поскольку любые сточные воды имеют сложный, многокомпонентный химический состав, необходимо учитывать их комбинированное действие. Последнее проявляется в виде синергизма, антагонизма и суммированного (аддитивного) действия [9].

Синергизм четко проявляется в комбинациях тяжелых металлов, аммиака и меди, фенола и ПХП, меди и СПАВ. Вследствие этого смеси даже субтоксических концентраций этих веществ могут оказаться смертельными [10]. Рассмотрение результатов химического анализа позволяет предсказать места наиболее сильного токсического действия, вследствие большего количества действующих веществ.

Пробы воды с различных участков р. Туры были протестированы на следующие химические показатели: рН, Fe²⁺, NH₄⁺, ПАВ, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, F⁻, Cl⁻, фенолы и нефтепродукты. Вода из р. Туры была исследована на наличие химических соединений и веществ с 2009 по 2011 гг.

Таблица 2

Результаты химического анализа вод р. Туры с 2009 по 2011 гг.

	рН	NO ₂ (мг/л)	NO ₃ (мг/л)	NH ₄ ⁺ (мг/л)	Fe (мг/л)	PO ₄ [—] (мг/л)	Cl [—] (мг/л)	ПАВ (мг/л)	F [—] (мг/л)	Фенолы (мг/л)	Нефтепродукты (мг/л)
пос. Док	7,5	0,02	1	0,2	0,3	0,2	24,85	2	0	0	0,1
мост Челюскинцев	6,5	0,02	1	0,2	0,3	0,2	21,3	2	0	0	0,5
Залымский пережат	7,0	0,00	0	0,2	0,3	0,2	21,3	2	0	0,02	1,0
с. Каскара	6,5	0,10	5	0,2	0,3	0,2	28,4	2	0	0	0,1
за с. Каскара	6,5	0,02	1	0,2	0,3	0,2	28,4	2	0	0	0,1

Прим.: выделенные жирным значения превышают ПДК.

Превышение ПДК в точках мост Челюскинцев и Залымский пережат говорит о сложности действующего токсического комплекса на данных участках. Физиологические и поведенческие реакции инфузорий-туфелек полностью отражают состояние вод на указанных точках реки.

Заключение. Методы биотестирования дают возможность оценить токсичность среды для организма в целом, а не отдельных элементов, как при других видах мониторинга. Каждый тест-объект представляет собой новый механизм устойчивости к стрессирующим факторам окружающей среды, поэтому позволяет более полно и подробно описать и рассчитать условия среды, а также экстраполировать на человеческий организм. В ходе исследования установлено, что участок реки Туры — Залымский пережат в силу своих особенностей рельефа является наиболее загрязненным участком, т.е. выступает в качестве протектора нижерасположенных участков от высоких концентраций загрязнителя. Участком с наибольшим прессом в силу антропогенного влияния был определен мост Челюскинцев. По значениям отдельных параметров вода из участков, расположенных ниже по течению от участка Залымский пережат, должна быть взята под контроль, т.к. при складывающейся тенденции возможно ухудшение ее состояния на данном участке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляева Л.А., Корепанов Г.С., Куцев Г.Ф., Лапин Н.И. Тюменский регион в современной фазе социокультурной эволюции России // Мир России. 2008. № 1. С. 50-88.
2. Обзор: экологическое состояние, использование природных ресурсов, охрана окружающей среды Тюменской области за 2003 год // Департамент по охране окружающей среды Администрации Тюменской области. 2004-2010.
3. Обзор: экологическое состояние, использование природных ресурсов, охрана окружающей среды Тюменской области за 2004 год // Департамент по охране окружающей среды администрации Тюменской области. 2005. С. 165-170.
4. Обзор: экологическое состояние, использование природных ресурсов, охрана окружающей среды Тюменской области за 2005 год // Департамент по охране окружающей среды администрации Тюменской области. 2006. С. 166-173.
5. Обзор: экологическое состояние, использование природных ресурсов, охрана окружающей среды Тюменской области за 2006 год // Департамент по охране окружающей среды администрации Тюменской области. 2007. С. 160-171.

6. Обзор: экологическое состояние, использование природных ресурсов, охрана окружающей среды Тюменской области за 2007 год // Департамент по охране окружающей среды администрации Тюменской области. 2008. С. 164-173.

7. Обзор: экологическое состояние, использование природных ресурсов, охрана окружающей среды Тюменской области за 2008 год // Департамент по охране окружающей среды администрации Тюменской области. 2009. С. 168-177.

8. А.А. Рахлеева, В.А. Терехова Методика определения токсичности отходов, почв, осадков сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования с использованием равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum* Ehrenberg. ФР.1.39.2006.02506. М.: МГУ, 2006. 30 с.

9. Будников Г.К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем // Биология. 1998. № 6. С. 23-29.

10. Калинин Н.А., Макарова О.А. Загрязнение р. Иртыш солями тяжелых металлов и их влияние на растительный мир водоема // Электронный научный журнал «Вестник Омского государственного педагогического университета». 2006. URL <http://www.omsk.edu/article/vestnik-omgpu-46.pdf>.

REFERENCES

1. Beljaeva, L.A., Korepanov, G.S., Kucev, G.F., Lapin, N.I. The Tyumen Region in the context of contemporary evolution of Russia. *Mir Rossii — The World of Russia*. 2008. №1. Pp. 50-88. (in Russian).

2. Overview: ecology, use of natural resources, environmental protection of the Tyumen region in 2003 // Department of Environmental Protection of the Administration of the Tyumen Region. 2004-2010. (in Russian).

3. Overview: ecology, use of natural resources, environmental protection of the Tyumen region in 2004 // Department of Environmental Protection of the Administration of the Tyumen Region. 2005. Pp. 165-170. (in Russian).

4. Overview: ecology, use of natural resources, environmental protection of the Tyumen region in 2005 // Department of Environmental Protection of the Administration of the Tyumen Region. 2006. Pp. 166-173. (in Russian).

5. Overview: ecology, use of natural resources, environmental protection of the Tyumen region in 2006 // Department of Environmental Protection of the Administration of the Tyumen Region. 2007. Pp. 160-171. (in Russian).

6. Overview: ecology, use of natural resources, environmental protection of the Tyumen region in 2007 // Department of Environmental Protection of the Administration of the Tyumen Region. 2008. Pp. 164-173. (in Russian).

7. Overview: ecology, use of natural resources, environmental protection of the Tyumen region in 2008 // Department of Environmental Protection of the Administration of the Tyumen Region. 2009. Pp. 168-177. (in Russian).

8. Rahleeva, A.A., Terehova, V.A. *Metodika opredelenija toksichnosti othodov, pochv, osadkov stochnyh, poverhnostnyh i gruntovyh vod metodom biotestirovanija s ispol'zovaniem ravnoresnichnyh infuzorij Paramecium caudatum Ehrenberg. FR.1.39.2006.02506* [Methodology for determining toxicity of the waste, soil, sewage, surface water and groundwater by bioassay using ciliates *Paramecium Caudatum* Ehrenberg]. Moscow: 2006. 30 p.

9. Budnikov, G.K. Heavy metals in environmental monitoring of water systems. *Biologija — Biology*. 1998. № 6. Pp. 23-29. (in Russian).

10. Kalinenko, N.A., Makarova, O.A. Heavy metal pollution of the river Irtysh and their impact on the flora of the reservoir. *Elektronnyj nauchnyj zhurnal «Vestnik Omskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta» — The electronic scientific journal «Bulletin of Omsk State Pedagogical University»*. 2006. URL: <http://www.omsk.edu/article/vestnik-omgpu-46.pdf> (in Russian).