

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В ТЕХНОГЕННЫХ ЗОНАХ

В.Л. ДОМНИНА, А.А. КОРОТКОВА, Н.П. БУЛУХТО

*Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого,  
пр-т Ленина, 125, Тула, Россия, 300026*

**Аннотация.** В результате мониторинга Клоковского ручья в п. Плеханово Тульской области в створе выпуска сточных вод выявлены единичные живые организмы (одноклеточные зеленые водоросли и простейшие). Биоиндикационные исследования позволили выявить  $\alpha$ -месосапробный уровень органического загрязнения поверхностных вод и донных отложений. В результате химических исследований не обнаружено неорганических поллютантов, в частности тяжелых металлов. В результате биотестирования выявлена острая токсичность поверхностной воды и донных отложений Клоковского ручья, а также фекальных стоков, которая обусловлена наличием органических веществ, не регистрируемых химическими методами. Исследования показали, что поверхностная вода в исследуемом створе Клоковского ручья весьма загрязненная, высокотоксичная. Экосистема этого ручья находится на грани разрушения, так как трофические связи и механизмы самоочищения нарушены. Здесь происходит нетипичное накопление органических веществ и присутствует большое количество бактерий, в том числе болезнетворных для человека. Таким образом, Клоковский ручей и его береговая зона представляют собой зону с напряженной экологической обстановкой, которая не может не сказаться на здоровье человека. Опасность представляет попадание болезнетворных микроорганизмов и органических веществ в садовые культуры с поливными водами из этого ручья. Также представляет собой угрозу использование в пищу рыбы, выловленной в приустьевых участках данного водотока.

К тому же последствия такого антропогенного воздействия сказываются и на качестве питьевой воды, так как не исключается возможность загрязнения водоносного горизонта поверхностными водами водотоков путем фильтрации их через аллювиальные отложения русла.

**Ключевые слова:** биоиндикация, индекс сапробности,  $\alpha$ -месосапробный уровень органического загрязнения, биотестирование, острая токсичность, вредное воздействие, техногенные зоны, поллютанты.

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF SURFACE WATERS IN THE TECHNOGENIC ZONES

V.L. DOMNINA, A.A. KOROTKOVA, N.P. BULUKHTO

*Tula State Leo Tolstoy Pedagogical University, Lenin Prospect, 125, Tula, Russia, 300026*

**Abstract.** As the result of the monitoring of the Klokovsky stream in s. Plekhanovo of Tula region in the sewage water of "Tulaelectroprivod" the individual living organisms (unicellular green algae and protozoa) were detected. The biological researches allow to revealing the  $\alpha$ -mesosaprobic level of organic pollution of surface waters and sediments. The chemical analysis didn't found inorganic pollutants, in particular heavy metals. Based on biotesting, the acute toxicity of surface water and sediments of the Klokovsky stream and fecal waters was found, caused by the presence of organic substances which are not detected by chemical methods. The research has shown that the surface water in the studied water flow is highly polluted and highly toxic. This ecosystem of the stream is close to destruction, as the trophic links and mechanisms of self-purification are disturbed. The atypical accumulation of organic matter is observed and there are a large number of bacteria, including pathogenic to humans. Thus, the Klokovsky stream and its coastal zone represent an area of intense ecological environment which may influence on human health. The danger is in contact with pathogenic microorganisms and organic substances in garden crops with irrigation water from this stream. There is a threat of the use in food of fish caught in the mouth areas of this watercourse. The consequences of such anthropogenic impacts affect the quality of drinking water. There is the possibility of contamination of the aquifer surface water streams by filtering them through the alluvial deposits of riverbed.

**Key words:** bio-indication, saprobic index,  $\alpha$ -mesosaprobic level of organic pollution, biological testing, acute toxicity, adverse effects, technogenic zones, pollutants.

**Введение.** Существенная часть России подвергается техногенным преобразованиям, что влечет за собой в зависимости от степени развития отдельных экологических проблем появление зон чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия, а также территорий с напряженной экологической обстановкой [7].

Исходя из этого, экологическая оценка состояния окружающей среды под воздействием промышленных предприятий позволяет выделять неблагоприятные с экологической точки зрения территории, опасные для здоровья человека, а также разрабатывать мероприятия экологической реконструкции таких экосистем с целью экологической безопасности и экореабилитации населения [7].

Техногенные зоны характеризуются изменением химического состава воздушной среды, поверхностных и подземных вод, изменением химического класса вод, роста минерализации, жесткости и других загрязняющих веществ, что негативно воздействует на состояние здоровья населения таких территорий [7].

Современные антропогенные воздействия на водные экосистемы, как правило, весьма сложны, и даже при контроле значительного количества абиотических параметров всегда остается сомнение, что какие-либо влияющие факторы все же остались неучтенными. Наконец, реакция экосистем существенно зависит не только от состава факторов, но и от их взаимодействия. Все это весьма затрудняет оценку состояния экосистемы и качества водной среды по одним лишь абиотическим параметрам [15].

**Материалы и методы исследования.** Исходя из вышесказанного, для объективной оценки экологического состояния поверхностных вод в данном исследовании регистрировались абиотические и биотические параметры среды, с использованием химико-аналитических методов, методов биоиндикации и биотестирования.

В качестве модельного водотока был взят Клоковский ручей в створе влияния промышленных сточных вод ЗАО «Тулаэлектропривод». Мониторинг Клоковского ручья и береговой зоны проводился с целью выявления зон экологического неблагополучия, опасных для здоровья человека.

Клоковский ручей – протекает по территории г. Тула и Ленинского района Тульской области. Ручей является правым притоком р. Упа. Берет свое начало в н.п. Клоково, в 7 км выше по течению от устья р. Тулица и впадает в р. Упа на 217 км. Общая протяженность ручья составляет 4,05 км, ширина в исследуемом створе до 0,9 м, наибольшая глубина – 0,7 м. Дно заилено, замусорено. Исследуемый участок ручья находится в поселке Плеханово Ленинского района. В данном створе берега ручья крутые, преимущественно открытые; у уреза воды поросли кустарниковой растительностью и отдельно стоящими деревьями. На левом берегу располагаются частные дома в 50-100 м от уреза воды. На правом берегу, в водоохраной зоне, располагается ЗАО «Тулаэлектропривод». На данном участке ручей является приемником сточных вод ЗАО «Тулаэлектропривод», по сути, являясь одним из загрязнителей бассейна р. Упа. Также данное предприятие осуществляет выпуск фекальных стоков на рельеф (берег ручья).

Створ наблюдений и отбора проб воды и донных отложений располагался в месте выпуска сточных вод ЗАО «Тулаэлектропривод».

Отбор, транспортировка и хранение проб поверхностной воды и донных отложений для биоиндикации и биотестирования производился согласно ГОСТ Р 51592-2000 [4], НВН 33-5.3.01-85 [8].

Для определения животных гидробионтов использовался краткий определитель пресноводной фауны [10].

Для оценки уровней сапробности использовался расчет индекса сапробности (в модификации Пантле-Букка) [14].

Биотестирование воды и донных отложений проводилось согласно *Методике выполнения измерений (МВИ) «Определение токсичности отходов, почв, осадков сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования с использованием равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum* Ehrenberg»* [12]. Контроль качества результатов измерений в лаборатории при реализации методики осуществляется по ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 [6].

**Результаты и их обсуждение.** *Биоиндикационные наблюдения.* Визуальный осмотр позволил выявить полное отсутствие водных высших растений в ручье. В результате микроскопических исследований были выявлены единичные особи одноклеточных зеленых водорослей. Зообентос в исследуемом створе отсутствовал.

В результате проведенных исследований многоклеточных позвоночных животных (рыб, земноводных и пр.) не выявлено. Не обнаружено и многоклеточных беспозвоночных животных (червей, моллюсков, насекомых).

Вышесказанное позволяет заключить о нарушении трофической структуры данной экосистемы и соответственно нарушении продукционно-деструкционных процессов, характерных для водотоков.

Зоопланктон представлен равноресничными инфузориями (род *Paramecium*, *Urotricha*). Среди обнаруженных видов-индикаторов выявлены представители группы  $\alpha$ -мезосапробов (род *Paramecium*) и  $\beta$ -мезосапробов (*Urotricha*). Представители групп олигосапробов и полисапробов отсутствовали. Относительное количество рода *Urotricha* невысокое и составляет 2 балла по пятибалльной шкале, рода *Paramecium* – максимальное и составляет 5 баллов по пятибалльной шкале. Индекс сапробности составляет 2,7 и свидетельствует о наличии в данном створе  $\alpha$ -мезосапробного уровня органического загрязнения (табл.).

Таблица

Результаты анализа воды и донных отложений на сапробность

Вид	Балл	Индикаторная значимость
<i>Paramecium</i>	5	3
<i>Urotricha</i>	2	2

*Химико-аналитические исследования.* В результате сравнения полученных результатов химико-аналитических исследований проб поверхностной воды в исследуемом створе с нормативами качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения не выявлено превышений ПДК по исследуемым ингредиентам (Zn, Cu, Ni, Cr<sup>3+</sup>, Cd, pH, БПКполн.). Результаты исследований фекальных стоков выявили превышение ПДК по БПКполн. в 2,5 раза и по взвешенным веществам в 2 раза [9].

*Биотестирование.* Качество поверхностной воды и донных отложений ручья в створе выпуска сточных вод ЗАО «Тулаэлектропривод» характеризуется вредным воздействием БКР<sub>10-24</sub>, то есть при 24-часовой экспозиции с тестируемой средой погибло более 10% особей парамеций и, соответственно, острой токсичностью, регистрируемой при гибели более 50% особей парамеций за указанный промежуток времени. Показатель токсичности проб поверхностной воды и донных отложений Клоковского ручья составляет 76,0%. Для фекальных стоков также обнаружены вредное воздействие БКР<sub>10-24</sub> и острая токсичность (показатель токсичности составляет 79,1%). Среда в экосистеме в естественных условиях не характеризуется токсичностью.

**Выводы.** Как известно, для экосистем ручьев в нормальных условиях характерно большое разнообразие видов различных систематических групп. Присутствуют одноклеточные и многоклеточные водоросли, а также высшие растения. Простейшие обычно представлены 60-70 видами. Встречаются гидры, пресноводные плоские (планарии, многоглазки), круглые (коловратки) и кольчатые черви. Из моллюсков обычные лужанки, катушки, беззубки. Встречаются так же ракообразные (речные раки, дафнии, циклопы). В норме достаточно широко представлены насекомые (личинки ручейников, стрекоз и поденок; жуки-плавунцы; плавты, гладыши, водомерки). Из позвоночных для ручьев характерны такие виды, как тритон обыкновенный, жаба серая, лягушка травяная, ихтиофауну составляют такие виды рыб, как голец, верховка, а также молодь более крупных видов рыб, на нерест весной может заходить щука из более крупных водотоков [2].

В процессе краткосрочного мониторинга экосистемы Клоковского ручья не выявлено наличие высших растений и многоклеточных водорослей. Этот факт свидетельствует об отсутствии в данной экосистеме фотосинтетической активности. Следствием этого является отсутствие первичной продукции (растительной биомассы), которая является кормовой базой для беспозвоночных и позвоночных животных (в том числе и для рыб). Таким образом, трофические цепи, присущие пресноводным водотокам отсутствуют. Кроме того, отсутствует обогащение воды кислородом, что делает невозможным дыхание организмов-гидробинтов. Обнаруженные одноклеточные водоросли не обладают достаточной фотосинтетической активностью в силу физиологических особенностей и малого количества. Отсутствие многоклеточных беспозвоночных (червей, моллюсков, насекомых) и позвоночных животных (рыб, земноводных) в значительной степени также обусловлено этими фактами.

Вышесказанное позволяет заключить, что в данной экосистеме отсутствуют эффективные механизмы самоочищения. В нормальных условиях существования в экосистемах существуют такие механизмы, действие которых основано на жизнедеятельности определенных организмов, в том числе и простейших, и направлено на активное разложение образующихся органических веществ. При наличии сильных техногенных загрязнений механизмы самоочищения нарушаются или разрушаются в связи с гибелью организмов-деструкторов. Происходит нетипичное накопление органических веществ. Как правило, в таких случаях в экосистеме присутствует большое количество бактерий, в том числе и болезнетворных для человека.

Рассчитанный индекс сапробности для Клоковского ручья в исследуемом створе свидетельствуют о том, что в зоне сброса производственных вод ЗАО «Тулаэлектропривод» существует  $\alpha$ -мезосапробный уровень органического загрязнения. При таком загрязнении в поверхностной воде и донных отложениях начинается аэробный распад органических веществ с образованием аммиака, содержится много свободной углекислоты, кислород присутствует в малых количествах. Ил серого цвета и в нем содержатся организмы, приспособленные к недостатку кислорода и высокому содержанию углекислоты. Развиваются организмы, обладающие большой выносливостью к недостатку кислорода и большому содержанию углекислоты [3, 14]. Таким образом, характеристика уровня сапробности воды и донных отложений подтверждает причины низкого разнообразия представителей зоопланктона и отсутствия в экосистеме Клоковского ручья зообентоса и позвоночных животных.

В соответствии с ГОСТ и на основе рассчитанного индекса сапробности, по степени загрязненности исследуемая вода в водотоке соответствует IV классу качества воды и характеризуется как загрязненная [5].

Химико-аналитические исследования показали, что в поверхностной воде в исследуемом створе, а также в фекальных стоках отсутствуют неорганические поллютанты, в том числе тяжелые металлы. Таким образом, при многокомпонентном загрязнении объектов среды применение традиционных химических методов анализа при их высокой чувствительности и избирательности становится не эффективным, они не дают ответа о качестве природной среды и пригодности ее для обитания живых организмов [11]. Поэтому, на основе полученных результатов в ходе биотестирования можно заключить, что в поверхностной воде в исследуемом створе и в прибрежной зоне ручья содержится значительное количество органических веществ, которые вызывают острую токсичность.

Результаты биотестирования показали, что вода в исследуемом створе Клоковского ручья весьма загрязненная, высокотоксичная [14].

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что экосистема Клоковского ручья находится на грани разрушения. В ней существуют только отдельные единичные живые организмы. Трофические (пищевые) связи и механизмы самоочищения нарушены в значительной степени.

Состояние данной экосистемы (ручей и его прибрежная зона) отражает степень техногенного пресса промышленного предприятия, которая не может не сказаться на здоровье человека. Использование Клоковского ручья в хозяйственных, рыбохозяйственных и рекреационных целях невозможно и даже опасно для здоровья человека. Опасность представляет попадание болезнетворных микроорганизмов и органических веществ техногенного происхождения в садовые культуры с поливными водами из этого ручья.

Весной на нагул и нерест в ручьи заходит рыба из более крупных водотоков (р. Упа). Промысел рыбы в приустьевых участках Клоковского ручья влечет за собой угрозу заражения болезнетворными микроорганизмами человека при употреблении в пищу такой рыбы.

С поверхностными водами ручья вносятся поллютанты в р. Упа – главную водную артерию г. Тула. На ней имеется большое количество водозаборных скважин, поставляющих воду для хозяйственных и питьевых нужд. По данным управления Росприроднадзора по Тульской области в 2010 году из водных объектов области забрано 356,87 млн. м<sup>3</sup> воды, в том числе из поверхностных – 141,2 млн.м<sup>3</sup>, из подземных – 215,67 млн.м<sup>3</sup>. В связи с сильным антропогенным прессом на водные объекты не исключается возможность подпитывания и загрязнения водоносного горизонта речными водами путем фильтрации их через аллювиальные отложения русла [1, 13].

Естественное восстановление экосистемы Клоковского ручья в существующей ситуации невозможно. Для реконструкции данной экосистемы требуются инженерные и экологические мероприятия:

1. Изучение гидрогеологических характеристик водотока, его морфологических параметров (глубины, рельефа дна), отбор проб воды и иловых отложений для лабораторного анализа на предмет химического загрязнения.

2. Механическая очистка ложа водотока от мусора и иловых отложений.

3. При необходимости (по заключению инженера-гидролога) выстилка дна глиной, песком или гравием.

4. Очистка прибрежных территорий от антропогенного мусора. При наличии токсикантов в прибрежных почвах (определяется при помощи химического анализа и биотестирования) – рекультивация почв.

5. Заселение Клоковского ручья организмами-гидробионтами (растениями и животными), характерными для данной природной зоны. Предпочтение отдается тем организмам, которые способны участвовать в механизмах самоочищения водотока.

6. С учетом того, что в очищении воды активно задействованы многие виды наземных экосистем, примыкающих к водотокам, необходимы мероприятия по сохранению не только генофонда и популяций видов прибрежных экосистем, но и их функциональной активности. Это достигается восстановлением в береговой зоне определенного вида зеленых насаждений (берегоукрепление) и различных живых организмов, присущих этой экосистеме.

Перечисленные мероприятия позволят восстановить экосистему водотока в целом, что позволит использовать его в рыбохозяйственных и рекреационных целях. Улучшение качества воды положительно скажется на состоянии прибрежных экосистем, экосистемы р. Упа, а также на качестве почвенных и подземных вод. В более глобальном плане это будет способствовать ликвидации санитарно-неблагополучных водных объектов, восстановлению и сохранению биоразнообразия, улучшению состояния здоровья населения, что соответствует принципам устойчивого развития общества.

#### Литература

1. Булухто Н.П., Домнина В.Л., Короткова А.А., Терехова В.А. Вода в колодце на Комаркинском ручье (п. Комарки г. Тула) – угроза здоровью населения поселка // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. 19. №1. С. 11–13.

2. Булухто Н.П., Домнина В.Л., Короткова А.А., Терехова В.А. Дигрессия и возможные пути восстановления экосистемы Комаркинского ручья (Тульская область) // Проблемы региональной экологии. 2012. №2. С. 147–152.

3. Голубовская Э.К. Биологические основы очистки воды. М.: Высшая школа, 1987. 307 с.

4. ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб».

5. ГОСТ 17.1.3.07-82 «Правила контроля качества воды водоемов и водотоков»

6. ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений.

7. Мышкин А.И. Биогеохимическая оценка состояния природной среды для выявления зон экологического неблагополучия // Дис. канд. с/х наук. Брянск, 2009. 160 с.

8. НВН 33-5.3.01-85 «Инструкция по отбору проб для анализа сточных вод».

9. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектах рыбохозяйственного значения, утвержденные Приказом Росрыболовства от 18.01.2010 г. за № 20.

10. Винберг Г.Г., Чибисов Г.Г., Гаевская Г.Г. и др. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР: Планктон и бентос. Л.: Гидрометиздат, 1977. 511 с.
11. Постнов И.Е., Ионова Г.Б. Разработка биологических методов диагностики и контроля за состоянием объектов окружающей среды // «Естествознание и гуманизм». 2006. Т. 3. №2. С. 118–120.
12. ФР.1.39.2006.02506. ПНД Ф Т 14.1:2:3.13-06 (ПНД ф т 16.1:2.3:3.10-06) «Методика определения токсичности отходов, почв, осадков сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования с использованием равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum* Ehrenberg (ЛЭТАП, МГУ)».
13. Чекулаев В.В., Герасин С.С. Анализ геологического строения участка р. Упа с целью очистки ее русла // Всероссийская интернет-конференция «Кадастр недвижимости и мониторинг природных ресурсов». URL: <http://kadastr.org/conf/2010/pub/geolog/geolstroen-rusla-upa.htm> (дата обращения 20.02.2014 г.).
14. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
15. Шуйский В.Ф., Максимова Т.В., Петров Д.С. Биоиндикация качества водной среды, состояния пресноводных экосистем и их антропогенных изменений // Сб. научн. докл. VII междунар. конф. «Экология и развитие Северо-Запада России». СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2002.

### References

1. Bulukhto NP, Domnina VL, Korotkova AA, Terekhova VA. Voda v kolodtse na Komarkinskom ruch'e (p. Komarki g. Tula) – ugroza zdorov'yu naseleniya poselka [Well water in the komarkinsky brook (Komarki village, Tula) as a threat to the village people's health]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;19(1):11-3. Russian.
2. Bulukhto NP, Domnina VL, Korotkova AA, Terekhova VA. Digressiya i vozmozhnye puti vosstanovleniya ekosistemy Komarkinskogo ruch'ya (Tul'skaya oblast'). Problemy regional'noy ekologii. 2012;2:147-52. Russian.
3. Golubovskaya EK. Biologicheskie osnovy ochistki vody. Moscow: Vysshaya shkola; 1987. Russian.
4. GOST R 51592-2000 «Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob». Russian.
5. GOST 17.1.3.07-82 «Pravila kontrolya kachestva vody vodoemov i vodotokov» Russian.
6. GOST R ISO 5725-6-2002. Tochnost' (pravil'nost' i pretsizionnost') metodov i rezul'tatov izme-reniy. Russian.
7. Myshkin AI. Biogeokhimicheskaya otsenka sostoyaniya prirodnoy sredy dlya vyyavleniya zon ekologicheskogo neblagopoluchiya [dissertation]. Bryansk (Bryansk region). 2009. Russian.
8. NVN 33-5.3.01-85 «Instruktsiya po otboru prob dlya analiza stochnykh vod». Russian.
9. Normativy kachestva vody vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativy predel'no dopustimyykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob"ektakh rybokhozyaystvennogo znacheniya, utverzhdenyye Prikazom Rosrybolovstva ot 18.01.2010 g. za № 20. Russian.
10. Vinberg GG, Chibisov GG, Gaevskaya GG et al. Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Evropeyskoy chasti SSSR: Plankton i bentos. L.: Gidrometizdat; 1977. Russian.
11. Postnov IE, Ionova GB. Razrabotka biologicheskikh metodov diagnostiki i kontrolya za sostoyani-em ob"ektov okruzhayushchey sredy. «Estestvoznaniye i gumanizm». 2006;3(2):118-20. Russian.
12. FR.1.39.2006.02506. PND F T 14.1:2:3.13-06 (PND f t 16.1:2.3:3.10-06) «Metodika opredeleniya toksichnosti otkhodov, pochv, osadkov stochnykh, poverkhnostnykh i gruntovykh vod metodom biotestirovaniya s ispol'zovaniem ravnoresnichnykh infuzoriy *Paramecium caudatum* Ehrenberg (LETAP, MGU)». Russian.
13. Chekulaev VV, Gerasin SS. Analiz geologicheskogo stroeniya uchastka r. Upa s tsel'yu ochistki ee rusla. Vserossiyskaya internet-konferentsiya «Kadastр nedvizhimosti i monitoring prirodnykh resursov». URL: <http://kadastr.org/conf/2010/pub/geolog/geolstroen-rusla-upa.htm> (data obrashcheniya 20.02.2014 g.). Russian.
14. Shitikov VK, Rozenberg GS, Zinchenko TD. Kolichestvennaya gidroekologiya: metody sistemnoy identifikatsii. Tol'yatti: IEVB RAN; 2003. Russian.
15. Shuyskiy VF, Maksimova TV, Petrov DS. Bioindikatsiya kachestva vodnoy sredy, sostoyaniya presnovodnykh ekosistem i ikh antropogennykh izmeneniy. Sb. nauchn. dokl. VII mezhdunar. konf. «Ekologiya i razvitie Severo-Zapada Rossii». Sankt-Peterburg: Izd-vo MANEB; 2002. Russian.