

УДК 628.31:551.48

Е.С. КАРЕВА

начальник экологической службы
ООО НПФ «Уральские промышленные технологии»

Г.А. ГУЛАМАНОВА

кандидат биологических наук
Башкирский государственный университет

**СОСТОЯНИЕ СООБЩЕСТВ ПЕРВИЧНЫХ ПРОДУЦЕНТОВ
В РАЙОНЕ ВЫПУСКА СТОЧНЫХ ВОД БОС г. УФЫ**

CONDITION OF PRIMARY PRODUCERS COMMUNITIES IN THE AREA OF THE CITY
OF UFA WASTEWATER BIOLOGICAL TREATMENT PLANTS' DISCHARGE

Прогнозирование и оценка экологического состояния водотока, принимающего сточные воды, может осуществляться различными методами, в т.ч. гидробиологическими.

Изучено влияние сточных вод на степень развития фитопланктона участка реки Белой 500 м выше и ниже сброса сточных вод с Городских очистных сооружений канализации (ГОСК) и Демских очистных сооружений канализации (ДОСК) г. Уфы. Проанализированы основные структурные и количественные характеристики автотрофного планктона, выявлена степень органического загрязнения по индикаторным группам. Дана оценка одного из основных составляющих компонентов структуры водной экосистемы.

Ключевые слова: биоиндикация, биотестирование, биоэстимация, продуценты, фитопланктон, соприкосновение, доминантные виды.

На сегодняшний день одной из наиболее актуальных экологических проблем для крупных городов является загрязнение рек и водоемов, принимающих производственные и бытовые сточные воды, основная масса которых очищается на биологических очистных сооружениях (БОС). Очищенные сточные воды после обеззараживания по трубопроводам направляются к береговому выпуску, поступают в водоток и перемешиваются с природными водами.

Прогнозирование и оценка экологического состояния водотока, принимающего сточные воды, может осуществляться различными методами, в т.ч. гидробиологическими: биоиндикацией, биотестированием, биоэстимацией и др. [11], [3], [1], [9].

Будучи одними из основных, наиболее массовых компонентов водных экосистем и первичными продуцентами органического вещества, водоросли

Prediction and assessment of ecological condition of watercourse receiving wastewater can be made with the use of a variety of methods including hydrobiological and some others.

The article describes the study of wastewater effects on the degree of phytoplankton growing in the area within 500m up and down the Belaya River from the city wastewater treatment plant and Demsk sewage treatment plants of Ufa. Basic structural and quantitative characteristics of autotrophic plankton are analyzed. The degree of organic pollution according to indicator groups is identified. The estimation of one of the basic components of aquatic ecosystem structure is given.

Key words: bioindication, biotesting, bioestimation, producers, phytoplankton, dominant species.

первыми вступают в контакт с загрязнениями, обладают высокой физиологической пластичностью и быстрой реакцией на изменения физико – химических и биологических параметров среды, поэтому их считают хорошими биологическими индикаторами качества воды [8], [2], [3].

Целью работы было изучение влияния сточных вод на степень развития фитопланктона участка реки Белой 500 м выше и ниже сброса сточных вод с Городских очистных сооружений канализации (ГОСК) и Демских очистных сооружений канализации (ДОСК) г. Уфы. Для этого были проанализированы основные структурные и количественные характеристики автотрофного планктона, выявлена степень органического загрязнения по индикаторным группам. По результатам, полученным в ходе исследования, дана оценка одного из основных

составляющих компонентов структуры водной экосистемы.

Материалом для данной работы послужили 36 проб фитопланктона, отобранных в июне-сентябре 2008-2009 гг. из р. Белой на участке 500 м выше и ниже сброса сточных вод с БОС г. Уфы. Методика обработки материала соответствовала общепринятым подходам в изучении водорослей [5], [10].

За период исследования 2008-2009 гг. в фитопланктоне р. Белой в районе выпуска с ГОСК выявлено 132 вида, в фитопланктоне р. Белой в районе выпуска с ДОСК – 97 видов и внутривидовых таксонов водорослей и цианопрокариот. Горизонтальные изменения качественных и количественных характеристик и показатели сапробности представлены в табл. 1.

В фитопланктоне доминируют виды водорослей из 3 отделов: сине-зеленые, диатомовые, зеленые. Спорадически встречаются представители эвгленовых, динофитовых и золотистых водорослей. По данным Ф. Б. Шкундиной [13], в фитопланктоне р. Белой доминировали диатомовые водоросли родов *Stephanodiscus*, *Nitzschia*, *Melosira*. Наши исследования выявили изменения структуры фитопланктона: возросла численность сине-зеленых и зеленых водорослей, что может свидетельствовать об общем повышении уровня загрязнения реки [4]. Анализ проб для р. Белой произведен отдельно для правого и левого берега.

Фитопланктон р. Белой в районе выпуска сточных вод с ГОСК в 2008 г. Наибольшие показатели фитопланктона выявлены на станции № 5 – ниже сброса с левой стороны на 250 м, здесь, по сравнению с контрольными пробами (станции №3, 4), видовое разнообразие возросло на 14 %, численность – на 26 %, биомасса – на 93 %. На следующей станции (№ 2) наблюдалось снижение показателей по сравнению с контрольными пробами, т.е. выявлены наименьшие показатели. Станции с правой стороны берега также характеризуются увеличением числа видов и численности фитопланктона. Биомасса же, наоборот, снижается: сокращается численность диатомовых водорослей, основная масса фитопланктона складывается за счет мелкоклеточных форм сине-зеленых и хлорококковых водорослей.

Выявлено 45 индикаторных видов водорослей. На всех станциях обнаружены индикаторы всех зон сапробности, значительных изменений между пробами не выявлено. Наиболее массово встречались β -мезосапробы (табл. 1). Но следует отметить, что

основную массу фитопланктона составляли космополитные виды, встречающиеся в широком диапазоне условий.

В июле было отобрано 5 проб фитопланктона. В исследованных пробах воды БОС в июле выявлено 75 видов водорослей фитопланктона из 5 отделов: *Cyanophyta*, *Dinophyta*, *Euglenophyta*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*. На станции №1 выявлено 32 вида водорослей, показатели численности и биомассы также низкие по сравнению с остальными станциями. Наибольшие количественные и качественные показатели выявлены на станции № 2 (в 50 м от сброса), наименьшие – на станции №1 (табл. 1). Увеличение показателей развития фитопланктона произошло за счет увеличения численности доминантных видов сине-зеленых, зеленых водорослей, а также за счет появления новых видов водорослей, вероятно, попавших из аэротенков, характерных для загрязненных вод. Среди них такие виды, как *Microcystis pulverea*, *Euglena viridis*, *Spirulina jenneri*, *Spirulina platensis*, *Anabaena spiroides*, *A. constricta*, *Ceratium hirundinella* и др. Станция № 3 характеризуется снижением показателей фитопланктона и сапробности воды.

Для проб, отобранных с левого берега, также характерно повышение показателей развития фитопланктона, но не столь значительные по сравнению с пробами с правого берега.

Индикаторных видов водорослей выявлено 55 таксонов, что составляет 73,3 % от числа выявленных видов. На всех станциях воды соответствуют β -мезосапробной зоне самоочищения. Среди видов-индикаторов наиболее часто встречаются β -мезосапробы, но следует отметить увеличение α - и ρ -сапробных видов на станциях после сброса БОС на правом берегу.

В сентябре 2008 г. отобрано 3 пробы фитопланктона с правого берега р. Белой. Из-за взмученности воды и плохой погоды пробы фитопланктона этой серии характеризовались низкими значениями как качественных, так и количественных показателей. Следует отметить, что сохраняется тенденция увеличения показателей развития фитопланктона после сброса БОС.

Видовое разнообразие составило 44 видовых и внутривидовых таксона. Выявлены представители 5 отделов. Наибольшее видовое разнообразие характерно для отделов диатомовых и зеленых водорослей. По численности преимущественно доминировали представители колониальных сине-зеленых и мелкоклеточных хлорококковых водорослей.

Таблица 1

Количественные и качественные характеристики фитопланктона
по станциям отбора проб на р. Белой в районе сброса сточных вод с ГОСК

Дата отбора проб	Точки отбора проб	Показатели качества			
		видовое разнообразие	численность, тыс.кл/л	биомасса, г/м ³	сапробность
06.2008	№1-выше сброса на 150 м, глубина 3 м	37	3336	0,71	2,07
	№2-ниже на 500 м, лев., гл.3+0,5м	37	5280	1,33	1,89
	№3-выше на 500 м, лев., гл. 2-2,2 м	50	10404	2,57	1,91
	№4-выше на 500 м, гл.0,5м	36	4284	0,86	1,94
	№5-ниже на 250 м, гл.2+1м	49	9276	3,39	1,76
07.2008	№6-ниже на 300 м, прав., гл.3+0,5м	41	4908	0,67	2,03
	№2-прав.стор,ниже сброса	44	4044	8,38	2,38
	№3-прав.стор, ниже сброса	38	4236	6,83	2,24
	№4-лев.стор, ниже сброса	39	3171	4,91	2,14
	№5-лев.стор, выше сброса	28	3300	4,17	1,76
09.2008	№1-выше сброса	20	1668	2,77	2,10
	№2-ниже сброса, 50 м	23	2172	3,27	2,37
	№3-ниже сброса 500м	24	2412	3,07	2,30
07.2009	№1-ниже сброса, лев.стор.	36	3168	2,72	1,93
	№2-выше сброса, лев.стор.	30	2832	2,81	2,12
	№3-ниже сброса, лев.стор.	18	2184	1,75	1,98
	№4-ниже сброса, лев. стор.	24	2206	2,44	2,13
	№5-выше сброса, прав. стор.	28	2580	3,18	2,11
09.2009	№1-выше сброса, лев.стор.	42	2868	4,53	1,75
	№2-ниже сброса, лев. стор.	32	2076	2,81	2,24
	№3-ниже сброса, лев стор.	33	2364	3,64	2,12
	№4-выше сброса, прав.стор.	37	3012	4,13	1,92
	№5-ниже сброса, прав. стор.	35	2580	3,16	2,00

Виды-индикаторы сапробности насчитывали 32 таксона (73 % от общего числа видов), преобладают β-мезосапробы. После сброса БОС увеличивается число видов α- и ρ-сапробов, что незначительно повышает уровень органического загрязнения, хотя класс загрязнения остается β-мезосапробной и после сбросов.

Фитопланктон р. Белой в районе сброса сточных вод с ДОСК в 2008 г. В исследованных пробах фитопланктона в июле выявлено 50 видов водорослей из 4 отделов: *Cyanophyta*, *Euglenophyta*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*. На станции №1 выявлено 32 вида водорослей, показатели численности и биомассы также низкие по сравнению с остальными

станциями. Наибольшие количественные и качественные показатели выявлены на станции № 2 (в 50 м от сброса), увеличение их, вероятно, произошло за счет поступления органики из аэротенков (табл. 2). Здесь выявлены виды родов, характерных для аэротенков: *Euglena*, *Stephanodiscus*, *Microcystis*. Здесь же наблюдается увеличение сапробности до α -мезосапробной зоны за счет увеличения численности космополитных видов *Chlorella vulgaris* и *Microcystis aeruginosa*, обитающих в загрязненных водах, а также полисапробных видов *Euglena viridis* и *Anabaena constricta*, выявленных на станциях ниже сброса. Станция № 3 характеризуется снижением показателей фитопланктона и сапробности воды. Видов-индикаторов выявлено 28 таксонов, преобладают β -мезосапробы.

Пробы фитопланктона, отобранные в августе, в целом схожи с июльскими. Видовой состав, количественные показатели не претерпели значительных изменений, но наблюдается снижение сапробности воды. Как и прежде, наибольшие показатели фитопланктона приходится на станцию отбора непосредственно после сброса сточных вод. Сапробность воды составила 1,56 - β -мезосапробная зона (выяв-

но 2 олигосапроба, по одному виду ρ - и α -сапробов, и 11 β -мезосапробов). На станции №2 рост количественных и качественных показателей, происходит, по-видимому за счет поступивших видов водорослей а также органических веществ из аэротенков. Сапробность здесь возросла до 2,39 (за счет возросшей численности *Chlorella vulgaris*, *Microcystis aeruginosa* и выявленных α - и ρ - сапробов: *Anabaena constricta*, *Euglena viridis*, *E. proxima*, видов рода *Navicula*, *Bacillaria paradoxa*, *Stephanodiscus hantzschii* и др., но выявлена также β -мезосапробная зона.

В целом, для проб фитопланктона, отобранных в 2008 г., характерно повышение качественных и количественных показателей развития после сброса сточных вод БОС. По-видимому, новые виды водорослей поступают из аэротенков БОС и вместе с ними органические остатки, являющиеся хорошей базой для развития водорослей. Обогащение видового разнообразия происходит в основном за счет видов из отделов сине-зеленых, зеленых и диатомовых водорослей, характерных для БОС [6]. Среди них наиболее часто встречающиеся роды: *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Spirulina*, *Euglena*, *Hantzschia* и др. Численность и биомасса фитопланктона после сброса воз-

Таблица 2

Количественные и качественные характеристики фитопланктона по станциям отбора проб на р. Белой в районе сброса сточных вод с ДОСК

Дата отбора проб	Точки отбора проб	Показатели качества			
		видовое разнообразие	численность, тыс.кл/л	биомасса, г/м ³	сапробность
07.2008	№1-выше сброса, 50 м	32	1920	3,43	2,1
	№2-ниже сброса 50 м	37	2868	5,01	2,52
	№3-ниже сброса, 250-300 м	35	2232	4,05	2,25
08.2008	№1-выше сброса, 50 м	29	2388	3,44	1,56
	№2-ниже сброса 50 м	40	3084	4,72	2,39
	№3-ниже сброса, 250 м	32	2520	3,84	2,25
08.09	№1-выше сброса, 50 м	28	1968	2,46	1,96
	№2-ниже сброса 50 м	18	1836	2,04	2,03
	№3-ниже сброса, 250м	17	1824	2,48	2,03
09.2009	№1-выше сброса, 50 м	33	1776	2,27	2,14
	№2-ниже сброса 50 м	29	1464	1,97	1,81
	№3-ниже сброса, 300 м	30	1572	2,19	2,14

растают за счет увеличения встречаемости *Microcystis aeruginosa*, *M. pulvereae*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorococcum infusionum*, *Scenedesmus quardicauda*. Весомую часть численности составляют также виды, выявленные после сброса: *Spirulina jenneri*, *S. platensis*, *Anabaena spiroides*, *A. constrict*, *Stephanodiscus hantzschii* и др.

По данным некоторых авторов в аэротенках БОС г. Уфы выявлена β -мезосапробная зона самоочищения [13]. Индикаторы сапробности до и после сбросов выявили β -мезосапробную зону. Но после сбросов сточных вод БОС возрастает число α - и ρ -сапробов.

Фитопланктон р. Белой в районе сброса сточных вод с ГОСК в 2009 г. В пробах фитопланктона, отобранных в июне, выявлено 50 видов и внутривидовых таксонов водорослей из 4 отделов: *Cyanophyta* – 6, *Euglenophyta* – 2, *Bacillariophyta* – 22, *Chlorophyta* – 20. До выпуска сточных вод вода в реке соответствует олиго-мезотрофным условиям, с доминированием диатомовых и зеленых водорослей. После сброса сточных вод наблюдается снижение всех показателей (в среднем на 1/3), по-видимому, выбросы оказывают угнетающее действие на видовое разнообразие и численность большинства видов. Некоторые виды сине-зеленых, характерные для загрязненных вод, наоборот, выявлены только после сброса (*Dactylococopsis irregularis*, *Oscillatoria lacustris*).

Если сравнивать показатели развития фитопланктона 2009 г. с данными 2008 г. того же периода (табл. 1), то можно отметить следующее: произошло сокращение видового разнообразия сине-зеленых водорослей, выпали представители динофитовых водорослей, снизились количественные показатели, уровень сапробности оба года характеризовал одну и ту же степень (β) загрязнения.

В сентябре заметных изменений в развитии фитопланктона не произошло, структура его не меняется: несколько повысилось видовое разнообразие водорослей, численность и биомасса меняются не сильно.

В конце августа – начале сентября для диатомовых водорослей и некоторых сине-зеленых начинается второй пик развития, характеризующийся всплеском их количественных показателей, но к концу сентября эти процессы начинают затухать [7]. Здесь наблюдается аналогичная картина - незначительный подъем показателей за счет интенсивного развития некоторых видов.

Фитопланктон р. Белой в районе выпуска сточных вод с ДОСК в 2009 г. В исследованных

пробах воды в июле выявлено 44 вида водорослей из 4 отделов: *Cyanophyta*, *Dinophyta*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*. Изменения количественных показателей по станциям незначительны (табл.2), хотя видовое разнообразие наиболее богато представлено в пробе, отобранной на станции №1.

В целом, по показателям численности и разнообразия уровень развития фитопланктона вниз по течению реки снижается. Показатели биомассы имеют параболическую зависимость.

На станции №1 выявлено 28 видов водорослей, показатели численности и видового разнообразия несколько выше по сравнению с остальными станциями. Наименьшие показатели выявлены на станции №3 (в 300 м от сброса).

В целом, р. Белая на этом участке характеризуется олиго-мезотрофными условиями с β -сапробной зоной самоочищения. Влияние сточных вод незначительно, хотя так же как на участке сброса сточных вод с ГОСК наблюдается незначительный спад уровня развития по всем показателям.

В сентябре в фитопланктоне выявлено 62 вида и внутривидовых таксона водорослей из 5 отделов: *Cyanophyta* – 14, *Euglenophyta* – 2, *Dinophyta* – 1, *Bacillariophyta* – 28, *Chlorophyta* – 17. Здесь численность и биомасса фитопланктона характеризовались более низкими значениями по сравнению с показателями фитопланктона р. Белой на участке сброса сточных вод с ГОСК, соответствующей незначительной степени эвтрофикации. После сбросов идет снижение как качественных, так и количественных показателей развития фитопланктона.

Пробы фитопланктона, отобранные 2008 г., характеризовали повышение показателей развития. В 2009 г. пробы демонстрируют противоположную картину - после сбросов идет снижение показателей фитопланктона на фоне роста численности некоторых видов хлорококковых, эвгленовых и сине-зеленых, характерных для загрязненных мест.

В целом, на состояние любого сообщества всегда действует комплекс факторов, и развитие ценозов может протекать разнонаправленно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бакаева, Е.Н. Биотестирование – инструмент оценки токсичности природных вод [Текст] / Е.Н. Бакаева // Бюллетень МОИП. – Т. 114, вып. 3 (Приложение 1). – С. 36.
2. Барина, С.С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды [Текст] / С.С. Барина-

ва, Л.А. Медведева, О.В. Анисимова. – Тель-Авив, 2006. – 498 с.

3. Биоиндикация экологического состояния равнинных рек [Текст] / под ред. О.В. Бухарина, Г.С. Розенберга; Ин-т клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН. – М.: Наука, 2007. – 403 с.

4. Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов Северо-Запада России [Текст]. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 367 с.

5. Водоросли: справочник [Текст] / С.П. Вассер, Н.В. Кондратьева, Н.П. Масюк и др. – Киев: Наук. думка, 1989. – 608 с.

6. Книсс, В.А. Организмы активного ила аэротенков [Текст] / В.А. Книсс, Ф.Б. Шкундина, Г.Ф. Габидуллина. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2007. – 60 с.

7. Методы изучения современного фитопланктона: метод. рук-во [Текст] / автор-сост. А.П. Садчиков. – М.: Изд-во «Университет и школа», 2003. – 157 с.

8. Михеева, Т. М. Сукцессия видов в фитопланктоне: определяющие факторы [Текст] / Т.М. Михеева. – Минск: Изд-во МГУ им. В. И. Ленина, 1983. – 72 с.

9. Никитина, О.Г. Биоэстимация – новый метод контроля процесса очищения воды и его сравнение с биоиндикацией [Текст] / О.Г. Никитина, В.Н. Максимов, Н.Г. Булгаков, Н.Е. Никитин. – М., 2000.

10. Топачевский, О.В. Пресноводные водоросли Украинской ССР [Текст] / О.В. Топачевский, Н.П. Масюк. – Киев: Выща шк., 1984. – 336 с.

11. Шитиков, В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации [Текст] / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

12. Шкундина, Ф.Б. Использование водорослей для мониторинга состояния активного ила на БОС [Текст] / Ф.Б. Шкудина, Г.Ф. Габидуллина // Тез. докл. Междунар. конф. «Биоиндикация в мониторинге пресноводных систем». – СПб., 2006. – С. 166-167.

13. Шкундина, Ф.Б. Фитопланктон рек СНГ [Текст] / Ф.Б. Шкудина. – Уфа: Изд-во Башк. ун-та, 1993. – 219 с.

© Карева Е.С., Гуламанова Г.А., 2012