

УДК 579.6

**Ф.Б. ШКУНДИНА, Г.Ф. ГАБИДУЛЛИНА, М.Г. ЯДЫКИНА**

Башкирский государственный ун-т, каф. ботаники,  
ул. Заки Валиди, 32, 450074 Уфа, Россия

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИАНОПРОКАРИОТНО-ВОДОРОСЛЕВЫХ ЦЕНОЗОВ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД БИОЛОГИЧЕСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Изучено использование цианопрокариотно-водорослевых ценозов (ЦВЦ) при очистке сточных вод биологических очистных сооружений (БОС) городов Уфа и Белорецк (Россия). Исследования в Уфе (2005–2008 гг.) позволили выявить 108 видов и внутривидовых таксонов (ввт) из 71 рода, 24 порядков, 11 классов и 7 отделов, а на БОС г. Белорецка (2008–2010 гг.) – 132 вида и ввт из 73 родов, 42 семейств, 26 порядков, 9 классов, 7 отделов. Коэффициент общности видового состава выявил отличие ЦВЦ аэротенков. Установлено сходство таксономической структуры ЦВЦ активного ила очистных сооружений этих городов. В Белорецке в аэротенке наблюдается большее видовое разнообразие диатомовых. Исследования показали, что выделение биоэстиматоров является хорошим методическим приемом при анализе состояния работы очистных сооружений.

**Ключевые слова:** водоросли, цианопрокариоты, биологические очистные сооружения, активный ил, аэротенк.

### **Введение**

В настоящее время имеется значительное количество работ, посвященных биоте биологических очистных сооружений (Липеровская, 1977; Жмур, 2003; Морозов, 2003; Соловых и др., 2003; Коршунова и др., 2005; и др.). Исследовано воздействие сточных вод на состав цианопрокариотно-водорослевых ценозов (Догадина, 1972; Кузьминова, Руднева, 2005; Valsamma, Ammini, 2001; и др.), закономерности концентрирования ими химических элементов (Culotta et al., 1992; Vasudevan et al., 2001; и др.). Водоросли и цианопрокариоты формируют ЦВЦ, которые участвуют в деструкции загрязнений, выделяют в окружающую среду кислород и продуцируют фитонциды в комплексе с другими физиологически активными веществами (Догадина, 1970; Сиренко, Козицкая, 1988; Жмур, 2003; Шкундина и др., 2007). Биоценоз активного ила аэротенков почти полностью гетеротрофен. Однако условия обитания во вторичных отстойниках (отсутствие перемешивания и присутствие света) позволяют развиваться автотрофным водорослям. Они принимают активное участие в очистке сточных вод, поскольку там постоянно присутствуют и массово развиваются в обрастаниях стенок отстойников.

© Ф.Б. Шкундина, Г.Ф. Габидуллина, М.Г. Ядыкина, 2013

ников. Вследствие того, что часть активного ила непрерывно перекачивается из вторичных отстойников в аэротенки, водоросли с потоком циркулирующего ила привносятся в аэротенки. Водоросли на очистных сооружениях следует рассматривать как облигатные виды для вторичных отстойников и факультативные для аэротенков. В первичных отстойниках в связи с высоким содержанием загрязняющих веществ обычно обитают только представители вольвоксовых и синезеленых водорослей (Жмур, 2003; Шкундина и др., 2008). Практически не изучены состав и структура ЦВЦ в системе биологической очистки воды городов Республики Башкортостан.

Цель работы – сравнить состав ЦВЦ биологических очистных сооружений г. Белорецка и канализации вторичных отстойников БОС г. Уфы, а также оценить эффективность работы активного ила ЦВЦ. Нам предстояло: сравнить систематическую структуру водорослей и цианопрокариот на исследованных БОС; выделить доминирующие виды ЦВЦ; оценить эффективность метода биоэстимации при оценке состояния работы очистных сооружений.

### Материалы и методы

Исследования проводили с 2005 г. по 2010 г. на БОС городов Белорецка и Уфы, расположенных на р. Белой.

Река Белая (дл. 1475 км) берёт начало в горном узле Урал – Тау. Верхнее ее течение направлено на юг, среднее – на запад, далее почти под прямым углом поворачивает на север до впадения в р. Каму. В верхнем течении реки основным источником загрязнения являются городские сточные воды г. Белорецка (Госдоклад, 2010) (рис. 1). Они образуются при смешивании ливневых, бытовых и предварительно обезвреженных производственных сточных вод, количество которых может достигать 40–50 %. Фактический объем сточных вод в 2009 г. составил 9886,1 тыс. м<sup>3</sup>, из них на промышленные предприятия приходилось 2461,0 тыс. м<sup>3</sup>. Загрязнение воды р. Белой в районе г. Белорецка остается стабильно высоким и оценивается 4-м классом разряда «а» «грязная» (Оксиюк и др., 1993).

В нижнем течении р. Белой находится г. Уфа (см. рис. 1) – один из крупных промышленных центров Урало-Поволжья. Большая часть загрязняющих веществ приходится на Уфаводоканал, Уфанефтехим, Уфалимпром (Габбасова, Елисеева, 2011).

Очистные сооружения г. Белорецка и канализации второй очереди г. Уфы имеют 4-коридорные аэротенки, а также горизонтальные вторичные отстойники и отличаются производительностью.

Были изучены пробы активного ила из аэротенков БОС городов Белорецка и Уфы, а также пробы сточных вод в р. Белая. На БОС г. Уфы отобрано 186 проб (с ноября 2005 по май 2008 гг.), а на БОС г. Белорецка – 144 пробы (с января 2008 г. по декабрь 2010 г.).

Сбор и обработку проб проводили по общепринятым методикам (Водоросли, 1989). Количественный учет водорослей и цианопрокариот

в пробах активного ила проводили по методике Г.Н. Соловых и др. (2003) с использованием светового микроскопа ЛОМО Микмед – 2. Для сравнения ЦВЦ рассчитывали коэффициент общности видового разнообразия (Шмидт, 1984).

При анализе систематической структуры отдел *Cyanoprokaryota* рассматривался по J. Komárek, K. Anagnostydis (1988, 1989), отделы *Euglenophyta*, *Dinophyta*, *Chrysophyta*, *Xanthophyta* – по З.И. Ветровой (Водоросли, 1989), отдел *Bacillariophyta* – по F. Round et al. (1990), отдел *Chlorophyta* – по П.М. Царенко (1990), класс *Conjugatophyceae* (*Zygnematophyceae*) – по Г.М. Паламарь-Мордвинцевой (Водоросли, 1989).

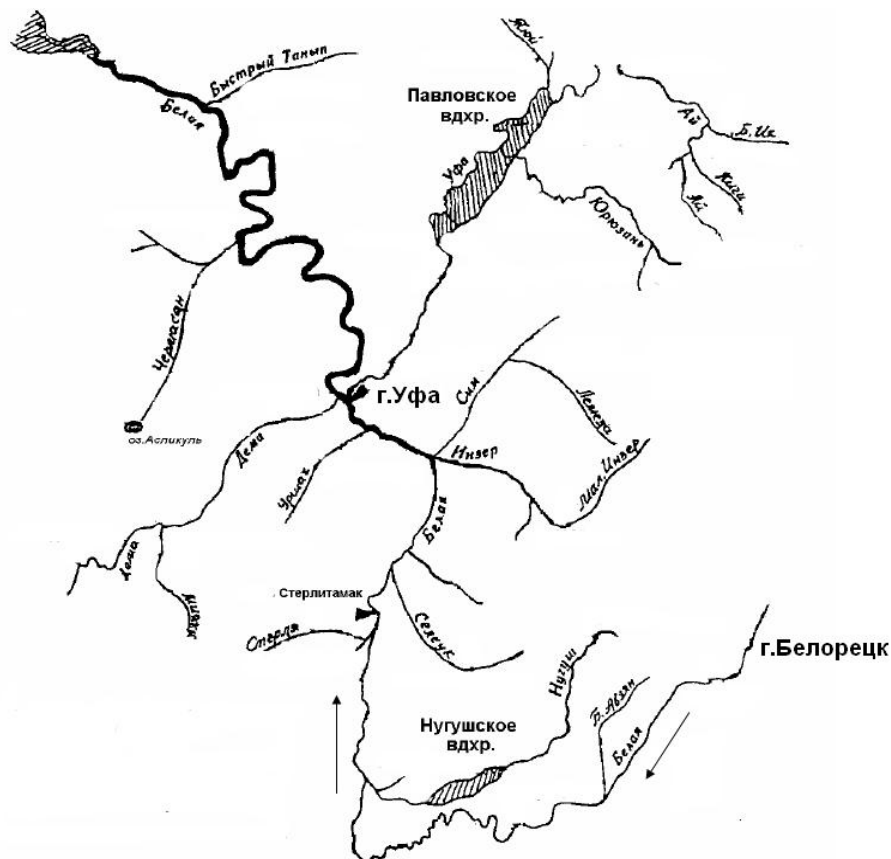


Рис. 1. Схема бассейна р. Белой  
(стрелками указано направление течения р. Белой)

### Результаты и обсуждение

Систематическая структура водорослей и цианопрокариот исследованных БОС двух городов представлена в табл. 1, процентное соотношение числа видов по отделам – на рис. 2. Наибольшее видовое разнообразие выявлено у представителей отдела *Bacillariophyta*. Структура ЦВЦ была

сходной, однако видовой состав ЦВЦ отличался. Коэффициент общности (КО) видовой состава Серенсена составлял 34 %. Наибольшее количество общих видов отмечалось в отделе *Chlorophyta*, наименьшее – в отделах *Euglenophyta*, *Chrysophyta*, *Bacillariophyta*. В аэротенке г. Белорецка наблюдалось увеличение видовой разнообразия *Bacillariophyta*. В отделе *Cyanoprokaryota* выявлено 7 общих видов. На БОС производства минеральных удобрений (Ленова, Ступина, 1990) найдено 127 таксонов водорослей, относящихся к 4 отделам (табл. 2). Нами впервые в активном иле были определены представители отделов *Dinophyta*, *Chrysophyta*, *Xanthophyta*.

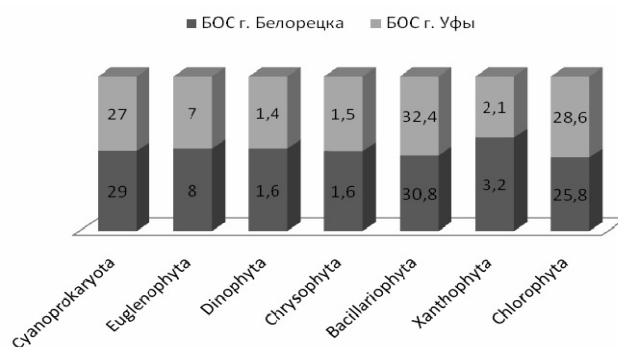


Рис. 2. Процентное соотношение числа видов по отделам в активном иле на БОС городов Белорецка и Уфы

Ведущим классом оказался *Bacillariophyceae*. Его представители были наиболее разнообразны в активном иле БОС г. Уфы (27 видов и внутривидовых таксонов, ввт). Доминировал порядок *Naviculales*, включающий на БОС г. Уфы 4 семейства, 4 рода, 12 видов. Наибольшее видовое разнообразие в этом порядке отмечено у рода *Navicula* (8 видов и ввт). Род *Fragilaria* включал 3 вида и ввт. Наименьшее видовое богатство отмечено у водорослей класса *Coscinodiscophyceae*. В его составе выявлено 5 видов, относящихся к родам *Cyclotella*, *Melosira*, *Stephanodiscus* и *Aulacoseira*, 3 семействам и 3 порядкам. В отдел *Chlorophyta* входило 2 класса, 5 порядков, 15 семейств, 23 рода. Основную долю видовой разнообразия зеленых водорослей составляли *Chlorophyceae*. Ведущим порядком зеленых водорослей по видовому разнообразию был *Chlorococcales* с 8 семействами, 10 родами. В активном иле г. Белорецка доминировало семейство *Coelastraceae* (3 вида и ввт, 3 рода), а в г. Уфе – *Scenedesmaceae* (6 видов и ввт, 3 рода). Хлорококковые водоросли рассматривались по системе, принятой в определителе П. М. Царенко (Царенко, 1990).

Наименьшим видовым разнообразием был представлен класс *Zygnematophyceae* (*Conjugatophyceae* – 3,2 % общего числа видов зеленых водорослей). Класс включал порядок *Desmidiiales*, семейство *Desmidiaceae*, вид *Staurastrum polymorphum* Bréb.

В составе *Cyanoprokaryota* на БОС г. Уфы выявлены представители 1 класса, 4 порядков, 7 семейств, 15 родов, 21 вида и ввт. Наибольшее видовое богатство наблюдалось в порядке *Chroococcales*. Ведущее семейство *Microcystaceae* включало 8 родов, 10 видов и ввт. По видовому разнообразию выделялись роды *Microcystis* и *Coelosphaerium* (по 2 вида и ввт) и порядок *Oscillatoriales* (2 семейства, 2 рода и 7 видов). Одноименное семейство в порядке представлено единственным родом и 4 видами. Род *Spirulina* содержал наибольшее количество видов и ввт, отмеченных для цианопрокариот. Семейство *Phormidiaceae* включало 2 рода, 5 видов. Незначительный вклад в состав цианопрокариот вносил порядок *Nostocales*, включающий сем. *Nostocaceae*. Были выявлены роды *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermum*.

Таблица 1

Показатели флористического богатства и систематического разнообразия водорослей и цианопрокариот исследованных БОС городов Белорецка и Уфы

Отдел	Число					% общ. числа видов и разнообразностей	Пропорции флоры		
	классов	порядков	семейств	родов	ввт		р/с	в/с	в/р
<i>Cyanoprokaryota</i>	1/1	5/3	7/5	17/15	28/21	21,2/19,4	2,4/3,0	4,0/4,2	1,7/1,4
<i>Euglenophyta</i>	1/1	1/1	1/1	2/4	4/8	3,0/7,4	2,0/4,0	4,0/8,0	2,0/2,0
<i>Dinophyta</i>	1/1	1/2	1/2	1/2	2/2	1,5/1,9	1,0/1,0	2,0/1,0	2,0/1,0
<i>Chryso-phyta</i>	1/1	1/1	1/1	3/2	3/2	2,3/1,9	3,0/2,0	3,0/2,0	1,0/1,0
<i>Bacillario-phyta</i>	3/3	10/10	13/16	25/23	59/42	44,7/38,8	1,9/1,4	4,5/2,6	2,4/1,8
<i>Xantho-phyta</i>	1/2	2/2	2/2	2/2	3/2	2,3/1,9	1,0/1,0	1,5/1,0	1,5/1,0
<i>Chloro-phyta</i>	1/2	6/5	17/15	23/23	33/31	25/28,7	1,4/1,5	1,9/2,1	1,4/1,4
Всего	9/11	26/24	42/42	73/71	132/108	100	1,7/1,6	3,1/2,6	1,8/1,5

Примечание. Здесь и в табл. 3 перед чертой – показатели, выявленные для БОС г. Белорецка, за чертой – для БОС г. Уфы.

Отдел *Euglenophyta* на БОС г. Уфы включал 8 видов, что составляло 7,4 % общего числа водорослей и цианопрокариот. Определены представители класса *Euglenophyceae*, одноименного порядка и семейства *Euglenaceae*, родов *Euglena*, *Phacus*, *Lepocinclis*, *Trachelomonas*. Наиболее

многочисленными (по 3 вида и ввт) были роды *Euglena* и *Trachelomonas*. Отдел *Dinophyta* обнаружен впервые для водорослей очистных сооружений. В данном отделе выявлен класс *Dinophyceae*, порядки *Gymnodiniales* и *Peridinales*, 2 одноименных семейства и рода. Впервые также обнаружены 2 вида и ввт водорослей отдела *Chrysophyta*. Он включал в себя класс *Heterochrysophyceae*, пор. *Chrysomonadales*, сем. *Chrysomonadaceae*, роды *Dinobryon* и *Hyalobryon*. Среди представителей отдела *Xanthophyta* были виды *Botryochloris cumulata* Pascher и *Tribonema vulgare* Pascher, впервые описанные для очистных сооружений.

Сравнение пропорций флоры исследованных нами БОС городов Белорецка и Уфы (табл. 1) свидетельствует о том, что среднее отношение количества родов к семействам является величинами примерно одинаковыми (1,6 для БОС г. Уфы и 1,7 для БОС г. Белорецка). Отношение числа видов к количеству семейств, как и отношение видов к количеству родов, также сопоставимые величины.

Сравнение систематической структуры ЦВЦ на различных очистных сооружениях (табл. 2) показало, что на БОС г. Белорецка возросла роль *Bacillariophyta* в формировании видовой разнообразия, а на БОС производства минеральных удобрений (Леновой, Ступиной, 1990) – *Euglenophyta*. Выявлены отличия и в сбросе сточных вод. В Уфе преобладали *Bacillariophyta*, а в Белорецке – *Cyanoprokaryota* и *Chlorophyta*, появились *Euglenophyta*.

Таблица 2

Сравнение систематической структуры ЦВЦ аэротенка и сброса сточных вод городов Уфы и Белорецка (по нашим данным), а также БОС производства минеральных удобрений (Ленова, Ступина, 1990)

Отдел	г. Белорецк	г. Уфа	БОС производства минеральных удобрений
<i>Chlorophyta</i>	33	31	37
<i>Cyanoprokaryota</i>	28	21	21
<i>Bacillariophyta</i>	59	42	46
<i>Euglenophyta</i>	4	8	14
<i>Chrysophyta</i>	3	2	-
<i>Dinophyta</i>	2	2	-
<i>Xanthophyta</i>	3	2	-
Всего	132	108	127

Примечание. Цифры обозначают число выявленных видов.

При анализе спектра ведущих таксонов различного ранга, входящих в состав ЦВЦ активного ила обследованных нами БОС, установлено, что на уровне порядков первое место занимает *Chlorococcales*, второе – порядок *Naviculales*, третье – *Chroococcales* (табл. 3).

Для оценки экологического состояния активного ила аэротенков были выделены 34 доминирующих вида (табл. 4). Видов, имеющих по численности и частоте встречаемости на БОС г. Белорецка более 50 %, было 34: *Cyanoprokaryota* – 15, *Euglenophyta* – 4, *Chlorophyta* – 7, *Bacillariophyta* – 5, *Xanthophyta* – 2, *Chrysophyta* – 1.

Таблица 3

**Спектр ведущих таксонов ЦВЦ биологических очистных сооружений городов Белорецка и Уфы**

Отдел	Порядок	Число видов, ввт	Доля во флоре (%)	Ранговое место
<i>Chlorophyta</i>	<i>Chlorococcales</i>	23/24	17,4/22,2	1
<i>Bacillariophyta</i>	<i>Naviculales</i>	18/12	13,6/11,1	2
<i>Cyanoprokaryota</i>	<i>Chroococcales</i>	12/11	9,1/10,2	3
<i>Bacillariophyta</i>	<i>Fragilariales</i>	11/10	8,3/9,3	4
<i>Euglenophyta</i>	<i>Euglenales</i>	4/8	3,0/7,4	6/5
<i>Cyanoprokaryota</i>	<i>Oscillatoriales</i>	6/7	4,5/6,5	5/6
Количество выявленных видов		132/108	55,5/66,7	

Таблица 4

**Доминирующие виды БОС городов Белорецка и Уфы**

Таксон	г. Белорецк	г. Уфа
<i>Euglena acus</i> (O.F.Müll.) Ehrenb.	+	-
<i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenb.) Ehrenb.	+	+
<i>Trachelomonas bulla</i> F. Stein ex Deflandre	+	-
<i>Trachelomonas intermedia</i> P.A. Dang.	+	-
<i>Dinobryon divergens</i> O.E. Imhof	+	+
<i>Chlorogloea microcystoides</i> Geitler	+	-
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz.	+	+
<i>Dactylococcopsis acicularis</i> Lemmerm.	+	-
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauv.	+	-
<i>Synechococcus elongatus</i> (Nägeli) Nägeli	+	-
<i>Spirulina platensis</i> (Gomont) Geitl.	+	+
<i>Spirulina tenuissima</i> Kütz.	+	+
<i>Romeria elegans</i> Wołosz.	+	-
<i>Oscillatoria agardhii</i> Gomont	+	+

Таксон	г. Белорецк	г. Уфа
<i>Oscillatoria lacustris</i> (Kleb.) Geitler	+	-
<i>O. tenuis</i> C. Agardh	+	-
<i>O. limosa</i> C. Agardh	+	-
<i>O. planctonica</i> Wołosz.	+	-
<i>Phormidium molle</i> Gomont	+	-
<i>Ph. tenue</i> Gomont	+	-
<i>Cyclotella melosiroides</i> (Kirch.) Lemmerm.	+	-
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow	+	-
<i>Diatoma vulgare</i> Bory de Saint-Vincent	+	-
<i>Navicula exigua</i> (Greg.) Grunow	+	-
<i>Navicula mutica</i> Kütz.	+	-
<i>Chlamydomonas</i> sp.sp.	+	+
<i>Chlamydomonas elliptica</i> Korsch.	+	-
<i>Radiosphaera sphaerica</i> (Korsch.) Fott	+	-
<i>Chlorococcum infusionum</i> (Schrank) Menegh.	+	-
<i>Crucigenia quadrata</i> Morren	+	-
<i>Chlorella vulgaris</i> Beyerin.	+	+
<i>Trochiscia aciculifera</i> (Lagerh.) Hansg.	-	+
<i>Tribonema minus</i> (Wille) Hazen	+	-
<i>T. subtilissimum</i> Pascher	+	-

Условные обозначения: «+» – вид доминирует; «-» – не доминирует. Названия видов в таблице приведены по Algaebase (Guiry et al., 2013).

Для выделения комплексов доминирующих видов на БОС г. Уфы суммированы баллы обилия по всем пробам, а виды, имеющие сумму обилия больше 25, рассматривали как доминирующие. Показатель 25 брался по экспертным оценкам. Выявленные таким образом виды встречаются круглый год и изменяются независимо от сезона (9 видов) (см. табл. 4). К доминирующим видам относились: *Cyanoprokaryota* – 4, *Euglenophyta* – 1, *Chlorophyta* – 3, *Chrysophyta* – 1.

Все микроорганизмы, трансформирующие органические вещества, условно можно разделить на группы (Никитина и др., 2009). Биоэстиматоры – это группа организмов со сходной реакцией на изменение условий среды обитания. Ряд групп водорослей и цианопрокариот на БОС г. Белорецка можно отнести к биоэстиматорам. Это, в частности, представители отдела *Cyanoprokaryota*, которые относятся к третьей группе биоэстиматоров с пороговой численностью 1,5 тыс. кл./мл (табл. 5). Другими выявленными биоэстиматорами были жгутиковые, эвгленовые и золотистые.



Таблица 5

## Численность биоэстиматоров в аэротенке БОС г. Белоречка

Сезон	Число клеток, тыс. кл./мл					
	Цианопрокариоты			Жгутиковые		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Зима	33	52	60	8	4	10
Весна	26	48	72	4	2	5
Лето	38	56	80	-	44	46
Осень	20	34	56	12	19	24

Проведенные нами исследования позволили выявить динамику численности биоэстиматоров в аэротенке г. Белоречка (см. табл. 5).

При рассмотрении численности биоэстиматоров третьей группы (цианопрокариот) оказалось, что в аэротенке как по годам, так и по сезонам происходит ее увеличение, максимальное наблюдалось в 2010 г. По сравнению с 2008 г. численность биостимуляторов увеличилась в 2 раза вследствие роста количества загрязняющих органических примесей в воде, что подтверждается гидрохимическим анализом биологического потребления кислорода (БПК) и химического потребления кислорода (ХПК) (табл. 6).

Таблица 6

## Изменение ХПК и БПК за период исследования

Сезон	2008 г.		2009 г.		2010 г.	
	ХПК	БПК	ХПК	БПК	ХПК	БПК
	мг/дм <sup>3</sup>					
Зима	140,3	35,6	155,5	44,0	196,6	87,9
Весна	170,6	43,3	99,2	23,9	184,6	84,9
Лето	134,6	52,0	110,6	37,9	211,0	98,0
Осень	269,9	59,3	209,6	54,9	214,0	103,0

В сточных водах, поступаемых на биологическую очистку, целесообразно регламентировать не абсолютный уровень БПК и ХПК, а их соотношение не менее 75 %, поскольку содержащиеся в сточных водах неядовитые вещества являются питательной средой для нормального функционирования микроорганизмов биологических очистных сооружений (Кульский и др., 1980). В нашем случае отношение ХПК к БПК составляет 25–40 % в результате поступления производственных сточных вод Белоречцкого металлургического комбината (содержит в сточной воде металлы), Белоречцкого маслосыркомбината, Хлебокомбината (наличие в сточных водах легко окисляемой органики). Увеличение БПК совпадает с увеличением численности цианопрокариот.

При рассмотрении первой группы биоэстиматоров (жгутиковых) мы

наблюдали максимальное увеличение численности цианопрокариот в летний период 2010 г. Возможно, это связано со сбоем в перекачке циркулирующего активного ила вследствие такого увеличения концентрации активного ила в летний период, когда складываются благоприятные условия для развития водорослей.

### Выводы

На биологических очистных сооружениях (БОС) г. Уфы (2005–2008 гг.) выявлено 108 видов и ввт из 71 рода, 24 порядков, 11 классов и 7 отделов, а на БОС г. Белорецка (2008–2010 гг.) – 132 вида и ввт из 73 родов, 42 семейств, 26 порядков, 9 классов, 7 отделов. Доминировали по числу видов *Bacillariophyta* и *Chlorophyta*.

Сопоставление таксономической структуры ЦВЦ по отделам показало сходство ЦВЦ активного ила городов Белорецка и Уфы. Однако видовой состав ЦВЦ отличался. В Белорецке наблюдалось увеличение видового разнообразия *Bacillariophyta* в аэротенке, а в Уфе – в сбросе сточных вод.

Выделение биоэстиматоров является хорошим методическим приемом при анализе состояния работы очистных сооружений. В обследованных нами аэротенках г. Белорецка изменения состояния активного ила показали представители отдела *Cyanoprokaryota*. При их интенсивном развитии следует принимать незамедлительные меры по предотвращению поступления стоков из соответствующих предприятий. Другими выявленными биоэстиматорами были жгутиковые, эвгленовые и золотистые. Для восстановления активного ила рекомендуется увеличение проточности воды.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Водоросли*. Справочник // С.П. Вассер, Н.В. Кондратьева, Н.П. Масюк и др. — Киев: Наук. думка, 1989. — 608 с.
- Габбасова Л.А., Елисеева Е.М. Водохозяйственная обстановка в городе Уфа Респ. Башкортостан за 2004–2009 годы: Межведом. сб. — Уфа: Информреклама, 2011. — С. 68–72.
- Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Республики Башкортостан в 2009 году» // Отдел водных ресурсов Респ. Башкортостан. — Уфа, 2010. — 189 с.
- Догадина Т.В. Альгофлора водоемов очистных сооружений и ее роль в очистке стоков: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Киев, 1970. — 17 с.
- Догадина Т.В. Перспективы использования водорослей в очистке и доочистке стоков некоторых производств // Теория и практика биологического самоочищения загрязненных вод. — М.: Наука, 1972. — С. 47–49.
- Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. — М.: Акварос, 2003. — 512 с.
- Коришнова Т.Ю., Силищев Н.Н., Логинов О.Н. Микробиологические процессы на очистных сооружениях. — Уфа: Реактив, 2005. — 62 с.

- Кузьминова Н.С., Руднева И.И. Влияние сточных вод на морские водоросли // Альгология. – 2005. – 12, № 1. – С. 128–141.
- Кульский Л.А., Гороновский И.Т., Когановский А.М., Шевченко М.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды – Киев: Наук. думка, 1980. – 680 с.
- Ленова Л.И., Ступина В.В. Водоросли в доочистке сточных вод. – Киев: Наук. думка, 1990. – 184 с.
- Липеровская Е.С. Гидробиологические индикаторы состояния активного ила и их роль в биологической очистке сточных вод // Итоги науки и техн. ВИНТИ. Сер. общ. экология, биоценология, гидробиология. – 1977. – № 4. – С. 169–217.
- Морозов Н.В. Эколого-биотехнологические пути формирования и управления качеством поверхностных вод (региональные аспекты): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 2003. – 53 с.
- Никитина О.Г., Максимов В.Н., Булгаков Н.Г., Никитин Н.Е. Биоэстимация – новый метод контроля процесса очищения воды и его сравнение с биоиндикацией // Вод. рес. – 2009. – 36, № 4. – С. 475–480.
- Оксиюк О.П., Жукинский В. Н., Брагинский Л. П. и др. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. – 1993. – 29. – № 4. – С. 62–76.
- Сиренко Л.А., Козицкая В.Н. Биологически активные вещества водорослей и качество воды. – Киев: Наук. думка, 1988. – 256 с.
- Соловых Г.Н., Левин Е.В., Пастухова Г.В. Биотехнологическое направление в решении экологических проблем. – Екатеринбург, 2003. – 296 с.
- Царенко П.М. Краткий определитель пресноводных водорослей Украинской ССР. – Киев: Наук. думка, 1990. – 208 с.
- Шкундина Ф.Б., Габидуллина Г.Ф., Книсс В.А. Использование водорослей и животных для мониторинга состояния активного ила на биологических очистных сооружениях (БОС) // Биондикация в мониторинге пресноводных экосистем. – С.Пб.: Лемма, 2007. – С. 151–155.
- Шкундина Ф.Б., Шкундина Р.А., Габидуллина Г.Ф. К вопросу о разработке онтологии биологической очистки сточных вод // Вестн. БашГУ. – 2008. – № 2. – С. 277–278.
- Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 288 с.
- Culotta V., Craig B., Hiu Fen Liu. Isolating copper ion transport genes from *S. cerevisiae* // J. Cell Biol. – 1992. – Suppl. 16D. – P. 120.
- Guiry M. et al. *Algaebase* World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway // Электронный ресурс: <http://www.algaebase.org/browse/taxonomy>
- Komárek J., Anagnostidis K. *Cyanoprokaryota*. 1. Teil *Chlorococcales* // Susswasserflora den Mitteleuropa. – Jena: Fischer Verlag, 1989. – 548 S.
- Komárek J., Anagnostidis K. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 3. *Oscillatoriales* // Arch. Hydrobiol. Suppl. – 1988. – N 1/4. Algal. Stud. – P. 327–472.
- Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. The Diatoms. Biology morphology of genera. – Cambridge, etc.: Cambridge Univ. Press, 1990. – 747 p.

Valsamma J., Ammini J. Algae in the assessment of industrial wastewater holding ponds // Water, Air and Soil Pollut. – 2001. – **132**, N 3/4. – P. 251–261.

Vasudevan P., Padmavathy V., Tewari N., Dhingra S.C. Biosorption of heavy metal ions // J. Sci. and Ind. Res.: Incon. Res. and Industry. – 2001. – **60**, N 2. – P. 112–120.

Поступила 2 февраля 2012 г.  
Подписал в печать С.П. Вассер

*F.B. Shkundina, G.F. Gabidullina, M.G. Judikina*

Bashkirian University, Department of Botany,  
32, Zaki Validi St., 450074 Ufa, Bashkortostan, Russia

#### CENOSES OF CYANOPROKARYOTA AND ALGAE IN SEWAGE TREATMENT

During the research period from 2005 till 2008 to Ufa we identified 108 species and intraspecific taxa of algae and cyanoprokaryote from 71 genera, 24 orders, 11 classes and 7 division. To Beloreck (2008–2010) we identified 132 species and intraspecific taxa of algae and cyanoprokaryote from 73 genera, 42 families, 26 orders, 9 classes and 7 division. The coefficient of community species composition showed distinct cyanoprokariote algal cenoses (CPAC) aerotank. Comparison of the taxonomic structure CPAC by department showed similarities CPAC Beloretsk activated sludge treatment facilities with the city of Ufa. In Beloretsk in the aerotank there is a greater diversity of algae due to *Bacillariophyta*. Our studies indicate that the selection bioestimatorov is a good instructional techniques in the analysis of the status of wastewater treatment facilities.

**Key words:** algae, cyanoprokaryota, biological wastewater treatment facilities, activated sludge, aerotank.