

**Ф.Б. ШКУНДИНА, Д.И. САХАБУТДИНОВА**

Федеральное гос. бюджет. образовательное учреждение высшего проф. образования  
«Башкирский государственный университет», каф. ботаники,  
ул. Заки Валиди, 32, Уфа 450076, Россия  
shkundinafb@mail.ru

**МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА АВТОТРОФНОГО ПЛАНКТОНА  
НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА Р. БЕЛОЙ  
(РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН, РОССИЯ)**

Проведено сравнение флоры планктонных водорослей и состава цианобактерий (*Cyanoprokaryota*) участка среднего течения р. Белой в районе г. Благовещенска в 1985–1986 гг. и 2010–2012 гг. Выявлено изменение комплексов доминирующих видов и количественных показателей развития автотрофного планктона. Оценено качество воды с использованием индексов сапробности. Отмечено ухудшение ее качества в апреле.

**Ключевые слова:** автотрофный планктон, цианобактерии, водоросли, многолетние изменения, индекс сапробности.

**Введение**

Изучение автотрофного планктона представляет большой интерес для оценки биоразнообразия и мониторинга состояния рек, подверженных антропогенному воздействию, а также прогнозирования и выработки рекомендаций по сохранению и нормальному функционированию природных комплексов.

В предыдущих исследованиях был сравнен фитопланктон 60 рек на территории бывшего Советского Союза (Shkundina, 2006) и выделены экологические группы фитопланктона р. Белой (Shkundina, 2004). Микроводоросли активно используются в качестве биоиндикаторов в речных экосистемах (Барина и др., 2006; Bellinger, 2010).

Цель данной работы – изучение состава, численности и биомассы автотрофного планктона участка р. Белой как индикаторных показателей качества среды, установление взаимосвязи между составом планктонных цианобактериально-водорослевых ценозов (ЦВЦ) и сезонными циклами, а также оценка экологического состояния обследованного участка реки по индексам сапробности. Нам предстояло исследовать флористический состав автотрофного планктона в 2010–2012 гг. и сравнить его с показателями 1985–1986 гг., выявить основные закономерности изменения автотрофного планктона в различные сезоны и годы, а также проследить его динамику с 1985 по 2012 гг.,

© Ф.Б. Шкундина, Д.И. Сахабутдинова, 2015

оценить санитарно-биологическое состояние участка среднего течения р. Белой по организмам автотрофного планктона.

### Материалы и методы

Материалом для работы послужили 144 пробы автотрофного планктона, отобранного в р. Белой между городами Благовещенск и Бирск на 5 створах в период с 2010 г. по 2012 г. Для сравнения использовали результаты исследований 1985–1986 гг. Отбор и обработку проб автотрофного планктона проводили ежемесячно по общепринятой методике (Водоросли, 1989). Численность водорослей подсчитывали в камере Нажотта объемом 0,01 см<sup>3</sup>, биомассу определяли расчетно-объемным методом. Таксономическая характеристика водорослей и цианопрокариот приведена по системе, принятой в электронном ресурсе [www.algaebase.org](http://www.algaebase.org). (Guiry et al., 2013).

Река Белая — главная река Респ. Башкортостан, левый приток р. Камы, впадает в нее на 382 км выше устья. Истоки р. Белой находятся на 54°33' с.ш. и 59° в.д., на восточном склоне хр. Аваляк в 6,5 км от д. Новохусаиново. Длина реки 1475 км. Исследования проводили в Благовещенском р-не между деревнями Андреевка и Куречь. Данный участок представляет собой залив р. Белой площадью около 2 км<sup>2</sup>. К заливу примыкает остров овальной формы шириной порядка 500 м.

Выше д. Андреевки в р. Белую впадают два притока — с юга степная р. База, с северо-востока р. Быстрый Танып (Гареев, 2001). В прибрежно-водной растительности наиболее часто встречались виды семейств *Gramineae* (*Bromus mollis* L.), *Fabaceae* (*Vicia cracca* L.), *Urticaceae* (*Urtica dioica* L.), *Potamogetonaceae* (*Potamogeton natans* L.), *Nymphaeaceae* (*Nuphar lutea* (L.) Sm.) и *Rosaceae* (*Rubus caesius* L., non Bojer). Редко встречались виды семейств *Commelinaceae* (*Commelina communis* L.), *Gramineae* (*Phalaroides arundinacea* L.), *Cruciferae* (*Rorippa palustris* (L.) Besser). Лимнические показатели р. Белой в Благовещенском р-не Респ. Башкортостан в 2010–2012 гг. были такими: жесткость 3,7±1,7 ммоль/дм<sup>3</sup>; рН 4,3±0,9; температура 3–26 °С; прозрачность 0,5–2,1 м.

Схема расположения исследованных створов представлена на рис. 1. В период исследования в зоопланктоне обнаружен 21 вид организмов, из них 10 видов *Rotatoria*, 5 — *Cladocera*, 5 — *Cyclopoida*, 1 — *Calanoida*, а также науплиальные и копеподитные стадии. В 2008–2012 гг. средние арифметические значения численности, биомассы и продукции составляли 23,7±0,3 тыс. экз./м<sup>3</sup>, 0,45±1,5 мг/м<sup>3</sup> и 5,74±0,3 мг/м<sup>3</sup> соответственно. По численности и биомассе преобладали: из коловраток *Asplanchna priodonta* Gosse (468,3 экз./м<sup>3</sup>, 0,84 мг/м<sup>3</sup> соответственно), из кладоцер *Bosmina longirostris* O. Müll. (291,52 экз./м<sup>3</sup>, 8,74 мг/м<sup>3</sup> соответственно), из копепод *Metacyclops gracilis* O. Müll. (205,87 экз./м<sup>3</sup>, 31,49 мг/м<sup>3</sup> соответственно). Оценка санитарно-биологического состояния обследованных створов по зоопланктону позволила отнести их к β-мезосапробной зоне.

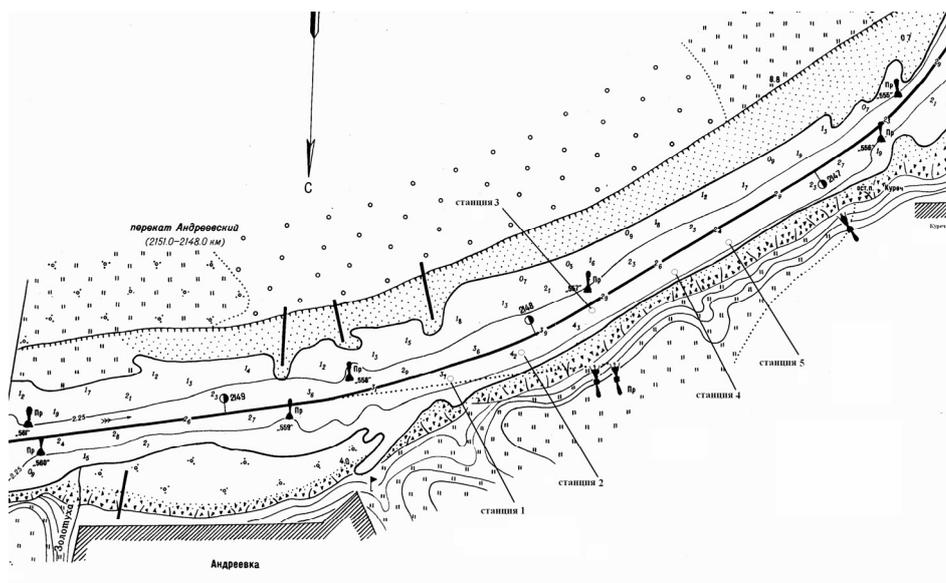


Рис. 1. Схема расположения исследуемых створов р. Белой в Благовещенском р-не

### Результаты и обсуждение

В 2010–2012 гг. в автотрофном планктоне на участке р. Белой в Благовещенском р-не выявлено 192 вида и внутривидовых таксона (ввт) водорослей и цианобактерий из 79 родов, 59 семейств, 32 порядков, 13 классов и 8 отделов. Их таксономическая структура представлена в табл. 1.

Таблица 1

Таксономическая структура автотрофного планктона р. Белой в 2010–2012 гг.

Отдел	Количество				
	классов	порядков	семейств	родов	видов и ввт (% во флоре)
<i>Cyanoprokaryota</i>	1	5	12	15	28 (14,6)
<i>Heterokontophyta</i>	5	15	25	42	130 (67,7)
<i>Charophyta</i>	1	1	1	1	2 (1,1)
<i>Chlorophyta</i>	2	3	12	12	20 (10,4)
<i>Euglenophyta</i>	1	2	3	3	6 (3,1)
<i>Dinophyta</i>	1	4	4	4	4 (2,1)
Protozoa incertae sedis	1	1	1	1	1 (0,5)
<i>Cryptophyta</i>	1	1	1	1	1 (0,5)
Всего	13	32	59	79	192 (100)

Распределение по классам видов автотрофного планктона представлено на рис. 2.

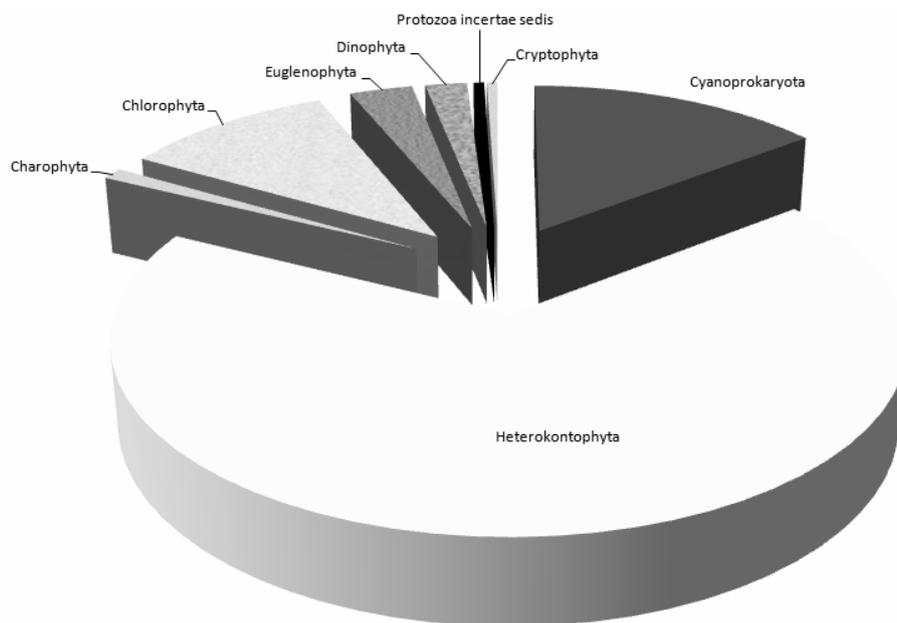


Рис. 2. Распределение по классам видов автотрофного планктона (2010–2012 гг.)

Для сравнения были проанализированы данные о планктонных водорослях и цианобактериях на том же участке р. Белой, полученные в 1985–1986 гг. В тот период было выявлено 319 видов и ввт водорослей и цианопрокариот из 110 родов, 67 семейств, 37 порядков, 17 классов и 8 отделов. По числу видов и ввт таксонов отделы распределялись: *Heterokontophyta* – 126, *Chlorophyta* – 121, *Cyanobacteria* – 38, *Charophyta* – 19, *Euglenophyta* – 5, *Dinophyta* – 5, *Cryptophyta* – 4, *Rhodophyta* – 1 (табл. 2, рис. 3).

Таким образом, сравнение флор показало резкое уменьшение видового разнообразия *Chlorophyta* в 2010–2012 гг.

*Cyanoprokaryota* в 2010–2012 гг. составили 14,6 % изученного состава автотрофного планктона (см. табл. 1). В порядке *Chroococcales*, представленного семейством *Microcystaceae*, выявлено 3 вида, рода *Microcystis* Lemmerm. Остальные роды данного порядка содержали 1–2 вида, составившие 21,4 % общего видового разнообразия *Cyanoprokaryota*. В порядке *Nostocales* был представлен род *Nostoc* C. Agardh ex Bornet & Flahault (3 вида) из семейства *Nostocaceae*. Порядок *Oscillatoriales* характеризовался самым большим разнообразием среди других порядков (10 видов и ввт), лидировали род *Oscillatoria* Böcher (7 видов) из семейства *Oscillatoriaceae* и род *Phormidium* Gomont (2 вида) из сем. *Phormidiaceae*. Большинство обнаруженных видов являются эврибионтами и вызывают «цветение» в континентальных водоемах Земли (Водоросли ..., 2006).

Таблица 2

Таксономическая структура автотрофного планктона р. Белой  
в 1985–1986 гг.

Отдел	Количество				видов и ввт (% во флоре)
	классов	порядков	семейств	родов	
<i>Cyanoprokaryota</i>	1	4	10	14	38 (11,9)
<i>Heterokontophyta</i>	6	16	23	35	126 (39,4)
<i>Charophyta</i>	2	2	3	4	19 (5,9)
<i>Chlorophyta</i>	3	8	23	48	121 (37,8)
<i>Euglenophyta</i>	1	1	2	3	5 (1,6)
<i>Dinophyta</i>	1	3	3	3	5 (1,6)
<i>Cryptophyta</i>	1	1	1	1	4 (1,25)
<i>Rhodophyta</i>	1	1	1	1	1 (0,3)
Всего	17	37	67	110	319 (100)

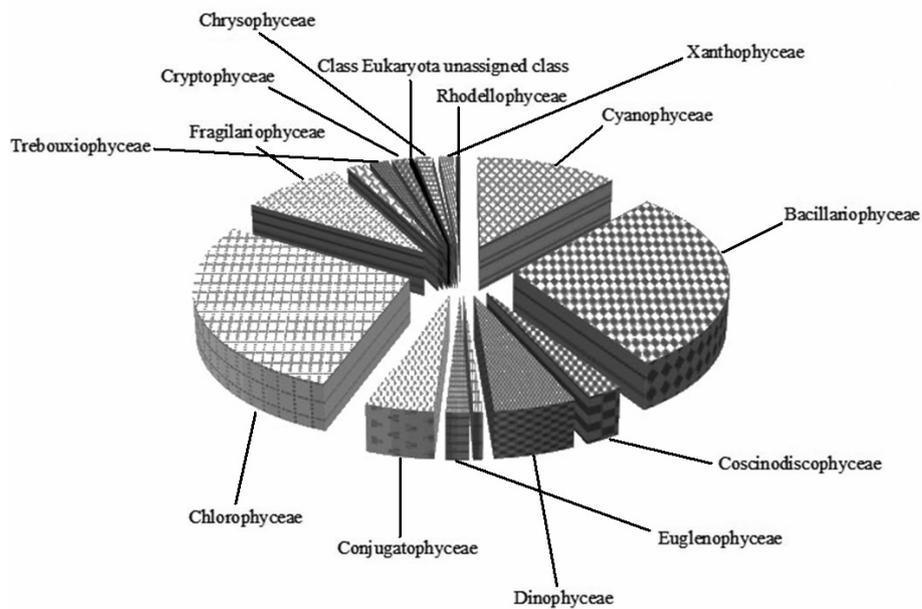


Рис. 3. Распределение по классам видов автотрофного планктона (1985–1986 гг.)

Эвгленовые водоросли были представлены 6 видами и ввт, составившими 3,1 % выявленных видов. Ведущим был род *Phacus* Ehrenb., включающий 4 вида и ввт, *Euglena* Ehrenb. и *Colacium* Ehrenb. — по 1 виду соответственно.

В отделе *Dinophyta* обнаружено 4 вида и ввт. Отдел *Cryptophyta* был представлен лишь одним видом из порядка *Cryptomonadales* семейства *Cryptomonadaceae* — *Cryptomonas rostrata* O.V. Troitzkaja.

В отделе *Chlorophyta* выявлено 20 видов и ввт водорослей (10,4 % обнаруженных видов). Представители данного отдела принадлежали к трем классам – *Conjugatophyceae*, *Chlorophyceae* и *Trebouxiophyceae*. Наиболее богатыми по видовому составу оказались порядки *Sphaeropleales* и *Chlorellales*.

Значительную роль в формировании автотрофного планктона играли *Heterokontophyta*, что составляет 67,7 % видового разнообразия автотрофного планктона. Все представители данного отдела отнесены к 5 классам. Наибольшим видовым разнообразием отличались роды *Cymatopleura* W. Smith (5 видов и ввт), *Eunotia* Ehrenb. (5), *Fragilaria* Lyngb. (5), *Gomphonema* Ehrenb. (7), *Navicula* Bory (14), *Nitzschia* Hass. (11), *Pinnularia* Ehrenb. (7), *Synedra* Ehrenb. (9) и *Cymbella* C. Agardh (5).

Для флоры изученного участка р. Белой значение общего родового коэффициента составило 1,6. Сравнение значений этого коэффициента по отделам показало, что наиболее богат видами отдел *Heterokontophyta* (родовой коэффициент 9,2), меньшие значения отмечены у *Cyanobacteria* (2) и *Euglenophyta* (2). Менее разнообразны в видовом отношении были *Dinophyta* (1) и *Cryptophyta* (1).

В 2010 г. десять ведущих семейств составляли 59,1 % видового разнообразия планктонных *Cyanoprokaryota* и водорослей (табл. 3). В спектре представлены 3 отдела, диатомовые водоросли занимали максимальное число ранговых мест – 7. Два ранговых места в списке ведущих семейств принадлежало *Cyanoprokaryota*, одно место – *Chlorophyta*. В формировании видового разнообразия лидировали семейства *Fragilariaceae* (12,6 %) и *Naviculaceae* – 9,3 %. Спектр замыкали семейства *Characiaceae* – 2 % и *Nostocaceae* (1,3 %).

В 2011 г. 10 ведущих семейств составляли 57 % планктонных *Cyanoprokaryota* и водорослей (см. табл. 3). В спектре представлены 3 отдела, из которых диатомовые водоросли занимали максимальное число ранговых мест – 9. Одно ранговое место в списке ведущих семейств принадлежало *Cyanoprokaryota*. Видовым разнообразием, как и в 2010 г., отличались семейства *Fragilariaceae* (11,6 %) и *Naviculaceae* – 11 %. Спектр замыкали семейства *Eunotiacea* – 3 % и *Dinobryaceae*, составляющие во флоре по 2,2 %.

В 2012 г. 10 ведущих семейств объединяли 53 % видового состава планктонных *Cyanobacteria* и водорослей (см. табл. 3). В спектре представлены 2 отдела, из которых *Bacillariophyta* имели максимальное число ранговых мест – 8. Два ранговых места в списке принадлежало *Cyanobacteria*. Первое место в формировании видового разнообразия было у семейства *Fragilariaceae* (12,3 %), второе у *Naviculaceae* – 10,4 %. Спектр замыкали *Chroococcaceae* (2,5 %), *Rhopalodiaceae* (2,5 %) и *Melosiraceae* (2,5 %).

Одной из особенностей флоры водорослей различных природных зон являлись родовые спектры, отражающие основные типологические особенности водоемов конкретного региона ( $\gamma$ -разнообразие). В родовые спектры входили наиболее крупные роды из разных отделов, однако

учитывалось также их ранговое место, число таксонов в нем и вклад его в формирование флоры (Сафонова, 1984, Shkundina, Gulamanova, 2012).

Таблица 3

**Вклад ведущих семейств в состав планктонных цианобактериально-водорослевых ценозов реки Белой в Благовещенском р-не в 2010–2012 гг.**

Год	Ранговое место	Семейство	Число видов	% во флоре
2010	1	<i>Fragilariaceae</i>	19	12,6
	2	<i>Naviculaceae</i>	14	9,3
	3	<i>Cymbellaceae</i>	12	8
	3	<i>Bacillariaceae</i>	12	8
	4	<i>Surirellaceae</i>	9	6
	5	<i>Oscillatoriaceae</i>	7	4,6
	6	<i>Pinnulariaceae</i>	6	4
	7	<i>Stephanodiscaceae</i>	5	3,3
	8	<i>Characiaceae</i>	3	2
	9	<i>Nostocaceae</i>	2	1,3
			89	59,1
2011	1	<i>Fragilariaceae</i>	16	11,6
	2	<i>Naviculaceae</i>	15	11
	3	<i>Bacillariaceae</i>	12	8,7
	4	<i>Surirellaceae</i>	8	5,8
	5	<i>Gomphonemataceae</i>	7	5,1
	6	<i>Oscillatoriaceae</i>	5	3,6
	7	<i>Rhopalodiaceae</i>	4	3
	7	<i>Melosiraceae</i>	4	3
	7	<i>Eunotiaceae</i>	4	3
	8	<i>Dinobryaceae</i>	3	2,2
			78	57
2012	1	<i>Fragilariaceae</i>	20	12,3
	2	<i>Naviculaceae</i>	17	10,4
	3	<i>Bacillariaceae</i>	12	7,4
	4	<i>Gomphonemataceae</i>	7	4,3
	4	<i>Oscillatoriaceae</i>	7	4,3
	5	<i>Pinnulariaceae</i>	6	3,7
	6	<i>Cymbellaceae</i>	5	3,1
	7	<i>Chroococcaceae</i>	4	2,5
	7	<i>Rhopalodiaceae</i>	4	2,5
	7	<i>Melosiraceae</i>	4	2,5
			68	53

Анализ родового спектра состава *Cyanoprokaryota* и флоры водорослей изучаемого участка р. Белой показал следующее. В 2010 г. спектр 10 ведущих родов включал представителей двух отделов. В головной части спектра находились роды из отдела *Heterokontophyta*: *Navicula* – 12 видов и ввт (8 %), *Nitzschia* – 11 видов (7,3 %) и *Synedra* – 8 видов (5,3 %). Род *Oscillatoria* из отдела *Cyanobacteria* занял четвертую позицию – 7 видов (4,6 %). Замыкали цепочку три ведущих рода с одинаковым числом видов (4 вида – 2,6 %) – *Fragilaria*, *Tabellaria* и *Eunotia*. Спектр 10 ведущих родов включал 68 видов и ввт или 44,9 % выявленного состава.

В 2011 г. наблюдалось похожее распределение. Спектр 10 ведущих родов включал представителей двух отделов. В начальной части спектра также были роды из диатомовых: *Navicula* – 12 видов и ввт (8,7 %), *Nitzschia* – 11 видов (8 %) и *Synedra* – 8 видов (5,8 %). Род *Oscillatoria* из отдела *Cyanobacteria* и род *Pinnularia* из отдела *Heterokontophyta* находились на пятой позиции – 5 видов (3,6 %). Замыкали цепочку ведущих три рода *Surirella*, *Cymbella* и *Melosira* с одинаковым числом видов (4 вида – 3 %). Спектр 10 ведущих родов включал 64 вида и ввт или 46,8 % выявленного состава.

В 2012 г. спектр 10 ведущих родов объединял представителей двух отделов. Доминировали роды из диатомовых водорослей: *Navicula* – 14 видов и ввт (8,6 %), *Nitzschia* – 11 видов (6,8 %), *Synedra* – 9 видов (5,5 %). Род *Oscillatoria* из отдела *Cyanobacteria* и род *Gomphonema* из отдела *Heterokontophyta* заняли четвертую позицию – 7 видов (4,3 %). Меньшим видовым разнообразием характеризовались два рода из отдела *Cyanobacteria* с одинаковым числом видов (3 вида – 1,8 %) – *Microcystis* и *Nostoc*. Спектр 10 ведущих родов включал 68 видов и ввт или 41,8 % выявленного состава.

Наибольшую встречаемость в 2010–2012 гг. имели *Synechocystis aquatilis* Sauvag. (71,4 %), *Cymatopleura elliptica* var. *discoidea* (Bréb.) W. Smith (86,9 %), *Diatoma vulgare* Bory de Saint-Vincent (63,1 %). Редкими формами автотрофного планктона оказались *Chrysococcus ornatus* Pascher, *Nitzschia diserta* Hust., *Achnanthes minutissima* Kütz., встречаемость которых не превышала 7 %.

Нами были изучены количественные закономерности развития автотрофного планктона. Средние арифметические показатели численности и биомассы в 2010–2012 гг. составили 19168 тыс. кл./л и 14,660 г/м<sup>3</sup> соответственно. Сравним данные 1985–2012 гг. (табл. 4). Отмечается увеличение этих показателей и возрастание уровня эвтрофирования.

В 2002–2004 гг. средние арифметические показатели численности и биомассы составили в р. Белой в районе г. Уфы 2370±188 тыс. кл./л и 2,622±0,315 г/м<sup>3</sup> соответственно (Шкундина, Турьянова, 2009), что существенно меньше значений, приведенных выше. В пойменном озере Шамсутдин, расположенном в районе г. Бирска, в 1999–2001 гг. средние арифметические показатели составили 3274 тыс. кл./л и

4,414 г/м<sup>3</sup> соответственно. После проведения мероприятий по улучшению состояния оз. Шамсутдин численность и биомасса снизились до 2589 тыс. кл./л и 1,243 г/м<sup>3</sup> соответственно (Шкундина и др., 2014).

Таблица 4

**Сравнение количественных показателей развития автотрофного планктона р. Белой (тыс. кл./л и г/м<sup>3</sup>)**

Месяц	1985 г.	1986 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Апрель	384/0,923	–	–	4360/2,340	14960/8,420
Май	–	1812/1,837	–	5390/3,830	21730/13,270
Июль	21024/21,974	–	57960/47,110	12460/11,110	23260/14,500
Август	–	4800/2,134	33550/30,870	8670/6,010	16460/9,540
Сентябрь	3924/9,531	4264/3,022	7560/6,590	5550/3,660	9570/6,270
Ср. арифм.	8444/10,809	3625,3/2,331	33023,3/28,190	7286/5,390	17196/10,400

Обозначения. «–» – Данные отсутствуют.

Присвоим первым четырем доминирующим видам ранги от 4 (вид, имеющий наибольшую численность) до 1. Ранговые распределения численности доминирующих видов в июле–августе представлены в табл. 5.

Таблица 5

**Ранговые распределения численности доминирующих видов автотрофного планктона в р. Белой в июле–августе**

Таксон	Год				
	1985	1986	2010	2011	2012
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow	4	3	НД	НД	НД
<i>Microcystis pulverea</i> (Wood) Forti	2	1	НД	НД	НД
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerh.	3	НД	НД	НД	НД
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Bréb.	1	4	НД	НД	НД
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	НД	2	НД	НД	НД
<i>Cymatopleura elliptica</i> var. <i>discoidea</i>	НД	НД	1	4	4
<i>Synechocystis aquatilis</i>	НД	НД	2	2	1
<i>Amphora ovalis</i> (Kütz.) Kütz.	НД	НД	4	1	3
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	НД	НД	3	3	2

Обозначения. НД – вид не доминирует.

В 2010–2012 гг. доминировали *Bacillariophyta*. В различные биологические сезоны наблюдались изменения комплексов доминирующих видов (табл. 6). Из видов, доминирующих на различных створах в р. Белой в 1985–1986 гг. и в 2010–2012 гг. остались *Diatoma vulgare*, *Synedra ulna*, *Chlorella vulgaris* и *Amphora ovalis*. Наличие *Ch. vulgaris* свидетельствовало о высоком органическом загрязнении (Баринаова и др. 2006; Shkundina, 2004). *Amphora ovalis* была видом-индикатором в 1985 г. В оз. Шамсутдин в 2012 г. наиболее многочисленными были представители *Cyanophyta* (*Cyanobacteria*). Они имели два пика развития – в июне и августе. Максимум их численности наблюдался в августе, биомассы – в сентябре. Интенсивное развитие *Cyanophyta* определяло доминирование *Microcystis pulverea*, *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault, *Anabaena flos-aquae* (L.) Bory.

Таблица 6

Комплексы доминирующих видов в различные сезоны 2010–2012 гг. в р. Белой в Благовещенском районе

Год	Зима	Весна	Лето	Осень
2010	<i>Synechocystis aquatilis</i> <i>Diatoma vulgare</i> <i>Gomphonema acuminatum</i> <i>Synedra ulna</i>	—	<i>Cymatopleura elliptica</i> var. <i>discoidea</i> <i>Synechocystis aquatilis</i> <i>Melosira varians</i> <i>Amphora ovalis</i>	<i>Oscillatoria tenuis</i> <i>Synechocystis aquatilis</i> <i>Diatoma vulgare</i> <i>Melosira varians</i>
2011	<i>Synechocystis aquatilis</i> <i>Gomphonema lanceolatum</i> <i>Synedra ulna</i> <i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Oscillatoria tenuis</i> <i>Synechocystis aquatilis</i> <i>Diatoma vulgare</i> <i>Synedra ulna</i>	<i>Amphora ovalis</i> <i>Synechocystis aquatilis</i> <i>Melosira varians</i> <i>Cymatopleura elliptica</i> var. <i>discoidea</i>	<i>Oscillatoria tenuis</i> <i>Synechocystis aquatilis</i> <i>Diatoma vulgare</i> <i>Melosira varians</i>
2012	<i>Oscillatoria limosa</i> <i>Synechocystis aquatilis</i> <i>Pinnularia biceps</i> <i>Synedra ulna</i>	<i>Microcystis incerta</i> <i>Synechocystis aquatilis</i> <i>Amphora veneta</i> <i>Melosira varians</i>	<i>Synechocystis aquatilis</i> <i>Melosira varians</i> <i>Amphora ovalis</i> <i>Cymatopleura elliptica</i> var. <i>discoidea</i>	<i>Oscillatoria tenuis</i> <i>Synechocystis aquatilis</i> <i>Gomphonema lanceolatum</i> <i>Synedra ulna</i>

Наибольшие значения индексов сапробности по биомассе отмечены весной 2011 и 2012 гг., а наименьшие – зимой 2010 г., по численности – зимой 2011 г. (рис. 4, 5). Максимальный индекс сапробности в 2010–2012 гг. приходится на апрель, когда в результате повышения уровня загрязнения из-за паводка формируется р-сапробная зона. В остальные

месяцы индекс сапробности достаточно стабилен и характеризует  $\beta$ -мезосапробную зону. В 1985–1986 гг. на обследованном участке р. Белая была наиболее загрязнена в мае, причем в районе городов Уфа, Благовещенск и пос. Александровка качество воды ухудшалось, а ближе к устью показания качества были лучше.

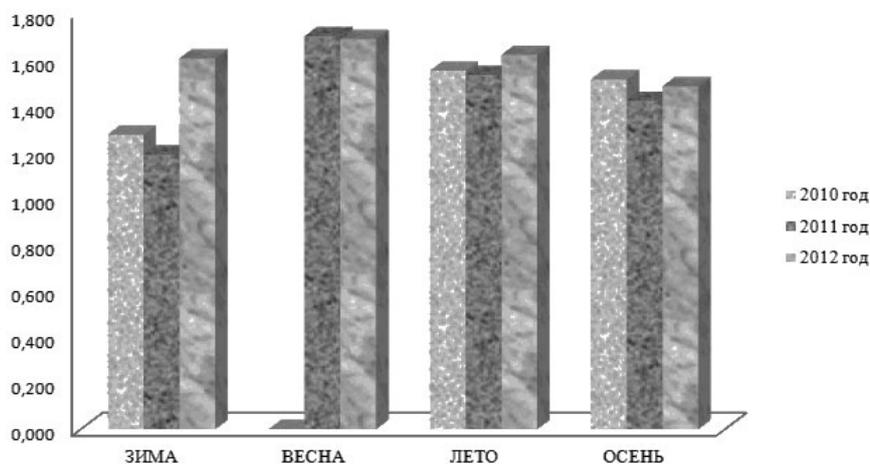


Рис. 4. Средние арифметические значения индексов сапробности по численности автотрофного планктона в 2010–2012 гг. на участке р. Белой в Благовещенском р-не Респ. Башкортостан

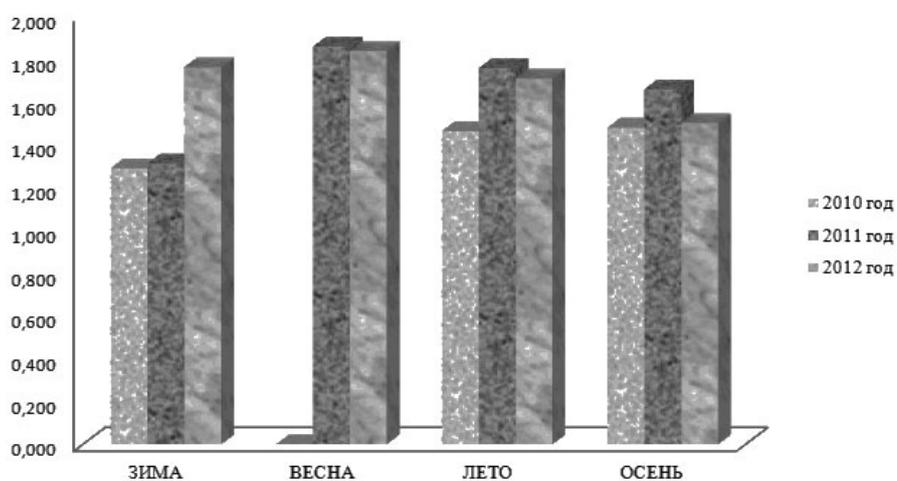


Рис. 5. Средние арифметические значения индексов сапробности по биомассе автотрофного планктона в 2010–2012 гг. на участке р. Белой в Благовещенском р-не Респ. Башкортостан

## Выводы

1. В 2010–2012 гг. в автотрофном планктоне на участке р. Белой между городами Благовещенск и Бирск выявлено 192 вида и ввт водорослей и цианобактерий из 79 родов, 59 семейств, 32 порядков, 13 классов и 8 отделов. За период исследования максимальным видовым разнообразием и родовым коэффициентом характеризовался отдел *Heterokontophyta* (5,6). В формировании видового разнообразия доминировало семейство *Fragilariaceae*. Род *Navicula* был обычным доминантом в реках.

2. В период с 1985 по 2012 гг. уменьшилось видовое разнообразие *Chlorophyta* и увеличились количественные показатели развития автотрофного планктона. По биомассе обследованный участок р. Белая в 2010–2012 гг. относился к эвтрофному типу.

3. Средние арифметические значения индексов сапробности по численности и биомассе автотрофного планктона характеризовали  $\beta$ -мезосапробную зону. В 2011–2012 гг. наблюдалось резкое ухудшение качества воды в апреле в результате паводка.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. – Тель-Авив: Pil. Stud., 2006. – 498 с.
- Водоросли. Справочник / Под общ. ред. С.П. Вассера. – Киев: Наук. думка, 1989. – 608 с.
- Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов Северо-Запада России. – М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2006. – 367 с.
- Гареев А.М. Реки и озера Башкортостана. – Уфа: Китап, 2001. – 260 с.
- Сафонова Т.А. Флора водорослей, её особенности и роль в биологической продукции водоемов Западной Сибири // Биологические ресурсы внутренних водоемов Западной Сибири и Дальнего Востока. – М.: Наука, 1984. – С. 108–117.
- Шкундина Ф.Б., Турьянова Р.Р. Фитопланктон водоемов г. Уфы (Башкортостан, Россия) // Альгология. – 2009. – 19(1). – С. 66.
- Шкундина Ф.Б., Шахринова Н.В., Гуламанова Г.Ф. Многолетние изменения фитопланктона пойменного озера (на примере оз. Шамсутдин, Респ. Башкортостан) // Вода: химия и экология. – 2014(3). – С. 71–74.
- Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication // Nat. Univ. Ireland, Galway. 2011. Электронный ресурс: <http://www.algaebase.org/browse/taxonomy>.
- Bellinger E.G. Freshwater algae: identification and use as bioindicators / Eds E.G. Bellinger, D.C. Sigeo. – Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd., 2010. – P. 285.
- Shkundina F.B. Ecological groups of the Belay River phytoplankton // Int. J. Algae. – 2004. – 6(2). – P. 140–150.
- Shkundina F.B. Dominating species of phytoplankton in the rivers of various physiographic regions (with reference to currents of the former Soviet Union) // Ibid. – 2006. – 8(1). – P. 7–18.

Shkundina F.B., Gulamanova G.A. Biological diversity of phytoplankton of the lakes of the republic. Bashkortostan, Russia // *Ibid.* – 2012. – 14(1). – P. 16–30.

Поступила 6 марта 2014 г.

Подписала в печать А.В. Лишук-Курейшевич

#### REFERENCES

- Barinova S.S., Medvedeva L.A., and Anisimova O.V., *Bioraznoobrazie vodoroslej-indikatorov okruzhajushhej sredy*, Pil. Stud., Tel-Aviv, 2006. [Rus.]
- Bellinger E. and Sigeo D., *Freshwater algae: identification and use as bioindicators*, John Wiley & Sons, Ltd., London, 2010.
- Gareev A.M., *Reki i ozera Bashkortostana*, Kitap, Ufa, 2001. [Rus.]
- Guiry M.D. and Guiry G.M., *Nat. Univ. Ireland, Galway*, 2011, Elektronnyj resurs: <http://www.algaebase.org/browse/taxonomy>.
- Safonova T.A., *Biologicheskie resursy vnutrennih vodoemov Zapadnoj Sibiri i Dal'nego Vostoka*, Nauka Press, Moscow, Pp. 108–117, 1984. [Rus.]
- Shkundina F.B., *Int. J. Algae*, 6(2):140–150, 2004.
- Shkundina F.B., *Int. J. Algae*, 8(1):7–18, 2006.
- Shkundina F.B. and Gulamanova G.A., *Int. J. Algae*, 14(1):16–30, 2012.
- Shkundina F.B. and Tur'janova R.R., *Algologia*, 19(1):66, 2009.
- Shkundina F.B., Shahrinova N.V., and Gulamanova G.F., *Voda: himija i ekologija*, (3): 71–74, 2014. [Rus.]
- Vodorosli: Spravochnik*, Ed. S.P. Wasser, Nauk. Dumka, Kiev, 1989. [Rus.]
- Vodorosli, vyzyvajushhie «cvetenie» vodoemov Severo-Zapada Rossii*, Moscow, 2006. [Rus.]

ISSN 0868-8540. *Algologia*. 2015, 25(2): 135–147 <http://dx.doi.org/10.15407/alg25.02.135>

F.B. Shkundina, D.I. Sahabutdinova

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

shkundinafb@mail.ru

#### DYNAMIC OF AUTOTROPHIC PLANKTON EXAMPLE SITE RIVER BELAYA (REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN, RUSSIA)

During period from 1985–1986 and 2010–2012 were compared flora planktonic algae and *Cyanoprokaryota*. The changes of dominant species and quantitative development of autotrophic plankton were investigated. Water quality were estimated using indices saprobity. Water quality deterioration noted in April.

Key words: autotrophic plankton, *Cyanoprokaryota*, algae, long-term changes, index saprobity.