

576.2:282.232/275

Ф.Б. ШКУНДИНА¹, А.О. ПОЛЕВА²

¹Башкирский госуниверситет, кафедра ботаники,
ул. Заки Валиди, 32, 4500076 Уфа, Респ. Башкортостан, Россия

²Ин-т геологии Уфимского НЦ РАН,
ул. К. Маркса, 16/2, 450077 Уфа, Респ. Башкортостан, Россия

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СООБЩЕСТВ ФИТОПЛАНКТОНА ПАВЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН, РОССИЯ)

Применены некоторые подходы эколого-флористической классификации для выявления индикаторных видов, используемых в дальнейшем для оценки экологического состояния в Павловском водохранилище. Выделены виды, распространенные по всей территории водохранилища: *Chlorella vulgaris* Beij. и *Aphanocapsa inserta* (Lemmerm.) Cronberg & Komárek., а также виды, характерные для разных створов. Дифференцированы 4 сообщества фитопланктона с двумя вариантами одного из них. Состав сообществ отражает изменения степени эвтрофирования на разных створах.

Ключевые слова: водоросли, *Cyanoprokaryota*, фитопланктон, водохранилище, эколого-флористическая классификация, сообщества.

Введение

Для оценки экологического состояния водных объектов большое значение имеет выявление индикаторных видов. Метод классификации растительности Браун-Бланке основывается на группировке сообществ в соответствии с подобием флористического состава, который отображает экологические условия и стадию сукцессии (Westhoff, Maarel, 1978). Термин «сообщество» используется нами в широком понимании (Миркин, Наумова, 2010) как совокупность особей организмов одного трофического уровня или даже одной систематической группы.

При использовании подходов эколого-флористической классификации для выделения синтаксономических единиц сообществ свободно-плавающих растений на основе доминирования возникают некоторые трудности. Они связаны с тем, что водная среда, имеющая большую однородность, чем наземные экотопы, и повышенная подвижность водных растений значительно выравнивают флористический состав сообществ (Дубына, 1986). В связи с этим вместо комбинации диагностических видов в качестве диагностических признаков используются стабильные во времени и ярко выраженные физиономические доминанты водных сообществ (Дубына, Шеляг-Сосонко, 1989).

Эта методика была применена О.Н. Никитиной (2008) для выявления групп индикаторных видов автотрофного бентоса в водоёмах г. Стерлитамака. Для классификации сообществ фитопланктона она почти не использовалась.

© Ф.Б. Шкундина, А.О. Полева, 2014

Цель нашего исследования — применение некоторых подходов эколого-флористической классификации для выявления индикаторных сообществ, используемых в дальнейшем для оценки экологических условий в водохранилище.

Материалы и методы

Павловское водохранилище расположено на р. Уфа в пределах Уфимского плато Южного Урала. Наполнение его водами происходит в апреле–мае, а сработка начинается в январе и продолжается 140 дней. До строительства водохранилища (1941 г.) минимальный среднемесячный расход воды в реке в год (95 %) составлял 63 м³/с; в настоящее время в створе гидроузла он равен 120 м³/с (Абдрахманов, 1994).

Основные характеристики Павловского вдхр на р. Уфа

| | |
|--|------|
| Полный объем, км ³ | 1,4 |
| Полезный объем, км ³ | 0,95 |
| Площадь водосбора, тыс. м ² | 47,1 |
| Площадь зеркала, км ² | 116 |
| Максимальная ширина, м | 1750 |
| Средняя ширина, м | 770 |
| Максимальная глубина, м | 35 |
| Средняя глубина, м | 12 |
| Годовая амплитуда уровня, м | 11 |
| Нормальный подпорный уровень (НПУ), м | 140 |
| Максимальное снижение уровня, см/сут | 9,5 |

Химический состав воды на всем протяжении водохранилища (от с. Муллакаево до пос. Павловка) исключительно однороден и характеризуется сульфатно-гидрокарбонатным типом (Абдрахманов, 1994). Минерализация воды в верховье водохранилища (с. Муллакаево), где начинается подпор на р. Уфе, составляет 0,41 г/дм³. Вниз по течению она постепенно снижается и у плотины (пос. Павловка) не превышает 0,21–0,26 г/дм³. Величина рН составляет 7,65–7,90, Eh колеблется от +279 мВ в верхней зоне водохранилища до +7– (- 65) мВ в придонной зоне. Соответственно изменяется содержание кислорода от 10,71 мг/дм³ (на глубине 1 м) до 5,04 (18 м), а в придонной части оно близко к нулю. В отдельные годы в летнее жаркое время наблюдается гибель бентосных рыб. В долине р. Уфы ниже Павловского вдхр расположены крупные водозаборы инфильтрационного типа централизованного водоснабжения г. Уфы (с населением более 1 млн человек) и других населенных пунктов. Водный объект испытывает мощное техногенное воздействие промышленных, сельскохозяйственных предприятий и лесопромышленного комплекса, а также является крупным рекреационным узлом.

Материалом для наших исследований послужили пробы водорослей, отобранные в 2003, 2008, 2009 гг. в створах по всей акватории водо-

хранилища и в разные сезоны года (рис. 1). В верхней части водохранилища (створы Караидель, Магинск, устье р. Юрюзань) наблюдаются условия, близкие к речным, на створе Атамановка – озерно-речные условия, а на створе Верхний бьеф – озерные. При сборе и обработке проб использовали общепринятую методику в изучении водорослей (Водоросли, 1989).

Отбор проб осуществляли батометром Руттнера на глубине 1 м. Пробы объемом 0,5 л фиксировали 40 %-ным раствором формальдегида и концентрировали общепринятым осадочным способом с последующим отцеживанием до 50 мл (Водоросли, 1989). Количественные пробы подсчитывали в камере Нажотта объемом 0,01 см³ с использованием светового микроскопа МБИ-3.

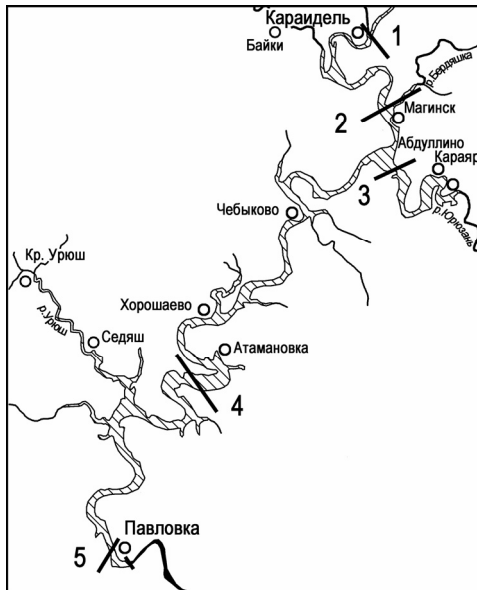


Рис. 1. Схема расположения исследуемых створов Павловского водхр на р. Уфа:

1 – п. Караидель; 2 – п. Магинск; 3 – устье р. Юрюзань; 4 – с. Атамановка; 5 – Верхний бьеф

Номенклатуру отдела *Cyanoprokaryota* (*Cyanophyta*) рассматривали по J. Komárek, K. Anagnostydis (1998, 2005), отделы *Euglenophyta*, *Dinophyta*, *Chrysophyta* – по З.И. Ветровой (Водоросли, 1989), *Bacillariophyta* – по F. Round с соавт. (1990), *Xanthophyta* – по А.М. Матвієнко, Т.В. Догадіной (1978), И.И. Васильевой-Кралиной (1999), отдел *Chlorophyta* – по П.М. Царенко (1990) и Г.М. Паламарь-Мордвинцевой (2003).

Биомассу фитопланктона определяли расчетно-объемным методом. Для анализа сходства систематической структуры флоры водорослей и *Cyanoprokaryota* применяли коэффициент общности (КО) видового состава Сёренсена-Чекановского (Шмидт, 1984).

Анализ ассоциированности видов и их связи с факторами водной среды выполнен с использованием методических подходов флористической классификации (Миркин и др., 2004; Westhoff, Maarel, 1978). Были составлены сводные таблицы видового состава. Такие таблицы были упорядочены в результате перемещения строк-видов. Получена матрица, состоящая из сквозных и диагностических видов, которая

была описана при анализе эколого-географических характеристик видов и выявлении индикаторных видов.

Результаты и обсуждение

За период исследования было выявлено 155 видов и внутривидовых таксона (ввт) водорослей и *Cyanoprokaryota* из 91 рода, 50 семейств, 25 порядков, 10 классов и 7 отделов. Их систематическая структура представлена в табл. 1.

Таблица 1

Таксономический спектр, пропорции и родовая насыщенность фитопланктона Павловского вдхр

| Отдел | Число | | | | | | % | Пропорции флоры | | |
|------------------------|---------|----------|----------|-------|-------|-------------|------|--------------------------|-----|-----|
| | классов | порядков | семейств | родов | видов | видов и ввт | | общего числа видов и ввт | р/с | в/с |
| <i>Cyanoprokaryota</i> | 1 | 4 | 7 | 13 | 26 | 26 | 16,8 | 1,9 | 3,7 | 2,0 |
| <i>Euglenophyta</i> | 1 | 1 | 1 | 3 | 6 | 7 | 4,5 | 3,0 | 6,0 | 2,3 |
| <i>Dinophyta</i> | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1,9 | 3,0 | 3,0 | 1,0 |
| <i>Chrysophyta</i> | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| <i>Bacillariophyta</i> | 3 | 9 | 12 | 18 | 29 | 32 | 20,7 | 1,5 | 2,4 | 2,4 |
| <i>Xanthophyta</i> | 1 | 3 | 8 | 11 | 18 | 18 | 11,6 | 1,4 | 2,3 | 1,6 |
| <i>Chlorophyta</i> | 2 | 5 | 19 | 42 | 67 | 67 | 43,2 | 2,2 | 3,5 | 1,6 |
| Итого | 10 | 25 | 50 | 92 | 151 | 155 | 100 | 1,9 | 3,5 | 1,7 |

Обозначения. р/с – ср. число родов в семействе, в/с – ср. число видов в семействе, в/р – ср. число видов в роде (родовая насыщенность).

Для флоры Павловского вдхр получены низкие значения общего родового коэффициента – 1,9 (см. табл. 1), что объясняется наличием большого числа маловидовых родов (из 91 рода 78 одно- или двувидовые).

Сравнение значений родового коэффициента по отделам показало, что наибольшим видовым богатством (родовой коэффициент 3) характеризуются отделы *Euglenophyta* и *Dinophyta*. Менее разнообразны *Chlorophyta* (2,2) и *Cyanoprokaryota* (1,9). Отдел *Bacillariophyta* занимает лишь пятое место (1,5). Анализ соотношения видовых коэффициентов по семействам показал, что первое место занимают отделы *Euglenophyta* (родовой коэффициент 6), *Cyanoprokaryota* (3,7), затем *Chlorophyta* (3,5), *Dinophyta* (3). Меньший коэффициент имеют отделы *Bacillariophyta* – 2,5 и *Xanthophyta* – 2,3. Наименьшее разнообразие видов в семействах показал отдел *Chrysophyta* с родовым коэффициентом 1.

В результате анализа родовой насыщенности внутривидовыми таксонами нами получены низкие значения коэффициентов (от 1 до 2,3).

Одиннадцать ведущих семейств составляют 47,7 % видового богатства автотрофного планктона (табл. 2). В спектре представлены 5 отделов, зеленые водоросли занимают максимальное число ранговых мест – 5, четыре из которых расположены в головной части спектра. По два ранговых места в списке ведущих семейств занимают водоросли из отделов *Cyanoprokaryota* и *Bacillariophyta*. На первом месте находится семейство *Scenedesmaceae*, на втором и третьем местах – семейства *Merismopediaceae* и *Selenastraceae* с равным вкладом по 5,2 %. Следующие места распределились в 2 группах семейств практически с равным вкладом: *Euglenaceae*, *Oocystaceae*, *Chlorococcaceae* – 4,5 % и *Fragilariaceae*, *Pleurochloridaceae* – 3,9 %. Замыкают спектр три семейства с одинаковым числом видов – *Nostocaceae*, *Bacillariaceae*, *Desmidiaceae* (3,2 %).

Родовые спектры являются одной из характеристик флоры водорослей различных природных зон. Они отражают основные типологические особенности водоемов конкретного региона (гамма разнообразия). В родовые спектры входили наиболее крупные роды из разных отделов, информативным являлось также ранговое место рода, число таксонов в нем и вклад этого рода в формирование флоры (Сафонова, 1983). Анализ родового спектра состава планктонных цианопрокариот и водорослей Павловского вдхр показал следующее.

К числу наиболее богатых относятся роды *Scenedesmus* (5 видов), *Merismopedia*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Euglena*, *Nitzschia*, *Bummelleriopsis* (по 4 вида) – это 18,7 % видового богатства водоёма. Были также проанализированы роды с более низким значением видового разнообразия. В спектр родов, составляющих вместе с 7 ведущими родами более половины видового разнообразия фитопланктона, вошли 8 родов, в т.ч. представители *Cyanoprokaryota*. Ранги 8–15 поделили между собой роды *Navicula*, *Amphora*, *Pediastrum*, *Chlorococcum*, *Oocystis*, *Ankistrodesmus*, *Crucigenia*, *Coenochloris*, *Cosmarium* (в каждом по 3 вида). Остальные роды немногочисленны и представлены 1–2 видами.

Степень флористического сходства различных створов по данным 2008 г. определена с использованием КО. Максимальное сходство видового состава выявлено на створах «Магинск» и «Караидель» (0,64), также достаточно большое сходство показали створы «Атамановка» и «Верхний бьеф» (0,54). Меньшие значения коэффициента характерны для «Магинск»–«Верхний бьеф» и «Караидель»–«Верхний бьеф» (0,31 и 0,32 соответственно). Это объясняется положением створов относительно плотины. Сравнение таксономической структуры фитопланктона Павловского вдхр в различные годы исследования (табл. 3) показало, что за исследуемый период произошло увеличение видового разнообразия *Chlorophyta* и уменьшение *Bacillariophyta*. Увеличение видового разнообразия *Chlorophyta* может быть связано с усилением антропогенного эвтрофирования.

Сообщества фитопланктона сравнивали по данным исследований в летний период. При выделении сообществ фитопланктона использовали сводный список видов с показателями численности, позволяющими

приблизительно представить фитоценотическую роль отдельных видов. Для оценки экологических условий водного объекта использовали шкалы С.С. Бариновой и др. (2006).

Таблица 2

Вклад ведущих семейств в составе фитопланктона Павловского вдхр

| Семейство | Число видов, ввт | Процент во флоре | Ранговое место |
|---------------------------|------------------|------------------|----------------|
| <i>Scenedesmaceae</i> | 10 | 6,4 | 1 |
| <i>Merismopediaceae</i> | 8 | 5,2 | 2–3 |
| <i>Selenastraceae</i> | 8 | 5,2 | 2–3 |
| <i>Euglenaceae</i> | 7 | 4,5 | 4–6 |
| <i>Oocystaceae</i> | 7 | 4,5 | 4–6 |
| <i>Chlorococcaceae</i> | 7 | 4,5 | 4–6 |
| <i>Fragilariaceae</i> | 6 | 3,9 | 7–8 |
| <i>Pleurochloridaceae</i> | 6 | 3,9 | 7–8 |
| <i>Nostocaceae</i> | 5 | 3,2 | 9–11 |
| <i>Bacillariaceae</i> | 5 | 3,2 | 9–11 |
| <i>Desmidiaceae</i> | 5 | 3,2 | 9–11 |
| Всего | 74 | 47,7 | |

Таблица 3

Распределение количества видов фитопланктона Павловского вдхр по отделам

| Отдел | Число видов и ввт | | | | Процент всех видов и ввт | | | |
|------------------------|-------------------|------|------|------|--------------------------|------|------|------|
| | 2001* | 2003 | 2008 | 2009 | 2001* | 2003 | 2008 | 2009 |
| <i>Bacillariophyta</i> | 41 | 8 | 19 | 23 | 51 | 13 | 20,4 | 30,2 |
| <i>Chlorophyta</i> | 28 | 16 | 55 | 36 | 35 | 26 | 59,1 | 47,5 |
| <i>Cyanoprokaryota</i> | 9 | 14 | 13 | 11 | 11 | 22,7 | 14,0 | 14,5 |
| <i>Dinophyta</i> | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1,5 | 2,2 | 2,6 |
| <i>Euglenophyta</i> | – | 3 | 3 | 3 | – | 5,3 | 3,2 | 3,9 |
| <i>Xanthophyta</i> | – | 18 | – | – | – | 30 | – | – |
| <i>Chrysophyta</i> | – | 1 | 1 | 1 | – | 1,5 | 1,1 | 1,3 |
| Всего | 80 | 62 | 93 | 76 | 100 | 100 | 100 | 100 |

* – По данным Ф.Б. Шкундиной и М.Р. Насыровой (2004).

При составлении валовой таблицы порядок столбцов устанавливали с учетом положения относительно плотины. В процессе обработки сводной таблицы при выделении синтаксономических групп учитывали не только присутствие, но и отсутствие проб в определенных группах. В таблицу были также включены результаты определения биомассы фитопланктона на отдельных створах (табл. 4).

Таблица 4

Сокращенная дифференцирующая таблица сообществ и вариантов фитопланктона

| Таксон | Численность водорослей на створе, ед. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|------|------|------|------|------|-----------|------|------|-----|-----|------|------------|------|-----|-----|-----|-----|--------------|-----|-----|--------------------|-----|--|
| | Магник | | | | | | Караидель | | | | | | Атамановка | | | | | | Верхний бьеф | | | Усть р. Юрюзань | | |
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 16 | 17 | 18 | 19 | 1 | 2 | 3 | |
| <i>Aphanocapsa inserta</i> | 3000 | 2520 | 4440 | 4680 | 4320 | 2880 | 1440 | 3960 | 1200 | 360 | 240 | 1320 | 1680 | 1440 | 720 | 360 | 120 | 360 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | |
| <i>Chlorella vulgaris</i> | 156 | 90 | 42 | 120 | 168 | 270 | 198 | 498 | 72 | 72 | 120 | 96 | 42 | 54 | 18 | 90 | 126 | 24 | 12 | 24 | 24 | 12 | | |
| Диагностические виды сообщества <i>Scenedesmus quadricauda</i> – <i>Synedra acus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Scenedesmus quadricauda</i> | 192 | 456 | 216 | 300 | 252 | 504 | 324 | 726 | 12 | 12 | | | | | | | | | | | | | 24 | |
| <i>Cosmarium asphaerosporum</i> | 30 | 24 | 18 | 18 | 30 | 66 | 84 | 102 | | | | | | | | | | | | | | 6 | | |
| <i>Synedra acus</i> | 288 | 414 | 234 | 174 | 174 | 330 | 432 | 708 | | | | | | | | | | | | | | 6 | 24 | |
| <i>Tetrachlorella alternans</i> | 108 | 168 | 72 | 84 | 120 | 144 | 180 | 276 | | | 12 | | | | | | | | 24 | | | | | |
| Диагностические виды варианта <i>Dinobryon divergens</i> – <i>Aulacoseira granulata</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dinobryon divergens</i> | 258 | 612 | 64 | 18 | 54 | | | | | | | | | | | | | | 6 | | | 72 | 12 | |
| <i>Aulacoseira granulata</i> | 234 | 510 | 324 | 36 | 114 | 54 | | | 138 | 234 | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Phacus agilis</i> | 12 | 6 | 6 | 6 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sphaerocystis Schroeteri</i> | 60 | 78 | 90 | 66 | 6 | | | 144 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Диагностические виды варианта <i>Pediastrum tetras</i> – <i>Dicuosphaerium anomalum</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dicuosphaerium anomalum</i> | | | | | | 384 | 768 | 1212 | | | | | | | | | | | | | | 174 | | |
| <i>Ankistrodesmus angustus</i> | 6 | | | | | 78 | 24 | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----|------|----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----------------|------|------|------|-------------|----|----|---|--------------|--|-------------|--|--|---|----|----|--|--|
| <i>Pediastrum tetras</i> | | | 24 | | | | | | | 192 | 48 | 288 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Nitzschia acicularis</i> | | | | | | | | | | 42 | 216 | 330 | | 6 | | | | | | | | | | | | 12 | 6 | | |
| <i>Pediastrum boryanum</i> | | | | | | | | | | 96 | 96 | 96 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Диагностические виды сообщества <i>Phacus pleuronectes</i> – <i>Anabaena hassallii</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Anabaena hassallii</i> | | | | | 36 | 906 | 54 | 1296 | 252 | 168 | 564 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Phacus pleuronectes</i> | | | | | | | | | 6 | 30 | 6 | 144 | 42 | 6 | 18 | 36 | 12 | 30 | 6 | | | | | | | 18 | 12 | | |
| <i>Schroederia setigera</i> | | | | | | 6 | | | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | | 6 | | |
| Диагностические виды сообщества <i>Snowella lacustris</i> – <i>Synechococcus elongatus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Snowella lacustris</i> | | 102 | 444 | | | 576 | 1032 | 882 | 48 | | 144 | 2502 | 4440 | 3936 | 3648 | 96 | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Synechococcus elongatus</i> | 30 | 180 | 1110 | | 570 | 60 | 150 | | | | | 270 | 330 | 366 | 438 | | | | | | | | | | | | | | |
| Диагностический вид сообщества <i>Fragilaria sarcinina</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Fragilaria sarcinina</i> | 690 | 234 | 36 | 72 | 102 | 672 | | | 192 | | 174 | | 18 | 558 | 330 | 180 | | | | | | | | | | | | | |
| Биомасса (г/м ³) | 11,04±1,92 | | | | | | | | | | | 18,41±4,32 | | | | 1,45±0,31 | | | | 0,47±0,10 | | 1,30±0,27 | | | | | | | |
| Зона трофности | Высокоэвтрофная | | | | | | | | | | | Высокоэвтрофная | | | | Мезотрофная | | | | Олиготрофная | | Мезотрофная | | | | | | | |

Примечания . Цифры в головке таблицы обозначают номер пробы.

Наибольшая биомасса отмечена на створе Караидель (26,6 г/м³), минимальная – на створе Верхний бьеф (0,28 г/м³). В среднем по водохранилищу биомасса фитопланктона составила 6,4 г/м³, что позволяет по шкале трофности отнести водоем к эвтрофным. Уровень эвтрофирования изменялся по акватории водохранилища таким образом, что на створе Верхний бьеф регистрировались олиготрофные условия, а на створе Караидель – высокотрофные. Полученные данные свидетельствуют о том, что вместе с изменением химического состава в акватории водохранилища (уменьшением минерализации и др.) увеличивается способность его к самоочищению.

Результаты обработки видов фитопланктона Павловского вдхр с использованием некоторых методических подходов эколого-флористической классификации приведены в табл. 4.

При систематизации результатов исследований были выделены виды, распространенные по всей территории водохранилища: *Chlorella vulgaris* Beij. и *Aphanocapsa inserta* (Lemmerm.) Cronberg & Komarek. *Chlorella vulgaris* – обычный представитель, обитающий в сточных водах. Для этой водоросли характерна высокая степень сапробности (α -мезо-сапробионт с индексом сапробности 3), олигогалоб-галофил. *Aphanocapsa inserta* – планктонно-бентосный и почвенный вид, олиго- β -мезо-сапробионт (с индексом сапробности 1,4), олигогалоб-индифферент. Оба этих вида по географическому распространению космополиты.

Также были выделены виды, характерные для разных створов водохранилища. Из них *Fragilaria capucina* Desm. встречается на всех створах, но не во всех пробах. К ним относились представители отдела *Chlorophyta*. Многочисленными были водоросли рода *Scenedesmus*: *S. cf. "quadricauda"*, *S. arcuatus* Lemmerm., *S. bijugatus* (Turpin) Kütz. Первый из них относится к β -мезо-сапробионтам (индекс сапробности 2), два других – к олиго- α -мезо-сапробионтам (индекс сапробности 1,8). Все эти виды планктонные, по галобности – олигогалобы-индифференты. Распространенными были также виды *Coelastrum microporum* Nägeli, *Tetrachlorella alternans* (G.M. Sm.) Korschikov, *Cosmarium asphaerosporum* Nordst. Из других отделов к этой группе относились *Chroococcus limneticus* Lemmerm., *Synedra acus* Kütz.

В результате использования методов эколого-флористической классификации было выделено 4 сообщества фитопланктона с двумя вариантами одного из них.

Сообщество *Scenedesmus "quadricauda"*–*Synedra acus* характерно для створов Магинск и Караидель (9 видов). Оно характеризуется видами рода *Scenedesmus*: *S. quadricauda* – β -мезо-сапробионт, *S. arcuatus* и *S. bijugatus* – олиго- α -мезо-сапробионты, *Synedra acus* – β -мезо-сапробионт.

Вариант этого сообщества для створа Караидель с диагностическими видами *Pediastrum tetras*–*Dictyosphaerium anomalum* Korschikov (12 видов). На этом створе группируются в основном хлорококковые

водоросли и *Cyanoprokaryota*, при этом *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz. обычно вызывает «цветение» в равнинных водохранилищах. В Павловском вдхр этот вид наблюдался только на створе Караидель, где выявлена самая высокая степень эвтрофирования. Комплекс развивается при повышенном содержании железа (табл. 5) по сравнению с Верхним бьефом. В период исследования во всем водохранилище наблюдалось превышение ПДК р.х. по железу, меди, фенолам, нефтепродуктам (Полева, 2009).

Таблица 5

Содержание отдельных компонентов (мг/дм³) в Павловском вдхр (июль 2008 г.)

| Характеристика | Железо | Фосфор общ. | Медь | Фенолы | Нефтепродукты |
|--------------------|--------|----------------|--------|---------|---------------|
| Верхний бьеф | | | | | |
| Поверхность, 0,5 м | 0,09 | 0,06 | 0,0072 | – | 0,18 |
| Середина, 15 м | 0,26 | 0,042 | 0,0092 | – | 1,37 |
| Дно, 30 м | 0,15 | 0,046 | 0,0146 | – | 0,33 |
| Караидель | | | | | |
| Поверхность, 0,5 м | 0,55 | 0,038 | 0,0056 | < 0,002 | 0,18 |
| Середина, 15 м | 0,67 | 0,02 | 0,0044 | < 0,002 | 0,35 |
| Дно, 30 м | 0,87 | 0,03 | 0,0061 | < 0,002 | 0,30 |
| ПДК р.х. | 0,1 | Не нормируется | 0,001 | 0,001 | 0,05 |

Примечание. ПДК р.х. – предельно допустимая концентрация исследуемых показателей для водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение; “–” – данные отсутствуют.

Вариант сообщества *Dinobryon divergens* O.E. Imhof.–*Aulacoseira granulata* (Ehrenb.) Simonsen (8 видов) для створа Магинск характеризует речные воды восточно-европейского типа в вегетационный период (Шкундина, 1993). Такое доминирование речных видов объясняется впадением р. Бердяшки, которая разбавляет воды водохранилища.

Сообщество *Phacus pleuronectes*–*Anabaena hassallii* характерно для створа Атамановка. В него вошли 6 видов водорослей: *Anabaena hassallii* (Kütz.) Wittr., *Aphanizomenon flos-aquae*, *Phacus pleuronectes* (Ehrenb.) Dujard., *Schroederia setigera* (Schröd.) Lemmerm., *Planktosphaeria gelatinosa* G.M. Sm., *Chlorococcum ellipsoideum* Deason & H. Bold. Начиная с этого створа, диагностическими видами являются хлорококковые, эвгленовые и цианопрокариоты. Интенсивное развитие последних характерно и для других водохранилищ, представители родов *Aphanizomenon* и *Anabaena* могут вызывать «цветение» воды. *Phacus pleuronectes* – β-α-мезосапроб, космополит. Результаты исследований показывают возрастание застойных явлений и увеличение содержания растворенных органических веществ. Вид *Anabaena hassallii* является дифференцирующим для створов Караидель и Атамановка.

Сообщество *Snowella lacustris*–*Synechococcus elongatus* выявлено на створе Верхний бьеф. Диагностическим видом сообщества в устье р. Юрюзань являлась *Fragilaria capucina*. Группа характерных видов в этом створе не выделяется, за исключением *F. capucina*, которая встречается в верховьях Павловского вдхр. Это олигосапроб, космополит, индифферент, обычно доминирующий в реках.

Исследования показали, что существует связь между выделенными сообществами индикаторных видов и биомассой фитопланктона, характеризующей уровень эвтрофирования на разных створах водохранилища. Сообщество *Scenedesmus “quadricauda”*–*Synedra acus* характеризует высокоэвтрофные условия в акватории водохранилища (биомасса на створах (г/м³): Магинск – 11,04, Караидель – 18,41 (см. табл. 5), сообщества *Phacus pleuronectes*–*Anabaena hassallii* и диагностический вид *Fragilaria capucina* – мезотрофные: Атамановка – 1,45, Устье р. Юрюзань – 1,30), а сообщество *Snowella lacustris*–*Synechococcus elongatus* – олиготрофные условия в водоеме (биомасса 0,47).

Выводы

В фитопланктоне Павловского вдхр развиваются разнообразные сообщества водорослей и *Cyanoprokaryota*, включающие 155 видов и внутри-видовых таксонов. Наибольшее видовое разнообразие в планктоне отмечено у отдела *Chlorophyta*. Максимальное число обнаруженных видов было на створе Магинск (64), наименьшее – на створе Верхний бьеф (18) (КО = 0,31).

Для экосистемы Павловского вдхр выделены виды, распространенные по всей территории водохранилища. Это *Chlorella vulgaris* и *Aphanocapsa inserta* и виды, характерные для разных створов.

Также дифференцированы 4 сообщества фитопланктона с двумя вариантами одного из них. Состав сообществ отражает степень эвтрофирования водохранилища на разных створах.

Сообщество *Scenedesmus “quadricauda”*–*Synedra acus* (9 видов) включает виды, общие для створов Магинск и Караидель. Выделены 2 варианта, характеризующие разные створы: *Dinobryon divergens*–*Aulacoseira granulata* (8 видов) – створ Магинск, *Pediastrum tetras*–*Dictyosphaerium anomalum* (12 видов) – створ Караидель. Сообщество *Phacus pleuronectes*–*Anabaena hassallii* (6 видов) характерно для створа Атамановка, *Snowella lacustris*–*Synechococcus elongatus* (2 вида) – для створа Верхний бьеф. Группа характерных видов в устье р. Юрюзань не выделяется, за исключением *Fragilaria capucina*.

Выражаем искреннюю благодарность сотрудникам кафедры экологии Башкирского госуниверситета д.б.н., проф. Б.М. Миркину и доценту, д.б.н. С.М. Ямалову, а также зав. кафедрой ботаники Башкирского госуниверситета д.б.н., проф. А.Р. Ишбирдину за помощь при подготовке статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдрахманов Р. Ф. Особенности формирования химического состава воды Павловского водохранилища // Гидрохим. мат. – 1994. – **111**. – С. 139–150.
- Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей–индикаторов окружающей среды. – Тель-Авив, 2006. – 498 с.
- Васильева-Кралина И.И. Альгология. – Якутск: Изд-во Якут. ун-та, 1999. – Ч. 1. – 101 с.
- Водоросли: Справочник / Под общ. ред. С.П. Вассера. – Киев, 1989. – 608 с.
- Дубына Д.В. Классификация свободноплавающей растительности в водоемах Украины // Укр. ботан. журн. – 1986. – **43(5)**. – С. 1–15
- Дубына Д.В., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Принципы классификации высшей водной растительности // Гидробиол. журн. – 1989. – **25(2)**. – С. 8–18.
- Матвієнко О.М., Догадіна Т.В. Жовтозелені водорості – *Xanthophyta* // Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 10. – К., 1978. – 512 с.
- Миркин Б.М., Мартыненко В.Б., Наумова Л.Г. Значение классификации растительности для современной экологии // Журн. общ. биол. – 2004. – **65(2)**. – С. 167–177.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Проблемы, понятия и термины современной экологии: Словарь-справочник. – Уфа: Гилем, 2010. – 400 с.
- Никитина О. А. Состав автотрофного бентоса как биологический индикатор состояния водотоков г. Стерлитамака: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Уфа, 2008. – 16 с.
- Паламарь-Мордвинцева Г.М. Флора водорослей континентальных водоемов Украины: Десмидиевые водоросли. Вып. 1, ч. 1. – Киев, 2003. – 355 с.
- Полева А.О. Комплексная оценка экосистемы Павловского водохранилища (Респ. Башкортостан): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Уфа, 2009. – 18 с.
- Сафонова Т.А. Родовой спектр водорослей – показатель особенностей альгофлоры: Мат. VI Закавказ. конф. по спор. раст. – Тбилиси, 1983. – С. 35–36.
- Паренко П.М. Краткий определитель пресноводных водорослей Украинской ССР. – Киев, 1990. – 208 с.
- Шкундина Ф.Б. Фитопланктон рек СНГ. – Уфа: Изд-во БашГУ, 1993. – 219 с.
- Шкундина Ф.Б., Насырова М.Р. Фитопланктон водохранилищ бассейна реки Белой // Сиб. экол. журн. – 2004. – № 6. – С. 843–847.
- Шмидт В.М. Математические методы в ботанике: Учеб. пособ. – Л., 1984. – 288 с.
- Экология озера Большое Миассово / А.Г. Рогозина, В.А. Ткачева. – Миасс, 2000. – 318 с.
- Kotárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. 1. Chroococcales // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 19/1. – Jena, etc.: Gustav Fischer Verlag, 1998. – 548 S.
- Kotárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. 2. Oscillatoriales // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 19/2. – München: Elsevier Spectrum Akad. Verlag., 2005. – 759 S.
- Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. The Diatoms. Morphology and biology of genera. – Cambridge, 1990. – 747 p.
- Westhoff V., Maarel E. van der. The Braun-Blanquet approach // Classification of plant communities – The Hague, 1978. – P. 287–399.

Поступила 24 декабря 2012 г.

Подписала в печать Лишук-Курейшевич А.В.

F.B. Shkundina¹, A.O. Poleva²

¹Bashkir State University, Dept. of Botany,
32, Zaki Validi St., 450076 Ufa, Bashkortostan Republic, Russia

²Institute of Geology, Ufa Sci. Centre, Russian Academy of Sciences,
16/2, K. Marxa, 450077 Ufa, Russia

HORIZONTAL CHANGES IN PHYTOPLANKTON COMMUNITIES
OF THE PAVLOVSKOE RESERVOIR (REPUBLIC BASHKORTOSTAN, RUSSIA)

We used some of the approaches of ecological-floristic classification for the identification of indicator species. The indicator species are used then to assess the environmental conditions in Pavlovskoe Reservoir. 155 species and intraspecific taxa of Algae and Cyanoprokaryotes from 90 genera, 50 families, 25 orders, 10 classes and 7 divisions had been determined by the authors during the research in 2003, 2008 and 2009 years. Allocated species, which are widespread throughout the territory of the reservoir – *Chlorella vulgaris* and *Aphanocapsa inserta*, and species typical for different sites. Also it was differentiated 4 autotrophic plankton community, with two versions of one of them. The composition of communities reflects the changes in the degree of eutrophication of the reservoir.

Key words: algae, *Cyanoprokaryota*, phytoplankton, reservoir, eco-floristic classification, community.