

ФИТОПЛАНКТОН ПАВЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА р. УФА

В работе анализируются результаты изучения фитопланктона Павловского водохранилища в 2001 и 2003 гг. Наши исследования показали, что в водохранилище формируется разнообразное сообщество планктонных водорослей и цианопрокариот. На отдельных створах большого видового разнообразия и численности достигают представители отдела *Xanthophyta*. Значения индекса сапробности характеризуют б-мезосапробную зону.

Фитопланктон водохранилищ исследовался практически во всех географических поясах и природных зонах. Наиболее изучены водохранилища Волжско-Камского, Днепровского каскадов, Ангаро-Енисейского бассейна, Средней Азии и Казахстана. В последние годы эти работы приобрели еще более широкий размах в связи с использованием данных о составе, обилии и продуктивности фитопланктона в системе мониторинга водных объектов, особенно в районах наиболее интенсивной антропогенной нагрузки.

Во всех Днепровских водохранилищах фитопланктон представлен одни и теми же видами, среди которых доминируют сине-зеленые водоросли (цианопрокариоты) *Microcystis aeruginosa* (Kutz.) Kutz., *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, виды рода *Anabaena*, диатомовые *Melosira granulata* (Ehrb.) Ralfs, *M. italica* (Ehrb.) Simons., *M. distans* (Ehrb.) Kutz., *Asterionella formosa* Hass., *Cyclotella comta* (Ehrb.) Kutz. при малом участии представителей других отделов [1].

В составе фитопланктона Волжского каскада в целом определено 378 таксонов. Почти во всех водохранилищах наиболее разнообразно были представлены *Chlorophyta*, составляющие 35-40% общего числа таксонов. Исключением является Волгоградское водохранилище, где наиболее разнообразными были диатомовые; второе место по количеству видов занимали зеленые, третье – сине-зеленые (цианопрокариоты).

В Воронежском [2] и Днестровском водохранилищах [3] диатомовые составляют соответственно: 37,9% и 68,6%; зеленые: 30,3% и 21,8%; сине-зеленые: 22,3% и 3,6%.

Из водохранилищ республики Башкортостан в середине 70-х годов было изучено Павловское водохранилище на реке Уфе [Минибаев и др., 1976 г.]. Было выявлено 387 видов и внутривидовых таксонов водорослей, относящихся

к 7 отделам: сине-зеленые – 52, золотистые – 6, диатомовые – 130, желто-зеленые – 26, криптофитовые и динофитовые – 5, эвгленовые – 2, зеленые – 166. По видовому составу фитопланктон водохранилища отнесен к озерно-речному с преобладанием диатомовых и зеленых водорослей. Среди диатомовых водорослей доминировали *Melosira granulata*, *Stephanodiscus hantzschii* Grun., *Cyclotella stelligera* (Cleve et Grun. in Cleve) Van. Heurck, *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Asterionella formosa*. Наибольшее видовое разнообразие отмечалось в июле-августе в заливах, в основном русле численность видов была меньше.

Формирование фитопланктона в водохранилищах Южного Урала (Аргазинское и Шершневское) [4] изучали в целях прогнозирования качества воды. Аргазинское водохранилище – водоем озерного типа. Доминируют диатомовые или диатомовые, криптофитовые и динофитовые. Массовое развитие сине-зеленых происходит в особенно благоприятные по погодным условиям годы и приходится на август-сентябрь («умеренная» степень «цветения» воды). По сравнению с рекой биомасса всех групп фитопланктона в водоеме обычно снижается, вновь возрастает в приплотинном участке и нижнем бьефе за счет диатомовых и зеленых водорослей. Шершневское водохранилище – водоем руслового типа. Водохранилище находится в зоне интенсивного сельскохозяйственного освоения и в городской черте. «Цветение» сине-зеленых происходит ежегодно, при особо благоприятных погодных условиях бывает высокоинтенсивным и длительным (с июня по сентябрь). В пятнах «цветения» под влиянием ветровых нагонов биомасса сине-зеленых возрастает до 5,4 г/м³.

В первые годы после заполнения Камского водохранилища (1955-1957 гг.) [5] главная роль в фитопланктоне всего водохранилища принадле-

жала диатомовым водорослям, в 1959 г. они сохранили численное превосходство только в верхнем участке, а в центральной и приплотинной частях господствующее положение заняли сине-зеленые. В 80-е годы XX века уровень развития фитопланктона в камских водохранилищах определялся вегетацией диатомовых водорослей, составлявших 24-98% биомассы. Средневегетационная биомасса водорослей камских водохранилищ в разные годы изменялась от 1,9 до 3,6 г/м³.

В Маканском водохранилище (Башкортостан) [6] площадью 365 га (бассейн р. Урала) через три года после зарегулирования летние максимумы численности (до 11,6 млн. кл/л) связаны с усилением развития *Anabaena scheremetievi*, *Microcystis pulvereae*, *M. grevillei*, *Oscillatoria planctonica* из сине-зеленых, а также с появлением в планктоне крупноклеточных форм зеленых водорослей (представителей родов *Coelastrum*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*). Биомасса водорослей колебалась в пределах от 0,6 до 3,4 г/м³. В осеннем планктоне численность водорослей достигала 8,2 млн. кл/л, а биомасса – 5,1 г/м³.

Павловское водохранилище расположено на р. Уфе в пределах Уфимского плато. Оно руслового типа, протяженностью 150 км. Это первое крупное водохранилище в стране, построенное в 1959-61 гг. на сильно закарстованных породах [7]. В пределах этого водохранилища долина р. Уфы прорезает юго-западную часть Уфимского плато, сложенного известняками и доломитами нижнепермского возраста. Поверхность плато расчленена сетью глубоковрезанных (до 180-200 м) речных долин и временных водотоков.

Полный объем водохранилища составляет 1,4, а полезный – 0,95 км³. Оно обеспечивает сезонное, недельное и суточное регулирование стока р. Уфы, аккумулируя до 16% весеннего расхода. Площадь водосбора р. Уфы в створе водохранилища составляет 47,1 тыс. м², что равняется 89% водосбора реки. Площадь зеркала водохранилища равняется 116 км², при максимальной ширине 1750 м (средняя – 770 м) и глубине 35 м в приплотинной части (средняя 12 м). Годовая амплитуда колебания уровня воды равняется 11 м. Наполнение водохранилища происходит в апреле-мае, а сработка начинается в январе и продолжается до 140 дней. Максимальный спад уровня – 9,5 см/сут. НПУ (нормальный подпорный уровень) водохранилища –

140 м. Уклон водной поверхности в нижнем течении составляет $4,4 \cdot 10^{-6}$. До строительства водохранилища (1941 г.) минимальный среднемесячный расход реки в год 95% обеспеченности оценивался в 63 м³/с; в настоящее время в створе гидроузла он равен 120 м³/с.

Химический состав Павловского водохранилища на всем его протяжении (от с. Муллакаево до пос. Павловка) исключительно однороден и характеризуется сульфатно-гидрокарбонатным составом. Минерализация воды в верховье водохранилища (с. Муллакаево), где начинается подпор на р. Уфе, составляет 0,41 г/дм³. Вниз по течению минерализация воды постепенно снижается, и у плотины (пос. Павловка) она не превышает 0,21–0,26 г/дм³, то есть происходит двукратное разбавление. В пределах наиболее глубокой части водохранилища минерализация в течение года меняется незначительно: 0,21 г/дм³ весной и 0,36 г/дм³ зимой. В весеннее время в заливах крупных (Уфа, Юрюзань) и устьях небольших рек минерализация снижается до 0,11–0,13 г/дм³ при неизменном химическом составе [8], остается постоянной и рН (7,65–7,90).

Величина 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 близко к нулю (рис. 1), и в отдельные годы в летнее жаркое время наблюдается гибель донных рыб (судак).

Биомасса зоопланктона колеблется по водохранилищу от 5 (приплотинная часть) – 11 (залив Байки) до 21,1 (устье р. Юрюзань) – 25,5 г/см³ (залив Отерь). Прозрачность воды в течение года меняется от 1,0-1,5 (весной и летом) до 3-4 м (осенью). Весной прозрачность падает из-за поступления большого количества взвешенных частиц, а летом – «цветения» воды.

Основными источниками поступления в водохранилище загрязняющих веществ являются: сельскохозяйственные, коммунальные, промышленные стоки Челябинской, Свердловской, Пермской областей и Башкортостана, затопленная древесина (до 1 млн м³) и др. [8].

Количество металлов в воде Павловского водохранилища колеблется. В районе п. Караидель содержание (мг/дм³): марганца – от 0,05 до 0,287, железа – от 0,07 до 2,85, меди – от 0,002 до 0,027, цинка – от 0,002 до 0,033, хрома – от

0,0015 до 0,047, никеля – от 0,002 до 0,064; в зоне плотины: марганца – от 0,052 до 0,287, железа – от 0,03 до 2,2, меди – от 0,002 до 0,040, цинка – от 0,002 до 0,039, никеля – от 0,005 до 0,080, хрома – от 0,0015 до 0,045.

Содержание нефтепродуктов по акватории водохранилища от ниже ПДК (10-55% случаев) до 10 (до 70-80% случаев), иногда 98 ПДК и более. Однако эти показатели не постоянны, они многократно меняются в течение года, вплоть до исчезновения.

Целью наших исследований было изучение фитопланктона Павловского водохранилища в вегетационные периоды 2001 и 2003 гг. Отбор проб и их обработка проводились по стандартной методике [9, 10].

В фитопланктоне Павловского водохранилища в 2001 г. было выявлено 80 видов и внутривидовых таксонов водорослей из 4 отделов, 21 семейства и 41 рода. По числу видов преобладали представители *Bacillariophyta* и *Chlorophyta* (табл. 1).

Обнаруженные диатомовые водоросли относились к 2 классам, 8 семействам и 22 родам. Основное видовое богатство среди диатомовых принадлежит классу *Pennatae*, представленному 36 видами из 7 семейств и 19 родов. Ведущее место среди семейств занимают семейства *Fragilariaceae* (12 видов) и *Naviculaceae* (14 видов). Класс *Centrophyceae* представлен 5 видами из 3 родов семейства *Coscinodiscaceae*.

Второе место по видовому разнообразию занимают зеленые водоросли, принадлежащие к 2 классам, 8 семействам и 12 родам. Наиболее разнообразно представлено семейство *Scenedesmaceae*, из которого было обнаружено 12 видов из 5 родов. Почти на всех створах были встречены следующие роды этого семейства: *Coelastrum* Nag., *Scenedesmus* Meyen. Наибольшее видовое разнообразие отмечено для рода *Scenedesmus* (6 видов).

Третье место по видовому разнообразию занимают сине-зеленые водоросли (цианопрокаринты). Было найдено 5 родов и 9 видов. Из класса *Chroococcaceae* почти на всех створах встречались виды родов *Dactylococcopsis* Hansg., *Microcystis* (Kutz.) Elenk., *Synechocystis* Sauv. Гормогониевые водоросли, относящиеся к родам *Anabaena* Bory ex Born. Et Flah., *Oscillatoria* Vauch., *Phormidium* Kutz., были найдены на створах, находящихся ближе к плотине.

Для видов *Microcystis aeruginosa* и *Anabaena flos-aquae* подтверждено образование токсинов [11]. Цветение с участием *Anabaena* дает наиболее тяжелые последствия. Токсины *Anabaena*, так называемые анатоксины, бывают трех типов: алкалоиды, пептиды и птерида. Алкалоиды дают наиболее острые отравления с неврологическими симптомами через несколько минут после попадания в организм, тогда как действие пептидов требует от одного до нескольких часов; они вызывают некроз печени. Острых отравлений людей обычно не возникает, поскольку явно загрязненная вода для питья не используется. Однако наличие токсинов сине-зеленых водорослей (цианопрокаринот) может приводить к гастроэнтериту.

Отдел *Dinophyta* представлен одним семейством и двумя родами, каждый по одному виду. В таблице 2 представлен спектр семейств, обнаруженных в фитопланктоне Павловского водохранилища. Семейства располагаются в порядке убывания числа представленных видов. Ведущими по числу видов являются семейства *Naviculaceae* (14 видов), *Fragilariaceae* и *Scenedesmaceae* (по 12 видов).

Кроме выявления видового состава нами была подсчитана численность и биомасса фитопланктона (рис. 2). Наибольшая численность была зафиксирована на створе деревня Атама-

Таблица 1. Распределение видов фитопланктона Павловского водохранилища по отделам

Названия отделов	Число видов		% от всех видов	
	2001	2003	2001	2003
<i>Bacillariophyta</i>	41	8	51	13
<i>Chlorophyta</i>	28	16	35	26
<i>Cyanoprokaryota</i>	9	14	11	22,7
<i>Dinophyta</i>	2	1	3	1,5
<i>Euglenophyta</i>	-	3	-	5,3
<i>Xanthophyta</i>	-	18	-	30
<i>Dinophyta</i>	-	1	-	1,5
Всего	80	62	100	100

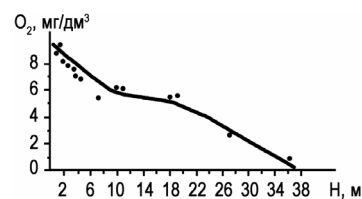


Рисунок 1. График зависимости содержания кислорода от глубины в Павловском водохранилище

новка, где по численности доминировали цианопрокариоты, в частности, широко распространенный вид *Microcystis pulverea*, по биомассе доминировал представитель диатомовых водорослей – *Fragilaria crotonensis*. Значение индекса сапробности менялось от 1,65 до 1,85, что характеризует б-мезосапробную зону.

В фитопланктоне Павловского водохранилища в 2003 г. нами выявлено 62 вида и внутривидо-

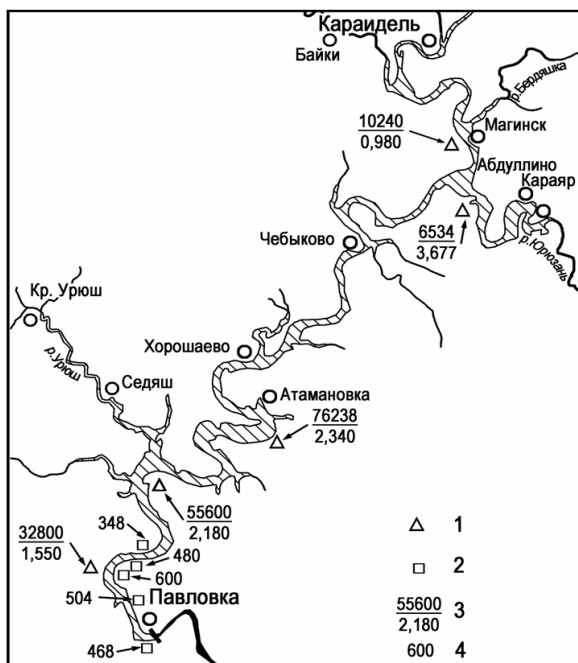
вых таксонов водорослей из 7 отделов, 22 семейств и 46 родов (см. табл. 1). По числу видов преобладали *Xanthophyta* и *Chlorophyta*. Кроме того, были обнаружены колонии бактерий, зооспоры, делящиеся стадии, споры водорослей и грибов.

В воде водохранилища выявлено значительное видовое разнообразие *Xanthophyta*, которые были представлены во всех пробах. Доминирующими в большинстве проб явились из *Bacillariophyta*: *Asterionella formosa* Hass., *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrb., *Cyclonella comta* Grun. Из *Chlorophyta* доминировали: *Chlorella vulgaris* Beijer., *Radiosphaera sphaerica* (Korsch.) Fott, *Chlorococcum infusionum* (Schrank) Menegh., *Planctosphaera gelatinosa* G.M.Sm., *Ulothrix zonata* (Weber et Mohr) Kütz., *Scenedesmus obliquus* (Turp.) Kütz. Из *Cyanophyta* (*Cyanoprokaryota*) преобладали: *Microcystis aeruginosa* (Кütz.) Kütz., *Nostoc punctiforme* (Kütz.) Hariot, *Merismopedia glauca* (Ehrb.) Kütz., *Synechocystis aquatilis* Sauv., *Synechococcus elongates* (Näg.) Näg., *Anabaena constricta* (Szaf.) Geitl., *Plectonema boryanum* Gom. Из *Xanthophyta* выявлены *Bumilleriopsis brevis* (Gerneck) Printz, *Bumilleriopsis peterseniana* Visch., *Tribonema monochloron* Pascher et Geitler, *Botrydiopsis eriensis* Snow, *Botrydiopsis arhiza* Borzi; из *Euglenophyta* – *Euglena acus* Ehrb; из *Dinophyta* – *Peridinium cinctum* (Müll.) Ehrb. Численность фитопланктона составила в среднем 480 тыс. кл./л.

По створам отбора проб происходило изменение как абсолютных значений численности (см. рис. 2), так и роли отдельных систематических групп. У Дома отдыха (д/о) «Энергетик» на первом месте был отдел *Chlorophyta* (35%), далее – отдел *Bacillariophyta* (28%) и отдел *Cyanophyta* (*Cyanoprokaryota*) – 24%. У д/о «Горный воздух» доминировал отдел *Bacillariophyta* (45%), на втором месте по численности был отдел *Cyanophyta* (35%), на третьем месте – отдел *Chlorophyta* (15%). Ниже д/о «Горный воздух» в заливе преобладали отделы *Cyanophyta* (34%) и *Chlorophyta* (32%). На этом створе наблюдалось интенсивное развитие *Xanthophyta* (26%) с доминированием *Bumilleriopsis brevis*. На створе «Водокачка» на первом месте был отдел *Xanthophyta* (38%). Среди них доминировали *Tribonema monochloron*, *Botrydiopsis arhiza*. Следующим по интенсивности развития были отделы *Bacillariophyta* (26%)

Таблица 2. Семейства планктонных водорослей и цианопрокариот, выявленных в Павловском водохранилище

Названия семейств	Число видов	
	абсолютное	%
<i>Naviculaceae</i>	14	17,5
<i>Fragilariaceae</i>	12	15
<i>Scenedesmaceae</i>	12	15
<i>Coscinodiscaceae</i>	5	6,25
<i>Desmidiaceae</i>	4	5
<i>Achnantaceae</i>	3	3,75
<i>Nitzschaceae</i>	3	3,75
<i>Hydrodyctiaceae</i>	3	3,75
<i>Oocystaceae</i>	3	3,75
<i>Oscillatoriaceae</i>	3	3,75



1 – места отбора проб в 2001 г.; 2 – места отбора проб в 2003 г.; 3 – в числителе – численность фитопланктона, тыс. кл./л, в знаменателе – биомасса, г/м³; 4 – численность фитопланктона, тыс. кл./л

Рисунок 2. Схема расположения мест отбора проб на р. Уфе

и *Chlorophyta* (22%). На створе «Верхний бьеф» преобладали *Cyanophyta* (41%) с господством *Nostoc punctiforme*, *Plectonema boryanum*, *Synechocystis aquatilis*. Далее располагались *Bacillariophyta* (31%) и *Chlorophyta* (13%).

В ходе миграции к водозабору за счет различных физико-химических процессов происходит улучшение качества речной воды: освобождение от механических примесей и патогенных бактерий, снижение содержания некоторых компонентов, главным образом органического происхождения. Крупные водохранилища являются компонентом многогранной экосистемы Южного Урала. Они оказывают значительное влияние на компоненты окружающей среды и на рекреационные возможности бассейнов рек Белой, Уфы и др.

Выводы

1. Химический состав Павловского водохранилища на всем его протяжении (от с. Муллакаево до пос. Павловка) однороден и характеризуется сульфатно-гидрокарбонатным составом.

2. В водохранилище формируется разнообразное сообщество планктонных водорослей и цианопрокариот. На отдельных створах большого видового разнообразия и численности достигают представители отдела *Xanthophyta*.

3. Количественные показатели развития фитопланктона значительно меняются по акватории водохранилища. Значения индекса сапробности характеризуют б-мезосапробную зону.

Список использованной литературы:

1. Приймаченко А.Д. Факторы, определяющие продуктивность синезеленых водорослей в Днепроовских водохранилищах // Формирование и контроль качества поверхностных вод. Вып. 2. Киев: Наук. думка, 1976. С. 45-82.
2. Суднина Н.В., Склярова Т.В., Бортникова Н.И., Тапильская Н.В. Гидробиологический режим Воронежского водохранилища за 13 лет существования (1972-1984). // 5 съезд Всес. Гидробиол. Об-ва. Тольятти, 15-19 сентября 1986. Тез. Докл., ч. 2. – Куйбышев, 1986. – С. 156- 157.
3. Измайлова Л.М., Приходская Е.Г., Иванчик Т.С., Хомяк М.В., Старик З.С. Формирование режима Днестровского водохранилища в первые годы его существования // Матер. 5 съезда Всес. Гидробиол. Об-ва, Тольятти, 1986. – Куйбышев, 1986. – С.156-157.
4. Танаева Г.В., Кривопалова З.Ф. Влияние факторов среды на развитие фитопланктона в водохранилищах р. Миасс // Гидробиологическая характеристика водоемов Урала. – Свердловск: УрО АН СССР, 1989. – С. 49-58.
5. Третьякова С.А. Фитопланктон Камских водохранилищ. // Гидробиологическая характеристика водоемов Урала. – Свердловск: УрО АН СССР, 1989. – С. 58-83.
6. Кузяхметов Г.Г. Фитопланктон Меканского водохранилища (Башкортостан) на начальных этапах его формирования. // Тезисы докладов VIII съезда гидробиологического общества РАН. Т. 1. Калининград, 2001. – С. 184-185.
7. Лыкошин А.Г. Павловская плотина на реке Уфа // Геология и плотины. Т. I. М.–Л.: Госэнергоиздат, 1959. – С. 35–60.
8. Абдрахманов Р.Ф. Особенности формирования химического состава воды Павловского водохранилища // Гидрогеохимические материалы. – 1994. – Т.111. – С. 139-150.
9. Водоросли. Справочник / Вассер С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П. и др. – Киев: Наук. думка, 1989. – 608 с.
10. Федоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. – М.: МГУ, 1979. – 178 с.
11. Саут Р., Уиттик А. Основы альгологии. – М.: Мир, 1990. – 597 с.