

На правах рукописи



Митропольская Ирина Всеволодовна

**СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ФИТОПЛАНКТОНА
РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

03.00.18– гидробиология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва – 2010

Работа выполнена в Институте биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

Научный руководитель: доктор биологических наук
Девяткин Владимир Георгиевич

Официальные оппоненты: доктор биологических наук
Хромов Виктор Михайлович
кандидат биологических наук
Гончаров Александр Валентинович

Ведущая организация: Институт водных проблем РАН

Защита состоится «26» марта 2010 г. в 14⁰⁰ часов на заседании Диссертационного совета Д.501.001.55 при Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Москва, Ленинские горы, д.1, корп. 12, МГУ, биологический факультет, аудитория 389.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

Автореферат разослан «26» февраля 2010 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Н.В. Карташева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

Зарегулирование стока крупных рек и образование на многих из них, в том числе на Волге, каскадов водохранилищ оказалось одним из характерных проявлений промышленной революции в XX веке. Приобретая планетарный размах, это явление повлекло за собой разнообразные социально-экономические и экологические последствия (Авакян, 1972). В этой связи оценка и прогноз состояния зарегулированных речных систем приобретают особую актуальность (Салтанкин, 1999). В каскаде волжских водохранилищ фитопланктону принадлежит важнейшая роль основного автотрофного звена, создающего энергетическую основу для всех последующих этапов продукционного процесса (Сорокин, 1972, 1973, 1974). Кроме того, планктонные водоросли могут служить одним из наиболее репрезентативных индикаторов состояния водных экосистем в плане загрязнения и эвтрофирования (Абакумов, 1992; Федоров, 2004).

Рыбинское водохранилище – одно из крупнейших в каскаде водохранилищ Волги – источник водоснабжения ряда городов и населенных пунктов, расположенных на его берегах и ниже по течению. Исследования фитопланктона этого водоема с момента его заполнения и до наших дней проводились рядом известных гидробиологов (Ласточкин, 1947; Киселева, 1954; Гусева, 1955, 1958; Приймаченко, 1966; Кузьмин, 1972; Кузьмин, Елизарова, 1967; Корнева, 1985, 1988, 1993, 1999, 2001, 2005, 2009 и др.)

В результате регулярных многолетних наблюдений с начала существования Рыбинского водохранилища возникает уникальная возможность проследить основные тенденции становления и развития планктонных альгоценозов этого водоема и подойти к оценке его современного состояния.

Цель работы – исследовать фитопланктон Рыбинского водохранилища в его современном состоянии. Проследить основные этапы формирования фитопланктона водохранилища с момента его образования и до наших дней.

Задачи:

1. Выявить видовой состав и флористическое разнообразие фитопланктона.
2. Исследовать структуру планктонных альгоценозов во временном и пространственном аспектах.
3. Оценить современное состояние фитопланктона водохранилища.

Научная новизна. Составлен флористический список современного фитопланктона Рыбинского водохранилища. Изучены особенности распределения, годовой и сезонной динамики отдельных видов, основных групп водорослей и фитопланктона в целом. Проанализированы многолетние изменения структуры планктонных альгоценозов, выявлены этапы формирования фитопланктона. В результате анализа видового состава и структурных особенностей фитопланктона оценен современный трофический статус водоема.

Практическая значимость. На основе полученных данных по фитопланктону оценено современное трофическое состояние водохранилища и качество воды. Исследованные закономерности формирования и развития планктонных альгоценозов могут быть использованы для прогноза состояния фитопланктона существующих и строящихся водохранилищ.

Положения, выносимые на защиту.

1. В фитопланктоне Рыбинского водохранилища обнаружено 933 таксона водорослей рангом ниже рода, среди которых наиболее высоким видовым разнообразием характеризуются зеленые (393 внутривидовых таксона), диатомовые (187 внутривидовых таксонов) и синезеленые (129 внутривидовых таксонов) водоросли. По численности и биомассе в фитопланктоне Рыбинского водохранилища преобладают синезеленые и диатомовые водоросли.

2. В результате анализа многолетних изменений видового состава, соотношения доминирующих видов и показателей обилия (численности и биомассы фитопланктона Рыбинского водохранилища) в его развитии выделены 3 основных периода: 1950-1960-е гг.; 1972-1996; 1997-настоящее время. В настоящее время, на протяжении 3-го периода, продуктивность фитопланктона водохранилища, особенно Волжского плеса, снижается.

3. Фитопланктон плесов, составляющих открытую часть водохранилища, различается по уровню развития, соотношению основных таксономических групп водорослей и сезонной динамике. В сравнительном плане Волжском плесе выше средневегетационная биомасса диатомовых, в Главном – синезеленых водорослей.

4. По уровню развития фитопланктона, по соотношению основных таксономических групп водорослей, по характеру сезонной динамики альгоценозов Рыбинское водохранилище на протяжении последних десятилетий относится к водоемам мезотрофного типа.

Личный вклад соискателя.

Работа выполнена на материале «стандартных» рейсов, в организации которых автор принимал непосредственное участие. Им были собраны и обработаны пробы, проанализирован материал.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 18 работ.

Апробация. Материалы и результаты работы были представлены на научных конференциях - “Актуальные проблемы современной альгологии” (Киев, 1987), “Многолетние гидробиологические наблюдения на внутренних водах: современное состояние и перспективы (СПб, 1994), IV Всероссийской конференции по водным растениям (Борок, 1995), “Эколого-физиологические исследования водорослей и их значение для оценки состояния природных вод” (Ярославль, 1996), международных “Экологические проблемы бассейнов крупных рек” (Тольятти, 1994), VII и VIII школах диатомологов СНГ (Борок, 2000 и 2002), “Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды “ (Минск, 1999), “Актуальные проблемы водохранилищ (Борок, 2002), “Трофические связи в водных сообществах и экоси-

стемах” (Борок, 2003), V Всероссийской конференции по водным растениям “Гидрботаника 2000” (Борок, 2000), на 8-ом съезде ГБО РАН (Калининград, 2001), «Графические связи в водных сообществах и экосистемах» (Борок, 2003), «Первичная продукция водных экосистем» (Борок, 2004), «Сахаровские чтения-2008 и 2009: Экологические проблемы 21 века» (Минск, 2008 и 2009), «Биомониторинг природных и трансформированных экосистем» (Брест, 2008), «Актуальные проблемы экологии – 2008» (Гродно, 2008).

Объем работы. Диссертация изложена на 152 страницах и состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы, включающего 186 отечественных и 78 иностранных источников, иллюстрирована 16 рисунками и 18 таблицами. В приложении – список водорослей.

Глава 1. Материалы и методы исследований

Отбор проб фитопланктона проводился с периодичностью раз в 2 недели на протяжении безледного периода на 6 «стандартных» станциях открытой части водохранилища (рис.1) в 1982-1985, 1989, 2001 и 2006 гг. Всего собрано и обработано 546 «интегрированных» проб.



Рис. 1. Схема расположения станций на Рыбинском водохранилище: 1, 2 – Волжский плес, 7, 5, 6, 9 – Главный плес
Плеса Рыбинского водохранилища: I – Главный; II – Волжский; III – Шекснинский; IV – Моложский.

Пробы отбирались и обрабатывались по стандартной методике, используемой в ИБВВ с 1963 г. (Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов, 1975; Девяткин, 1975; Кузьмин, 1975) с учетом более поздних рекомендаций (Михеева, 1989, 1992; Бульон, 1993; Пырина, 1993; Сигарева, 1993; Трифонова, 1993; и др.). При отборе «интегрированных» проб батометром Фридингера в модификации Эглморка (Балонов, 1979) длиной 1 м последователь-

но вырезался весь столб воды. Воду из каждого батометра сливали в общую емкость, тщательно перемешивали и отбирали 0.5-1.0 л для последующего анализа. Для фильтрации проб использовали мембранные фильтры Мытищенской фабрики типа «предварительный» № 6 и № 5. Оба фильтра с осажденными на них водорослями помещали в пенициллиновую склянку, добавляли 5 мл фильтрата и фиксировали фиксатором Утермеля в модификации Г.В. Кузьмина (Кузьмин, 1975). Для анализа проб использовали микроскоп NU-2E фирмы Karl Zeiss (Jena). Количественные пробы обрабатывались с помощью камеры Нажотта объемом 0.05 мл (Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов, 1975).

При подсчете клеток водорослей в камере применяли иммерсионный объектив микроскопа 100* (масляная иммерсия). Биомассу рассчитывали счетно-объемным методом, принимая удельный вес водорослей равным 1 (Кузьмин, 1975, 1984; Михеева, 1975). Для уточнения таксономической принадлежности диатомовых и золотистых водорослей готовили постоянные препараты с употреблением высокопреломляющей анилин-формальдегидной смолы (Эльшев, 1957; Кузьмин, 1975; Балонов, 1975).

С целью оценки качества воды рассчитывали индексы сапробности по системе Пантле-Букка в модификации Сладчека и Вэгла (Sladecsek, 1983; Wegl, 1983). Для оценки биоценотического разнообразия альгоценозов использовали индекс Шеннона-Уивера (Маргалев, 1992).

Глава 2. Лимническое описание водоема

Глава посвящена описанию условий обитания водорослей. Дается гидрологическая характеристика водоема: морфометрия, особенности рельефа дна и берегов, водного питания, водного баланса и режима уровней, водных масс, термических условий и содержания взвешенного вещества. Приведены сведения о гидрохимическом режиме водохранилища: содержании органического вещества, главных ионов, растворенных газов и биогенных элементов в притоках и водоеме.

Глава 3. Основные периоды развития фитопланктона Рыбинского водохранилища. Видовой состав

3.1. Основные периоды развития фитопланктона Рыбинского водохранилища по изменениям средневегетационной биомассы

С момента наполнения водохранилища и до наших дней в развитии фитопланктона можно выделить 3 этапа его формирования: 1950-1960-е гг.; 1972-1996; 1997-настоящее время.

В 50-60-е годы прошлого века среднемноголетняя биомасса фитопланктона равнялась 1.79 ± 0.13 мг/л (К.А. Гусева, В.Г. Кузьмин, цит. по: В.И. Романенко, 1985; рис. 2).

В 1972-1996 годах ее величина составляла 2.22 ± 0.72 мг/л (данные по 1972-1978 гг. – К.А. Гусевой, Г.В. Кузьмина, цит. по Романенко, 1985; по 1981 – Л.Г. Корневой, 1988, 1993, 1999; по 1982-1996 гг. – Митропольской, 1987, 1992, 1999, 2007).

Среднегодовое значение для периода 1997-2008 гг. составила 1.29 ± 0.69 мг/л.

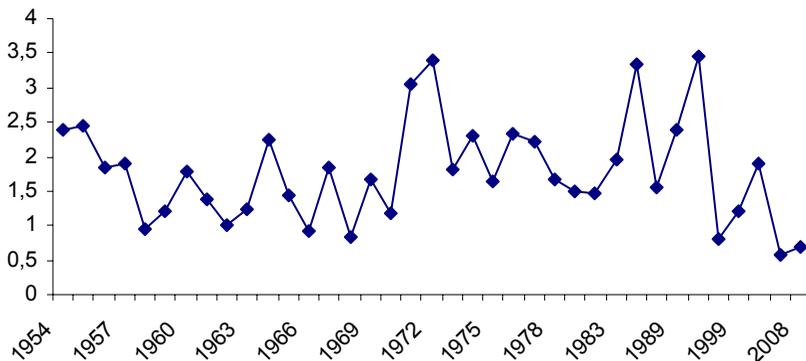


Рис. 2. Многолетние изменения средневегетационной биомассы фитопланктона, мг/л

обеспеченности водорослей биогенными элементами в легкоусвояемых минеральных формах. Воды обоих плесов обеспечены фосфатами в количествах, характерных для мезотрофных водоемов (Бикбулатов, 2002; Степанова и др., 2008). Изменения биомассы сопровождались и изменениями видового состава комплекса ведущих видов, соотношения основных групп водорослей, соотношения численности и биомассы фитопланктона разных плесов. Причины этого явления в настоящее время неизвестны.

3.2. Фитопланктон до создания Рыбинского водохранилища. Видовой состав

Подробные сведения о фитопланктоне водоемов на территории существующего ныне Рыбинского водохранилища отсутствуют. Тем не менее фитопланктон данного региона изучался Н.К. Дексбахом (1921), Б.С. Грезе (1928), В.И. Полянским (1941, 1950) и В.И. Есыревой (1945). Ею приведены флористический список и данные о межгодовых изменениях видового состава и численности планктонных водорослей в летний период 1935-1937 гг.

Межгодовые изменения в видовом составе фитопланктона были незначительны.

В фитопланктоне Волги до впадения в нее Шексны обнаружено 93 формы водорослей, под влиянием шекснинских вод планктон обогащался до 128 форм (рис 3, А, Б) (Есырева, 1945). На участке выше устья р. Шексны наиболее богата видами была группа диатомовых (41 таксон), зеленые насчитывали 30 таксонов, синезеленые – 19, динофитовые – 3 вида.

Река Шексна приносила в Волгу представителей диатомовых, зеленых, диатомовых и синезеленых, золотистых, эвгленовых и желтозеленых. (Есырева, 1945).

В фитопланктоне р. Мологи до образования водохранилища было обнаружено 12 видов водорослей. Моложский фитопланктон испытывал влияние заболоченных речных верховий (Воронков и др., 1921; Грезе, 1928).

3.3. Фитопланктон в период заполнения водохранилища. Видовой состав

Наполнение Рыбинского водохранилища началось в 1941 г., и продолжалось до 1947 г. Уже через 2 месяца после перекрытия плотины в центральной части водохранилища наблюдалось интенсивное “цветение” синезеленых водорослей, а в прибрежье – усиленное развитие нитчаток (Ласточкин, 1947).

В 1946 и 1948 гг. фитопланктон был представлен 93 формами, из которых большинство (80 %) были общими для обоих лет исследований, что указывает на относительную стабильность фитопланктона водохранилища уже в начальный период его существования (Киселева, 1954) (рис 3, В).

Наиболее разнообразны были зеленые водоросли. Велика также была доля диатомовых, меньше было синезеленых.

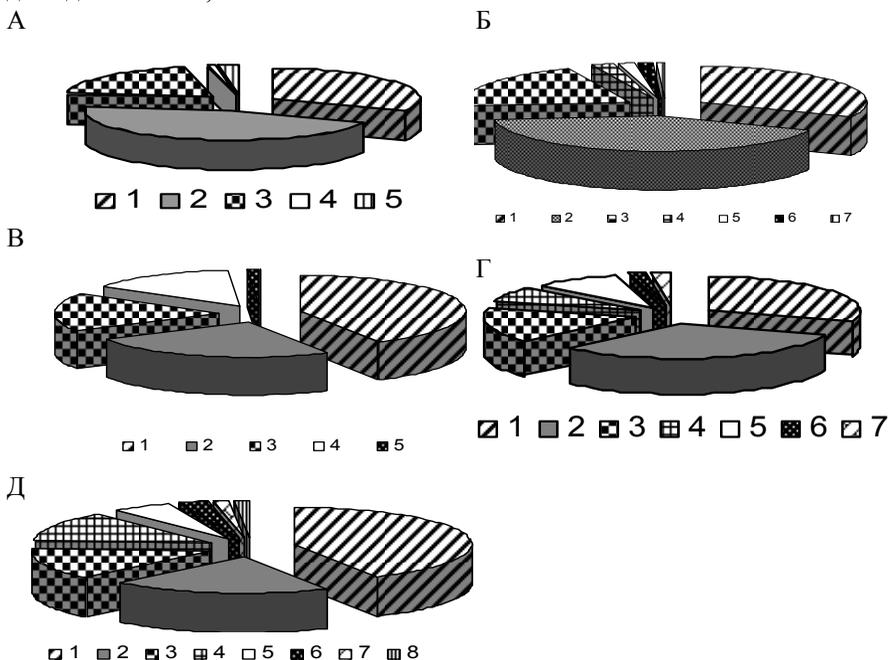


Рис. 2. А, Б - таксономический спектр водорослей р. Волги до создания водохранилища: А – выше устья р. Шексны; 1 – *Chlorophyta*, 2 – *Diatomeae*, 3 – *Cyanophyta*, 4 — *Chrysopyta*, 5 – *Dinophyta*; Б - ниже впадения р. Шексны; 1 – *Chlorophyta*, 2 – *Diatomeae*, 3 – *Cyanophyta*, 4 – *Euglenophyta*, 5 – *Chrysopyta*, 6 – *Xanthophyta*, 7 – *Dinophyta*;

В - таксономический спектр водорослей в начальный период существования водохранилища (1946 и 1948 гг.)

1 – *Chlorophyta*, 2 – *Diatomeae*, 3 – *Cyanophyta*, 4 – *Chrysophyta*, 5 – *Xanthophyta*;

Г - таксономический спектр водорослей в период 1953-1969 гг.;

1 – *Chlorophyta*, 2 – *Diatomeae*, 3 – *Cyanophyta*, 4 – *Euglenophyta*, 5 – *Chrysophyta*, 6 – *Xanthophyta*, 7 – *Pirrophyta*;

Д - Таксономический спектр водорослей Рыбинского водохранилища в 1982-2001 гг.. 1 – *Chlorophyta*, 2 – *Diatomeae*, 3 – *Cyanophyta*, 4 – *Euglenophyta*, 5 – *Chrysophyta*, 6 – *Xanthophyta*, 7 – *Cryptophyta*, 8 – *Dinophyta*.

3.4. Этап интенсивного формирования водохранилища (1952-1969 гг.). Видовой состав.

Результаты исследований фитопланктона в 1950-е – 1960-е годы опубликованы в ряде работ (Гусева, 1955, 1958, 1959 и др., Кузьмин, 1972, 1974, 1976, 1978).

С начала регулярных наблюдений с 1953 по 1969 г. (Гусева, 1955, 1958, 1959 и др., Кузьмин, 1972, 1974, 1976, 1978) в фитопланктоне Рыбинского водохранилища уже было обнаружено 774 внутривидовых таксона водорослей, в том числе *Cyanophyta* – 129, *Chrysophyta* – 70, *Bacillariophyta* – 258, *Xanthophyta* – 16, *Cryptophyta* и *Dinophyta* (тогда – *Pirrophyta*) – 14, *Euglenophyta* – 57, *Chlorophyta* – 230 (рис. 3 Г). Среди них 456 видов, разновидностей и форм были отнесены к истинно планктонным, 190 – к литоральным, 106 – к бентосным и 22 – к обрастателям (Гусева, 1968; Кузьмин, 1972, 1974). Только 5 из отмеченных видов относились к мезогалобам, остальные – к олигогалобам, среди них индифферентов было 600, галофилов – 103, галофобов – 66. Из числа обнаруженных форм водорослей 576 характеризовались как имеющие широкое географическое распространение, арктических видов – 6, северо-альпийских видов – 20, бореальных – 82, что характеризовало альгофлору Рыбинского водохранилища как относительно холодолюбивую.

Видовой состав фитопланктона различных плесов заметно различался. Так, наиболее высокое флористическое разнообразие синезеленых водорослей наблюдалось в Шекнинском плесе (126 видов и внутривидовых таксонов), наименее высокое – в Главном (37), а в Моложском и Волжском плесах 98 и 72 соответственно (Кузьмин, 1972). Поскольку подробные флористические списки фитопланктона первых лет существования водохранилища отсутствуют, полностью проследить изменения его состава довольно трудно. Можно лишь отметить постоянство доминирующих форм водорослей. Так, Г.В. Кузьмин и К.А. Гусева (Гусева, 1959; Кузьмин, 1972) указывали на постоянство видового состава фитопланктона Главного плеса в периоды с 1955 по 1958 и с 1959 по 1969. Можно предположить также, что видовое разнообразие фито-

планктона в целом изменилось не слишком сильно. В то же время, по-видимому, возросла встречаемость ряда форм водорослей.

За период исследований 1963-1965 гг. в фитопланктоне Шекснинского плеса, имеющего заметное влияние на фитопланктон Главного, было обнаружено 392 видовых и внутривидовых таксона водорослей: *Cyanophyta* - 74, *Chrysophyta* - 23, *Bacillariophyta* - 107, *Xanthophyta* - 9, *Cryptophyta* и *Dinophyta* - 9, *Euglenophyta* - 17, *Chlorophyta* - 153 (Елизарова, Кузьмин, 1967).

Синезеленые, в основном, были представлены планктонными формами, которые развивались и до образования водохранилища (Есырева, 1945), и в первые годы его существования (Киселева, 1954).

Наиболее велико было видовое разнообразие зеленых водорослей (Елизарова, Кузьмин, 1967).

В 1953-1954 гг. изменений в соотношении массовых видов Моложского плеса по сравнению с временем наполнения водохранилища не произошло, что позволило считать фитопланктон сформировавшимся уже к 1946 г. Видовой список насчитывал 108 таксонов (Гусева, 1956; Приймаченко, 1959).

В 1968-1972 гг. фитопланктон Моложского плеса и сопредельной ему акватории Главного был представлен 473 видами и разновидностями, среди которых зеленым принадлежало 169, диатомовым – 136, синезеленым – 66, золотистым – 54, пиррофитовым – 23, эвгленовым – 19 и желтозеленым – 6. Прослеживалось влияние болотных вод, на что указывало большое количество десмидиевых (Балонов, 1975).

Глава 4. Видовой состав фитопланктона открытой части Рыбинского водохранилища в 1982-2001 гг.

В планктоне открытых участков Рыбинского водохранилища за период исследований нами обнаружено 933 видовых и внутривидовых таксона, представители 15 классов, 22 порядков, 57 семейств, 205 родов (табл. 2, рис.3Д). По видовому разнообразию лидирует группа зеленых водорослей, среди которых большую долю составляют хлорококковые. Среди последних особенно велико таксономическое разнообразие представителей рода *Scenedesmus* Meun. Второй по видовому разнообразию группой являются диатомовые, среди которых наиболее заметны виды родов *Aulacosira* Thwait. и *Stephanodiscus* Ehr. класса центрических. Большое количество видов и подвидовых таксонов включают в себя роды *Nitzschia* Hass. и *Navicula* Borg.

Синезеленые – третья по значимости в видовом разнообразии группа. Немногим меньше вклад в видовое разнообразие фитопланктона группы эвгле новых. Наиболее разнообразные роды *Trachelomonas* Ehr., *Euglena* Ehr. и *Phacus* Duj. Роль остальных групп водорослей менее значительна.

В пелагиали Рыбинского водохранилища встречаются истинно планктонные виды (596 или 60 %), бентические и перифитонные, а также эврибионтные формы (табл. 3) (Девяткин, 2003).

Наиболее обширна группа истинно планктонных видов.

Таблица 2. Таксономический спектр фитопланктона Рыбинского водохранилища

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид	Всего видов, разновидностей и форм
Cyanophyta	3	4	12	23	105	129
Chrysophyta	1	1	1	16	45	50
Bacillariophyta	2	3	10	35	149	187
Xanthophyta	1	2	6	10	24	24
Cryptophyta	1	1	1	3	13	14
Dinophyta	1	2	2	4	13	13
Euglenophyta	1	1	2	9	85	123
Chlorophyta	5	8	23	105	366	393
Общий состав	15	22	57	205	800	933

Обитатели дна поставляются в планктон, в основном, в результате гидродинамического воздействия на грунт во время штормов, к ним относятся представители практически всех групп водорослей. Многочисленная группа видов, чьи представители способны как парить в толще воды, так и жить на дне.

В число перифитонных водорослей помимо видов-обрастателей неживых субстратов входят эпибионты, прикрепляющиеся к водным животным и водорослям или живущие в их слизи. Перифитон также представлен всеми таксономическими группами водорослей.

Таблица 3. Экологические группировки водорослей видового состава фитопланктона Рыбинского водохранилища

Группы водорослей	Планктонные	Бентосные	Перифитонные	Эврибионтные
<i>Cyanophyta</i>	56	23	13	38
<i>Chrysophyta</i>	50	0	0	0
<i>Bacillariophyta</i>	57	29	39	66
<i>Xanthophyta</i>	18	0	2	4
<i>Cryptophyta</i>	14	0	0	0
<i>Dinophyta</i>	13	0	0	0
<i>Euglenophyta</i>	115	2	2	4
<i>Chlorophyta</i>	273	22	35	5
Всего	596	76	61	117

Все отмеченные нами виды по отношению к солености воды являются олигогалолами (табл. 4). Из них 489 индифферентов, 47 галофилов и столько же галофобов.

63 % населяющих водохранилище водорослей – космополиты. Обнаружены 2 арктические формы, 20 северо-альпийских, 40 бореальных и 1 субтропический вид. Такой состав характеризует флору как бореально-холодолюбивую.

Среди видов-индикаторов содержания легкоусвояемого органического вещества, как и в большинстве среднеширотных водоемов равнинного типа, преобла-

Таблица 4. Эколого-географическая характеристика водорослей фитопланктона Рыбинского водохранилища

Показатели	Число таксонов
Распространение	
космополиты	626
бореальные	40
северо-альпийские	20
арктические	2
субтропические	1
малоизученные	230
Отношение к pH	
ацидофилы	24
индифференты	167
алкалофилы	117
малоизученные	610
Галобность	
олигогалобы:	
галофобы	47
индифференты	489
галофилы	47
мезогалобы	2
малоизученные	334
Сапробность	
χ-сапробы	6
ο-сапробы	80
ο-сапробы – m-сапробы	1
m-сапробы	1
ο-сапробы – β-мезосапробы	105
β-мезосапробы – ο-сапробы	3
ο-сапробы – α-мезосапробы	10
β-мезосапробы	219
β-мезосапробы – α-мезосапробы	10
α-мезосапробы – β-мезосапробы	5
α-мезосапробы	30
α-мезосапробы – ρ-сапробы	5
ρ-сапробы	1
малоизученные	442

дают β-мезосапробы. 17 % составляют олигосапробы. β-мезосапробы группы синезеленых представлены обычными для водоема видами р. *Anabaena* Вору и возбудителями “цветения” *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs и *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk.

Глава 5. Сезонная и межгодовая динамика фитопланктона

5.1. Сезонная динамика ведущих видов фитопланктона водоемов до создания Рыбинского водохранилища.

На участке выше устья р. Шексны в июле 1936-1937 гг. преобладали диатомовые *Melosira italica* (Ehr.) Kütz., *M. granulata* Ehr.) Ralfs, *Fragilaria crotonensis* Kitt., хлорококковые *Dictyosphaerium pulchellum* Wood., *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh., синезеленые *Coelosphaerium Kützingianum* Näg., в августе фитопланктон становился менее разнообразным. На участке ниже впадения Шексны в июле обильно развивались синезеленые, в августе их сменяли диатомовые. (Есырева, 1945).

5.2. Сезонная динамика ведущих видов фитопланктона в период заполнения водохранилища. 1946-1948 гг.

Рыбинское водохранилище уже в период его создания разделялось на 4 района (плеса) – Центральный, или Главный, Шекснинский, Моложский и Волжский (Фортунов, 1959) (рис.1).

На территории Шекснинского плеса до затопления доминировали диатомовые совместно с зелеными и синезелеными. После затопления их сменили представители синезеленых, в основном, *Aphanizomenon flos-aquae*¹ Ral. Фитопланктон затопленных озер Моложского плеса практически не изменился – преобладали те же виды *Microcystis* (Ktz.) El. и *Melosira* Ktz., что и до затопления (Киселева, 1954).

В верхней части Моложского плеса летом доминировали *Anabaena scheremetievi* var. *recta* f. *ovalispora* El., *Aphanizomenon flos-aquae*, *Melosira italica* Ktz., в нижней, на месте затопленного озера Перемут – виды р. *Melosira* и *Microcystis aeruginosa* El.

В Волжском плесе уже в те годы наблюдалось летнее развитие синезеленых с максимумом в сентябре.

В Главном плесе нарастание биомассы *Aphanizomenon flos-aquae* обуславливало “цветение” воды. Лидировали также представители р. *Melosira*.

В июле интенсивно развивались синезеленые, и с этого времени по сентябрь-октябрь первенствовали *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena scheremetievi* var. *recta* f. *ovalispora*, *Microcystis aeruginosa*, *Woronichinia Naegeliana*. В 1946 г. максимум их развития пришелся на лето, в 1948 – на осень (Киселева, 1954).

До наполнения водохранилища в озерах Молого-Шекснинского междуречья среди синезеленых доминировали виды родов *Microcystis* и *Anabaena* Вору (Есырева, 1945), в водохранилище они уступили лидерство

¹здесь и далее названия видов и внутривидовых таксонов приводятся в том виде, в каком они сообщены авторами цитируемых литературных источников.

Aphanizomenon Могг. (Киселева, 1954).

5.3. Сезонная динамика ведущих видов фитопланктона в период интенсивного формирования водохранилища (1952-1969 гг.).

В фитопланктоне Главного плеса в 50-е – 60-е годы весной и осенью доминировали диатомовые, среди которых наиболее заметными были *Melosira italica* (Ehr.) Kütz. и *M. granulata* (Ehr.) Ralfs. Летом их сменяли *Asterionella formosa* Hass., *Stephanodiscus binderanus* (Kütz.) Krieg., *S. astraea* (Ehr.) Grun. и *Melosira italica*. Среди синезеленых выделялись *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs и *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk. (Кузьмин, 1972).

5.4. Сезонная и межгодовая динамика ведущих видов фитопланктона в 1968-1981 гг..

Состав доминирующих форм синезеленых Моложского плеса и западной части Главного не изменился. В составе доминирующих диатомей произошли существенные изменения (Балонов, 1975).

В 1978-1982 г.г. состав доминант был сходен с таковым как для предыдущих лет, так и для настоящего времени. Ценогическое разнообразие в фитопланктоне Рыбинского водохранилища снижалось, возросло доминирование (Корнева, 2002, 2009).

5.5. Сезонная динамика ведущих видов 1982-1989 гг..

Сезонная динамика фитопланктона наиболее детально была изучена с 1982 по 2006 гг..

Погодные условия 1982, 1983 и 1984 гг. были сходными: вегетационный период начинался рано, прогрев водоема вначале шел быстрее обычного, затем процесс замедлялся, весны были затяжными. Первая половина лета была холодной и дождливой, с сильными ветрами, поверхностный приток был высоким. Осень была теплая и сухая, но вследствие резкого похолодания ледостав наступал в близкие к среднегодовым сроки. Ветровая активность была невысокой (Государственный..., 1983, 1984, 1985).

В весенний период для Волжского плеса было характерно доминирование центрических диатомей – *Stephanodiscus hantzschii* Grun., *Stephanodiscus neoastreae* (Nak. et Kling.) emend. Casper, Scheff. et Aug. *Cyclotella meneghiniana* Kütz., *Aulacosira ambigua* (Grun.) Sim., *A. granulata* (Ehr.) Ralfs., *Aulacosira islandica* (O. Müll.) Sim., *Asterionella formosa* Hass., *Diatoma tenuis* Ag., а также зеленых жгутиковых. В Главном, кроме диатомовых *S. hantzschii*, *S. neoastreae*, *S. binderanus* (Kütz.) Krieg., *C. meneghiniana*, *Aulacosira islandica*, *A. granulata*, *A. ambigua*, были заметны представители р. *Gymnodinium* Stein и р. *Chlamydomonas* Ehr., из хлорококковых – *Scenedesmus longispina* Chod. В полидоминантных комплексах фитопланктона Волжского плеса также происходили изменения, из диатомовых доминировали *S. hantzschii*, *Aulacosira islandica*, *Asterionella formosa*.

Переходный от «весеннего» диатомового фитопланктона к «летнему» синезеленому период в обоих плесах в эти годы приходился на середину июня. Происходила структурная перестройка альгоценозов, численность диатомовых сокращалась, в полидоминантные комплексы в 1982 г. входили синезеленые – *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk. и *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, в 1983 и 1984 гг. – криптомонады *Cryptomonas marssonii* Skuja и *C. ovata* Ehr. и зеленые – *Sphaerocystis Schroeteri* Chod. и *Mougeotia viridis* (Kütz.) Wittröck. В Волжском плесе в это время в заметных количествах встречались представители р. *Stephanodiscus*, *Diatoma tenuis*, *Asterionella formosa*, в Главном диатомовые полностью выпадали из планктона.

В течение летних месяцев развивались синезеленые водоросли, вызывающие “цветение” воды. В Главном плесе они появлялись раньше, чем в Волжском. В Волжском плесе наряду с синезелеными доминировали и диатомовые – *Stephanodiscus binderanus*, *Diatoma tenuis*, *Nitzschia vermicularis* (Kütz.) Grun., *Skeletonema subsalsum* (A. Cl.) Bethge, *Aulacosira granulata*, *A. ambigua*, представители перидиной и эвгленовых. Содоминант «цветения» воды *Microcystis aeruginosa* в открытой части водохранилища в заметных количествах появлялся раньше *Aphanizomenon flos-aquae*, создающего основу биомассы фитопланктона. В результате высокий пик биомассы в период «цветения» подразделялся на 2 подъема – сначала шел меньший, создаваемый *Microcystis aeruginosa*, за ним следующий, основной, за счет развития *Aphanizomenon flos-aquae* в сопровождении *Microcystis aeruginosa*. В состав полидоминантных комплексов входили также и диатомовые: в Волжском плесе – *Aulacosira granulata*, в Главном – *Asterionella formosa*, которую затем сменяли *Fragilaria capucina* Desm., *Aulacosira granulata* и *A. islandica*. В отдельных точках в массе развивался *Pediastrum duplex* Meyen. Вследствие слабой ветровой активности пятнистость в распределении доминант «цветения» в Волжском плесе и в Главном плесе. В выраженных плесах *Aphanizomenon* присоединялись *Aulacosira islandica*, *A. ambigua*, *S. binderanus*, *Skeletonema subsalsum*. С началом охлаждения водных масс диатомовые наряду с синезелеными доминировали и в Главном плесе – в состав полидоминантных комплексов входили *A. islandica* и *Stephanodiscus binderanus*.

Вегетационный период 1989 г. отличался ранним прогревом водных масс, средняя температура воды (15.4.⁰ С) превысила среднемноголетнюю в 1951–1981 (13.5⁰ С) и в 1980–1985 гг. (14.1⁰ С). По другим гидрологическим условиям и содержанию биогенных элементов вегетационный период 1989 г. был близок к норме (Литвинов, Рошупко, 1993; Былинкина, 1993).

Полидоминантные комплексы фитопланктона на протяжении вегетационного периода этого года характеризовались высоким видовым разнообразием.

В условиях интенсивного прогрева водных масс структурная перестройка альгоценозов проходила в начале, а не в середине июня. В массовых количествах появился *Aphanizomenon flos-aquae*.

К середине лета развилось «цветение» *Aphanizomenon flos-aquae* и *Microcystis aeruginosa*, продолжающееся до глубокой осени.

5.6. Сезонная динамика ведущих видов 2001 и 2006 гг.

Вегетационный период 2001 г. характеризовался интенсивным прогревом воды, температура поверхностного слоя достигала 23.3⁰ С, средняя за год превышала среднемноголетнюю на 1⁰ С. Величина притока была в пределах нормы (Литвинов, Рошупко, 2007).

Aphanizomenon flos-aquae появился в Главном плесе в середине июня, в июле он стал заметен и в Волжском плесе. Содоминантом выступал *Microcystis aeruginosa*.

В Волжском плесе полидоминантные комплексы на протяжении лета были разнообразны по составу, в Главном плесе альгоценозы были монодоминантными. В августе доминировали *Aphanizomenon flos-aquae* и *Microcystis aeruginosa*. «Цветение» продолжалось и осенью, к синезеленым присоединялись представители диатомовых.

В 2006 г. весна и осень были теплыми, а лето – жарким. В июне вода в поверхностном слое прогрелась до 22,6⁰ С. В июле практически весь месяц стояла штилевая солнечная погода, температура воды достигала 24.4⁰ С.

Полидоминантные комплексы на протяжении вегетационного периода были разнообразны по видовому составу, а плесы отличались по видовому составу доминант.

В конце весны в Волжском плесе доминировали диатомеи – *Stephanodiscus hantzschii*, *Aulacosira islandica*, *Asterionella formosa*, их сопровождал *Cryptomonas marssonii*. В Главном плесе преобладали *C. marssonii*, *Rhodomonas lens* Pasch. и *Chroomonas acuta* Uterm., а также диатомовые *Stephanodiscus hantzschii*, *S. binderanus*, *Aulacosira islandica* и *A. ambigua*.

В начале лета в Волжском плесе в массе развивались *Stephanodiscus hantzschii*, из зеленых – представители р. *Monoraphidium* Ком.-Legn., из золотистых – р. *Mallomonas* Perty, в Главном основу биомассы составляли *Stephanodiscus neoastraea*, *S. hantzschii*, *Aulacosira islandica* и хлорококковые – *Scenedesmus longispina*, *S. magnus*, *S. circumfusus* Hortob. var. *bicaudatus*, *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh. var. *boryanum*, *Dictyosphaerium pulchellum* Wood.

На протяжении лета плесы различались по набору доминант: в конце июня в Волжском доминировали диатомовые – *Stephanodiscus hantzschii*, *Diatoma tenuis*, *Asterionella formosa*, в Главном – перидиниевые (*Gymnodinium* sp.), криптофитовые (*Cryptomonas marssonii*), синезеленые (*Anabaena lemmermannii* P. Richt., *Microcystis aeruginosa*). В июле видовой состав доминирующих форм изменился – в Волжском плесе лидировали *Stephanodiscus hantzschii*, *S. minu-*

tulus, *S. neoastraea*, *Aulacosira granulata*, *A. islandica* и *Fragilaria crotonensis* и *Pandorina morum*, в Главном – *Stephanodiscus hantzschii* и «летние» диатомеи – *S. neoastraea*, *Cyclotella meneghiniana*, *Aulacosira granulata*, *Fragilaria crotonensis*, из синезеленых – *Aphanizomenon flos-aquae* в сопровождении *Microcystis aeruginosa* и *M. wesenbergii* Kom.

Осенью в Волжском плесе в числе ведущих остались *Stephanodiscus hantzschii*, *Aulacosira islandica* и *A. granulata*, в Главном – *Aphanizomenon* и *Microcystis*, *Pediastrum boryanum* и «осенние» диатомовые.

5.7. Межгодовые изменения видового состава полидоминантных комплексов в 1982-2006 гг.

На протяжении наших исследований выявлено 49 таксонов водорослей, чья биомасса превышала 10-процентный уровень (табл. 4). Одни из них доминируют каждый год, другие – в отдельные годы. Так, представители диатомовых *Aulacosira ambigua*, *A. islandica*, *Stephanodiscus binderanus* и возбудители “цветения” синезеленые *Aphanizomenon flos-aquae* и *Microcystis aeruginosa* ежегодно в массе развиваются в пелагиали водохранилища. *S. hantzschii* не достигал значительной биомассы лишь в 1989 г. В вегетационный период 2001 г. он наряду с другими постоянно лидирующими видами вновь доминировал в фитопланктоне открытой части водохранилища.

Число доминирующих в фитопланктоне таксонов водорослей в годы наших наблюдений варьировало от 8 до 26. Из отмеченных в ранге доминирующих 49 таксонов большинство были общими для обоих плесов. По видовому составу доминант плесы между собой существенно не различались, что подтверждается высокими значениями индекса Чекановского-Серенсена для

Таблица 4. Водоросли, доминирующие в фитопланктоне открытой части Рыбинского водохранилища

Виды	Волжский плес				Главный плес			
	1982-1985	1989	2001	2006	1982-1985	1989	2001	2006
<i>Anabaena flos-aquae</i>	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>A. lemmermannii</i>	-	-	-	-	+	-	+	+
<i>A. planctonica</i>	+	-	-	+	-	-	+	-
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Microcystis aeruginosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+

<i>M. holsatica</i>	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>M. wesenbergii</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Woronichinia compacta</i>	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Mallomonas sp.</i>	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	+	+	-	-	+	+	-	+
<i>Skeletonema subsalsum</i>	+	-	+	-	-	-	+	-
<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>S. hantschii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>S. binderanus</i>	+	+	+	-	+	+	+	+
<i>S. minutulus</i>	+	-	-	+	+	+	-	-
<i>Aulacosira ambigua</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>A. granulata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>A. islandica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>A. subarctica</i>	+	+	-	-	-	-	+	-
<i>Melosira varians</i>	+	-	+	-	+	-	+	-
<i>Asterionella formosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Diatoma tenuis</i>	+	-	-	+	+	-	+	-
<i>Fragilaria crotonensis</i>	-	-	+	+	-	+	+	-
<i>Fragilaria ulna</i>	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>Tabellaria fenestrata</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Nitzschia vermicularis</i>	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Chroomonas acuta</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Cryptomonas marssonii</i>	-	-	-	+	+	-	-	+
<i>C. ovata</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Rhodomonas lens</i>	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Glennodinium</i>	-	+	-	-	-	-	-	-

<i>quadridens</i>								
<i>Gymnodinium sp.</i>	+	-	-	-	-	+	-	+
<i>Peridinium sp.</i>	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Trachelomonas volvocina</i>	+	-	-	-	+	-	-	-
<i>Chlamydomonas sp.</i>	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Pandorina morum</i>	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Coelastrum pseudomicroporum</i>	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>M. contortum</i>	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Pediastrum boryanum</i>	-	-	-	-	+	+	-	+
<i>P. duplex</i>	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Scenedesmus circumfusus var. bicaudatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>S. longispina</i>	-	-	+	-	-	-	-	+
<i>S. magnus</i>	-	+	+	-	-	+	-	+
<i>Sphaerocystis planctonica</i>	-	-	+	-	-	-	-	+
<i>Microspora stagnorum</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Mougeotia elegantula</i>	+	+	-	-	-	+	-	-
<i>M. viridis</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
Всего:	20	16	17	17	20	22	19	21

Примечание – авторы таксонов приведены в тексте.

полидоминантных комплексов. Исключение составляет вегетационный период 2006 г., в течение которого в Главном плесе наряду с представителями диатомовых, синезеленых и криптофитовых доминировали представители хлорококковых, общее число доминант достигало максимального значения, индекс

Чекановского-Серенсена указывал на невысокую степень сходства между плесами (табл. 5).

Таблица 5. Коэффициент общности видового состава полидоминантных комплексов Волжского и Главного плесов

год	1982	1983	1984	1985	1989	2001	2006	2008
Индекс Чекановско-го-Серенсена	0.80	0.67	0.93	0.74	0.53	0.67	0.42	0.74

Таким образом, среднее число видов, доминирующих в открытой части Рыбинского водохранилища на протяжении вегетационного периода, варьирует в пределах 12-17. В годы с недостаточным прогревом воды оно понижается до 8, в годы с температурой воды выше среднегодовой, как в 1989 и 2006 гг. – увеличивается до 26. Увеличение числа руководящих видов согласуется с известными в литературе данными о проявлении черт эвтрофии в структуре альгоценозов мезотрофных водоемов в годы с преобладанием антициклональной погоды (Трифонов, 1990).

5.8. Сезонная динамика биомассы фитопланктона в период наполнения водохранилища.

В марте-апреле, под ледовым покровом, единично встречались представители диатомей. Затем их численность возрастала, и в июле они были лидирующей группой как в Моложском, так и в Главном плесах. В это же время интенсивно развивались синезеленые, и первенствовали с июля по сентябрь-октябрь. В 1946 г. максимум их развития пришелся на лето, в 1948 – на осень (Киселева, 1954).

5.9. Сезонная динамика биомассы фитопланктона в период интенсивного формирования водохранилища (1952-1969 гг.).

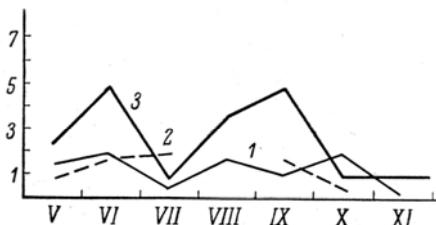


Рис. 4. Сезонная динамика биомассы фитопланктона (мг/л) Главного плеса в 1953-1955 гг. (Кузьмин, 1972).

Основную биомассу фитопланктона Главного плеса создавали диатомовые и синезеленые водоросли. Весной лидировали диатомовые (до 7 мг/л на отдельных станциях) (рис. 4). Осенний пик диатомовых заметно ниже. Летом интенсивно развивались синезеленые (до 4.6 мг/л) (Кузьмин, 1972).

В Волжском плесе весной и осенью фитопланктон слагали диатомовые, причем весенний подъем их обилия был выше осеннего (16 и более мг/л и 3-4

мг/л соответственно). Биомасса диатомей понижалась лишь на непродолжительный период в летнее время (1.1-1.3 мг/л). Сравнительно слабое развитие синезеленых в Волжском плесе было обусловлено его проточностью (Кузьмин, 1972).

5.10. Сезонная и межгодовая динамика биомассы фитопланктона в 1968-1981 гг.

Необычные гидрометеорологические условия 1972 г., а именно – низкий уровень и высокие летние температуры воды, отразились на развитии фитопланктона. Весной и осенью в Главном плесе, как обычно, развивались диатомовые, но осенний пик был намного выше. Обилие диатомовых превышало обилие синезеленых. В некоторых участках плеса в 1972 г. отмечено 2 подъема биомассы, а в предыдущие годы – 3. Значительно возросло обилие фитопланктона в центральной части Главного плеса (Балонов, 1975).

Изменения биомассы в среднем за вегетационный период 1968-1972 гг. для Моложского плеса и западной части Главного составили 1.6 раза, что характерно для стабилизированных водоемов, на основании чего сделан вывод о климаксной стадии развития Рыбинского водохранилища (Балонов, 1975).

Сезонная динамика развития фитопланктона в начале 80-х изменений не претерпела (Корнева, 1985, 1988, 1993, 1999). В Главном плесе фитопланктон трансформировался, преимущество получали синезеленые водоросли (Корнева, 1988).

5.11. Сезонная динамика биомассы фитопланктона в 1982-1989 гг.

Сезонная динамика биомассы фитопланктона обоих плесов характеризовалась тремя подъемами. Весенний пик биомассы был связан с развитием диатомовых с момента освобождения водоема ото льда до конца мая – конца июня. В начале 80-х гг. прошлого столетия он был выражен более отчетливо в Волжском плесе (рис. 5). В этом участке водохранилища он составлял 1.5-6, в Главном плесе – 0.5-4 мг/л. В середине июня – начале июля происходила структурная перестройка альгоценозов, диатомовые на короткое время сменялись криптомонадами или зелеными хлорококковыми водорослями. Биомасса фитопланктона в период «чистой воды» снижалась до крайне незначительных величин, иногда до сотых долей мг/л.

В июле-августе биомасса вновь увеличивалась, в Волжском плесе – до 2-12 мг/л, в Главном – до 1-11 мг/л. Особенно велико было обилие синезеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды. В центральной части водохранилища их доля от общей биомассы составляла 95-99 %, в Волжском плесе – около 80 %. Летний пик развития фитопланктона был, как правило, выше весеннего.

В летне-осеннем подъеме синезеленых заметна двухвершинность, особенно хорошо прослеживающаяся для Главного плеса. В конце августа - начале сентября в развитии синезеленых отмечался кратковременный спад, а вслед за тем – осенний подъем биомассы этой группы водорослей одновременно с

диатомовыми. Основной, наиболее высокий, пик биомассы синезеленых приходился на конец июля – начало августа и был связан с развитием *Aphanizomenon flos-aquae* и *Microcystis aeruginosa*, а второй пик, отмечаемый в середине сентября, был обусловлен развитием только *Aphanizomenon*.

С началом охлаждения водной толщи в обоих плесах наряду с синезелеными вновь развивались диатомовые, которые и формировали третий за вегетационный период подъем биомассы, по величине меньший, чем два предыдущих. Максимум наблюдался осенью, в сентябре-октябре (а в годы с теплой осенью – и в ноябре). В Волжском плесе его создавали диатомовые (0.5-6.5 мг/л), в Главном диатомовые развивались на фоне синезеленых (1.5 -5.5 мг/л).

В 1982-1985 гг. плесы различались по времени массового развития доминирующих видов, по соотношению основных таксономических групп

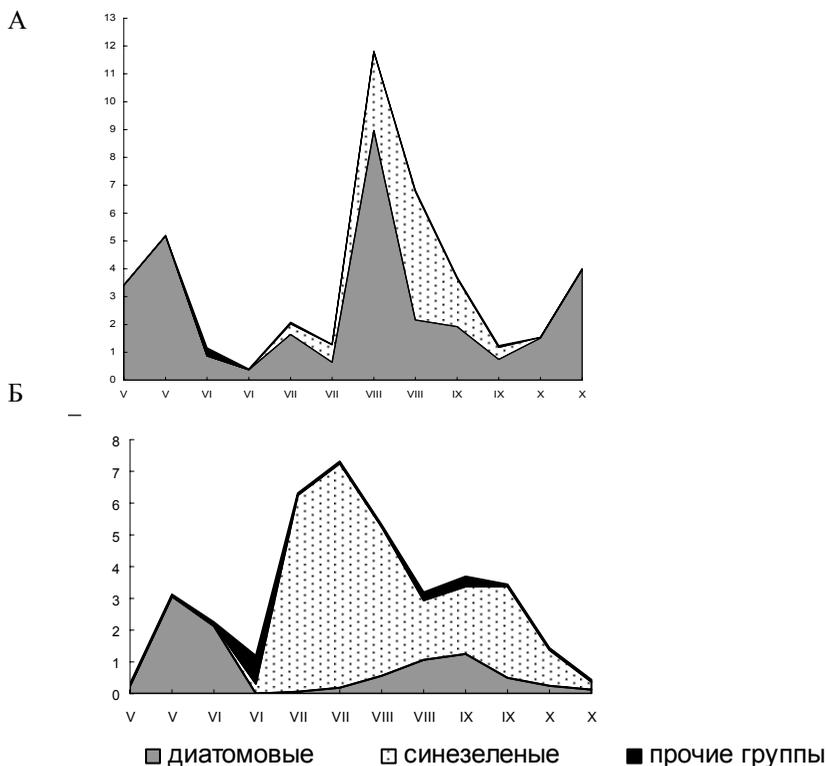


Рис. 5. Биомасса фитопланктона открытой части Рыбинского водохранилища в 1984 г., мг/л. А – Волжский плес, Б – Главный плес.

водорослей. «Цветение» воды, вызванное синезелеными, наступало в разные сроки и имело неодинаковую интенсивность. Уровень развития фитопланктона также был разным. В 1982 и 1983 гг. средневегетационная биомасса фитопланктона Волжского плеса, как и в период формирования фитопланктона (Киселева, 1954), превышала таковую для Главного плеса в 2-3 раза. В 1984 и 1985 гг. эти величины были практически равны.

Вследствие раннего прогрева воды среднегодовая температура воды в 1989 г. была выше среднемноголетней на 1.4°C . Это обусловило и некоторые особенности сезонной динамики фитопланктона. Рано началась вегетация синезеленых водорослей, и уже в середине июня в массе развивались возбудители «цветения». В начале июля их биомасса в том и другом плесах составляла 70 % от общей. Средневегетационная биомасса фитопланктона в Волжском плесе почти втрое превысила таковую величину для Главного.

В 80-е гг. в фитопланктоне Волжского плеса в среднем за вегетационный период лидирующей по биомассе группой были диатомовые водоросли (50-70%), следующей по значимости группой были синезеленые. В Главном плесе более обильно развивались синезеленые, составляя 50-70%.

Величина среднемноголетней биомассы фитопланктона в 1972-1985 годах равнялась 2.13 ± 0.89 г/м, в теплое 1989 г. – 2.39 мг/л, что укладывается в рамки среднемноголетней. Очевидно, усиленный прогрев воды при стабильности других гидрологических условий и содержания биогенных элементов не в состоянии изменить установившееся динамическое равновесие сообществ фитопланктона и изменить уровень трофии водоема.

Средневегетационная биомасса фитопланктона открытой части водохранилища колебалась в пределах 1.47 – 3.34, составляя в среднем 2.14 ± 0.76 мг/л.

5.12. Сезонная динамика биомассы фитопланктона в 2001 – 2006 гг.

В 2001 г. в Волжском плесе в конце апреля в фитопланктоне развивались диатомовые и зеленые жгутиковые водоросли, общая биомасса была невысока (рис. 6).

В середине июня фитопланктон Волжского плеса на 85 % состоял из диатомовых, развивались также зеленые и криптофитовые. К началу июля количество диатомей уменьшилось, криптофитовые сменились синезелеными

Спад в развитии водорослей до 0.05 мг/л наступил в середине июля. На протяжении второй половины июля и в августе вновь росло обилие синезеленых и диатомовых, обусловив умеренное «цветение». Развитие диатомовых создало пик биомассы в начале сентября, количество синезеленых к этому сроку уменьшилось. К концу безледного периода биомасса фитопланктона составляла 0.3 мг/л, на долю диатомовых приходилось 90 %, их сопровождали синезеленые.

В Главном плесе в середине июня биомасса диатомовых составляла 80 % от общей, незначительно превышая этот показатель для Волжского плеса. К началу июля в фитопланктоне стали заметны синезеленые, количество диатомовых сократилось. К середине июля биомасса уменьшилась, но не так зна-

чительно, как в Волжском плесе, в фитопланктоне развивались представители диатомовых, синезеленых, зеленых, динофитовых. В августе в этом участке водохранилища ведущая роль принадлежала синезеленым, в период «цветения» воды их биомасса достигала 7 мг/л. Максимальная биомасса диатомовых отмечена в это же время. С начала сентября и до конца октября обилие водорослей постепенно уменьшалось.

В теплом 2006 г. в конце мая пики биомассы создавали диатомовые совместно с криптомонадами, причем в отличие от предыдущих лет, в Главном плесе подъем биомассы был выше, чем в Волжском (1.8 и 0.6 мг/л соответственно). Период «чистой воды» наступил относительно рано, в начале июня. К концу июня в Главном плесе диатомовые выпали из планктона, в Волжском за счет их развития нарастала биомасса (0.3 мг/л). В июле в Главном плесе наряду с диатомовыми развивались синезеленые, биомасса фитопланктона к концу месяца возросла до 1.4 мг/л.

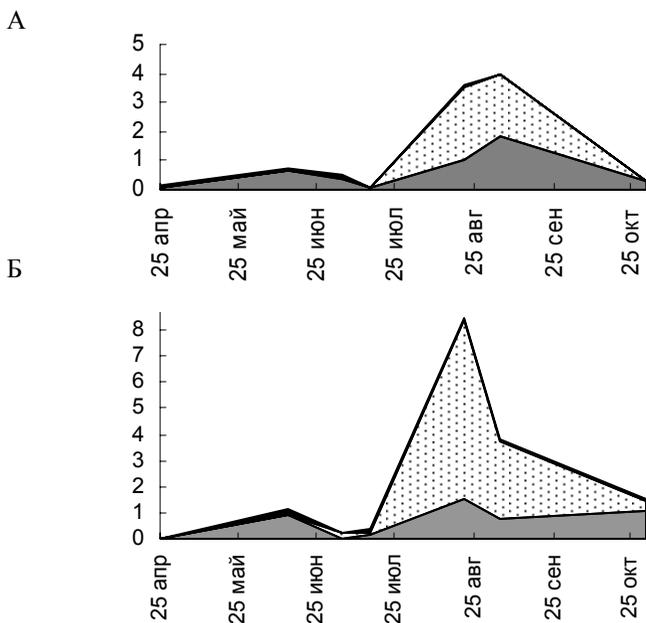


Рис. 6. Биомасса фитопланктона открытой части Рыбинского водохранилища в 2001 г., мг/л. Обозначения те же, что на рис. 5.

В Волжском плесе синезеленые, как и в предыдущие годы, развивались не столь интенсивно, как в Главном, биомасса фитопланктона была вдвое ниже. К концу сентября биомасса синезеленых в Главном плесе увеличивалась, обусловив умеренное «цветение» (1.7 мг/л), в Волжском лидировали диатомовые (0.3 мг/л).

В 2006 г. средневегетационная биомасса фитопланктона Волжского плеса была в 2.7 раз ниже таковой величины для Главного.

В 2001 г. в Волжском плесе средневегетационная величина биомассы фитопланктона равнялась 1.7, в Главном - 2.6 мг/л, средняя для открытой части составила 2.3 мг/л. В среднем за период наблюдений 2006 г. биомасса фитопланктона в открытой части водохранилища была невелика, составив 0.7 мг/л, в Волжском плесе – 0.3, в Главном – 0.9.

В 2008 г. средневегетационная величина биомассы практически не изменилась, составив в среднем для открытой части 0.7 мг/л. Различия между плесами в обилии фитопланктона были выражены менее резко: для Волжского плеса средневегетационная биомасса равнялась 0.6, для Главного – 0.8 мг/л.

Среднепогодная для периода времени с 1997 г. по 2008 гг. была равна 1.3 ± 0.7 мг/л.

Таким образом, отмечена тенденция к понижению средневегетационной биомассы фитопланктона. Количественные показатели развития фитопланктона Волжского плеса по сравнению с таковыми Главного понизились.

По составу доминирующих видов, соотношению биомассы основных таксономических групп водорослей в ходе сезонной динамики, уровню средневегетационной биомассы фитопланктона Рыбинское водохранилище на современном этапе, как и ранее, можно отнести к водоемам мезотрофного типа.

Выводы

1. В фитопланктоне Рыбинского водохранилища обнаружено 933 таксона водорослей рангом ниже рода, среди которых наиболее высоким видовым разнообразием характеризуются зеленые (393 внутривидовых таксона), диатомовые (187) и синезеленые (129) водоросли.
2. По численности и биомассе в фитопланктоне Рыбинского водохранилища преобладают синезеленые и диатомовые водоросли.
3. Речной Волжский и озеровидный Главный плесы различаются по уровню развития фитопланктона, по соотношению основных таксономических групп водорослей, слагающих фитопланктон и его сезонной динамике.
4. Фитопланктон Волжского плеса в целом можно охарактеризовать как диатомовый, Главного – синезеленый. В то же время «цветение» синезеленых в Главном плесе не превышает уровня умеренного.
5. Средневегетационная биомасса фитопланктона в 80-е гг. в Волжском плесе, как правило, превышала этот показатель для Главного плеса. В последнее время биомасса фитопланктона Волжского плеса в среднем за вегетационный период в 2 с лишним раза ниже, чем в Главном.
6. По уровню развития фитопланктона, по соотношению основных таксономических групп водорослей, по характеру сезонной динамики Рыбинское водохранилище на протяжении 2-х последних десятилетий относится к водоемам мезотрофного типа.

7. По уровню развития фитопланктона Рыбинского водохранилища можно сделать вывод об относительной его стабильности. В то же время в многолетнем плане могут быть выделены 3 периода его развития по составу доминирующих видов, численности и биомассе. В настоящее время, на протяжении 3-го периода, показатели обилия фитопланктона водохранилища, особенно в его Волжском плесе, понижаются.

Список работ, опубликованных по теме диссертации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. *Девяткин В.Г., Метелева Н.Ю., Митропольская И.В.* Гидрофизические факторы продуктивности литорального фитопланктона: корреляционные связи между гидрофизическими факторами и продуктивностью фитопланктона // Биология внутр. вод. 2000. № 3. С. 42–52.
2. *Минеева Н.М., Митропольская И.В.* Состав и продуктивность фитопланктона сопредельных участков Рыбинского и Горьковского водохранилищ (по данным 1992-1993 гг.) // Биология внутр. вод. 2002. № 4. С. 25-33.
3. *Минеева Н.М., Митропольская И.В.* Структурные и функциональные характеристики планктонных альгоценозов как показатели экологического состояния водохранилищ Верхней Волги // Биология внутр. вод. 2003. № 1. С. 23-32.

Список работ, опубликованных по теме диссертации в других изданиях

1. *Митропольская И.В.* Фитопланктон Рыбинского водохранилища в 1982 г. // Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1987. № 74. С. 16-19.
2. *Митропольская И.В.* Современное состояние фитопланктона Рыбинского водохранилища // Тезисы докл. 1 Всесоюзной конференции «Актуальные проблемы современной альгологии» (г. Черкассы, 23-25 сентября 1987г.). Черкассы: 1987. С. 127.
3. *Митропольская И.В.* Фитопланктон открытой части Рыбинского водохранилища // Биология внутренних вод: Информ. бюл. С.-Пб., 1992. № 93. С. 20-25.
4. *Пырина И.Л., Минеева Н.М., Сигарева Л.Е., Анонасенко А.Д., Филимонов Л.Е., Митропольская И.В.* Пространственное распределение фитопланктона // Экологические факторы пространственного распределения и перемещения гидробионтов. С.-Пб., 1993. С. 55-84.
5. *Девяткин В.Г., Митропольская И.В.* Распределение встречаемости видов в планктонном альгоценозе // Биология внутренних вод: Информ. бюл. С.-Пб., 1994. № 96. С. 3-7.
6. *Митропольская И.В.* Фитопланктон Рыбинского водохранилища в 80-е годы // Тезисы докл. конференции «Эколого-физиологические исследования водорослей и их значение для оценки состояния природных вод» (Борок, 3-5 декабря 1996 г.) Ярославль: 1996. С. 69-71.
7. *Митропольская И.В.* Фитопланктон Рыбинского водохранилища в 1982-1989 гг. // Экология фитопланктона Рыбинского водохранилища. Тольятти, 1999. С. 114-124.

8. Корнева Л.Г., Генкал С.И., Митропольская И.В. Таксономический состав и эколого-географическая характеристика фитопланктона Рыбинского водохранилища (1953-1995 гг.) // Экология фитопланктона Рыбинского водохранилища. Тольятти, 1999. С. 239-262.

9. Митропольская И.В. Фитопланктон Рыбинского водохранилища в 1999 г. // Тезисы докл. V Всероссийской конференции по водным растениям «Гидробиотаника 2000» (Борок, 10-13 октября 2000 г.). Борок: 2000. С. 57-58.

10. Девяткин В.Г., Митропольская И.В. Встречаемость видов и биологическое разнообразие альгоценозов // Тезисы докл. V Всероссийской конференции по водным растениям «Гидробиотаника 2000» (Борок, 10-13 октября 2000 г.). Борок: 2000. С. 24-25.

11. Девяткин В.Г., Митропольская И.В. Встречаемость видов водорослей как показатель биологического разнообразия альгоценозов // Динамика разнообразия гидробионтов во внутренних водоемах России. Ярославль, 2002. С. 5-22.

12. Митропольская И.В. Особенности развития фитопланктона Рыбинского водохранилища в 1999-2003 гг. // Материалы Международной конференции «Первичная продукция водных экосистем» (Борок, 11-16 октября 2004 г.) Ярославль: 2004. С. 69-70.

13. Митропольская И.В. Межгодовые и сезонные изменения фитопланктона Рыбинского водохранилища // Материалы конференции «Актуальные проблемы экологии Ярославской области» (г. Ярославль, июнь, 2005). Вып. 3, т. 1. Ярославль: 2005. С. 245-250.

14. Девяткин В.Г., Метелева Н.Ю., Митропольская И.В. Влияние температуры воды на структурные и функциональные характеристики литорального фитопланктона: видовой состав и размерная структура // Вестник Гродненского государственного университета им. Я. Купалы. Серия 2. 2008. № 2. (68). С. 147-152.

15. Девяткин В.Г., Митропольская И.В., Метелева Н.Ю. Влияние температуры воды на структурные и функциональные характеристики литорального фитопланктона: Влияние температуры и солнечной радиации // Вестник Гродненского государственного университета им. Я. Купалы. Серия 2. 2009. № 2 (82). С. 129-134.