

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**имени М.В. Ломоносова**  
**БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

На правах рукописи

Ростанец Дмитрий Викторович

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА**  
**ФИТОПЛАНКТОНА**  
**НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ МОСКВЫ**

03.02.08 – экология (биология)

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата биологических наук

Москва 2011

Работа выполнена на кафедре гидробиологии  
Биологического факультета Московского государственного университета  
имени М.В.Ломоносова

**Научный руководитель:** доктор биологических наук, профессор  
**Хромов Виктор Михайлович**

**Официальные оппоненты:** доктор биологических наук, профессор  
**Абакумов Владимир Анатольевич**  
кандидат биологических наук, доцент  
**Белякова Галина Алексеевна**

**Ведущая организация:** Учреждение Российской академии наук  
Институт биологии внутренних вод  
имени И.Д. Папанина

Защита состоится 9 декабря 2011 г. в 13 час. 00 мин. на заседании  
диссертационного совета Д 501.001.55 при Московском государственном  
университете имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, г. Москва, Ленинские  
горы, д. 1, стр. 12, МГУ имени М.В.Ломоносова, Биологический факультет, ауд.  
389.

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

Автореферат разослан 8 ноября 2011 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 501.001.55  
кандидат биологических наук



Н.В. Карташева

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Многие реки являются основой формирования и развития городов и в настоящее время испытывают их интенсивное антропогенное воздействие. К таким рекам относится река Москва – водная артерия, протекающая через столицу нашей страны.

Одним из основных показателей в системе гидробиологического мониторинга водотоков является фитопланктон, изменения состояния которого адекватно отражают изменения экологического состояния реки в целом и качества воды в ней (Абакумов, 1977; Михеева, Ганченкова, 1979; Pertti, 1984; Bellinger, Sigeo, 2010). Для более эффективного использования сообщества фитопланктона в оценке состояния речных систем необходимо детальное изучение пространственно-временной изменчивости его структуры.

Если фитопланктон верховья реки Москвы (от Можайского водохранилища до г. Москвы) изучен достаточно подробно (Никитинский, 1912; Савич, Балкашина, 1928; Левшина 1974, Витвицкая 1997; Хромов, 2004; Малашенков, 2009), то для нижнего течения реки (на территории г. Москвы и далее до устья) исследования фитопланктона не столь подробны и многочисленны (Никитинский, 1909; Ганьшина, Смирнов, 1982; Тумбинская, 2006).

Поэтому детальное изучение фитопланктона нижнего течения реки Москвы, а также закономерностей пространственно-временной изменчивости его структурных характеристик с учетом антропогенного воздействия г. Москвы будет способствовать развитию представлений о влиянии города на водоток.

**Цель работы.** Исследовать пространственно-временную изменчивость структурных характеристик фитопланктона нижнего течения реки Москвы в условиях антропогенного воздействия г. Москвы. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- изучить качественный и количественный состав фитопланктона реки Москвы от места ее вхождения на территорию г. Москвы (район Строгино) до устья;
- исследовать особенности изменения структурных характеристик фитопланктона в течение года;
- выявить закономерности пространственной изменчивости структурных характеристик фитопланктона на исследуемом участке реки по мере удаления от г. Москвы;
- провести оценку качества воды по сообществу фитопланктона методами биоиндикации.

**Научная новизна работы.** В нижнем течении реки Москвы выявлено 406 видовых и внутривидовых таксонов водорослей, из которых 181 таксон указан для данного участка реки впервые. Установлено интенсивное развитие фитопланктона в зимний период в 3 км ниже г. Москвы, что в первую очередь обусловлено повышенными температурами воды в результате сброса в реку больших объемов теплых сточных вод города. На основании анализа структурных показателей фитопланктона определена протяженность участка реки Москвы, на котором проходит основное самоочищение от стоков города.

**Практическая значимость работы.** Полученные результаты существенно дополняют сведения по пространственно-временной изменчивости фитопланктона в реке Москве под влиянием города-мегаполиса и могут найти широкое применение в системе гидробиологического мониторинга рек.

**Личный вклад соискателя.** Соискателем обоснована тема, определены цели и задачи работы, а также методы анализа материала. Соискатель самостоятельно собрал и обработал большое количество проб, провел анализ полученных результатов, обобщил и представил полученный материал, сформулировал выводы.

**Основные положения, выносимые на защиту.**

1. Качественный и количественный состав фитопланктона в реке ниже г. Москвы в зимний период определяется высокими температурами поступающих в реку сточных вод станций аэрации;
2. характер изменения структурных характеристик фитопланктона по тракту показывает, что процесс самоочищения реки от поступающих в нее стоков г. Москвы в основном завершается на расстоянии 50-60 км ниже города;
3. качество воды нижнего течения реки Москвы в целом соответствует  $\beta$ -мезосапробной зоне (умеренно-загрязненные воды).

**Апробация работы.** Основные результаты работы были доложены на Всероссийской школе-семинаре «Проблемы современной альгологии» (Уфа, 2008); на научно-практической конференции с международным участием «Современные фундаментальные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод России» (Азов, 2009); на конференции МОИП, посвященной 200-летию первой комплексной экспедиции МОИП (Москва, 2009); на научной конференции с международным участием «Современные проблемы гидрохимии и формирования качества вод» (Азов, 2010); на международной научно-практической конференции «Экологические проблемы речных экосистем» (Минск, 2010); на XIV Школе-конференции молодых ученых «Биология внутренних вод» (Борок, 2010); на международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии» (Гродно, 2010); на Всероссийской конференции с международным участием «Экология малых рек в XXI веке: биоразнообразие, глобальные изменения и восстановление экосистем» (Тольятти, 2011); на IV Всероссийской конференции по водной токсикологии, посвященной памяти Б.А. Флерова, «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы» и школе-семинаре «Современные методы исследования и оценки качества вод, состояния водных организмов и экосистем в условиях антропогенной

нагрузки» (Борок, 2011); на II Международной конференции «Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем» (Санкт-Петербург, 2011).

**Публикации.** По материалам диссертационной работы опубликовано 19 работ, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

**Структура диссертационной работы.** Диссертационная работа включает введение, 6 глав, заключение, выводы, список литературы и приложение. Диссертация изложена на 170 страницах машинописного текста и включает 10 таблиц, 42 рисунка. Список литературы включает 227 источников (145 отечественных и 82 иностранных наименований работ).

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

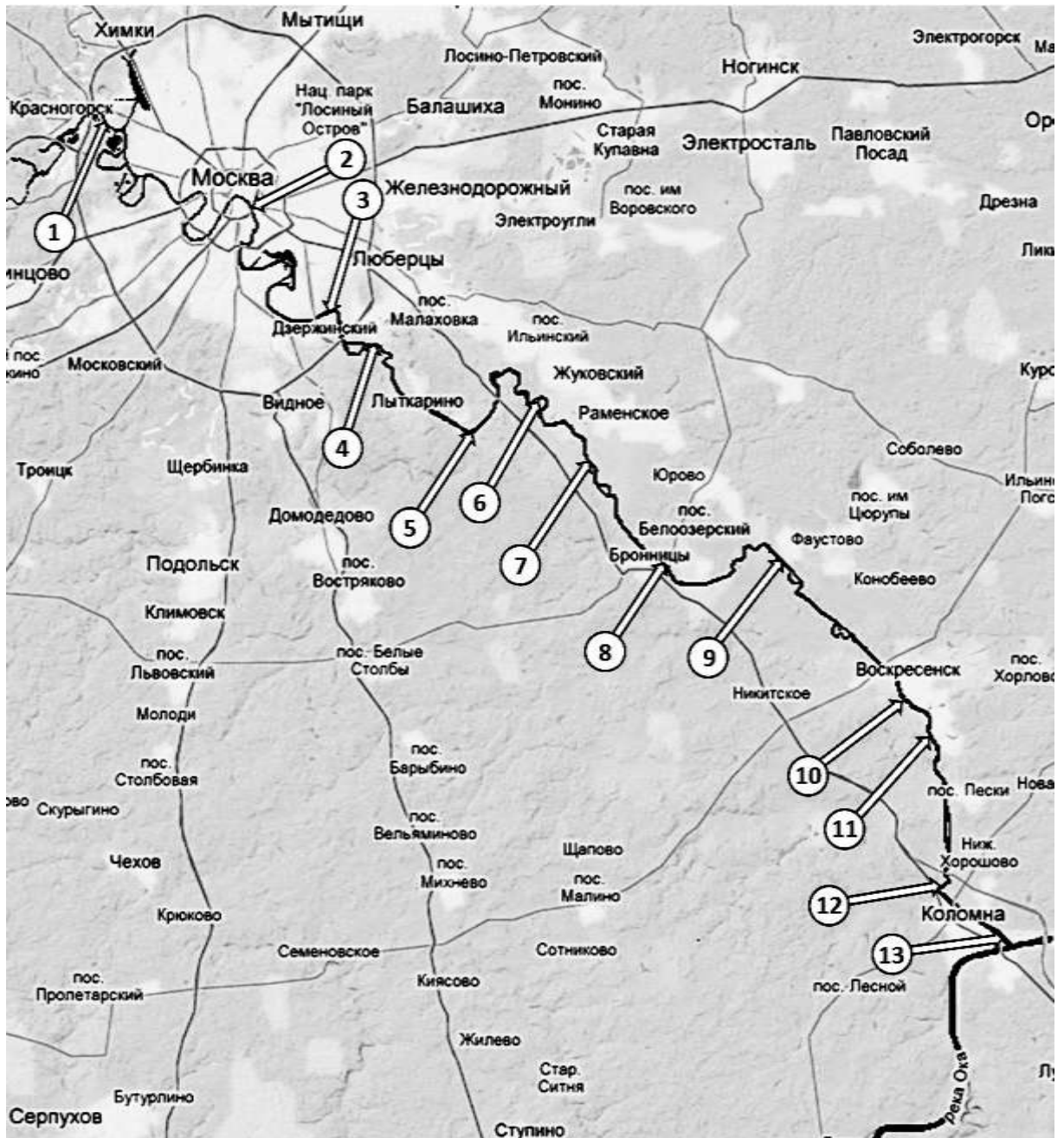
### **Глава 1. Обзор литературы.**

Проведен анализ материалов по использованию сообщества фитопланктона в системе мониторинга пресных вод. Освещены данные по влиянию антропогенного прессинга городов на качественный и количественный состав фитопланктона. Рассмотрены изменения сообщества фитопланктона и качества воды реки Москвы за последнее столетие.

### **Глава 2. Материалы и методы исследований.**

Материалом для исследования пространственной изменчивости фитопланктона послужили пробы, отобранные по тракту реки Москвы протяженностью 190 км от места вхождения реки на территорию г. Москвы (район Строгино) до устья реки (г. Коломна) в летний и осенний периоды вегетационного сезона 2010 г. Общее количество станций отбора проб, которые были расположены с учетом морфометрических и гидробиологических особенностей водотока, а также с учетом типа и степени антропогенной нагрузки, составило 13, из которых 3 станции располагались на территории г. Москвы (Рис. 1).

Исследование годовой динамики фитопланктона реки Москвы проводили с апреля 2009 г по апрель 2010 г. в районе г. Дзержинский в 3 км ниже границы г. Москвы (МКАД) с еженедельной частотой отбора проб.



**Рисунок 1. Расположение станций отбора проб по тракту реки Москвы.**  
 1 - г. Москва (район Строгино); 2 - г. Москва (Котельническая набережная);  
 3 - г. Москва (Братеево); 4 - г. Дзержинский; 5 - с. Верхнее Мячково; 6 - г.  
 Жуковский; 7 - с. Софьино; 8 - г. Бронницы; 9 - с. Фаустово; 10 - г.  
 Воскресенск; 11 - с. Ачкасово; 12 - п. Радужный; 13 - г. Коломна (устье реки).

Отбор и обработку проб проводили общепринятыми методами. Одновременно с отбором проб проводили измерение температуры воды, скорости течения и концентрации кислорода.

Всего было собрано и обработано 176 проб фитопланктона. Определение таксономической принадлежности и подсчет численности

клеток проводили при помощи светового микроскопа Nikon Eclipse E200 с использованием камеры Нажотта. Для определения отдельных видов диатомей изготавливали постоянные препараты методом выжигания. Биомассу водорослей рассчитывали методом геометрического подобия (Hillebrand et al, 1999).

Для оценки качества воды реки Москвы по индикаторным видам фитопланктона были рассчитаны индексы сапробности по Пантле и Букку (Pantle, Buck, 1955) в модификации Сладечека (Сладечек, 1967; Sládeček, 1973), а также индекс органического загрязнения воды по диатомовому комплексу (DAI<sub>po</sub>) по Ватанабе (Watanabe et al., 1986, 1988, 1990).

При анализе структуры фитопланктона использовали общепринятые показатели биологического разнообразия (Песенко, 1982).

Статистический анализ данных проводили с использованием программного пакета STATISTICA 6,1.

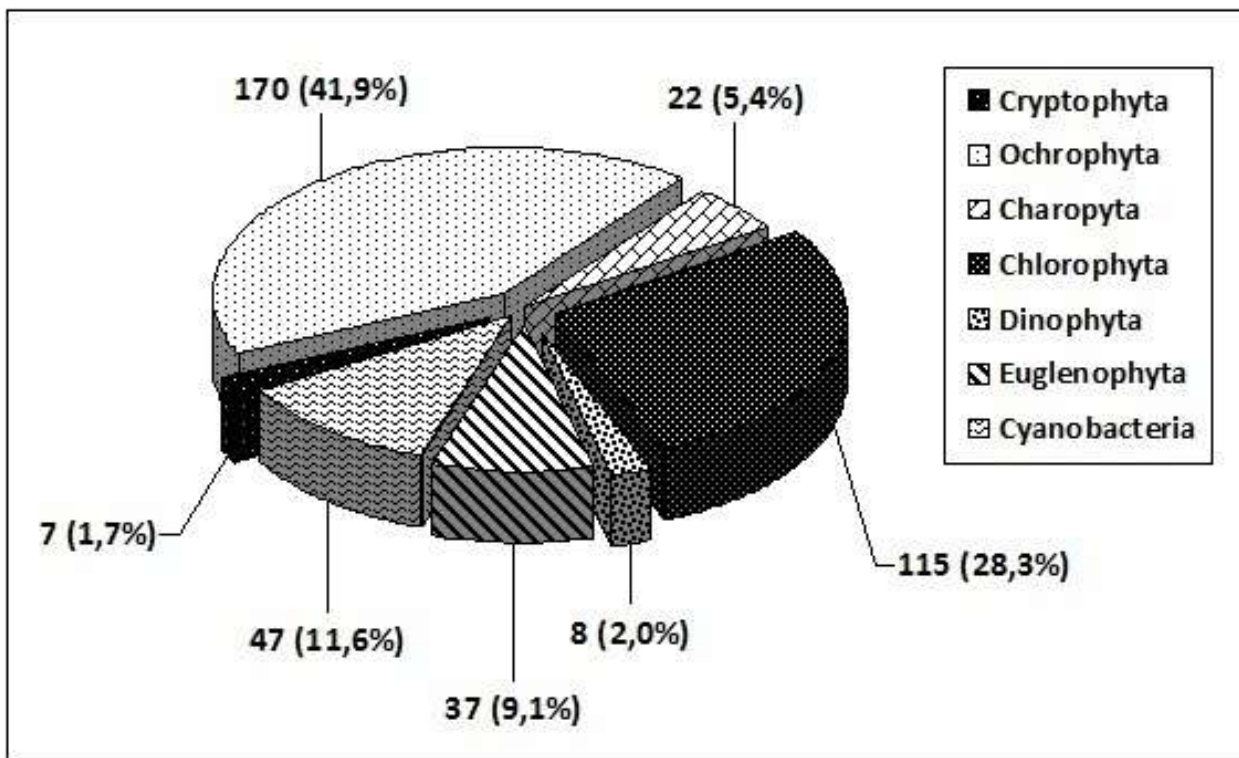
### **Глава 3. Общая характеристика фитопланктона низовья реки Москвы.**

На исследованном участке реки Москвы от района Строгино г. Москвы до устья у г. Коломна было выявлено 406 таксонов видового и внутривидового ранга, относящихся к семи отделам, из которых 181 таксон впервые указан для данного участка реки Москвы.

Наибольшее число зарегистрированных таксонов относится к отделам Ochrophyta и Chlorophyta (Рис. 2). Отдел Ochrophyta представлен 170 таксонами, что составляет 41,9% от общего числа обнаруженных видовых и внутривидовых таксонов. Диатомеи представлены 143 таксонами (35,2% от общего числа выявленных таксонов). Наибольшим числом таксонов в отделе Ochrophyta характеризуется порядок Naviculales, представленный 39 таксонами водорослей. Chlorophyta представлены 115 таксонами (28,3% от общего числа), наибольшим видовым богатством в отделе отличается порядок Sphaeropleales – 59 таксонов.



Фитопланктон нижнего течения реки Москвы отличается большим видовым богатством по сравнению с верховьем реки. Соотношение отделов в таксономическом составе фитопланктона верхнего и нижнего течения реки Москвы в целом сходное. При этом в нижнем течении реки увеличивается доля Ochrophyta и уменьшается доля Chlorophyta и Charophyta.



**Рисунок 2. Таксономический состав фитопланктона нижнего течения реки Москвы.**

По результатам анализа альгофлоры исследованного участка реки Москвы с использованием эколого-географических характеристик (Барина и др., 2000, 2006) было выявлено 350 таксонов (86,2% от общего числа), характеризующихся приуроченностью к определенному местообитанию (Табл. 1). Из них 119 являются планктонными формами водорослей (Р), 93 – бентосными формами (В), а 138 – планктонно-бентосными (Р-В). Соотношение планктонных и бентосных форм водорослей составляет 1,28, что характерно для реопланктона (Кордэ, 1941; Грезе, 1958; Владимирова, 1967). В отделе Ochrophyta по приуроченности к местообитанию было выделено 152 таксона, из которых 85 представляют собой бентосные формы

(P/B = 0,32), практически все из которых являются диатомеями. Столь низким соотношением планктонных и бентосных форм Ochrophyta сильно отличается от других отделов, представленных в подавляющем большинстве планктонными и планктонно-бентосными формами. Среди водорослей отдела Chlorophyta по тому же критерию был выделен 101 таксон – в основном планкто-бентосные и планктонные формы (P/B = 19). По приуроченности к местообитанию было выделено 42 таксона Cyanobacteria (P/B = 8), 30 таксонов Euglenophyta (P/B = 13) и 16 таксонов Charophyta (P/B = 4,5). Полное отсутствие бентосных форм наблюдается у Dinophyta (было выделено 4 таксона) и Cryptophyta (5 таксонов), причем последние представлены исключительно планктонными формами.

Из 292 таксонов, характеризующихся приуроченностью к определенной географической зоне, большую часть обнаруженных водорослей составляли виды-космополиты (94,2%) (Табл. 1).

Исследованный участок тракта реки Москвы отличается низкими скоростями течения (0,05-0,3 м/с), что обуславливает наличие большого числа видов, характерных для лентически-лотических (148 таксонов) и лентических (47 таксонов) экосистем (Табл. 1).

По температурной приуроченности преобладают эвритермы/индифференты (88,1 % индикаторов); по отношению к галобности воды – олигогалобы-индифференты (75,5% индикаторов); к активной реакции воды – индифференты/нейтрофилы и алкалифилы (по 44,3% индикаторов) (Табл. 1).

Таким образом, фитопланктон нижнего течения реки Москвы представлен в подавляющем большинстве пресноводными космополитными видами, имеющими оптимумы развития при средних температурах, приуроченными к водным объектам с замедленным течением и щелочной или нейтральной реакцией воды.

Таблица 1.

## Эколого-географический анализ альгофлоры.

Критерий, число индикаторов и их % от общего числа таксонов	Группы	Число таксонов	%
Географическая приуроченность (292 таксона – 71,9%)	Космополиты	274	94,2
	Бореальные	14	4,8
	Аркто-альпийские	3	0,7
Приуроченность к местообитанию (350 таксонов – 86,2%)	Планктонные	119	34,0
	Планктонно-бентосные	138	39,4
	Бентосные	93	26,6
Реофильность (199 таксонов – 49%)	Стоячие	47	23,6
	Текучие	3	1,5
	Стояче-текучие и/или индифференты	148	74,4
	Аэрофилы	1	0,5
Температурная приуроченность (67 таксонов – 16,5%)	Тепловодные	3	4,6
	Эвритермы и/или индифференты	59	88,1
	Холодноводные	5	7,5
Галобность (261 таксон – 64,3%)	Олигогалобы	8	3,1
	Олигогалобы-галофобы	14	5,4
	Олигогалобы-индифференты	197	75,5
	Олигогалобы-галофилы	31	11,9
	Мезогалобы	11	4,2
Ацидификация (167 таксонов – 41,1%)	Алкалибионты	6	3,6
	Алкалифилы	74	44,3
	Индифференты и/или нейтрофилы	74	44,3
	Ацидофилы	13	7,8

#### Глава 4. Временная изменчивость фитопланктона реки Москвы ниже г. Москвы.

За годовой период на станции г. Дзержинский было выявлено 323 видовых и внутривидовых таксона водорослей. Наибольшим видовым разнообразием характеризуется отдел Ochrophyta, представленный 138 таксонами (42,7% от общего числа таксонов видового и внутривидового ранга). Из них 117 являются диатомеями (36,2% от общего числа). Chlorophyta представлены 88 таксонами (27,2% от общего числа), Cyanobacteria – 43 таксонами (13,3%), Euglenophyta – 27 таксонами (8,4%), Charophyta – 14 таксонами (4,3%). Наименее представлены отделы Dinophyta – 7 таксонов (2,2%), и Cryptophyta – 6 таксонов (1,9%).

Фоновым видом для данной станции является диатомея *Fragilaria capucina* Desm., зарегистрированная во всех пробах на протяжении года. Близки к фоновым такие виды как *Cryptomonas erosa* Ehr., *C. ovata* Ehr. (отдел Cryptophyta), *Phacotus lenticularis* (Ehr.) Stein (Chlorophyta), *Melosira varians* Ag., *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère, *Stephanodiscus hantzschii* Grun. (Ochrophyta) и *Trachelomonas volvocina* (Ehr.) Ehr. (Euglenophyta).

В течение года общее число таксонов изменяется от 24 (в январе) до 91 (в августе). При этом максимальное видовое богатство отдела Ochrophyta отмечено в декабре (51 таксон), а Chlorophyta и Cyanobacteria – в конце июля (36 и 12 таксонов соответственно).

Общая численность фитопланктона в течение года изменяется от 412 тыс. кл/л (середина января) до 31,08 млн. кл/л (середина августа), а биомасса от 0,2 мг/л (в январе) до 47,09 мг/л (в августе) (Рис. 3).

В зимний период численность фитопланктона достаточно высока (не менее 400 тыс. кл/л) и в отдельные дни превышает 2 млн. кл/л за счет развития цианобактерии *Aphanocapsa incerta* (Lemm.) Cronb. et Kom., что обусловлено повышенной температурой воды в реке в это время (около 8 °С) за счет сброса теплых стоков со станций аэрации г. Москвы.

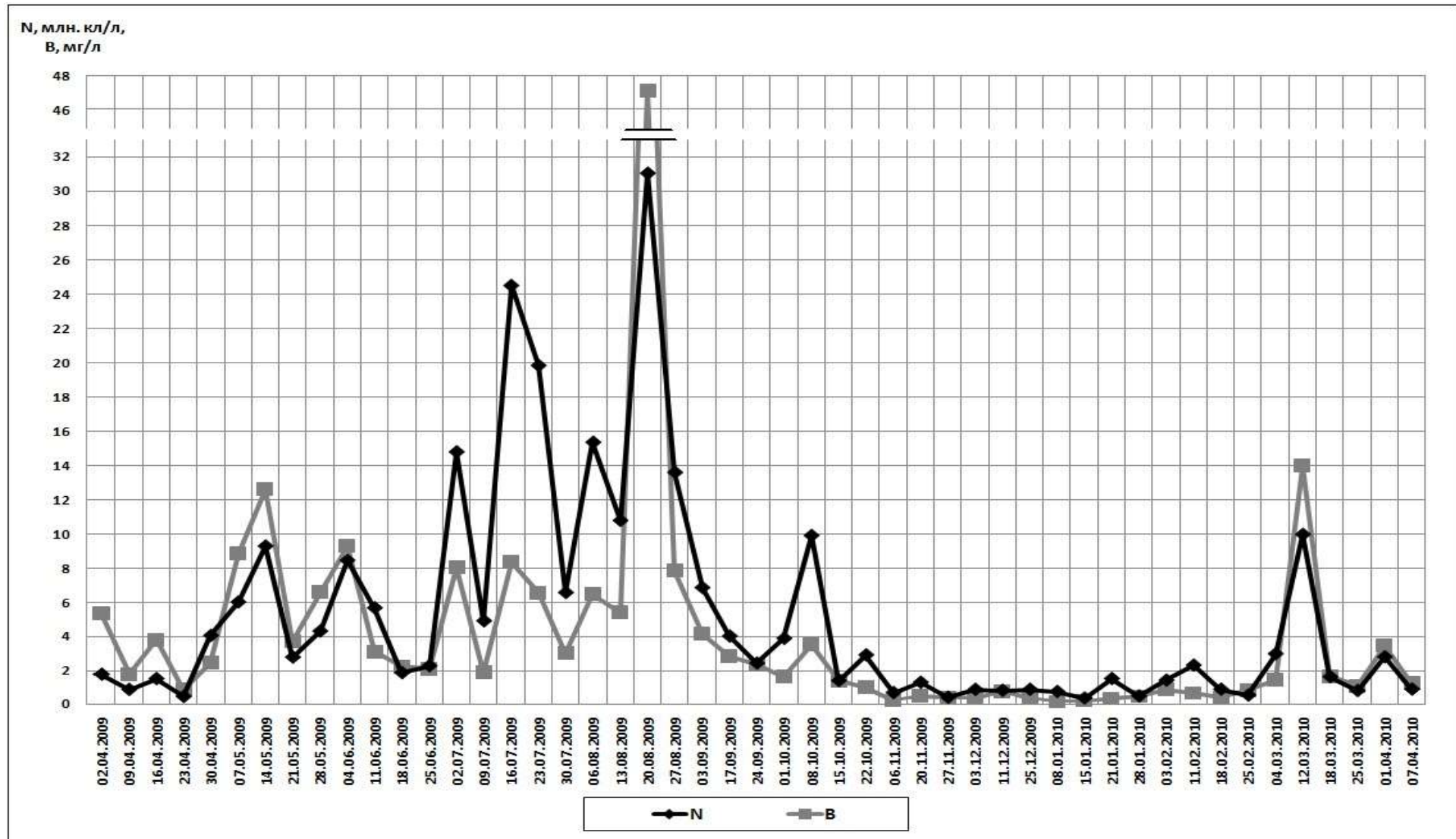


Рисунок 3. Годовая динамика численности (N) и биомассы (B) фитопланктона на станции г. Дзержинский в 2009-2010 гг.

Другой выявленной особенностью временной динамики фитопланктона на данном участке реки Москвы является массовое развитие фитопланктона в период летней межени (середина июня - начало августа), в отличие от верховьев реки, где обычно наблюдается спад численности фитопланктона в этот период (Витвицкая, Хромов, 1991; Малашенков, 2006) (Рис. 3).

Наибольший вклад в формирование численности фитопланктона в течение года вносят Cyanobacteria (43,4% общей годовой численности), Ochrophyta (28,5%) и Chlorophyta (17,0%). Численность диатомей составляет 26,1% от общей годовой численности фитопланктона.

В отличие от численности, более половины годовой биомассы фитопланктона приходится на водоросли отдела Ochrophyta (58,6%).

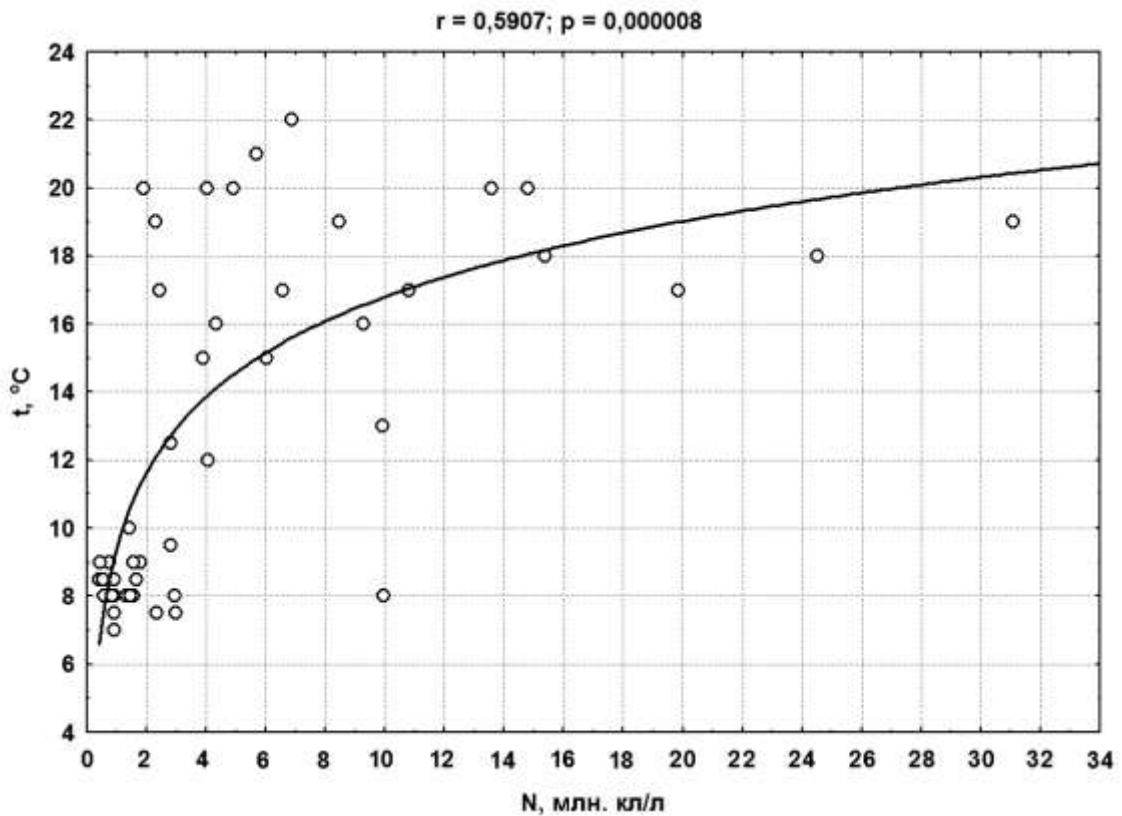
Наибольшие значения численности отмечены для цианобактерий *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz. (в середине июля и середине августа) и *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. et Kom. (в конце августа и в начале октября). По биомассе в отдельные месяцы доминируют диатомеи *S. hantzschii* Grun. (май - начало июня) и *M. varians* Ag. (середина августа), а в остальное время выраженного доминирования каких-либо видов не наблюдается.

Сравнительный анализ динамики численности фитопланктона и скорости течения показал, что скоростные характеристики не влияют на развитие фитопланктона, поскольку на данном участке реки они очень низкие и составляют 0,05-0,2 м/с.

Между численностью фитопланктона и температурой наблюдается положительная корреляция ( $r = 0,5907$ ;  $p = 0,000008$ ) (Рис. 4).

## **Глава 5. Пространственная изменчивость фитопланктона нижнего течения реки Москвы.**

В ходе летней и осенней съемок 2010 г. на изученном участке реки было выявлено 232 таксона водорослей видового и внутривидового ранга. Из них наибольшее число относится к отделу Ochrophyta, представленному 95 таксонами (40,9% от общего числа видовых и внутривидовых таксонов), из



**Рисунок 4. Зависимость общей численности фитопланктона (N) от температуры воды (t).**

которых 85 являются диатомеями (36,6% от общего числа). Chlorophyta представлены 81 таксоном (34,9% от общего числа), Cyanobacteria – 20 таксонами (8,6%), Euglenophyta – 18 (7,8%), Charophyta – 9 (3,9%). Наименьшим видовым богатством характеризуются отделы Dinophyta – 5 таксонов (2,2%) и Cryptophyta – 4 таксона (1,7%).

Фоновыми видами и летом и осенью являются *C. erosa* Ehr., *C. marssonii* Skuja, *C. ovata* Ehr. (отдел Cryptophyta), *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim., *S. hantzschii* Grun., *S. hantzschii* var. *pusilla* Grun., *Microglena monadina* Ehr. (Ochrophyta) и *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb. (Chlorophyta).

Общее число видовых и внутривидовых таксонов на разных станциях изменяется от 41 до 92 в июне и от 49 до 76 в сентябре. При этом в июне наблюдается последовательное увеличение числа таксонов фитопланктона на станциях от г. Москвы вниз по течению реки вплоть до г. Бронницы. В сентябре такая тенденция не прослеживается.

Динамика численности и биомассы фитопланктона в июне и сентябре различается (Рис. 5 а, б). В июне численность варьирует в пределах от 72 тыс. кл/л до 9,36 млн. кл/л, биомасса от 0,24 мг/л до 7,11 мг/л, а в сентябре – от 89 тыс. кл/л до 14 млн. кл/л и от 0,91 мг/л до 6,34 мг/л соответственно.

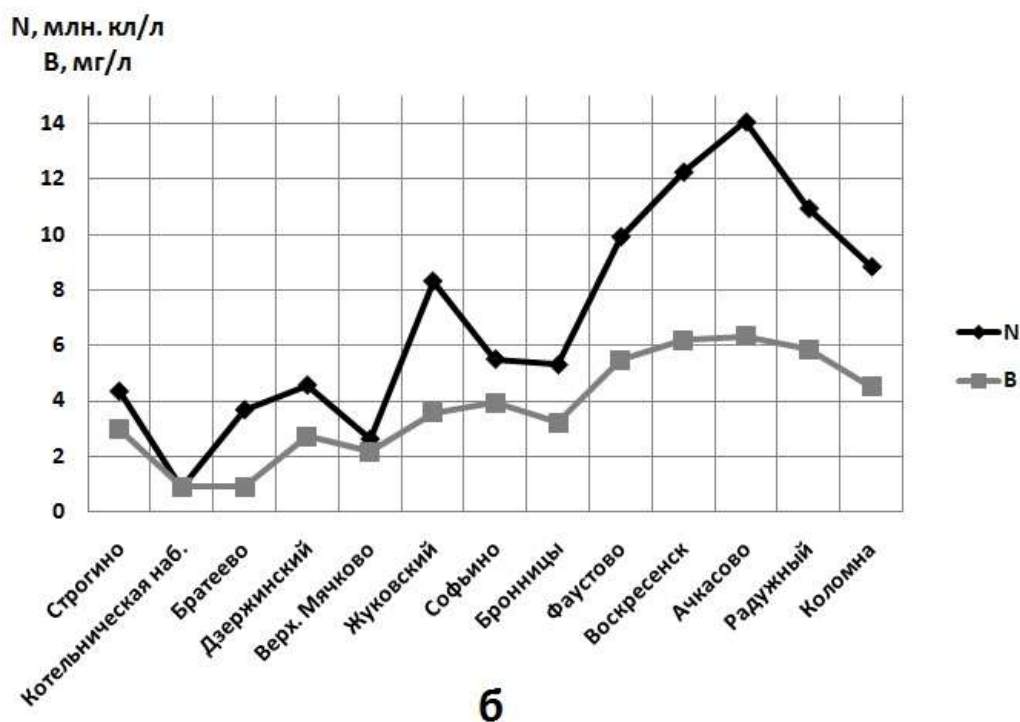
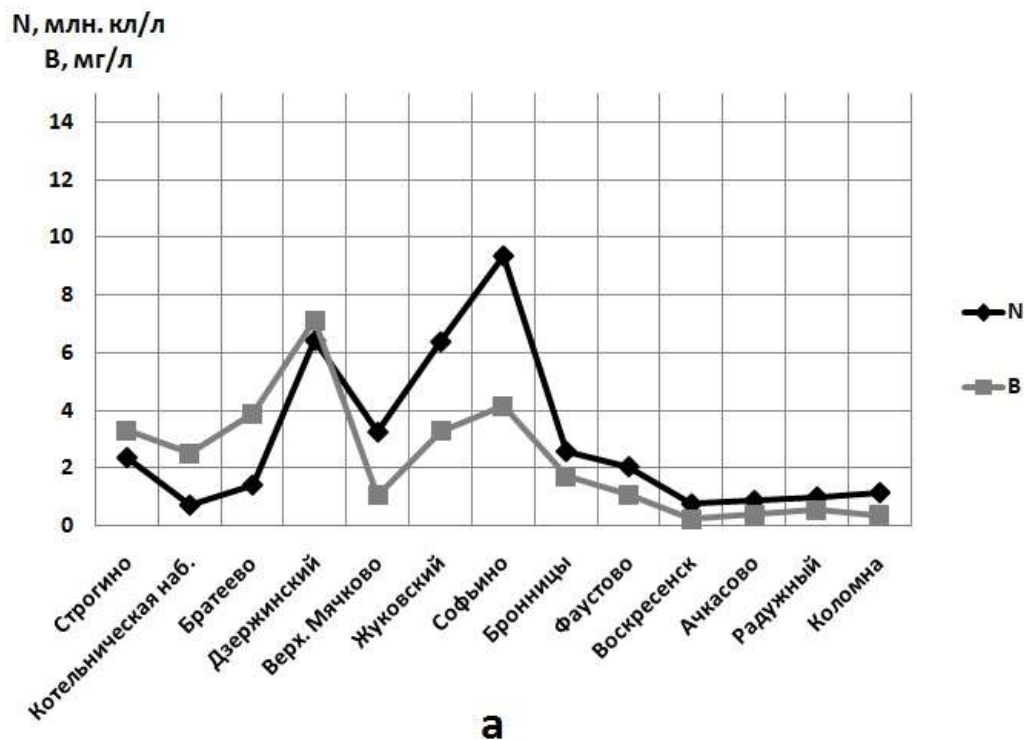


Рисунок 5. Динамика общей численности (N) и биомассы (B) фитопланктона по тракту реки Москвы в июне (а) и сентябре (б).



Наибольший вклад в формирование численности фитопланктона в июне вносят Cyanobacteria (35,7% общей численности), Chlorophyta (31,8%) и Ochrophyta (27,9%, при этом численность диатомей составляет 23,0% от общей). В сентябре по численности доминируют те же отделы, что и в июне, однако их вклад в общую численность изменяется: Ochrophyta – 44,6% (на диатомеи приходится 43,7% от общей численности), Cyanobacteria – 31,8%, Chlorophyta – 19,8%. По биомассе как в июне, так и в сентябре доминируют водоросли отдела Ochrophyta (77,2% общей биомассы).

В июне наибольшая численность зарегистрирована для цианобактерии *Pseudoanabaena galeata* Böcher. (4,07 млн. кл/л на станции г. Дзержинский, что составляет 63,3% от общей численности фитопланктона на данной станции), а наибольшая биомасса для диатомеи *M. varians* Ag. (3,83 мг/л – 61,6% от общей биомассы) на той же станции. В сентябре основным видом-доминантом как по численности, так и по биомассе является диатомея *A. granulata* (Ehr.) Sim., достигающая максимального развития на станции с. Ачкасово – 5,31 млн. кл/л (52,4% от общей численности), 4,53 мг/л (72,8% от общей биомассы).

Многомерный анализ структурных характеристик фитопланктона (число видов, численность, биомасса) исследованного участка реки Москвы позволил выделить две группы станций – до участка Софьино – Бронницы и от Бронниц до устья реки (Рис. 6).

Такое разделение тракта указывает на существенную перестройку структуры фитопланктонного сообщества на участке Софьино – Бронницы. Рассматривая изменчивость биомассы видов (Рис. 7) по тракту реки, можно видеть, что значительные изменения наблюдаются именно в этом районе.

Вклад отделов в численность фитопланктона на выделенных участках реки различен. В черте г. Москвы и далее по тракту до г. Бронницы численность фитопланктона формируется в основном за счет Cyanobacteria и Ochrophyta. По мере удаления от г. Москвы возрастает доля водорослей отдела Chlorophyta. На участке Бронницы – Коломна в июне доминируют

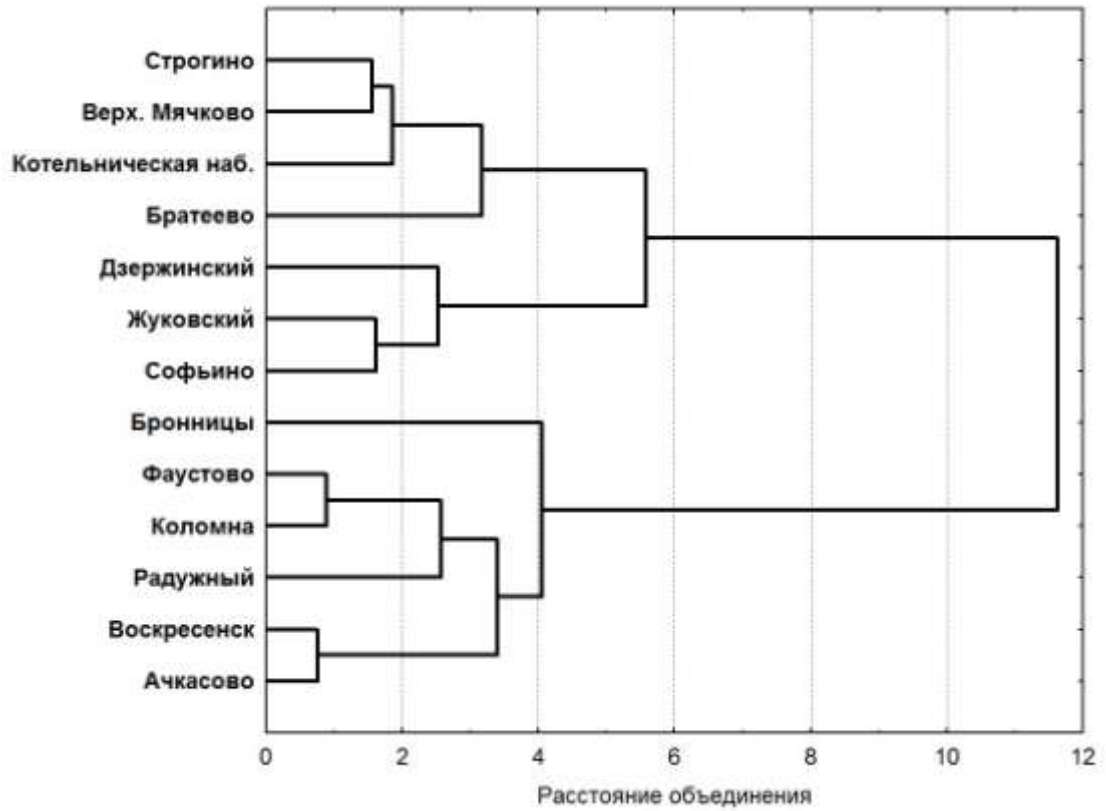


Рисунок 6. Структура фитопланктона реки Москвы в нижнем течении.

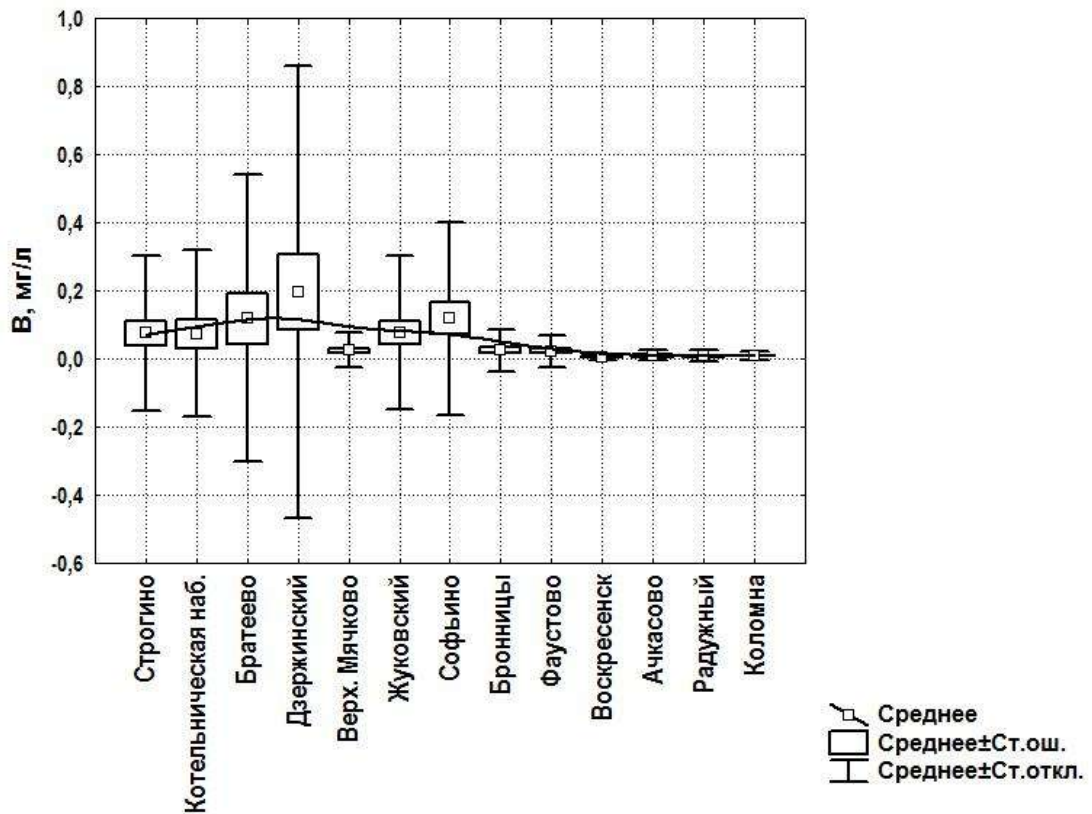


Рисунок 7. Изменчивость биомассы видов фитопланктона по тракту реки Москвы в июне.

водоросли отдела Chlorophyta, а в сентябре совместно доминируют Ochrophyta, Chlorophyta и Cyanobacteria.

Динамика относительного сходства структуры фитопланктона между станциями показывает существенное отличие первого участка (Строгино – Софьино), где уровень относительного сходства между станциями низкий, от второго (Бронницы – Коломна), для которого уровень относительного сходства существенно выше, что говорит о наличии более однородных условий на данном участке реки (Рис. 8).

Таким образом, пространственное распределение фитопланктона на исследованном участке реки Москвы показывает, что на участке Софьино – Бронницы (50-60 км от МКАД) происходят значительные изменения структуры всего сообщества, что может быть объяснено снижением влияния городских стоков по мере удаления от г. Москвы в результате самоочищения реки. В районе Софьино – Бронницы завершается процесс основного самоочищения водных масс реки от веществ, поступающих со стоками очистных сооружений КСА (выпуск до станции Братеево) и ЛСА (выпуски перед станцией г. Жуковский). На первом участке (до Софьино – Бронницы) сообщество фитопланктона формируется под влиянием сточных вод, а далее начинается тракт «нормальной» в основном очищенной от стоков реки, где структура фитопланктона определяется естественными факторами. Это подтверждается тем, что изменения численности и биомассы фитопланктона в июне и сентябре на участке от Бронниц до устья реки (Рис. 4 а, б) соответствуют естественной сезонной динамике развития фитопланктона в верховье реки Москвы – падение численности и биомассы в летнюю межень (вторая половина июня – начало августа) и массовое развитие фитопланктона в сентябре (Малашенков, 2009).

О завершении к участку Софьино – Бронницы процесса самоочищения реки также свидетельствуют изменение ряда гидрохимических показателей. Так наименьшая концентрация растворенного кислорода зарегистрирована на незначительном удалении от выпусков КСА (5,13 мг/л на станции Братеево)

(Рис. 9). Далее по тракту концентрация кислорода возрастает до станции с. Софьино (8,41 мг/л), а затем до устья реки варьирует незначительно.

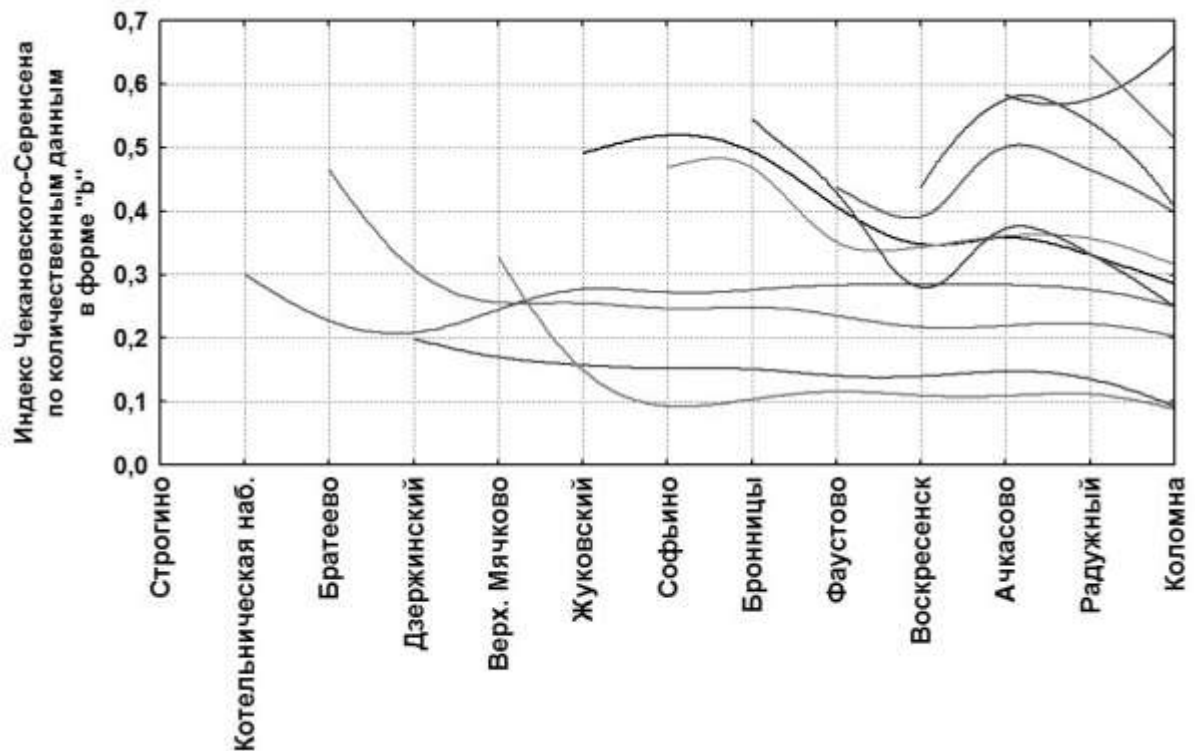


Рисунок 8. Уровни относительного сходства структуры фитопланктона по тракту реки Москвы.

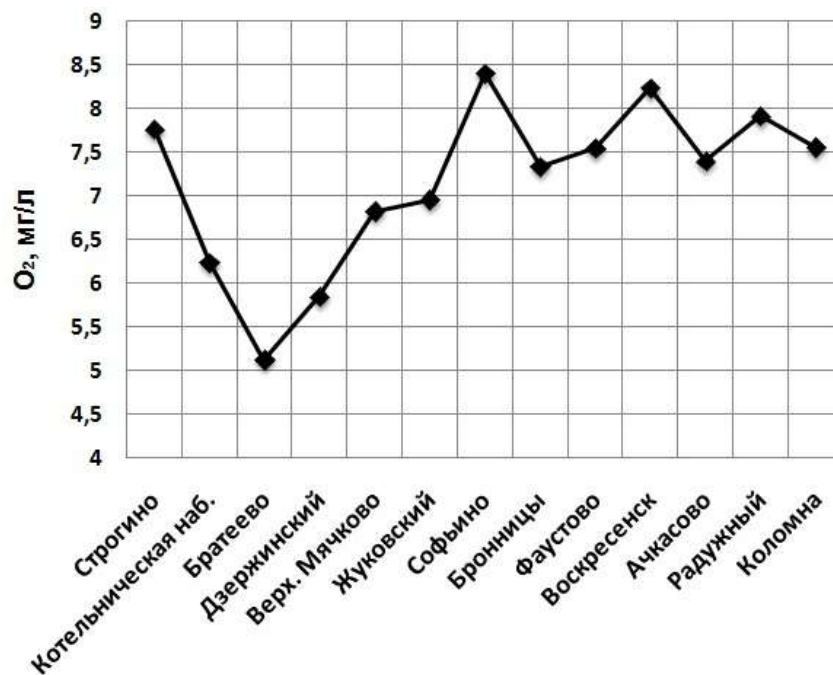
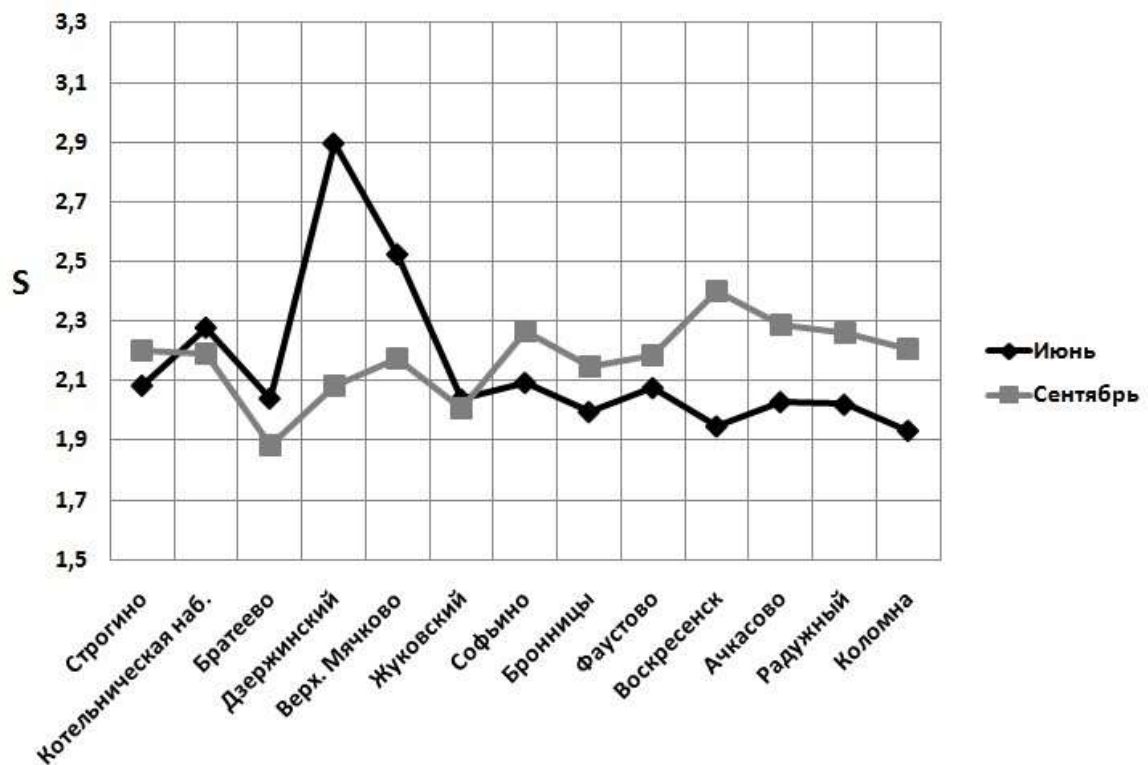


Рисунок 9. Изменение концентрации кислорода в нижнем течении реки Москвы.

Кроме того, по данным Н.М. Щегольковой (Щеголькова, 2007; Щеголькова, Венецианов, 2011) полное окисление органического вещества, поступающего в реку Москву со сточными водами, завершается примерно на расстоянии 50 км от МКАД, что соответствует району Софьино – Бронницы, а содержание общего азота на этом расстоянии уменьшается в несколько раз.

### Глава 6. Оценка качества воды нижнего течения реки Москвы.

При расчете значений индекса сапробности по Пантле и Букку в модификации Сладечека было использовано 305 индикаторных таксонов. В целом значения сапробности воды по тракту реки в 2010 г. изменялись в пределах  $\beta$ -мезосапробной зоны (умеренно-загрязненные воды) (Рис. 10).



**Рисунок 10. Сапробность воды реки Москвы по индексу Пантле и Букка в модификации Сладечека в июне и сентябре 2010 г.**

Исключением являлись лишь станции г. Дзержинский и с. Верхнее Мячково, на которых в июне значения сапробности соответствовали  $\alpha$ -мезосапробной зоне (загрязненные воды), что вероятно связано с более интенсивным сбросом сточных вод в этот период, поскольку в сентябре на этих станциях

была зарегистрирована  $\beta$ -мезосапробная зона загрязнения. В течение года в районе станции Дзержинский значения сапробности воды также в целом соответствовали  $\beta$ -мезосапробной зоне.

При расчете значений диатомового индекса DA<sub>Pro</sub> было использовано 105 индикаторных таксонов. Среднее значение индекса по тракту реки составляло 51,62 в июне и 49,58 в сентябре, что по мнению ряда авторов (Баринаова, Медведева, 1996; Баринаова и др., 2000) соответствует границе олиго- и  $\beta$ -мезосапробной зон.

Значения обоих индексов качества воды на исследованном участке реки Москвы сходны с указанными для верхнего течения реки (Витвицкая, 1991; Малашенков, 2009).

## **ВЫВОДЫ**

1. В собранном материале определено 406 видовых и внутривидовых таксонов водорослей, относящихся к 7 отделам. Из них 181 таксон для альгофлоры нижнего течения реки Москвы указан впервые.

2. В таксономическом составе фитопланктона нижнего течения реки Москвы преобладают водоросли отделов Ochrophyta (170 видовых и внутривидовых таксона) и Chlorophyta (115 таксонов).

3. Фитопланктон нижнего течения реки Москвы представлен в подавляющем большинстве пресноводными космополитными видами, имеющими оптимумы развития при средних температурах, приуроченными к водным объектам с замедленным течением и щелочной или нейтральной реакцией воды.

4. Особенности годовой динамики фитопланктона являются высокие значения численности и биомассы в зимний период (до 2,33 млн. кл/л и 0,93 мг/л соответственно), что связано с влиянием теплых стоков со станций аэрации, и массовое развитие фитопланктона в период летней межени (конец июня – начало августа).

5. В нижнем течении реки Москвы выделено два участка тракта, различающихся по структуре фитопланктонного сообщества: до района

Софьино – Бронницы и от него до устья реки. На первом участке основной вклад в общую численность фитопланктона на протяжении всего года вносят Cyanobacteria и Ochrophyta. На втором участке в июне доминируют водоросли отдела Chlorophyta, а в сентябре совместно доминируют Ochrophyta, Chlorophyta и Cyanobacteria. По биомассе на обоих участках в течение всего года доминируют водоросли отдела Ochrophyta.

6. Характер изменения структурных характеристик фитопланктона по тракту показывает, что процесс самоочищения реки Москвы от поступающих в нее стоков г. Москвы в основном завершается на расстоянии 50-60 км ниже города.

7. Оценка качества воды показала, что воды нижнего течения реки Москвы относятся к  $\beta$ -мезосапробной зоне (умеренно-загрязненные воды).

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

1. *Ростанец Д.В., Хазанова К.П., Хромов В.М.* Применимость разных типов водных сообществ для экспресс-оценки качества воды малых водотоков // Естественные и технические науки. М.: «Компания Спутник+», 2011. № 4 (54). С. 196-198.
2. *Ростанец, Д.В., Хромов В.М. Хазанова К.П.* Состав и таксономическая структура фитопланктона нижнего течения реки Москвы // Естественные и технические науки. М.: «Компания Спутник+», 2011. № 5 (55). С. 151-153.
3. *Ростанец, Д.В., Хромов В.М., Недосекин А.Г.* Годовая динамика фитопланктона в нижнем течении реки Москвы // Естественные и технические науки. М.: «Компания Спутник+», 2011. № 5 (55). С. 148-150.
4. *Ростанец Д.В., Хромов В.М., Недосекин А.Г., Хазанова К.П.* Пространственное распределение фитопланктона в реке Москве ниже города Москвы // Вестник Российской академии естественных наук. М., 2011. Т. 11. № 4. С. 69-74.

**Список работ, опубликованных по теме диссертации в других изданиях:**

1. *Хромов В.М., Малащенко Д.В., Недосекин А.Г., Смирнова Я.Ю., Ростанец Д.В.* Изменчивость структурных характеристик фитопланктона в условиях канал – насосная станция – река – водохранилище // *Материалы Всероссийской школы-семинара «Проблемы современной альгологии»* (г. Уфа, 7-9 октября 2008 г.). Уфа, 2008. С. 133-136.
2. *Ростанец Д.В., Недосекин А.Г., Хромов В.М.* Оценка влияния города Москвы на качество воды реки Москвы. // *Материалы научно-практической конференции с международным участием «Современные фундаментальные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод России»* (г. Азов, 8-10 июня 2009 г.). Ростов-на-Дону, 2009. Часть 1. С. 187-189.
3. *Недосекин А.Г., Малащенко Д.В., Ростанец Д.В., Хромов В.М.* Результаты исследования фитопланктона у берега и на стрежне реки Москвы // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел Биологический*. Т. 114, выпуск 3. М.: 2009. Приложение 1. Часть 2. С. 110-115.
4. *Хромов В.М., Недосекин А.Г., Малащенко Д.В., Ростанец Д.В., Карташева Н.В.* Пространственная изменчивость фитопланктона в реке Москве // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел Биологический*. Т. 114, выпуск 3. 2009. Приложение 1. Часть 3. М., 2009. С. 265-270.
5. *Недосекин А.Г., Малащенко Д.В., Ростанец Д.В., Хромов В.М.* // *Пространственно-временная изменчивость показателей качества воды в речных условиях* // *Материалы научной конференции (с международным участием) «Современные проблемы гидрохимии и формирования качества вод»* (г. Азов, 27-28 мая 2010 г.). Ростов-на-Дону, 2010. С. 243-246.
6. *Малащенко Д.В., Недосекин А.Г., Ростанец Д.В., Хромов В.М.* Сравнительная оценка индексов качества воды в реке Москве // *Тезисы Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы речных экосистем»* (г. Минск, 21-23 сентября 2010 г.). Минск, 2010. С. 37-38.



7. Малашенков Д.В., Недосекин А.Г., Ростанец Д.В., Хромов В.М. Использование разных групп водорослей фитопланктона для оценки качества воды в реке // Тезисы Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы речных экосистем» (г. Минск, 21-23 сентября 2010 г.). Минск, 2010. С. 39-40.
8. Ростанец Д.В., Хазанова К.П., Хромов В.М. Разработка метода экспресс-диагностики качества воды малых рек // Тезисы Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы речных экосистем» (г. Минск, 21-23 сентября 2010 г.). Минск, 2010. С. 57-58.
9. Ростанец Д.В. Влияние мегаполиса на структуру фитопланктона реки // Тезисы докладов XIV Школы-конференции молодых ученых «Биология внутренних вод» (п. Борок, 26-30 октября 2010 г.). Борок, 2010. С. 45.
10. Ростанец Д.В. Влияние антропогенной нагрузки мегаполиса на структуру фитопланктона реки Москвы // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии» (г. Гродно, 27-29 октября 2010 г.). Гродно, 2010. С. 268-270.
11. Хромов В.М., Карташева Н.В., Недосекин А.Г., Малашенков Д.В., Ростанец Д.В. Гидробиологическое обследование реки Москвы в районе Звенигородской биологической станции им. С.Н. Скадовского // Труды Звенигородской биологической станции имени С.Н. Скадовского. Т. 5 / Под ред. Н.Г. Улановой, В.М. Гаврилова. М.: «Гриф», 2010. С. 180-183.
12. Карташева Н.В., Малашенков Д.В., Недосекин А.Г., Ростанец Д.В., Хромов В.М. Особенности распределения планктона в реке Москве // Тезисы докладов Всероссийской конференции с международным участием «Экология малых рек в XXI веке: биоразнообразие, глобальные изменения и восстановление экосистем» (г. Тольятти, 12-15 сентября 2011 г.). Тольятти, 2011. С. 78
13. Ростанец Д.В., Малашенков Д.В. Влияние мегаполиса на развитие фитопланктона в реке // Материалы IV Всероссийской конференции по водной токсикологии, посвященной памяти Б.А. Флерова, «Антропогенное

влияние на водные организмы и экосистемы» и школы-семинара «Современные методы исследования и оценки качества вод, состояния водных организмов и экосистем в условиях антропогенной нагрузки» (п. Борок, 24-29 сентября 2011 г.). Борок, 2011. Ч. 2. С. 54-57.

14. *Малашенков Д.В., Ростанец Д.В., Недосекин А.Г.* Эвгленовые водоросли как показатели качества воды в речных условиях // Тезисы докладов II Международной конференции «Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем» (г. Санкт-Петербург, 10-14 октября 2011 г.). СПб., 2011. С. 106.

15. *Ростанец Д.В., Малашенков Д.В., Недосекин А.Г.* Сравнительная характеристика фитопланктона реки Москвы выше и ниже города Москвы // Тезисы докладов II Международной конференции «Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем» (г. Санкт-Петербург, 10-14 октября 2011 г.). СПб., 2011. С. 140.