

На правах рукописи

Ташлыкова Наталия Александровна

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ
ФИТОПЛАНКТОНА
ДЕЛЬТОВЫХ ПРОТОК РЕКИ СЕЛЕНГИ И СОРА ЧЕРКАЛОВО
(ОЗ. БАЙКАЛ)**

03.00.16 – экология
03.00.18 – гидробиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Улан-Удэ - 2009

Работа выполнена в Институте природных ресурсов, экологии и криологии
Сибирского отделения Российской Академии наук, г. Чита

Научные руководители: доктор биологических наук,
Г.И. Поповская
кандидат биологических наук,
доцент М.Ц. Итигилова

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,
профессор Д.И. Стом
кандидат биологических наук,
доцент Т.Г. Басхаева

Ведущая организация: Забайкальский государственный гуманитарно-
педагогический университет им. Н.Г. Чернышев-
ского

Защита диссертации состоится «25» декабря 2009 г. в 13 часов на заседании
диссертационного совета Д.212.022.03 по защите докторских диссертаций
при Бурятском государственном университете по адресу: 670000, г. Улан-
Удэ, ул. Смолина, 24а, конференц-зал.

Факс: (3012) 210588, e-mail: d21202203@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Бурятского
государственного университета по адресу: 670000, г. Улан-Удэ, ул. Смоли-
на, 24а.

Автореферат разослан “__” _____ 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Н.А. Шорноева

Введение

Актуальность исследований: Дельта реки Селенги – это уникальный природный район с высоким естественным потенциалом и биологическим разнообразием. Он имеет огромное практическое и хозяйственное значение: осенью река Селенга является основным местом нереста омуля, мелкие водоемы дельты реки ценны как места гнездований птиц, большинство островов дельты – хорошие сенокосные угодья и пастбища, крупные протоки судоходны. Соры озера Байкал играют большую роль в повышении продуктивности прилегающих к ним районов озера, в вылове рыб, являются местами откорма, где подрастает скатывающаяся молодь генеративно-речных видов.

В связи с интенсивным хозяйственным освоением региона, возникает необходимость проведения наблюдений за состоянием биологического разнообразия водной среды. Приоритетное значение отводится исследованиям состояния фитопланктона, как первичного звена трофической цепи, во многом определяющего структуру и функционирование водной экосистемы в целом (Габышев, 1999). Знание особенностей видового состава водорослей планктона, основных закономерностей их количественного развития по сезонам и межгодовой динамики необходимо для понимания процессов, протекающих в водоеме.

Цель и задачи исследования:

Цель работы – изучение особенностей состава, продуцирования и распределения фитопланктона в дельтовых протоках реки Селенги и соре Черкалово в современный период.

Цель работы определила задачи исследования:

- определить видовой состав и доминирующий комплекс фитопланктона;
- выявить эколого-географическую структуру фитопланктона;
- описать сезонную и межгодовую динамику видового состава, численности и биомассы фитопланктона;
- оценить качество воды с использованием индикаторных организмов фитопланктона;
- провести сопоставление уровней развития фитопланктона в различные периоды;
- выявить основные факторы, обуславливающие развитие фитопланктона в исследуемых объектах.

Защищаемые положения:

1. Основу таксономического спектра фитопланктона дельтовых протоков реки Селенги и сора Черкалово составляют зеленые, золотистые и диатомовые водоросли.
2. Основная роль в продукционном процессе принадлежит мелкоклеточным центрическим диатомовым и зеленым водорослям.
3. Абиотические факторы среды влияют на формирование флоры и структуру альгоценозов планктона дельтовых протоков р. Селенги.

Научная новизна и теоретическая значимость работы: Оценено современное состояние фитопланктона реки Селенги, ее дельтовых протоков в начале нового тысячелетия (2002–2003 гг.). Составлен систематический список водорослей планктона реки Селенги и сора Черкалово, включающий в себя 255 видов и подвидов. По сравнению с концом 50-х годов видовое разнообразие увеличилось на 53%. Выявлены доминирующие виды и комплексы. Впервые проведен эколого-географический анализ обнаруженных видов. Установлены особенности сезонной и межгодовой динамики фитопланктона в маловодные годы. Расширены данные по подледному развитию фитопланктона дельтовых протоков и сора Черкалово. Установлено, что в малых протоках численность и биомасса водорослей подо льдом значительно выше по сравнению с крупными водотоками дельты. Показано, что уровень развития фитопланктона реки Селенги, ее дельтовых протоков в 2002–2003 гг. в среднем за вегетационный период в 7,5 раз выше по сравнению с 50-ми годами. Впервые определено соотноше-

ние планктонных и бентосных диатомовых водорослей в дельтовых протоках реки Селенги и соре Черкалово. Оценено качество воды в реке Селенге и соре Черкалово, с использованием индикаторных организмов по Пангле и Букку в модификации Сладечека, в соответствии с эколого-санитарной классификацией. Установлено, что воды реки Селенги, ее дельтовых проток и сора соответствуют классу удовлетворительно чистые (III класс).

Практическая значимость: Материалы исследования включены в отчет по плановым НИР института и интеграционному проекту СО РАН «Комплексное исследование состояния и динамики развития экосистемы дельты реки Селенги, как естественного биофильтра и индикатора современного состояния в условиях интенсификации антропогенного загрязнения озера Байкал». Проведенные исследования дополняют и расширяют научные данные по фитопланктону дельты реки Селенги и сора Черкалово. Полученные результаты могут быть информационной и методической основой для экологического мониторинга реки Селенги. Сведения о таксономическом составе водорослей можно использовать при подготовке региональных определителей. Данные автора о составе, структуре, уровне развития и экологических особенностях раскрывают роль фитопланктона в процессах формирования качества воды и биопродуктивности. Данные можно использовать при построении моделей рационального природопользования и разработки экологических проектов, при подготовке спецкурсов по экологии водных экосистем, постановке практических работ по мониторингу на биологических факультетах университетов.

Публикации и личный вклад автора. Основные положения диссертации докладывались на российских и международных конференциях и совещаниях: Второй Международной конференции «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды», (Минск-Нарочь, 2003); Молодежный академический форум «Молодежь и наука Сибири» (Чита, 2003); Международной конференции «Научные основы сохранения водосборных бассейнов: междисциплинарные подходы к управлению природными ресурсами», (Улан-Удэ, 2004); IX школы диатомологов России и стран СНГ «Морфология, систематика, онтогенез, экология и биогеография диатомовых водорослей», (Борок, 2005); 10-й Пушкинской школе-конференции молодых ученых, посвященной 50-летию Пушкинского научно-го центра РАН «Биология – наука XXI века», (Пушино, 2006); 12-й Пушкинской школе-конференции молодых ученых «Биология – наука XXI века», (Пушино, 2008); Научной сессии молодых сотрудников ИПРЭК СО РАН (Чита, 2008); Молодежной научной конференции «Молодежь и наука Забайкалья» (Чита, 2008).

По теме диссертации опубликовано 12 работ.

Работа выполнена в Институте природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН в рамках плановых НИР СО РАН. Автор участвовал в отборе и анализе проб, в обработке и интерпретации полученных данных, подготовке публикаций и решении комплексных задач междисциплинарного характера, что отражено в совместных публикациях коллектива авторов.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации – 151 страница, в том числе, рисунков – 34, таблиц – 23, библиографический список из 238 наименований и 8 приложений.

Автор выражает глубокую признательность д.б.н. Г.И. Поповской и к.б.н. М.Ц. Итигиловой, чьи знания и опыт помогли в проведении и написании работы. Считаю своим долгом выразить слова благодарности к.э.н. Л.М. Сорокиной, к.э.н. И.В. Томберг, к.б.н. А.П. Куклину и к.б.н. Д.В. Матафонову, с.н.с Е.П. Горлачевой, к.б.н. Б.Б. Базаровой, к.б.н. П.В. Матафонову. Свою искреннюю признательность выражаю всем сотрудникам лаборатории водных экосистем ИПРЭК СО РАН и сотрудникам лаборатории гидрохимии и химии атмосферы ЛИИ СО РАН.

Глава I. История изучения фитопланктона дельтовых протоков реки Селенги и сора Черкалово

Исследования фитопланктона дельтовых протоков реки Селенги и сора Черкалово начались в начале XX века. Первые отрывочные сведения о качественном составе водорослей дельтовых протоков реки Селенги приводятся в работах В.Н. Яснитского (1923) и К.И. Мейера (1930), отмечавших чрезвычайную бедность видового состава. Подробные исследования фитопланктона дельты реки Селенги проводились в конце 50-х годов Г.И. Поповской (1960). Был составлен систематический список, определен доминирующий комплекс видов, выявлены особенности развития фитопланктона. Этим же автором изучался фитопланктон дельтовых протоков в другие временные периоды (Поповская, 1973). Данные по зимне-ранневесеннему фитопланктону были дополнены Л.А. Устожаниной (1965, 1967). Наиболее поздние исследования, посвященные изменчивости видовой структуры, приводятся для протоки Харауз в публикации А.Г. Русанова и В.М. Хромова (2001). Работы К.И. Мейера и Л.В. Рейнгардта (1925), К.И. Мейера (1930) содержат краткие сведения о качественном составе водорослей сора Черкалово (Истокский сор). Исследования, проведенные в 1958-1959 гг. Г.И. Поповской (1961) позволили сформировать основные представления о фитопланктоне сора. Сведения о фитопланктоне сора Черкалово в 70-80-х гг. имеются также в работах Г.Ф. Загоренко и др. (1976), А.С. Кулагина и др. (1977), Г.И. Поповской (1977). В них отмечается ряд изменений в фитопланктоне, произошедших в связи с повышением уровня воды в оз. Байкал.

Глава II. Краткая физико-географическая характеристика района исследования

Глава содержит 2 подраздела, в которых на основе литературных сведений описаны географическое положение и климатические условия обследованной территории, гидрологические и гидрохимические характеристики реки Селенги и ее дельты, а также сора Черкалово.

Глава III. Материалы и методы исследований

Материалом для настоящей работы послужили 688 проб фитопланктона, отобранных в 2002-2003 гг. в дельте реки Селенги и соре Черкалово в основные биологические сезоны года. В дельтовых протоках реки материал отбирался на 12 постоянных станциях (рис. 1, а). В соре Черкалово отбор проб осуществлялся преимущественно в центральных участках, в те же сроки, что и в дельтовых протоках. Подробные съемки этого водоема на 16 станциях были проведены в июне-октябре 2002 г. (рис. 1, б). В протоках и соре из-за малых глубин пробы собирали с поверхностного горизонта, в отдельные сроки – с придонных слоев. В это же время измеряли температуру, pH и прозрачность воды по диску Секки.

Отбор количественных и качественных проб осуществляли по общепринятым методикам. Фиксация отобранного материала проводилась йодным раствором Люголя с хромовой кислотой. Для концентрирования проб фитопланктона использовали осадочный метод. Количественный учет водорослей проводился по методу Гензена с помощью счетной пластины в трехкратной повторности на микроскопе «Биолам-И» ($\times 700$). Биомассу фитопланктона определяли по объему отдельных клеток или колоний водорослей, при этом удельный вес принимался равным единице. Объемы водорослей приравнивали к объемам соответствующих геометрических фигур, биомассу каждой пробы рассчитывали методом суммирования биомасс отдельных водорослей (Гусева, 1952, 1956, 1959; Киселев, 1969; Макарова и др., 1970; Кузьмин, 1975, 1984; Кожова и др., 1978; Сеничкина, 1978; Федоров, 1979; Руководство по методам, 1983; Топачевский и др., 1984; Методические..., 1984; Садчиков, 2003; Utermöhl, 1958; Henrik at all, 1979; Tikkanen, 1986 и др.).

Для определения видовой принадлежности диатомовых водорослей было изготовлено 200 постоянных препаратов путем прокалывания и заключения створок в смолу, приготовленную по методу А. А. Эльяшева (1957).

При флористическом анализе применялся коэффициент общности видового состава Соренсена (Sorensen, 1948; Константинов, 1969; Шмидт, 1974).

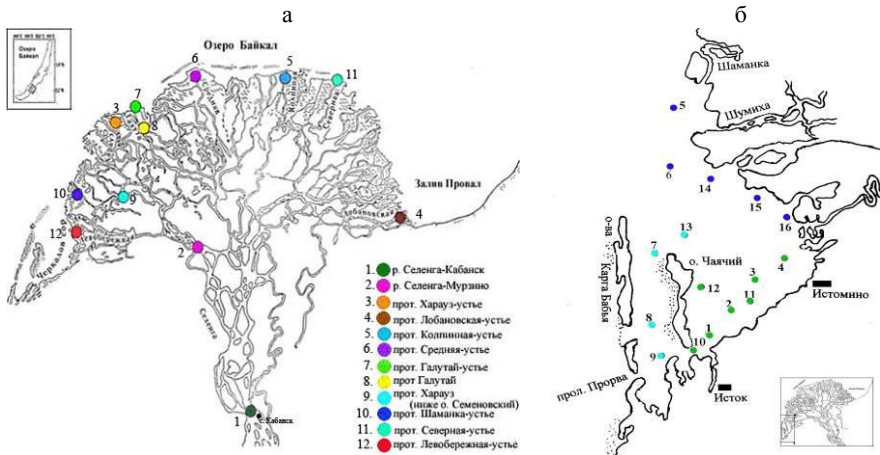


Рис. 1. Схема отбора проб в дельтовых протоках реки Селенги (а) и бере Черкалово (б).

Экология и географическое распространение водорослей даны по наиболее часто применяемой альгологами системе (Кузьмин, 1976; Корнева, 1993, 1994; Васильева, Ремигаило, 1982; Науменко, 1994, 1997; Оглы, 1998; Охапкин, 2000; Ляшенко, 2001; Охапкин и др., 2003; Трифонова и др., 2003 и др.), галобность – по системе Кольбе (Прошкина-Лавренко, 1953; Киселев, 1969), отношение к рН по шкале Хустедта в понимании Н.Н. Давыдовой (1985).

Для оценки качества воды применялся расчет индекса сапробности по методу Пантле и Бука в модификации Сладечека (Макрушин, 1974; Баринаова, 1996; Баринаова и др., 2000; 2006).

Глава IV. Фитопланктон дельтовых проток реки Селенги

4.1. Таксономический состав и эколого-географическая характеристика фитопланктона

4.1.1. Таксономический состав фитопланктона

Всего за период исследования в фитопланктоне дельтовых проток реки Селенги обнаружено 211 видов, разновидностей и форм, относящихся к 7 отделам, 10 классам, 18 порядкам, 35 семействам и 73 родам (табл. 2). Ядро альгофлоры реки Селенги составляют зеленые, золотистые и диатомовые водоросли (76% от общего числа обнаруженных видов). Более 40% от общего состава фитопланктона сформировано зелеными водорослями. К доминирующим в дельтовых протоках формам водорослей (численность свыше 100 тыс. кл/л) относятся 53 вида и подвида. Среди них массовыми (численность более 1 млн кл/л) являются 18 – в основном, диатомовые водоросли (более 50%). В условиях *r* – отбора селективное преимущество получают быстро растущие виды с большим отношением поверхности к объему, имеющие незначительные размеры клеток и высокую продукцию (Охапкин, 2000). Таким условиям в реке Селенге удовлетворяют мелкоклеточные центрические диатомовые

(*Stephanodiscus*, *Cyclotella*, *Cyclostephanos* и другие) и зеленые (хлорококковые) водоросли. Таксономическое богатство золотистых водорослей приурочено к весеннему и осеннему периодам года. Коэффициент специфичности видового состава водорослей реки Селенги сравнительно не высок и составляет 20-40%, так как большинство обнаруженных видов является общими для всех дельтовых проток.

Таблица 2

Таксономическая структура фитопланктона дельтовых проток реки Селенги в 2002-2003 гг.

Отдел	Число				
	классов	порядков	семейств	родов	таксонов и внутри-видового ранга
Cyanophyta (Cyanoprocyota)	1	3	5	7	26
Chrysophyta	1	2	3	12	42
Bacillariophyta	2	5	8	14	27
Cryptophyta	1	1	1	3	13
Dinophyta	1	2	2	2	4
Euglenophyta	1	1	1	2	8
Chlorophyta	3	4	15	33	91
Всего	7	10	18	35	73
		10	18	35	73

Биоразнообразие фитопланктона реки Селенги, ее дельтовых проток значительно и сравнимо с дельтой реки Лена (Гуков, 2001), реками Обь (Науменко, 1994; 1997), Иртыш (Баженова, 2007) и др.

4.1.2. Эколого-географическая характеристика фитопланктона

Эколого-географический анализ фитопланктона (табл. 3) показал, что в дельтовых протоках реки Селенги наибольшего разнообразия достигали планктонные водоросли – 86% от общего числа таксонов. Специальное изучение организмов микрофитобентоса не проводилось, но присутствие литоральных видов (12,4%), а также организмов обрастателей (2,4%) в планктоне дельтовых проток учитывалось. Необходимо также отметить, что все доминирующие и массовые водоросли являлись истинно-планктонными.

Таблица 3

Эколого-географическая характеристика фитопланктона дельтовых проток реки Селенги

Характеристика таксона	Число таксонов	Характеристика таксона	Число таксонов
<i>Местообитание</i>		<i>Глобность</i>	
планктонные	137	галофобы	2
бентосные	-	индифференты	113
литоральные	-	галофилы	8
обрастатели	20	олигогалофобы	13
эпибионты	4	мезогалофобы	-
	-	эвгалофобы	-
<i>Географическое распространение</i>		<i>Отношение к pH</i>	
широко распространенные	122	ацидофилы	3
арктоальпийские	-	индифференты	26
бореальные	9	алкалофилы	24

Фитогеографический анализ, отражающий экологические условия жизнедеятельности водорослей выявил, что основу фитопланктона дельтовых проток и водоемов реки Селенги составляли широко распространенные виды – 93%. Остальные 7% – бореальные виды. Следует также отметить нахождение в реке Селенге эндемичной водоросли из зеленых – *Chlorogonium popovii*, развивающейся в весенний период 2002-2003 гг. Существенное значение при экологической характеристике фитопланктона имеет анализ их распределения в зависимости от минерализации и от активной реакции воды. В основном флора дельтовых проток реки Селенги представлена пресноводными видами – 84,5% (из которых галофобы – 1,5% и индифференты – 83%) и пресноводно-солонатоводными видами – 15,5% (из которых галофилов – 6% и олигогалобов – 9,5%). Анализ видов по отношению к активной реакции воды выявил преобладание в толще вод индифферентов и алкалофилов (94%), обусловленное нейтральной и слабощелочной реакцией вод дельтовых проток реки Селенги (Ташлыкова, 2004).

4.1.3. Сезонная и межгодовая динамика видового состава фитопланктона

Фитопланктон реки Селенги и ее дельтовых проток представлен в основном тремя группами – зелеными, золотистыми и диатомовыми водорослями, что характерно для водоемов Якутии, Западной Сибири, Волги, Днепра, Ангары, дельты реки Лены, притоков Нижней Оби (Кузьмин, 1978; Сафонова, 1984; Васильева, 1989; Костикова и др., 1989; Гуков, 2001; Богданов и др., 2002). Анализ значения отдельных групп водорослей в жизни планктона дельтовых проток реки Селенги показал, что наиболее высокими показателями сходства альгофлор двух лет исследования характеризовались динофитовые (86%), диатомовые и криптофитовые водоросли (около 80%). Также высок был коэффициент сходства зеленых водорослей порядка хлорококковые (62%). Для остальных отделов число общих для двух лет видов невысокое, коэффициент сходства изменялся от 22 до 45%. Наибольшее видовое разнообразие обнаружено в 2002 г. Только 33% от общего числа обнаруженных видов и разновидностей водорослей являются общими для двух лет исследования. Доминирующие виды двух годов исследования имеют сходный характер: мелкоклеточные центрические диатомовые преобладают весной и осенью, зеленые (хлорококковые) водоросли – летом.

4.2. Сезонная и межгодовая динамика численности и биомассы фитопланктона

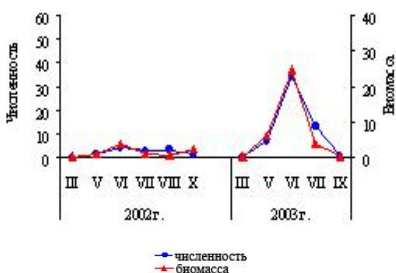


Рис. 2. Численность (в млн кл/л) и биомасса (в г/м³) фитопланктона в реке Селенге в 2002-2003 гг. (на примере станции р. Селенга с. Кабанск).

Начало нового тысячелетия в 2002-2003 гг. характеризуется низкими расходами воды в реке Селенге (менее 700 м³/с), что, несомненно, наложило отпечаток на состав и степень развития фитопланктона. Маловодные годы в основном русле реки Селенги и ее дельте характеризуются высоким уровнем развития фитопланктона. Количественные показатели фитопланктона в 2002-2003 гг. различны (рис. 2). Сезонное развитие фитопланктона во всех дельтовых протоках характеризуется тремя максимумами численности и биомассы (рис. 2, 3). Весенний и осенний пики обусловлены диатомовыми водорослями. Летний подъем – вызван зелеными (хлорококковыми) водорослями.

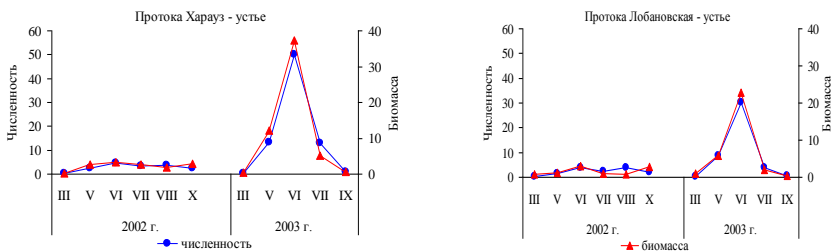


Рис. 3. Численность (в млн кл/л) и биомасса (в г/м³) фитопланктона в дельтовых протоках реки Селенги в 2002-2003 гг. (на примере станции прот. Харауз-устье и прот. Лобановская-устье).

Мартовский фитопланктон 2002 г. был довольно разнообразен для этого периода. В состав постоянного комплекса фитопланктона входили из золотистых *Chrysooccus biropus* и *Dinobryon cylindricum*, из криптофитовых – *Cryptomonas ovata*, из зеленых – *Chlorogonium popovii* и *Monoraphidium griffithii*. Ни один вид диатомовых в это время не являлся массовым, в то время как в другие периоды года за счет них создавалась основная численность и биомасса. Наиболее беден фитопланктон был в основном русле у с. Кабанск (численность 83-111 тыс. кл/л, биомасса 128-140 мг/м³) (рис. 2). В устье протоки Харауз его количество повышалось в 1,5 раза. В малых дельтовых протоках фитопланктон был значительно богаче. Максимальная численность (18 млн кл/л) и биомасса (14 г/м³) фитопланктона зарегистрирована в протоке Колпинная, где отмечалось интенсивное «цветение» золотистых и криптофитовых водорослей, что обусловлено химическим составом воды и высоким содержанием органического вещества.

Весной характер планктона резко менялся и становился исключительно диатомовым. В мае доминировали мелкоклеточные центрические диатомеи, *Nitzschia graciliformis* и *Synedra acus subsp. radians*, в июне первое место перешло к *Cyclostephanos dubius*, *Stephanodiscus invisitatus* и *S. makarovae*. Если в мае диатомовые занимали во всех протоках и в основном русле реки 92-99% от общей численности и 90-99% от общей биомассы фитопланктона, то к июню их количество понижалось. В этот период наблюдалось заметное развитие зеленых водорослей, однако их роль в общей биомассе была небольшой (не более 30%) (рис. 4). В устьевых участках проток, по сравнению с основным руслом реки, по-прежнему наблюдалась повышенная концентрация водорослей. Общая численность и биомасса фитопланктона в мае на большинстве станций составляла 1-2 млн кл/л, биомасса 0,5-2 г/м³, в июне – 2-4 млн кл/л и 2-3 г/м³, соответственно (рис. 2, 3).

В начале лета продолжалось массовое развитие мелкоклеточных центрических диатомовых, которые занимали более 80% от общей численности и биомассы (см. рис. 4). Общая численность фитопланктона в июле 2002 г. составляла 2-4 млн кл/л, биомасса 1-3 г/м³ (см. рис. 2, 3). В августе видовой состав доминирующих видов и количественные показатели планктона существенно изменились. Первое место в видовом разнообразии перешло к зеленым водорослям (виды *Scenedesmus*, *Actinastrum*, *Dictyosphaerium* и др.), им же принадлежала ведущая роль в общей численности (до 90%) фитопланктона. Диатомовые водоросли почти прекратили свое развитие (см. рис. 4). Общая численность фитопланктона мало чем отличалась от предыдущего месяца, а биомасса была значительно меньше, так как она складывалась преимущественно мелкоклеточными зелеными водорослями.

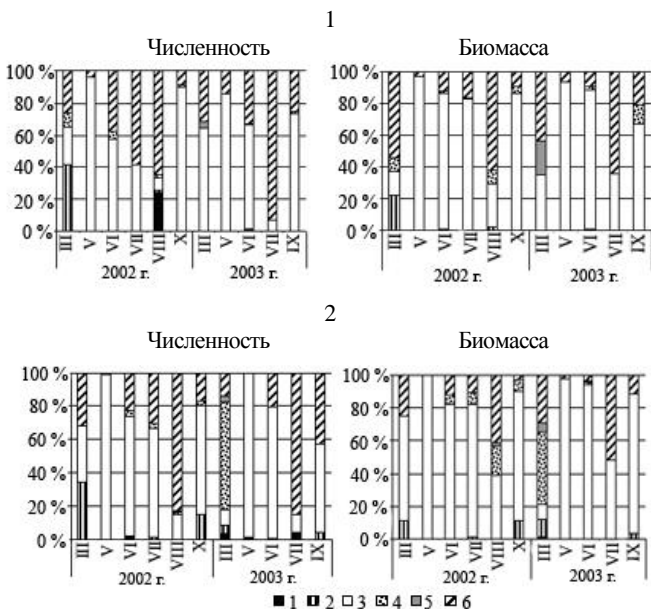


Рис. 4. Распределение основных групп водорослей в общей численности и биомассе фитопланктона на станциях р. Селенга-Кабанск (1) и прот. Харауз - устье (2).
1 - синезеленые, 2 - золотистые, 3 - диатомовые, 4 - криптофитовые, 5 - динофитовые, 6 - зеленые.

Осенью наблюдался четко выраженный второй максимум диатомовых. В различных дельтовых протоках реки Селенги (кроме протоки Колпинная) на их долю приходилось 60-90% от общей численности и 78-95% от общей биомассы фитопланктона (рис. 4). Вновь доминировали мелкоклоточные центрические диатомовые, среди которых первенство принадлежало *Stephanodiscus hantzschii*. Осенний максимум в дельтовых протоках реки Селенги в 2002 г. по уровню развития фитопланктона сопоставим с весенним максимумом того же года.

2003 г. также относится к разряду маловодных, при этом расходы воды в р. Селенге в этом году были намного меньше по сравнению с 2002 г. В июне 2003 г. сток реки уменьшился до исторически минимальных значений ($694 \text{ м}^3/\text{с}$) (Сороковикова и др., 2005; Томберг и др., 2006 и др.). Подледный фитопланктон, как и в 2002 г., в основном русле реки был чрезвычайно беден и складывался преимущественно видами характерными для осеннего периода 2002 г. Диатомовые водоросли в марте 2003 г. занимали 58-64% от общей численности фитопланктона (см. рис. 4). Второе место в это время принадлежало зеленым водорослям, среди которых доминировал *Chlorogonium popovii*. Общая численность водорослей в реке Селенге (у Кабанска и Мурзино) не превышала 128 тыс. кл/л, биомасса $227 \text{ мг}/\text{м}^3$, но уже в устье Селенги (протока Харауз) количество фитопланктона возрастало более чем в 2 раза (рис. 2, 3). Наряду с указанными ранее группами появляются криптофитовые (*Сryptomonas ovata*, *Chroomonas nordstedtii*) и золотистые (виды рода *Mallomonas*). Общая биомасса водорослей определялась в $464 \text{ мг}/\text{м}^3$. В малых дельтовых протоках, количество фитопланктона было выше за счет более интенсивной вегетации динофитовых и золотистых водорослей. Так в протоке Колпинная, наблюдалось массовое развитие *Chrysococcus biporus* и *Dinobryon cylindricum*. Их суммарная численность превышала 1 млн

кл/л, а биомасса достигала 1 г/м^3 . Золотистые водоросли занимали в этой протоке 98% от общей массы планктона. Следует отметить, что в 2003 г. почти полностью отсутствовали в протоке криптофитовые водоросли, которые в 2002 г. образовывали интенсивное «цветение» воды.

В мае 2003 г. происходит мощная вспышка диатомовых, обусловленная преимущественно *Stephanodiscus minutulus*. Массовое развитие диатомовых в мае охватило все дельтовые протоки и основное русло реки с максимальными показателями в устьевых участках (рис. 2, 3). В целом диатомовые занимали в различных дельтовых протоках 85-92% от общей численности и 84-93% от общей биомассы фитопланктона (рис. 4). Общая численность водорослей достигала огромной величины и изменялась от 7 до 21 млн кл/л, биомасса от 6 до 13 г/м^3 . Эти показатели почти на порядок выше по сравнению с маем 2002 г. Июнь 2003 г. характеризовался самыми низкими расходами воды в реке Селенге, при этом уровень развития фитопланктона был намного выше, чем во время майского максимума этого года (см. рис. 2, 3). По-прежнему доминировали диатомовые водоросли, но наряду с мелкими центрическими рода *Stephanodiscus* в массе развивалась *Synedra acus subsp. radians* и *Asterionella formosa*. Общая численность диатомовых в июне была чрезвычайно высокой и изменялась в протоках от 9 до 39 млн кл/л, биомасса от 7 до 34 г/м^3 . Возросло количество зеленых водорослей, среди которых доминировали *Dictyosphaerium tetrachotomum*, *D. pulchellum*, *Actinastrum hantzschii*, *Monoraphidium contortum*, *M. arcuatum* и виды *Scenedesmus*. Биомасса зеленых составляла $1,5-3,2 \text{ г/м}^3$. Общая численность фитопланктона изменялась от 14 до 50 млн кл/л, биомасса от 10 до 37 г/м^3 .

В июле происходит резкий спад в развитии фитопланктона. Диатомовые в массе развивающиеся в майско-июньском планктоне практически прекратили свое развитие. Лидирующее положение в планктоне перешло к зеленым водорослям (см. рис. 4). Численность зеленых была весьма высокой и изменялась от 3 до 13 млн кл/л, биомасса обычно не превышала $1-2 \text{ г/м}^3$ и только в протоке Колпинная численность зеленых была низкой (180 тыс. кл/л). Другие группы водорослей были малочисленны. Общая численность фитопланктона в июле в дельтовых протоках составляла 3-13 млн кл/л, биомасса $1-5 \text{ г/м}^3$.

В сентябре вновь доминируют диатомовые, на их долю приходится до 90% от общей численности и биомассы (см. рис. 4). В планктоне в это время развивалась *Melosira varians*, *Nitzschia graciliformis*, мелкоклеточные центрические диатомовые и *Asterionella formosa*. Однако уровень развития диатомовых был низким – средняя биомасса составляла 565 мг/м^3 . Биомасса зеленых водорослей не превышала 150 мг/м^3 . Общая численность фитопланктона изменялась от 500 до 1500 тыс. кл/л, биомасса не превышала $1,4 \text{ г/м}^3$. Осенний максимум в 2003 г. был выражен слабо.

4.3. Соотношение планктонных и бентосных диатомовых водорослей в дельтовых протоках реки Селенги

Река Селенга, как и другие реки и водоемы (Тарасова и др., 1986, Генкал, 1992; Генкал и др., 2009 и др.), характеризуется на протяжении большей части года значительным видовым составом в толще воды бентосных диатомовых водорослей. Это обусловлено гидродинамикой водных масс, как одним из важных факторов формирования и поддержания видовой структуры в водотоках (Охапкин, 1998). Более чем 60% обнаруженных в р. Селенге и ее дельтовых протоках бентосных диатомовых водорослей – живые клетки. Основное видовое богатство донных форм водорослей принадлежит классу *Pennatophyceae*. Доминирующими видами на протяжении двух годов исследования являлись *Synedra tabulata*, *Cocconeis placentula*, *Amphora ovalis*, *Gomphonema olivaceum*, *Nitzschia sp.*, *Navicula cryptocephala*. Видовое разнообразие и развитие донных диатомовых водорослей носит сезонный характер. 2002 г. характеризовался наибольшим видовым разнообразием

бентосных диатомей. В подледный период 2002 г. донные водоросли в большинстве протоков преобладали над планктонными, составляя 64% от их общего числа (рис. 5). В остальные сезоны года их доля не превышала 35%. В среднем за вегетационный период численность бентосных микроводорослей в протоках в 2002 г. составляла 200 тыс. кл/л, в 2003 г. – около 400 тыс. кл/л.



Рис. 5. Соотношение планктонных и бентосных диатомовых водорослей в дельтовых протоках реки Селенги в 2002-2003 гг.

На рисунке: 1 – планктонные диатомовые водоросли, 2 – бентосные диатомовые водоросли.

4.4. Оценка видового состава и уровня развития фитопланктона в различные периоды исследований

Сравнительный анализ материалов показывает, что количество обнаруженных в дельтовых протоках форм водорослей по сравнению с 50-ми годами, значительно возросло (51 %) и составило 211 (Поповская, Ташлыкова, 2008) против 104 (Поповская, 1960). Увеличилось видовое разнообразие диатомовых, преимущественно мелкоклеточных центрических диатомей, хлорококковых и криптофитовых водорослей. В тоже время следует иметь в виду, что в 2002-2003 гг. число обследованных протоков было значительно больше (8), в то время как в 1958-1959 гг. изучали только 3 протоки. Кроме того, в 50-е гг. диатомовые водоросли исследовали преимущественно в световом микроскопе, а в 70-е и 2000-е наряду с последним широко стало применяться электронное микроскопирование. Это позволило получить новые данные по структуре панциря диатомовых, описать новые виды и т.д. (Диатомовые водоросли СССР, 1988; 1992; Поповская и др., 2002 и др.).

В связи с накоплением данных и появлением новых определителей и работ по систематике и таксономии различных групп водорослей нами была проведена ревизия видового состава планктонных водорослей в реке Селенге в различные временные периоды. Установлено, что состав доминирующих видов на протяжении длительного промежутка времени стабилен. Коэффициент сходства альгофлор по Серенсену для диатомовых водорослей составил 55-62%, для зеленых – 40-42%. В оба указанные периода (1958-1959 гг. и 2002-2003 гг.) постоянными доминирующими видами в планктоне были у диатомовых – *Nitzschia graciliformis* (*N. acicularis*), виды рода *Synedra*, *Asterionella formosa*, мелкоклеточные центрические диатомовые из рода *Cyclotella* и *Stephanodiscus*; у зеленых – *Dictyosphaerium pulchellum*, *Actinastrum hantzschii*, *A. hantzschii* var. *subtile* (*A. hantzschii* var. *gracile*), *Monoraphidium contortum* (*Ankistridesmus pseudomirabilis* var. *spiralis*), *Monoraphidium arcuatum* (*Ankistridesmus pseudomirabilis*) и виды рода *Scenedesmus* и *Pediastrum*. Как и прежде, обращает на себя внимание бедность видового состава синезеленых водорослей, на развитие которых отрицательно действует большое количество в воде минеральных частиц и высокие скорости течения. Как и ранее, наблюдается три максимума развития фитопланктона. Два пика – весенний и осенний – вызваны преобладанием в планктоне диатомовых водорослей, и летний, обуслов-

ленный зелеными водорослями. Уровень развития фитопланктона в разные периоды, разделенные со-

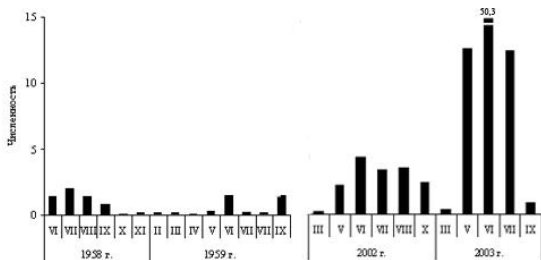


Рис. 6. Сезонная динамика численности (в млн кл/л) водорослей в устье протоки Харауз в 1958-1959 и 2002-2003 гг.

рокалетним промежутком времени стал в 7,5 раз выше, по сравнению с 50-ми годами (рис. 6). Так, в среднем за июнь-сентябрь 1958-1959 гг. численность фитопланктона составляла 1,1 млн кл/л, в 2002-2003 гг. – 8,3 млн кл/л. Максимальная численность и биомасса отмечена, как и прежде, в маловодные годы, что особенно наглядно видно на примере экстремально

маловодного 2003 г. Однако следует отметить, что массовое развитие фитопланктона весной 2003 г., обусловлено не антропогенным фактором, а очень низкой водностью реки в этом году.

Глава V. Фитопланктон сора Черкалово

5.1. Таксономический состав и эколого-географическая характеристика фитопланктона

5.1.1. Таксономический состав фитопланктона

За период исследования 2002-2003 гг. в составе фитопланктона сора Черкалово обнаружено 169 форм водорослей (табл. 4), что выше, чем в Посольском, Дубининском и Северобайкальском сорах (Поповская, 1977). Доминирующими группами по числу видов в соре Черкалово, как в дельтовых протоках, являются зеленые (немногим более 50%) и диатомовые (17%) водоросли.

Таблица 4

Таксономическая структура фитопланктона сора Черкалово в 2002-2003 гг.

Отдел	Число				
	классов	порядков	семейств	родов	таксонов видового и внутривидового ранга
Цyanophyta (Cyanoprocarvota)	2	3	6	8	24
Chrysophyta	1	2	3	9	17
Bacillariophyta	2	6	8	15	28
Xanthophyta	1	1	1	2	2
Cryptophyta	1	1	1	2	6
Dinophyta	1	2	2	3	4
Euglenophyta	1	1	1	2	5
Chlorophyta	3	4	14	37	83
Всего	8	12	36	78	169

Видовой состав фитопланктона сора Черкалово носит смешанный характер и состоит из видов, выносимых дельтовыми протоками реки Селенги, видов характерных для самого сора и, частично, видов байкальского комплекса. В значительной мере доминирующие виды сора и реки Селенги сходны, так как 60% водорослей, обнаруженных в соре, встречается в дельтовых протоках реки Селенги.

Видовой состав фитопланктона сора Черкалово подвержен значительным сезонным изменениям. Постоянно в период открытой воды встречаются только 8% от общего числа видов. Наибольшее видовое разнообразие приходится на летние месяцы (83-94 формы), наименьшее – на весну и осень (17-58 форм).

Вследствие большого разнообразия условий, создающихся в соре (влияние вод реки Селенги и озера Байкал, мелководности самого сора), число видов фитопланктона в различных участках водоема подвержено значительным колебаниям. По условиям, создающимся в соре, выделены три группы: первая группа – это районы, находящиеся под влиянием реки Селенги, вторая – это центральные участки сора и третья – станции, находящиеся под влиянием вод озера Байкал (рис. 1, б).

Наибольшее видовое разнообразие присуще участкам, находящимся под влиянием селенгинских вод. Самый высокий коэффициент сходства видового состава по Серенсену обнаруживается между станциями каждой группы (коэффициент сходства более 70%) и станциями первой и второй групп (коэффициент сходства до 64%). Меньшим сходством характеризовались станции первой и третьей групп (коэффициент сходства до 60%). Более высокое видовое богатство фитопланктона сора Черкалово, по сравнению с концом 50-х и началом 70-х годов (Поповская, 1961; 1977; Загоренко и др., 1976; Кулагин и др., 1977), обусловлено с одной стороны более богатым видовым составом водорослей дельтовых проток в последние годы, с другой – увеличением количества станций, заложенных при изучении водоема в 2002-2003 гг. и усовершенствованием методики исследований.

5.1.2. Эколого-географическая характеристика фитопланктона

Анализ флоры на принадлежность к биоценозам показал, что большего разнообразия достигали планктонные водоросли – немногим более 93%, из которых 50% составляли зеленые водоросли. Фитогеографический анализ фитопланктона выявил, что большая часть водорослей сора – 94% – являются широко распространенными. На некоторую специфику флоры исследуемого водоема указывают найденные 5% бореальных и 2% арктоальпийских видов, относящихся к отделам *Bacillariophyta* и *Chrysophyta*. Минерализация воды является важным экологическим фактором для развития фитопланктона. Флора планктона сора Черкалово представлена, в основном, пресноводными видами – 86 % и пресноводно-солонатоводными видами – 14%. Солонатоводных видов в водоеме не обнаружено. Такое распределение водорослей по группам галобности отражает невысокую степень минерализации вод исследуемого водоема. В целом воды исследуемого водоема имеют слабощелочную реакцию, несущественно изменяющуюся в течение года, поэтому значительна доля алкалифилов (52%), их преобладание отмечено по всему водоему. Индиференты составляют 48%. Присутствие ацидофилов в планктоне сора не обнаружено.

5.2. Сезонная и межгодовая динамика численности и биомассы фитопланктона

Соры озера Байкал мелководны. Вода в них быстро прогревается и постоянно пополняется необходимым количеством биогенных элементов, что обуславливает более высокий уровень развития фитопланктона по сравнению с глубоководным открытым Байкалом. В развитии фитопланктона сора Черкалово можно выделить три максимума численности и биомассы, обусловленные весной и осенью развитием диатомовых, летом – зеленых водорослей. Оба года исследования различались по количественным показателям (рис. 7). Весенний максимум численности 2003 г. был в 12 раз выше по сравнению с весенним максимумом 2002 г. В оба года исследования они были вызваны развитием мелкоклеточных центрических диатомовых водорослей. Как и в дельтовых протоках, летние максимумы 2002-2003 гг. обусловлены зелеными водорослями, в 2002 г. их уровень развития был выше. Осенний

максимум более отчетливо прослеживался в 2002 г. (табл. 5). По уровню развития фитопланктон сора в 2002 г. приближался к дельтовым протокам реки Селенги.

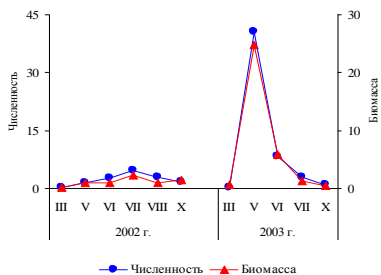


Рис. 7. Численность (в млн кл/л) и биомасса (в г/м³) фитопланктона на центральной станции сора Черкалово в 2002-2003 гг.

Сравнение развития фитопланктона при исследованиях конца 50-х (Поповская, 1960) и 2000-х годов показало, что в течение вегетационного периода в соре, как и прежде, прослеживается три максимума численности и биомассы фитопланктона. Как и ранее, весенний и осенний – обусловлены диатомовыми, летний – хлорококковыми и синезелеными. Доминирующие комплексы видов фитопланктона в различные периоды исследований сходны: у диатомовых – это мелко-клеточные центрические диатомовые рода *Stephanodiscus* и *Cyclotella*, *Synedra acus*, *S. ulna*, у синезеленых – виды рода *Anabaena*, у хлорококковых – виды *Dictyosphaerium*, *Monoraphidium*, *Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Actinastrum* и другие. Уровень развития летнего фитопланктона конца 50-х годов в 3-3,5 раза выше 2000-х годов, что, по всей вероятности, обусловлено очень слабым развитием крупной синезеленой водоросли *Gloeoetrichia echinulata* в последние годы. Осенний максимум в 50-х годах по численности в 8, а по биомассе в 12 раз ниже, по сравнению с 2002-2003 гг.

Таблица 5

Численность (в числителе, в тыс. кл/л) и биомасса (в знаменателе, в мг/м³) фитопланктона на центральной станции сора Черкалово в 2002-2003 гг.

Отдел	Год, месяц										
	2002 г.						2003 г.				
	III	V	VI	VII	VIII	X	III	V	VI	VII	X
Синезеленые (Цианобактерии)	8,3	10,1	1037,5	9,1	329,9	-	-	-	130,5	435	-
	0,1	0,4	110,7	0,2	1,8	-	-	-	2,6	74,3	-
Золотистые	-	0,8	197,1	-	7	2,1	95	-	926,2	-	10,1
	-	1,1	78,4	-	2,7	1,3	386,2	-	688,7	-	4,7
Диатомовые	20,9	1369,2	690,8	2852,3	393,1	1373,4	18,8	36951,2	5528,3	172	756,3
	25,6	859,9	428,5	1822,6	518	1351,8	32,3	22937,8	3600	106,2	425,7
Криптофитовые	261,5	0,8	-	-	21,1	-	32,1	79,2	115,8	-	-
	82,6	0,2	-	-	11	-	89,7	498,9	157,1	-	-
Динофитовые	-	-	18,5	-	7	-	-	-	101,3	-	-
	-	-	145,8	-	51,9	-	-	-	820,6	-	-
Эвгленовые	0,7	-	-	-	7	-	-	-	-	9,1	-
	1	-	-	-	18,7	-	-	-	-	64,7	-
Зеленые	5,5	125,3	643,3	1703,2	3309,9	472,5	19,7	3696	1360,4	2387,8	220,4
	5,3	88,8	126,3	366	355,4	48,8	49,8	1238	634,6	1078,1	25,3
Желтозеленые	-	-	-	-	3,5	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	3,6	-	-	-	-	-	-
Всего	296,2	1506,2	2587,2	4564,6	4078,6	1848	165,6	40726,4	8162,5	3003,9	986,8
	115	950	889,7	2296,3	963,1	1401,9	558	24674,7	5903,6	1323,3	455,7

5.3. Соотношение планктонных и бентосных диатомовых водорослей в соре Черкалово

В соре Черкалово развиваются те же виды бентосных диатомовых водорослей, что и в дельтовых протоках реки Селенги. Наиболее обычны среди них: *Synedra tabulata*, *Cocconeis placentula*, *Amphora ovalis*, *Gomphonema olivaceum*, *Gyrosigma acuminatum* var. *gallicum*.

Численность бентосных водорослей в соре, чаще всего, выше, чем в дельтовых протоках (рис. 8).

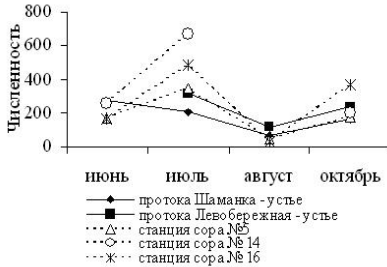


Рис. 8. Распределение численности (в тыс. кл/л) бентосных водорослей в устье дельтовых протоков и на станциях сора Черкалово в июне-августе и октябре 2002 г. под влиянием селенгинских вод, и достигала 670 тыс. кл/л.

Это обусловлено мелководностью сора, поступлением представителей микрофитобентоса из дельтовых протоков реки Селенги, а также наличием высшей водной растительности на большей части акватории водоема. Наибольшее количество бентосных диатомовых водорослей в соре отмечено в июне-июле и октябре. Самые низкие величины в августе (см. рис. 8). Максимальная численность донных микроводорослей регистрировалась в участках, находящихся

Глава VI. Оценка качества воды дельты реки Селенги и сора Черкалово по сапробности водорослей

По мере хозяйственного освоения региона увеличивается антропогенный прессинг на естественные водоемы. Возникает необходимость оценить степень влияния человека на природные и искусственные водные объекты, а также определить допустимые границы загрязнения и оценить качество воды в водоемах и водотоках.

6.1. Оценка качества воды в протоках дельты реки Селенги

Специальной оценки состояния сапробности вод по фитопланктону в дельтовых протоках реки Селенги ранее не проводилось. Ориентировочная оценка состава видов-индикаторов дельты показала преобладание в 1958-1959 гг. индикаторов бета-мезосапробной зоны.

Индексы сапробности, рассчитанные для 2002-2003 гг., позволили выявить в фитопланктоне дельты реки Селенги 109 таксонов водорослей, являющихся показателями сапробности. Из них 40% являются диатомовыми. При сравнении численного и процентного содержания сапробиологических групп дельтовых протоков отмечено преобладание видов (48%), относящихся к бета-мезосапробионтам. Олигосапробы вместе с промежуточной группой бета-олиго- и олигобета-мезо- сапробионтов составляли 31% общего числа индикаторов. Индикаторы, как высокой, так и низкой степени сапробности были представлены значительно меньшим числом таксонов, 16% и 5%, соответственно.

Распределение индексов сапробности дельтовых протоков реки Селенги варьировало в сезонном аспекте. Колебания среднего индекса сапробности в дельте в 2002-2003 гг. изменялись в пределах 1,74-2,06. Анализ качества вод реки Селенги и ее дельты показал, что наиболее чистые воды наблюдаются в подледный период (II класс чистоты). В зависимости от уровня развития фитопланктона чистота вод меняется. Так весной 2003 г. при массовом развитии фитопланктона индекс сапробности был наиболее высоким, чем в тот же период 2002 г., когда численность водорослей была на порядок ниже. Осенью происходило ухудшение качества вод, связанное с отмиранием планктона. В основном русле реки Селенги индекс сапробности составлял 1,90, тогда как в дельтовых протоках показатели были ниже – 1,87.

В целом район дельты реки Селенги в 2002-2003 гг. соответствует бета-мезосапробной зоне загрязнения и, согласно классификации чистоты вод по Сладечку, относится к классу

чистая – удовлетворительно чистая (II-III класс). Такие незначительные изменения сапробности в многолетнем аспекте можно рассматривать как признак стабильности экосистемы реки, пока справляющейся с загрязнением.

6.2. Оценка качества воды в соре Черкалово

В соре Черкалово 100 таксонов водорослей являлись показателями сапробности вод. Их большая часть – 48% относится к показателям бета-мезосапробной зоны, около 20% – индикаторы переходной зоны между бета- и олиго- сапробами. Индикаторы, как высокой, так и низкой степени сапробности представлены меньшим числом видов по 17% и 16%, соответственно. Оценка сапробности вод сора Черкалово показала, что индекс сапробности по акватории сора в 2002-2003 гг. колебался в пределах 1,43-2,13, составляя в среднем по сору 1,94. Максимальные значения (до 2,25) отмечаются в подледный период. В течение периода открытой воды происходит снижение индекса сапробности до 1,75 весной и небольшим увеличением до 1,95 осенью. Весной индексы сапробности изменялись – от 2,00 до 2,30, летом и осенью – от 1,60 до 2,10. Наиболее высокие индексы сапробности в соре (1,90-2,10) отмечены на станциях, подверженных влиянию дельтовых протоков реки Селенги (первая группа) и на станциях второй группы, расположенных вдоль береговой линии села Истомино. На станциях сора, находящихся в непосредственной близости к озеру Байкал (третья группа), сезонные изменения сапробности незначительны от 1,5 до 1,9. В этом участке индекс сапробности самый низкий, что обусловлено влиянием байкальских вод. Таким образом, по показателям сапробности воды сора соответствуют бета-мезосапробной зоне, классу удовлетворительно чистые (III класс чистоты).

Глава VII. Факторы, обуславливающие развитие фитопланктона в дельтовых протоках реки Селенги и соре Черкалово

Фитопланктонное сообщество – это сложная многокомпонентная система, развитие которой в водных экосистемах определяется многочисленными факторами и связями (Шаров, 2004). Для фитопланктона дельты наиболее весомым является гидродинамический фактор, так как он определяет в лотических экосистемах обилие и разнообразие водорослей (Одум, 1975).

Своеобразный гидрологический режим, складывающийся в дельте реки Селенги в годы исследования, в первую очередь низкая водность реки, способствовал более интенсивному прогреву воды, снижению скоростей течения, уменьшению содержания взвешенных веществ и оказывал влияние на динамику абсолютных концентраций химических компонентов в реке Селенге (Сорокикова и др., 2008). Проведенный корреляционный анализ основных гидрологических, гидрохимических показателей и общей численности и биомассы фитопланктона показал, что наибольшее влияние водность реки в исследуемый период оказывает на прозрачность вод (коэффициент корреляции (r) равен минус 0,753) и скорость течения ($r = -0,639$). Коэффициент корреляции этих двух величин составляет 0,866. Высокие значения « r » отмечались для прозрачности и содержания азота и фосфора ($r = 0,956$ и $r = 0,569$, соответственно), а также температуры ($r = 0,598$). Таким образом, расход воды в дельте, в исследуемый период, являются определяющими фактором для ряда гидрологических и гидрохимических показателей. Между расходами воды в реке и количественными показателями фитопланктона прослеживается обратная связь (рис. 9).

Пониженные расходы воды, о чем говорилось ранее, оказывали влияние на скорость течения. Максимальные скорости течения при средних значениях водности реки отмечались у с. Кабанска (3,2 м/с), минимальная – в устье проток при пониженной водности (Синюкович и др., 2004 а,б; Сорокикова и др., 2005; Сорокикова, Поповская, Ташлыкова и др., 2006). В последних регистрировались повышенные концентрации фитопланктона (рис.

10). Наиболее богатый видовой состав, максимальные значения количественных показателей отмечались при скоростях течений близких к нулю.

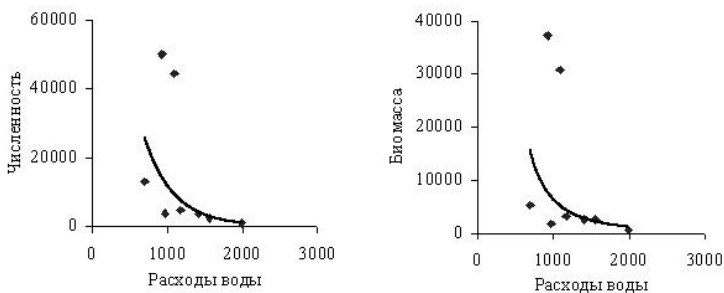


Рис. 9. Зависимость численности (в тыс. кл/л) и биомассы (мг/м^3) фитопланктона от расходов воды ($\text{м}^3/\text{с}$) в дельте реки Селенги в исследуемый период (на примере устья протоки Харауз).

Развитие определенных групп водорослей, в частности синезеленых, тесно связано со скоростью течения вод. В основном водоросли этой группы в дельте вегетировали в небольших протоках, извилинах и затонах. Высокие концентрации синезеленых были характерны только для станций сора Черкалово, не подверженных влиянию вод дельты (рис. 11). Как видно из рисунка 11, станции 5 и 16 (рис. 1, б), расположенные напротив устья протоки Левобережной, характеризовались невысокими количественными показателями синезеленых водорослей, тогда как на станциях второй группы, отдаленных от дельты (1 и 10), их численность была более высокой.

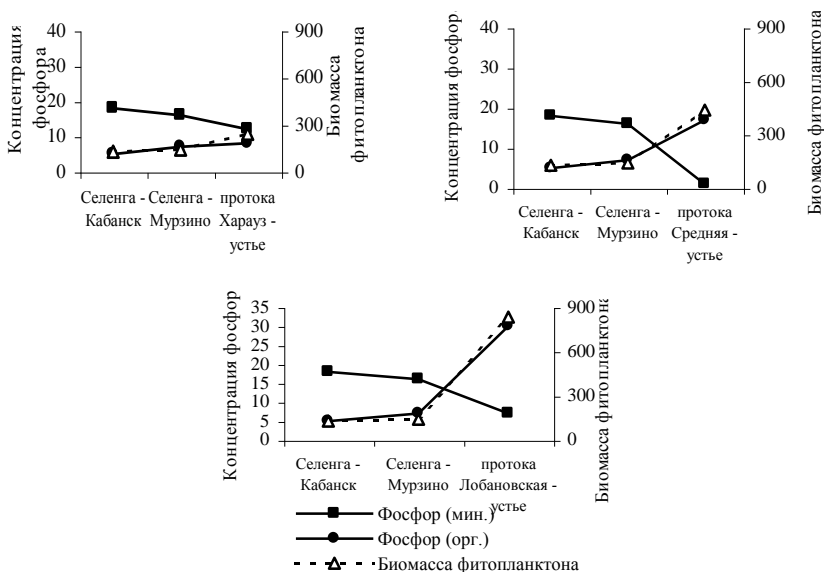


Рис. 10. Изменение концентрации (в мкг/л) органического и минерального фосфора и биомассы (мг/м^3) фитопланктона в реке Селенге и устье дельтовых проток весной 2002 г.

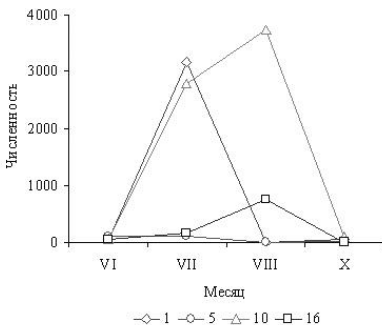


Рис.11. Распределение численности синезеленых водорослей (в тыс. кл/л) на станциях (1, 5, 10, 16) сора Черкалово в 2002 г.

(Поповская, Ташлыкова, 2008). В отличие от дельтовых протоков, обильное развитие синезеленых водорослей отмечалось в участках сора Черкалово, не подверженных влиянию селенгинских вод (рис. 11).

В то же время массовое развитие водорослей приводит к понижению прозрачности (Вотинцев и др., 1963; Горбунов, 1976). Из анализа соотношения величины прозрачности воды и численности фитопланктона в устье протоки Харауз следует, что с ростом концентрации водорослей прозрачность уменьшается (рис. 12). Коэффициент корреляции между прозрачностью и численностью и биомассой фитопланктона высок и составляет $r=-0,838$ и $r=-0,912$, соответственно.

Как и в других водоемах и водотоках, в дельтовых протоках реки Селенги периодизация в развитии фитопланктона обусловлена сезонной ритмикой температуры воды. Диатомовые водоросли с широким температурным диапазоном (виды рода *Stephanodiscus*, *Cyclotella*, *Cyclostephanos*, *N. graciliformis*) постепенно вытеснялись зелеными водорослями, имеющими более высокие границы температурного оптимума.

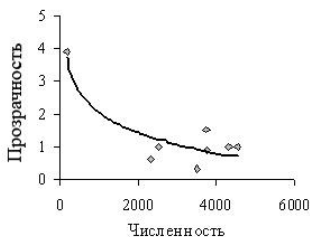


Рис. 12. Зависимость прозрачности воды (в м) от численности фитопланктона (в тыс. кл/л) в устье протоки Харауз, на примере 2002 г.

скорости течения по мере продвижения водных масс к устью проток, в воде почти в 2 раза повышаются численность и биомасса фитопланктона, концентрация органического фосфора, снижается содержание минерального фосфора и азота (рис. 10).

С гидродинамическими факторами тесно связаны показатели светового режима – прозрачность, цветность и мутность вод (Михеева, 1983; Китаев, 1984 и др.). Дельтовые протоки характеризуются низкими показателями прозрачности воды (0,6-1,2 м), что обусловлено большим количеством взвешенных частиц в реке Селенге. Высокое содержание взвешенных минеральных частиц в Селенге с одной стороны препятствует развитию синезеленых водорослей, с другой стороны, взвешенные минеральные частицы адсорбируют значительные количества загрязняющих веществ, активизируя самоочистительный потенциал реки

Для дельтовых протоков характерен низкий коэффициент корреляции температуры и общей численности и биомассы фитопланктона. В наибольшей степени корреляция прослеживается между температурой и численностью синезеленых и зеленых водорослей ($r=0,865$ и $r=0,583$, соответственно). Наименьшие значения коэффициента корреляции получены для данного фактора и численности и биомассы диатомей и золотистых водорослей.

Содержание биогенных элементов в дельте реки Селенги имеет сезонный характер и во многом определяется интенсивностью развития фитопланктона. Вследствие снижения

Анализ зависимости содержания некоторых биогенных элементов (азот, минеральный и органический фосфор) с численностью и биомассой основных групп водорослей в течение исследуемого периода, позволил выявить высокие коэффициенты зависимости для численности и биомассы синезеленых водорослей и содержания минерального и органического фосфора, а также для численности зеленых и содержания минерального азота. Наибольшие значения коэффициента зависимости (R^2) отмечались для общей численности фитопланктона и содержания минерального азота (0,73). Однако проведенный корреляционный анализ показал, что численность синезеленых водорослей имеет отрицательную корреляционную связь со значениями концентрации органического фосфора ($r=-0,873$) и содержанием азота ($r=-0,532$). Коэффициент корреляции между другими группами водорослей и содержанием биогенных элементов невысок.

Выводы

1. В фитопланктоне реки Селенги и ее дельтовых протоках обнаружено 211 видов, разновидностей и форм, объединенных в 73 рода, 35 семейств, 18 порядков, 10 классов и 7 отделов. В составе фитопланктона сора Черкалово выявлено 169 видов, разновидностей и форм, относящихся к 78 родам, 36 семействам, 20 порядкам, 12 классам и 8 отделам. Ведущее положение в видовом разнообразии принадлежит зеленым, золотистым и диатомовым водорослям. К основным структурообразующим видам фитопланктона, участвующим в сложении количественных показателей относятся 18 форм. Состав доминирующего комплекса фитопланктона сора однотипен с дельтовыми протоками.

2. В экологическом отношении альгофлора реки Селенги, ее дельтовых проток и сора Черкалово представлена преимущественно широко распространенными, планктонными и пресноводными видами. По отношению к кислотности среды в дельте преобладают индифферентные виды, в соре – алкалофильные.

3. Сезонная динамика численности и биомассы в реке Селенге, ее дельтовых протоках и соре Черкалово характеризуется тремя максимумами: весенним, летним и осенним. Весенний и осенний подъемы обусловлены диатомовыми водорослями (мелкоклеточным центрическим диатомеям). Летний – зелеными (хлорококковыми) водорослями. Лидирующее положение принадлежит мелкоклеточным центрическим диатомеям, обладающим высоким воспроизводительным потенциалом. Выявлена обратная корреляция между расходами воды в реке и количественными показателями фитопланктона. Максимальная численность 50 млн кл/л и биомасса 37 г/м³ фитопланктона была зафиксирована в июне 2003 г. при самых низких расходах воды.

Видовой состав доминирующих видов в реке Селенге и ее дельтовых протоках, разделенных более чем сорокалетним промежутком времени не подвержен значительным изменениям и является стабильным. По сравнению с 50-ми годами средняя за вегетационный период численность и биомасса водорослей в 2002-2003 гг. возросла в 7,5 раз.

4. В 2002-2003 гг. в дельтовых протоках обнаружено 109 таксонов (в соре Черкалово – 100), являющихся показателями сапробности. В альгофлоре преобладают бета- (до 50%) и олиго- (до 30%) мезосапробные виды. Средний индекс сапробности в дельтовых протоках составил $1,91 \pm 0,01$, в соре – $1,94 \pm 0,01$ (III класс чистоты вод). Согласно методу Пантле и Букка в модификации Сладчека воды дельты и сора соответствуют бета-мезосапробной зоне загрязнения, классу удовлетворительно чистые (III класс чистоты).

5. Основными факторами, регулирующими развитие фитопланктона в реке Селенге, ее дельтовых протоках, соре Черкалово, являются гидрологические и гидрохимические, оказывающие соответствующее влияние в конкретные периоды времени на состав и количественные показатели отдельных систематических групп. Среди них наибольшее значение

имеют расходы воды, скорость течения и большое содержание в воде взвешенных минеральных частиц, которые ограничивают развитие крупных синезеленых и диатомовых водорослей.

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

1. Ташлыкова Н.А. Химический состав воды и фитопланктона водных объектов дельты р. Селенга в подледный период / Л.М. Сороковикова, Г.И. Поповская, В.Н. Синюкович, И.В. Томберг, Н.В. Башенхаева, Н.А. Ташлыкова // Водн. ресур. – 2006. – Т.33. – № 3. – С. 349-356.
2. Ташлыкова Н.А. Фитопланктон сора Черкалово (озеро Байкал) / Н.А. Ташлыкова, И.В. Томберг // Сибирский экологический журнал, 2006. – № 6. – С.741-751.
3. Ташлыкова Н.А. Первичная продукция фитопланктона, эпифитных водорослей и высших водных растений в протоках дельты реки Селенги / Н.А. Ташлыкова, А.П. Куклин, Б.Б. Базарова // Вестник КрасГАУ, 2009. – №9. – С. 106-112.
4. Ташлыкова Н.А. Оценка качества воды в протоках дельты реки Селенги / Н.А. Ташлыкова // Вестник КрасГАУ, 2009. – №10. – С. 64-68.

в монографиях:

1. Ташлыкова Н.А. Фитопланктон / Г.И. Поповская, Н.А. Ташлыкова // Дельта реки Селенги – естественный биофильтр и индикатор состояния озера Байкал. – Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2008. – С. 167-182.

в других изданиях:

1. Selezneva N. A. Phytoplankton and Water Chemistry in the Selenga River Delta during the Ice-Covered Period / L.M. Sorokovikova, G.I. Popovskaya, V.N. Sinyukovich, I.V. Korovikova, N.D. Bashenkhaeva, N. A. Selezneva (Н.А. Ташлыкова) // SIAL, Abstracts of the Third International Symposium. Ancient lakes: speciation, development in time and space, natural history. – Novosibirsk, Nauka, 2002. – P. 177.
2. Ташлыкова Н.А. Современное состояние фитопланктона сора Черкалово (Байкал) / Н.А. Ташлыкова // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды // Матер. II Межд. конф. 22-26 сентября 2003 г., Минск – Нарочь. – С. 355-358.
3. Ташлыкова Н.А. Эколого-географическая характеристика фитопланктона дельтовых протоков реки Селенги / Н.А. Ташлыкова // Научные основы сохранения водосборных бассейнов: междисциплинарные подходы к управлению природными ресурсами // Тез. межд. конф. Улан-Удэ (Россия) – Улан-Батор (Монголия), 1-8 сентября 2004 г., Т.2, Улан-Удэ, Изд.-во Бурят. Науч. центра СО РАН, 2004. – С. 135-136.
4. Ташлыкова Н.А. Соотношение планктонных и бентосных водорослей в дельтовых протоках реки Селенги / Н.А. Ташлыкова // Морфология, систематика, онтогенез, экология биогеография диатомовых водорослей // Тез. докл. IX школы диатомологов России и стран СНГ, Борок, 2005. – С. 66-67.
5. Ташлыкова Н.А. Сезонная динамика зеленых водорослей в дельтовых протоках р. Селенга / Н.А. Ташлыкова // Биология науки XXI века: 10 Пушчинская шк.-конф. молод. уч., Пушино, 2006. – С. 318.
6. Ташлыкова Н.А. Оценка качества вод дельты реки Селенги / Н.А. Ташлыкова // Биология – наука XXI века: 12 Межд. Пушчинская шк.-конф. молод. уч., Пушино, 2008. – С. 319.
7. Ташлыкова Н.А. Оценка качества воды в соре Черкалово / Н.А. Ташлыкова // Мат. молодеж. науч. конф. – Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2008. – С. 99-102.