

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ П.А. СТОЛЫПИНА»

На правах рукописи

Игошкина Ирина Юрьевна

**Оценка экологического состояния водоема
природного парка «Птичья гавань» (г. Омск)
по показателям развития фитопланктона**

03.02.08 – экология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
профессор О. П. Баженова

Омск 2014

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Фитопланктон как показатель экологического состояния водных объектов (литературный обзор)	7
Глава 2. История создания и изучения ООПТ регионального значения «Природный парк «Птичья гавань».....	14
2.1. Краткая история создания природного парка «Птичья гавань».....	14
2.2. Природно-климатические условия территории и характеристика водоема..	18
2.3. Изученность экосистемы природного парка «Птичья гавань» и фитопланктона водоема.....	29
Глава 3. Материалы и методы исследований.....	33
Глава 4. Фитопланктон водоема природного парка «Птичья гавань».....	40
4.1. Таксономический состав и структура фитопланктона.....	40
4.2. Доминирующий комплекс фитопланктона.....	62
4.3. Эколого-географическая характеристика водорослей и цианобактерий.....	73
4.4. Сезонная и межгодовая динамика фитопланктона	80
4.5. Симбиотические сообщества водорослей, цианобактерий и инфузорий.....	92
Глава 5. Оценка биоразнообразия фитопланктоценоза водоема природного парка «Птичья гавань».....	100
Глава 6. Фитопланктон как показатель экологического состояния водоема природного парка «Птичья гавань».....	108
6.1. Сапробность воды	108
6.2. Трофический статус водоема и качество воды.....	113
Выводы.....	116
Библиографический список.....	118
Приложения.....	141

Введение

Актуальность темы. Ценные природные объекты на территории Российской Федерации охраняются государством и входят в систему особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Исследования, проводимые на этих территориях, направлены на инвентаризацию природных комплексов и их компонентов, экологический мониторинг, изучение естественной динамики биоценозов и являются основой для организации и планирования всех видов деятельности, разрешенных в соответствии с установленными режимами заповедования (Об охране ..., 2002).

Среди многообразных ООПТ наиболее широко представлены те, в состав которых входят отдельные водоемы, водотоки или комплексы водных объектов. Неотъемлемой частью флоры водных экосистем особо охраняемых природных территорий являются водоросли, при этом микроводоросли фитопланктона, благодаря своим свойствам заслуженно привлекают к себе внимание исследователей.

Являясь важным компонентом водных экосистем, первичным продуцентом органического вещества, а также первым звеном трофической цепи, фитопланктон наиболее сильно реагирует на изменения условий окружающей среды, что широко используется при проведении экологической оценки состояния водных объектов (Макрушин, 1974; Индикаторы сапробности, 1977; Хромов, 2004; Баринова и др., 2006).

Всестороннее изучение фитопланктонного сообщества водоема природного парка «Птичья гавань» до начала наших исследований систематически не проводилось, имелись лишь краткие сведения о его составе и обилии летом 2008 года (Баженова, Коновалова, 2009). Ряд опубликованных работ посвящен исключительно изучению отдела *Euglenophyta* (Лихачев, 1997а, 1997б, 1998; Широбоков, 2008; Лихачев, Широбоков, 2009; Гаврилова, 2007; Монтиня, 2009). Поэтому очевидна необходимость изучения и описания видового состава, структуры и динамики, присущих фитопланктоценозу Птичьей гавани.

Цель работы – изучение современного состояния фитопланктона и оценка экологического состояния водоема ООПТ регионального значения «Природный парк «Птичья гавань».

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- изучить таксономический состав, структуру и обилие фитопланктона;
- провести эколого-географическую характеристику идентифицированных водорослей и цианобактерий;
- установить характер сезонной и межгодовой динамики численности и биомассы фитопланктона;
- оценить биоразнообразие фитопланктонного сообщества водоема;
- определить современный трофический статус и оценить качество воды по показателям развития фитопланктона;

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Основу таксономического спектра фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» составляют зеленые, диатомовые и эвгленовые водоросли.
2. Водоем природного парка «Птичья гавань» относится к категории эвтрофных вод. В период открытой воды в водоеме наблюдается начальная стадия «цветения», которая в целом благоприятна для развития его экосистемы и не вызывается токсичными цианобактериями.
3. В результате проведенных мероприятий по реабилитации и реконструкции водоема природного парка «Птичья гавань» отмечено повышение качества воды и стабилизация процессов, направленных на самоочищение водоема.

Научная новизна. Впервые проведено систематическое исследование фитопланктона водоема ООПТ регионального значения «Природный парк «Птичья гавань» после его реконструкции. Дана оценка трофического статуса и установлен класс качества вод. Составлен аннотированный список водорослей и цианобактерий, включающий 350 видов и 384 разновидности и формы, включая номенклатурный тип вида. Выявлены особенности сезонной и межгодовой

динамики, определены доминирующие виды. Найдено 67 новых для Омского Прииртышья видов, разновидностей и форм водорослей и цианобактерий. Установлено повышение качества воды и стабилизация процессов, направленных на самоочищение водоема.

Теоретическая и практическая значимость работы. Работа выполнена в рамках госбюджетной темы НИР «Фитопланктон водоема природного парка «Птичья гавань» (г. Омск)» (№ государственной регистрации 01200906880).

Полученные результаты являются информационной и методической основой для организации и проведения биологического мониторинга водоема природного парка «Птичья гавань».

Результаты проведенных исследований будут использованы при создании электронной базы данных по фитопланктону Омского Прииртышья и для составления Летописи природы парка. Данные, полученные в ходе исследования, использовались для выявления причин замора в 2012 году.

Материалы диссертации используются в преподавании учебных дисциплин «Экология региона», «Биоразнообразие», «Общая экология», «Интегрированное управление водными ресурсами» и при подготовке выпускных квалификационных работ студентов факультета агрохимии, почвоведения и экологии ФГБОУ ВПО «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина».

Апробация работы. Материалы, включенные в диссертацию, были представлены на Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современного водохозяйственного комплекса» (Омск, 2009 г.); III Международной научно-практической конференции «Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона» (Омск, 2009 г.); Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения профессора, заслуженного деятеля науки РФ Б. Г. Иоганзена и 80-летию со дня основания кафедры ихтиологии и гидробиологии (Томск, 2011); X Международной научно-практической конференции «Проблемы ботаники

Южной Сибири и Монголии» (Барнаул, 2011); IV Международной научно-практической конференции «Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона» (Омск, 2012); конференции студентов и молодых ученых «Инновационные подходы природопользования» (Томск, 2013); V Международной научно-практической конференции «Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона» (Омск, 2014).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 10 работ, из них 3 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и 1 – в международном журнале.

Личный вклад автора. Отбор и обработка проб фитопланктона, интерпретация полученных результатов проведены лично автором. Гидрохимический анализ проводился на базе аккредитованной лаборатории Федерального государственного бюджетного учреждения «Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС») с участием автора.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов, списка литературы и приложений. Текст работы изложен на 161 странице, включает 44 рисунка, 13 таблиц, 4 приложения. Библиографический список содержит 197 наименований, в том числе 26 зарубежных источников.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность научному руководителю доктору биологических наук, профессору Ольге Прокопьевне Баженовой за поддержку на всех этапах выполнения диссертации, ценные советы по проведению исследований и помощь при анализе полученных данных. Автор благодарен доктору биологических наук Сергею Ивановичу Генкалу (Институт биологии внутренних вод РАН) за консультации в определении центрических диатомей.

Глава 1. Фитопланктон как показатель экологического состояния водных объектов (литературный обзор)

В настоящее время на передний план выступили проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды и ее охраной в условиях нарастающего антропогенного воздействия на экосистему. Для оценки реального состояния природного объекта и мониторинга его дальнейших изменений используют два принципиально разных подхода: биологический и физико-химический (Библиографический указатель..., 1974; Руководство..., 1983).

До 1974 года контроль качества поверхностных вод, а также определение уровня их загрязнения проводили, используя в основном физические и химические показатели (Абакумов, 1977). На сегодняшний день ведущую роль в системе контроля антропогенной нагрузки на водную среду играет биологический метод. Под ним понимают гидробиологическую оценку качества воды по состоянию и видовому разнообразию животного и растительного сообщества, составляющего экосистему водного объекта (Библиографический указатель..., 1974). По сравнению с химическим, биологический метод позволяет определить качество водной среды не только в момент отбора проб, но и в период, предшествующий этому.

В ходе проведения гидробиологического анализа в качестве индикаторов могут быть использованы практически все группы организмов, населяющие водоем (Семин, 2001). Биоиндикаторы – организмы, присутствие, количество или особенности развития которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания (Биологический контроль..., 2007). Индикаторная способность групп организмов определяется их толерантностью к условиям окружающей среды и способностью или, напротив, неспособностью приспосабливаться к их изменениям. Любая группа организмов-индикаторов имеет свои преимущества и недостатки, определяющие рамки их использования в ходе гидробиологического анализа (Семин, 2001).

Видовой состав гидробионтов является отражением всех процессов, происходящих в экосистеме водоема (Рысин, 1995; Баринова, Медведева, 1996). Многие факторы живой и неживой природы участвуют в формировании условий обитания. В этот комплекс могут входить климатические, гидрологические, гидрохимические факторы, а так же вся совокупность поллютантов, попадающих в водоем в ходе деятельности человека (Левич, 1996; Булгаков и др., 1997).

При изучении природных сообществ биоиндикация часто является единственной возможностью отследить и проанализировать влияние факторов среды, взаимодействующих друг с другом и при этом воздействующих на биоту (Spang, 1996). Данный подход, предполагающий анализ отклика реального многовидового сообщества на реальную многокомпонентную нагрузку, является наиболее обоснованным (Левич и др., 2004).

Водные растительные сообщества активно используются для оценки качества среды, а так же как показатели состояния экосистемы водоема. Одним из наиболее объективных индикаторов считается структура фитопланктона. Под фитопланктоном понимают фотосинтезирующие микроскопические одноклеточные и колониальные водоросли, свободно парящие в толще воды и осуществляющие фотосинтез в поверхностных горизонтах благодаря использованию проникающей в воду солнечной радиации. Фитопланктону принадлежит основная роль в образовании органического вещества в водоеме и поддержании кислородного режима (Абакумов, 1977; Руководство..., 1983).

Являясь первичным звеном трофической цепи, фитопланктон позволяет оценить состояние пирамиды питания, таким образом, выявляя состояние всей водной экосистемы (Баринова и др., 2006). Благодаря своей чувствительности к изменениям физико-химических свойств воды, а также краткому жизненному циклу, он активно используется в системе мониторинга (Хромов, 2004). Благодаря многообразию факторов внешней среды, воздействующих на фитопланктон, формируются различные экологические группы. При этом каждый вид водорослей характеризуется индивидуальными потребностями в факторах

окружающей среды, которые образуют его экологический спектр и характеризуют занимаемую им экологическую нишу (Шкундина, 1993).

Как отмечала Ф. Б. Шкундина (1993), факторы, влияющие на развитие фитопланктона, относятся к следующим категориям:

1. Физические: температура, свет, течение, метеорологические погодные условия, ледовый режим; к метеорологическим факторам относятся также воздушные течения, температура воздуха, атмосферные осадки, испарение.

2. Химические: минерализация воды, окисляемость.

3. Биохимические: растворенные минеральные и органические вещества, метаболиты, антибиотики.

4. Биологические: паразитизм, выедание, отмирание, конкуренция.

Воздействие факторов окружающей среды на фитопланктон проявляется в количественных и качественных изменениях его структуры. В качестве параметров, по которым можно оценить степень влияния внешних факторов на состояние сообщества обычно используют основные структурные характеристики сообщества: число видов, биомасса, численность, индексы видового богатства и разнообразия, а также изменения этих показателей во времени и пространстве (Барина и др., 2000). Именно эти модуляции, происходящие как ответ на изменение исходных условий среды, используются при проведении биоиндикации (Индикаторы сапробности, 1977; Барина и др., 2000, 2006).

Совокупность всех полученных данных о количественном развитии фитопланктона, эколого-географической характеристике сообщества, составе доминирующего комплекса четко описывает специфику водоема, отражает его трофический статус (Трифорова, 1990). Качество вод существенно зависит от вегетации микроводорослей. В результате поступления в водоем биогенных веществ значительно повышается их продуктивность. Массовое развитие фитопланктона может вызывать «цветение» воды, что значительно ухудшает санитарное состояние водоема, при этом снижается содержание кислорода в воде, что приводит к замору рыб, появляется специфический неприятный запах, теряется общая эстетическая привлекательность. Многие водоросли в процессе

жизнедеятельности способны выделять токсичные вещества, воздействующие на кожные покровы, мышечную ткань, дыхательную и желудочно-кишечную системы человека (Ермолаев, 2009; Духовная и др., 2009).

При проведении оценки качества воды по состоянию развития фитопланктона учитывается общее количество клеток и биомасса на 1 литр воды, численность и биомасса основных отделов, доминирующие виды и виды-индикаторы с известным отношением к сапробности.

Видами-индикаторами называют виды, которые совершенно определенно реагируют на изменения таких условий среды как: соленость, pH, содержание биогенных элементов. Их развитие во многом зависит от присутствия и концентрации в воде ряда химических и биологических компонентов. В континентальных водоемах России обитает около 10 тысяч видов микроскопических водорослей. Индикаторными является сравнительно небольшое число видов, около 1000, но при этом они характеризуются массовостью и наибольшей распространенностью (Барина и др., 2000).

Для быстрой и емкой оценки типа водоема в зависимости от соотношения обилий отдельных видов индикаторных организмов используется система сапробности. Для каждой зоны сапробности можно выделить тесно связанные с ней виды-гидробионты, являющиеся ее индикаторами (Шитиков и др., 2003).

В науку понятия сапробионты (от греч. *sapros* – гнилой) для обитателей сточных вод и катаробионты (от греч. *katharos* – чистый) для обитателей чистых вод были введены зоологом Р. Марссоном и ботаником К. Кольквитцом. Виды-сапробионты были разделены ими на три группы:

- олигосапробионты – организмы слабо загрязненных вод;
- мезосапробионты – организмы сильно загрязненных вод;
- полисапробионты – организмы сточных вод.

Для каждой из групп вод Р. Марссон и К. Кольквитц привели списки индикаторных растений и животных. В своих работах они продемонстрировали очередность исчезновения и повторного появления организмов – водорослей, простейших, беспозвоночных и рыб – в результате воздействия загрязняющих

веществ. На основе способности гидробионтов реагировать на уровень загрязнения в целом, независимо от его источника, в 1908 г. Р. Марссон и К. Кольквитц предложили наиболее практичный критерий в оценке качества воды – сапробность, то есть степень чувствительности водных организмов к загрязнению воды. Водоемы ими были разделены на классы загрязненности, соответствующие определенным группам обитателей. Предложенная концепция сапробности стала основой для биоиндикации – оценки качества воды и степени загрязнения водоемов по составу обитающих в ней организмов.

Обобщив опыт отечественных и зарубежных исследователей, Г. И. Долгов (1926) и Я. Я. Никитинский (Долгов, Никитинский, 1927), внесли некоторые изменения в списки индикаторов Кольквитца–Марссона. Позднее эти изменения были учтены в работах В. И. Жадина (1964, 1967) и А. Г. Родиной (1961). Над уточнением списков видов-индикаторов работали многие зарубежные исследователи. Наиболее существенный вклад принадлежит таким исследователям как: М. Зелинка и П. Марван (Zelinka, Marvan, 1961), В. Сладечек (Sladeček, 1973), А. В. Макрушин (Макрушин, 1974; Библиографический указатель..., 1974; Макрушин, Кутикова, 1976). Выдающуюся роль в дополнении и совершенствовании системы видов-индикаторов сапробности сыграл В. Сладечек, опубликовавший самый полный список – около 2000 видов.

Во второй половине XX века характер и степень загрязнения водоемов значительно изменились, в результате чего названия зон загрязнения, предложенные Р. Кольквитцем и М. Марссоном, потеряли актуальность. Чешским гидробиологом В. Сладечком были выделены и предложены для проведения гидробиологического анализа 4 категории вод: катаробная, лимносапробная (куда входят воды разной степени сапробности – ксеносапробная, олигосапробная, β -мезосапробная, α -мезосапробная, полисапробная), эусапробная и транссапробная (Sladeček, 1973). В Советском Союзе были приняты за основу классы, приведенные С. М. Драчевым (Драчев, Сосунова, 1953; Драчев, 1968): 1 класс – очень чистые или особо чистые; 2 класс – чистые; 3 класс – умеренно

(слабо) загрязненные; 4 класс – загрязненные; 5 класс – грязные или сильно загрязненные; 6 класс – очень грязные или очень сильно загрязненные.

В настоящее время разработано множество (не менее нескольких десятков) разных способов оценки качества воды и их модификаций (Семенченко, 2004).

Одной из наиболее полных классификаций качества вод построенных по экосистемному принципу, включающих как абиотическую (гидрохимические и гидрофизические показатели), так и биологическую (характеристика гидробионтов) составляющие экосистемы стала разработка Института гидробиологии НАН Украины (Шитиков и др., 2003).

Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши включает в себя оценку: 1 – по солевому составу; 2 – по эколого-санитарным (трофо-сапробиологическим) показателям; 3 – по эколого-токсикологическим показателям (по содержанию радионуклидов); 4 – по радиологическим показателям (Комплексная экологическая..., 1993).

Помимо этого, качество водных экосистем в целом можно оценивать через структуру сообщества, используя индексы видового богатства и выравненности. Экологические индексы представляют собой инструменты для интегральной оценки числа видов и их относительного обилия. Они способны отражать изменения, происходящие в экосистемах под воздействием различных факторов, в том числе и эвтрофирования. Наиболее часто при оценке изменения качества эвтрофных вод в отечественных и зарубежных исследованиях используется индекс видового разнообразия Шеннона и Маргалефа (Витвицкая, 1997; Баженова, 2005; Корнева, 2009). Снижение видового разнообразия до минимальных значений обычно указывает на происходящие в водной экосистеме негативные процессы (Библиографический указатель..., 1974). Это представление основано на общепринятой экологической концепции, согласно которой высокое разнообразие видов увеличивает стабильность биоценоза.

Первые широкомасштабные исследования экологического состояния водных объектов Омского Прииртышья с использованием фитопланктона датируются 40–60-ми годами XX века. Они проводились на базе Омского

медицинского института, группой ученых под руководством известного советского альголога Александра Павловича Скабичевского. Основными объектами изучения в этот период была река Иртыш, ее притоки (Омь, Тара, Уй, Шиш, Оша и др.) и крупные озера региона (Скабичевский, 1952; Андреев и др., 1963).

Второй этап альгологических исследований водоемов и водотоков Омского Прииртышья начинается с середины 90-х годов и длится по настоящее время.

На кафедре экологии, природопользования и биологии ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П. А. Столыпина под руководством О. П. Баженовой ведется изучение фитопланктона водных объектов Омского Прииртышья и оценка качества их вод (Баженова, 2005; Баженова и др. 2010; Барсукова, 2011; Коновалова, 2011; Коржова, 2013; Игошкина, Баженова, 2014). В рамках госбюджетных научно-исследовательских тем проведено сравнительное изучение динамики изменений экологического состояния притоков Среднего Иртыша по показателям фитопланктона (Барсукова, 2011), изучены фитопланктонные комплексы городских водоемов Омска (Коновалова, 2011), впервые исследован фитопланктон озера Калач, Калачинского района Омской области (Коржова, 2013). Проводится мониторинг экологического состояния р. Иртыш и изучение фитопланктоценозов разнотипных водоемов Омской области. В результате проведенных исследований определено качество воды, трофический уровень и характер фитопланктонного сообщества специфичный для каждого изучаемого водоема.

Таким образом, использование фитопланктона в качестве биоиндикатора экологического состояния водной среды дает возможность определить специфику водоема, его трофический статус, а также направление происходящих в водном объекте изменений. Всестороннее изучение фитопланктонного сообщества имеет большое значение для понимания закономерностей функционирования водной экосистемы.

Глава 2. История создания и изучения ООПТ регионального значения «Природный парк «Птичья гавань»

2.1. Краткая история создания природного парка «Птичья гавань»

Город Омск – областной центр Омской области, расположен на юге Западной Сибири в лесостепной природно-климатической зоне, в месте слияния рек Иртыша и его правобережного притока Оми. В центре города Омска в Кировском административном округе располагается территория природного парка «Птичья гавань» (Земля, на которой ..., 2006).

Правый берег Иртыша крутой, представлен террасами Иртышского увала, левый – пологий, болотистый с хорошо развитой поймой. Первоначально русло Иртыша располагалось значительно западнее нынешнего положения. Со временем, вследствие вращения Земли, русло реки постепенно перемещалось в сторону правого берега с запада на восток. Это и обусловило разнородность прибрежной полосы: отлогий луговой левый берег и обрывистый правый (Кассал, 2003б).

Постепенно река подмывала правый берег и переносила ил и песок в сторону более пологого левого, формируя острова и отмели. Так образовывались цепочки островов, примыкающих друг к другу. Перекрываемое ими русло понемногу смещалось в сторону и, отделенные островами от основного русла, старицы реки заиливались, замывались песком, зарастали водной и околководной растительностью. И, когда река полностью теряла связь со своими старичными руслами, они превращались в замкнутые пойменные озера. Во время весеннего половодья, разлившийся Иртыш мог заливать такие озера, принося туда дополнительный ил, песок и живые организмы. Постепенно мелея, пойменные озера превращались в болота и пойменные луга с обильным травостоем. В пойме Иртыша формировались многочисленные и разнообразные биоценозы – сообщества растений и животных (Кассал, 2000).

На самом раннем этапе своего развития экосистема Птичьей гавани представлял собой заливной луг с обильным разнотравьем. Этот участок поймы имел одну особенность – многочисленные ключи, бьющие из-под земли, которые сформировали в бывшем старичном русле Иртыша небольшую речку Замарайку. С ее появлением прилегающие территории приобрели дополнительную стабильность, здесь появились новые виды растений, животных и птиц (Мельникова и др., 2008).

Расположенные на одном из основных путей миграции перелетных птиц, прибрежные заросли Замарайки стали прибежищем стай уток, гусей и лебедей, кочующих с севера на юг. Часть пернатых оставалась здесь, они строили гнезда и выводили потомство. Обилие дичи привлекало охотников, и посещаемость прибрежных территорий Замарайки возрастала (Жемчужина Сибири..., 2011).

Одним из важнейших событий в середине XX века стало строительство моста через Иртыш, который соединил восточную и западную части Омска. До строительства капитального моста имелся лишь понтонный мост, который не мог обеспечить нормальное сообщение. 6 ноября 1959 года новый мост, позднее названный Ленинградским, был введен в эксплуатацию (Энциклопедия..., 2009.)

В 1956–1959 годах при его строительстве, была возведена большая земляная дамба. Эта дамба подняла полотно строящейся автомобильной дороги над заболоченным участком левобережья Иртыша. Но, вместе с тем, она перегородила плотиной речку Замарайку. Встретив на своем пути непреодолимое препятствие, воды Замарайки растеклись вширь, затопив окрестные низины и болотца, и образовались мелководные озера. Со временем сформировавшаяся территория более-менее стабилизировалась, но при этом начались процессы, повлекшие за собой активизацию механизма старения водоемов (Губарев, Губарева, 1999).

Уже в середине 1970-х годов, на фоне общего снижения уровня воды в водоемах и водотоках Омского Прииртышья, стали заметны первые явные признаки старения водоема. Уровень воды в озерах стал очень низким, и наблюдалось даже полное их пересыхание. Образовались перемычки, разделившие самое большое озеро на три обособленных водоема. Более мелкие

озера заросли тростником и исчезли совсем. К концу 1970-х годов водоемы Птичьей гавани вступили в замкнутый круг старения, начав прогрессивно превращаться в болото (Кассал, 2000, 2005).

В конце 1977 года областные власти, привлеченные общественностью, заинтересовались проблемой охраны природного комплекса озер Замарайки. Был объявлен конкурс на лучший вариант названия будущего парка, победителем которого стало предложение В. Р. Плюхина и Ф. И. Новикова. В 1979 году решением Омского облисполкома от 29.01.1979 № 17/1 «О взятии под особую охрану памятников природы» водоемы Замарайки получили название «Птичья гавань» и паспорт с присвоением юридического статуса памятника природы областного значения, первого в Омской области (Памятная книжка, 2011).

Вследствие возросшей антропогенной нагрузки и в силу естественных причин уже к середине 1980-х годов стало понятно, что водоемам грозит перспектива заболачивания. В естественных условиях на превращение пойменного водоема в болото требуются десятилетия, но под воздействием повышенного антропогенного пресса это происходит очень быстро. Так, в период с 1979 по 1989 годы в результате заболачивания и зарастания прибрежной растительностью, водоемы Птичьей гавани потеряли 7 % площади водного зеркала (Кассал, 2000).

В конце 1980-х – начале 1990-х годов от полного заболачивания водоем спасала ежегодная подкачка воды из Иртыша, которая проводилась весной и осенью по специально проложенному водоводу. Но и эти меры могли только отсрочить превращение водоемов в болото. Решением проблемы стала комплексная реконструкция территории Птичьей гавани, программа которой была разработана Б. Ю. Кассалом в 1985 году по заказу Омского отделения ВООП и Главного архитектурно-планировочного управления города Омска (Кассал, 1987).

Реконструкция водных объектов природного парка заключалась в восстановлении гидрологической емкости и единства водоемов, их конфигурации, соответствующей 1959–1969 годам. Восстановление планировалось путем

создания обводного канала, выполняющего функции накопителя воды и зимнего убежища для рыб и являющегося естественной водной границей, препятствующей вторжению людей и проникновению пожаров на территорию заповедной зоны (Кассал, 2000).

Весной 1992 года на территории парка был создан защитный канал, отделивший центральную часть водоема от коренного берега. В 1994 году Омский областной комитет по охране природы ходатайствовал перед администрацией области об организации на базе памятника природы «Птичья гавань» природного парка с тем же названием. Постановлением Главы администрации Омской области от 28.06.1994 г. № 305-П, в целях сохранения уникального природного комплекса «Птичья гавань» имеющего важное средостабилизирующее, эстетическое, эколого-просветительское и рекреационное значение, организован природный парк «Птичья гавань»

На основании постановления Правительства Омской области от 26.11.2008 № 202-п «О природном парке «Птичья гавань» в соответствии с п. 1 ст. 19 Федерального закона «Об особо охраняемых природных территориях», п. 7, 8.2 ст. 4 Закона Омской области «Об охране окружающей среды в Омской области» было утверждено положение о природном парке, скорректированы и описаны его границы.

В 2007 году Министерством промышленной политики, транспорта и связи Омской области за счет субвенций федерального бюджета началась разработка и реализация проекта «Расчистка и дноуглубление особо охраняемого водного объекта «Птичья гавань». В перечень основных работ вошли мероприятия по разработке грунта земснарядом в ленточных траншеях с шириной по дну 15,0 м, глубиной 1,9–2,1 м, и средней глубиной воды 2,7 м.

В зимние периоды 2007–2010 годов были выполнены работы по устройству обводного канала протяженностью около трех километров, проведена расчистка и дноуглубление. В 2009 году построена насосная станция, подающая воду из р. Иртыш в водоем Птичьей гавани.

В результате реализации проекта было предотвращено старение и зарастание водоемов, обеспечена защита и сохранение птиц, улучшены условия их обитания, а также поддержание экологического баланса и пожарной безопасности природного парка «Птичья гавань» (Памятная книжка, 2011).

После работ по реконструкции и дноуглублению озера, ранее разделенные перемычками из отложений ила и водной растительности, были объединены в один большой водоем со значительной островной частью.

2.2. Природно-климатические условия территории и характеристика водоема

Птичья гавань – один из немногих природных парков России, находящийся в черте крупного города, особо охраняемая природная территория, наделенная статусом объекта регионального значения.

Парк расположен между аэропортом Омск-Центральный и Ленинградским мостом. Птичья гавань представляет собой территорию, ограниченную с юга, запада и востока земляными насыпями, поднимающими полотна автомобильных дорог, ведущих из центра города, через Ленинградский мост, а с севера – земляной дамбой, изолирующей территорию от Замарайки. Координаты парка – $54^{\circ}58'25.4''$ с. ш. и $73^{\circ}21'05.74''$ в. д. (Рисунок 2.1).

Разнообразие геоморфологических, гидрогеологических и гидрологических условий сформировали на территории парка весьма своеобразный почвенный покров. В пределах надпойменной террасы располагаются лугово-черноземные почвы, пониженную часть на первой надпойменной террасе занимает луговая солончаковая почва. Аллювиальная луговая почва приурочена к выровненным участкам поймы, формируется на слоистых отложениях поймы, в основном тяжелосуглинистого и глинистого гранулометрического состава, с прослойками супесей, и не засолена. Солонец аллювиальный корковый солончаковый сформирован на слабовыраженном склоне, прилегающем к озеру в северной части массива. Аллювиальная лугово-болотная почва расположена в нижних частях

гив и по приозерным понижениям. Аллювиальная болотная иловато-глеевая почва глубоких понижений развивается на аллювиальных отложениях преимущественно тяжелого гранулометрического состава, под тростниковыми и тростниково-рогозовыми зарослями, и ежегодно затапливается паводковыми водами (Нефедов, 2008).



Рисунок 2.1 – План территории природного парка «Птичья гавань»
(<http://mpr.omskportal.ru>)

Климат Омска континентальный, отличается сухостью, резкими колебаниями температуры в течение года, малой облачностью и недостатком осадков. В холодное время года преобладают ветры юго-западного направления, летом – северо-западного. Наибольшее количество осадков выпадает в июле, наименьшее – в феврале. Среднегодовая сумма осадков составляет 300–350 мм, продолжительность безморозного периода – 120–125 дней. Устойчивый снежный

покров образуется в начале ноября и сохраняется 170–180 дней. Последние заморозки наблюдаются в третьей декаде мая, редко в начале июня (Агроклиматический справочник..., 1959; Атлас..., 1999).

Климатические особенности сезонов года на территории Омска приведены по результатам наблюдений на объединенной гидрометеорологической станции города. В общей совокупности метеорологических явлений ведущую роль в формировании климата играет температура воздуха и сумма осадков.

В период проведения исследований с декабря 2009 по ноябрь 2012 годов среднегодовая температура воздуха колебалась в диапазоне от 1,1 °С до 2,2 °С, среднемесячная изменялась от минус 24,9 °С до плюс 22,8 °С (Рисунок 2.2).

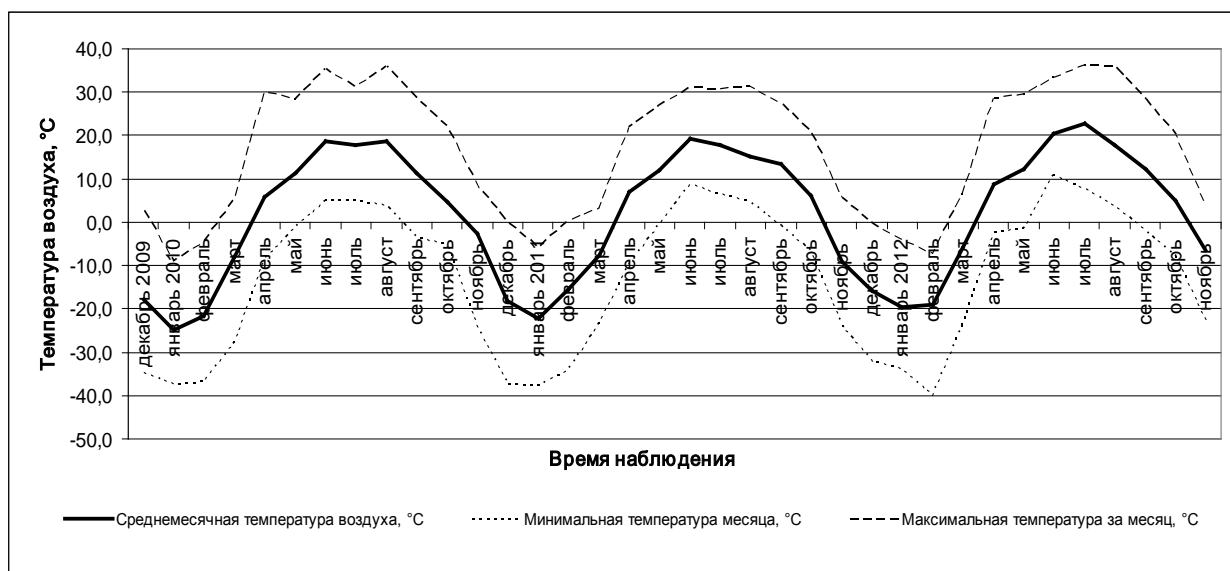


Рисунок 2.2 – Изменения среднемесячной температуры воздуха в г. Омске, 2009–2012 гг. (по данным ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС»)

Самым холодным месяцем за исследуемый период стал январь 2010 года, когда среднемесячная температура воздуха составила минус 24,9 °С, самым теплым – июль 2012. Самая низкая температура воздуха (минус 40,1 °С) была зарегистрирована 2 февраля 2012 года, наиболее теплыми месяцами стали август и июль 2012 года.

Зима 2009–2010 годов отличалась аномально низкой температурой и малым количеством осадков, недобор которых ощущался и весной, составив около 60 % от нормы. В целом погода весной 2010 года была теплой и умеренно теплой. Лето, напротив, выдалось самым жарким и засушливым за последние десять лет. Сумма осадков составила всего 51 % от нормы. Осень была теплой, с большим недобором осадков.

Аномально высокая температура воздуха отмечалась зимой 2010–2011 в ноябре 2010 и в феврале–марте 2011 года, а декабрь–январь, напротив, были аномально холодными. Весной 2011 года преобладала теплая погода с обильными осадками. Умеренно влажное и контрастное по температурному режиму лето сменилось на редкость теплой осенью, сухой в сентябре и дождливой в октябре.

В ноябре–декабре 2011 года и январе–феврале 2012 года наблюдалась холодная погода со значительным недобором осадков. Теплая весна 2012 года сменилась жарким, засушливым летом. Были зафиксированы почвенные и атмосферные засухи, суховеи. Сентябрь–октябрь 2012 года были теплыми и сухими. В ноябре начались обильные снегопады.

Вся местность природного парка представляет собой чашевидное понижение рельефа к Иртышу, в центре которой находится водоем, окруженный обводным каналом. Протяженность границы парка по периметру – 4,812 км (Памятная книжка, 2011).

Водоем Птичьей гавани в большой степени зависит от гидрологического состояния реки Иртыш и ее поймы. При этом озеро находится на пути поверхностного, грунтового и подземного стоков в сторону Иртыша, поэтому уровень воды в нем выше, чем в реке.

Будучи мелководным, водоем Птичьей гавани хорошо прогревается в период открытой воды. Как известно (Гидрохимические..., 2007), в мелководных водоемах колебания температуры воды и воздуха находятся в довольно тесной связи. Поэтому температура воды в водоеме Птичьей гавани начинает возрастать после распада льда, максимально прогреваясь в июле–августе. Максимум прогрева воды был отмечен в июле 2012 года – 30 °С (Рисунок 2.3).

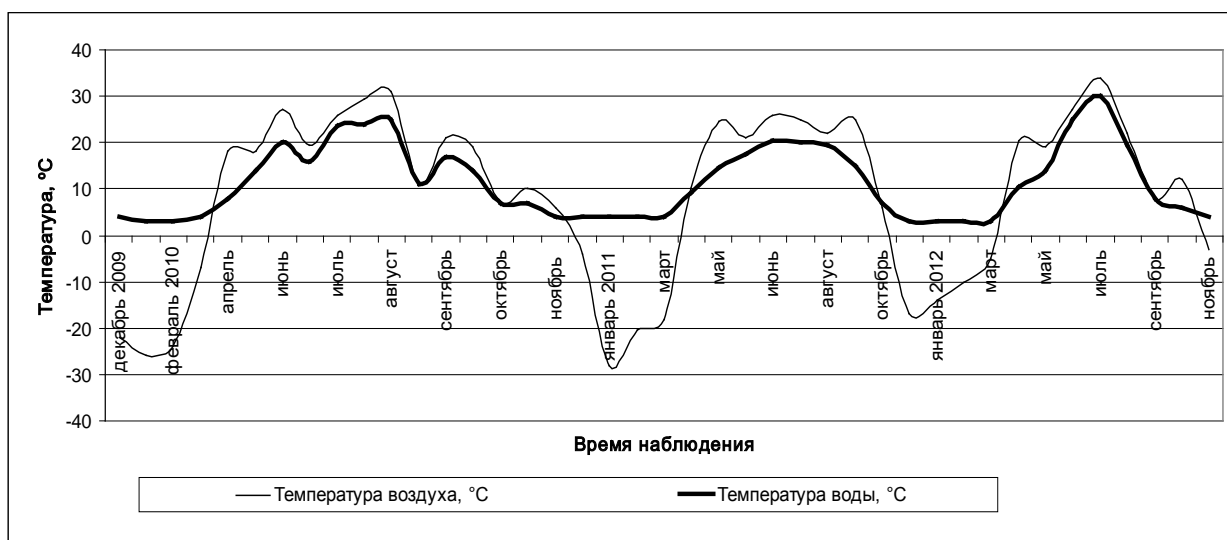


Рисунок 2.3 – Температура воздуха и поверхностного слоя воды Птичьей гавани (собственные данные)

Одним из ключевых источников питания водоемов являются атмосферные осадки (Михайлов и др., 2008). Основными атмосферными осадками, формирующими питание водоема Птичьей гавани, являются снег и дождь, в зависимости от сезона года. Минимальное среднее месячное количество осадков было зафиксировано в январе и феврале 2012 года – 2 мм, максимальное в июле 2011 – 81 мм (Рисунок 2.4).

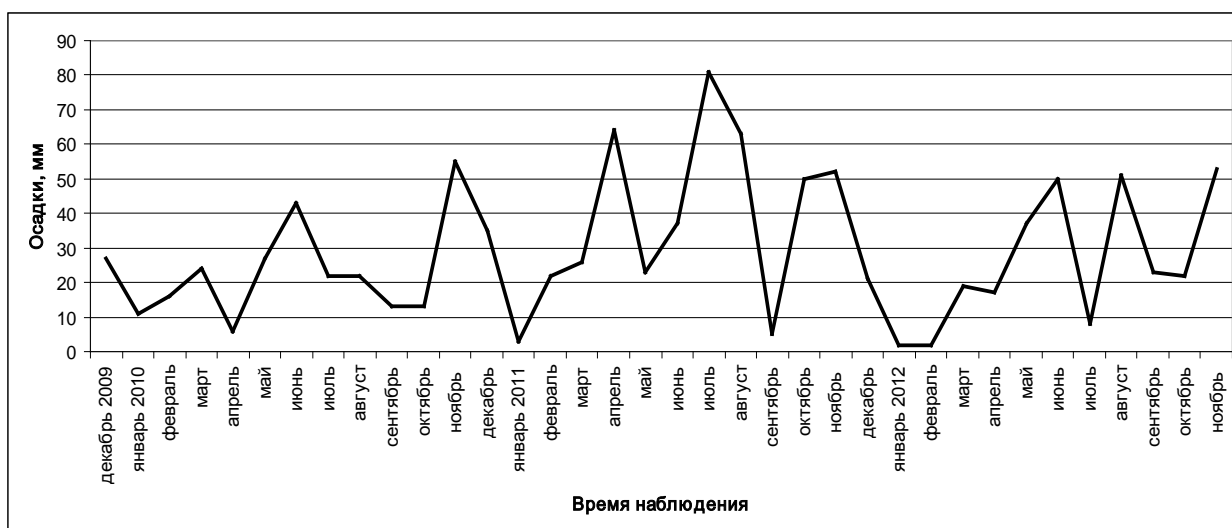


Рисунок 2.4 – Среднемесячное количество осадков в г. Омске, 2009–2012 гг. (по данным ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС»).

По нашим данным, ледостав на водоеме происходит в середине–конце ноября и, в зависимости от погодных условий, может продолжаться более двух недель, пока вся акватория не будет покрыта льдом. С установлением отрицательных температур воздуха и до распада льда весь водоем покрыт льдом и снегом. Толщина льда к середине марта нарастает до 68–82 см (Таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Средние показатели высоты снежного покрова и толщины льда водоема Птичьей гавани, 2009–2012 гг.

Месяц	Средняя высота снежного покрова, см			Средняя толщина льда, см		
	2009-2010 гг.	2010-2011 гг.	2011-2012 гг.	2009-2010 гг.	2010-2011 гг.	2011-2012 гг.
Декабрь	8,0	10,0	14,0	30,0	30,0	43,0
Январь	12,5	17,0	15,0	44,8	40,0	54,0
Февраль	20,0	24,0	17,0	56,0	65,0	70,0
Март	20,3	27,0	2,0	68,3	68,0	82,0

На высоту снежного покрова, помимо количества осадков, влияет скорость и направление ветра. Так как водоем расположен в центре чашевидного углубления, происходит перенос снега с центра на его периферию. Таяние льда весной начинается в местах выхода ключей. В начале–середине апреля начинает таять снег и происходит распад льда.

Питание водоема природного парка «Птичья гавань» смешанное, с преобладанием снегового. Приход и расход воды в озере вызывает постепенную полную смену вод. Процесс этот медленный и измеряется годами (Михайлов и др., 2008). Полный водообмен (объем воды/расход воды) в Птичьей гавани происходит примерно за 11 лет. В зависимости от погодно-климатических условий и деятельности человека, роль отдельных компонентов в водном балансе оказывается различной. Водный баланс Птичьей Гавани испытывает сезонные, годовые и многолетние колебания, которые выражаются в изменении объема воды в водоеме за определенный период.

Даже в течение года могут наблюдаться значительные колебания площади плеса водоема и объема воды. Максимальный уровень воды в Птичьей гавани

наблюдается в апреле–мае после весеннего таяния снега, минимальный – в августе–сентябре. В маловодные годы возможны значительные колебания уровня воды с полным обсыханием значительных участков дна. В средневодные и полноводные годы, когда уровень воды в Иртыше в летний период снижается незначительно, колебание уровня воды в Птичьей гавани также оказывается незначительным.

В 2009–2012 годах площадь водного зеркала существенно не изменялась и составляла около 0,32–0,36 км² в зависимости от сезона года, наполненности водой, количества осадков и степени разрастания водной и околоводной растительности. Максимальная глубина водоема, в зависимости от наполненности водой, в отдельных местах достигает 2,4–2,7 м, средняя глубина 1,6 м. (Игошкина, Баженова, 2014).

В соответствии с классификацией озер по величинам площадей их водной поверхности, предложенной П. В. Ивановым (Теоретические..., 1993), водоем Птичьей гавани относится к очень малым озерам, по классификации И. С. Захаренкова (1964) – к малым озерам. По классификации С. П. Китаева (1984), учитывающей среднюю и максимальную глубины водоемов, водоем также отнесен к очень малым.

Среди гидрофизических классификационных признаков особую информативность имеет прозрачность воды (Бульон, 1983). Во время проведения работ по реконструкции водоема исследователями отмечалось, что вода в Птичьей гавани имеет темно-коричневый цвет, при этом ее прозрачность составляет 15–25 см (Широбоков, 2008). Во время наших исследований данный показатель изменялся в широких пределах – от 33 до 198 см, что значительно превышает ранее наблюдаемые значения.

После таяния снега и распада льда отмечается относительно низкая прозрачность, что обусловлено наличием в толще воды взвешенных дисперсных частиц. После их оседания, в мае–июне прозрачность воды по диску Секки максимальна. В середине лета–начале осени наблюдается высокое обилие фитопланктона, что заметно снижает прозрачность воды. После окончания массовой вегета-

ции фитопланктона прозрачность постепенно увеличивается. Минимальное значение прозрачности, зафиксированное в августе 2010 года, составило 33 см. В конце того же года наблюдалась прозрачность «до дна» при глубине водоема в месте замера 198 см (Рисунок 2.5).

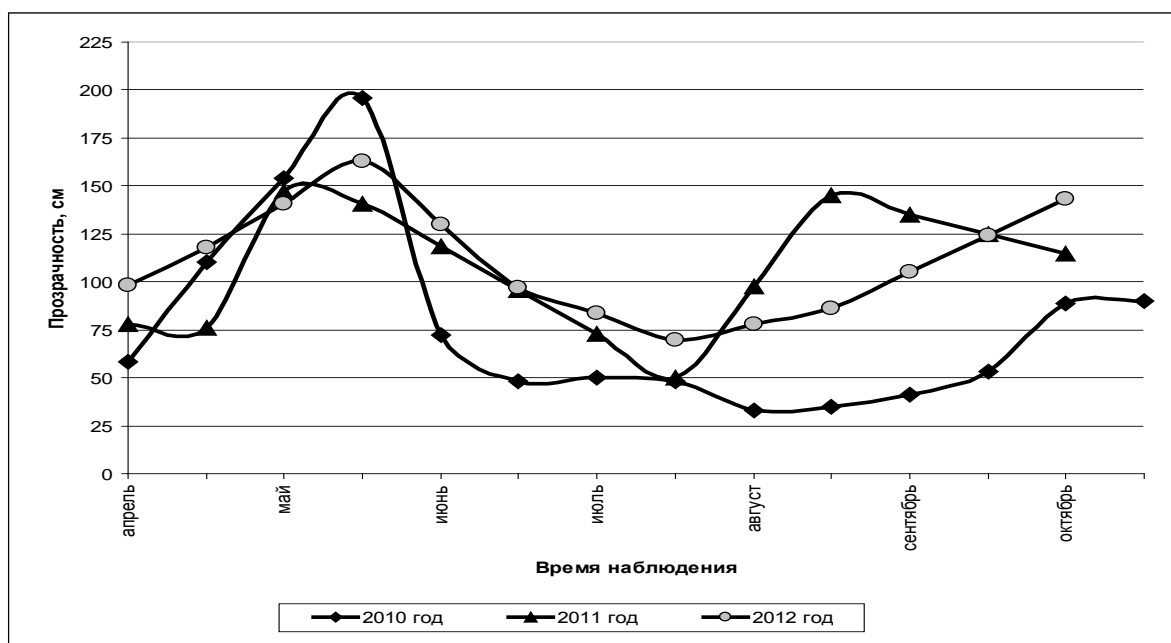


Рисунок 2.5 – Прозрачность воды по диску Секки водоема Птичьей гавани, 2010–2012 гг. (собственные данные)

С. П. Китаев (1984) назвал отношение прозрачности по диску Секки к средней глубине озера коэффициентом относительной прозрачности и, в зависимости от его величины, подразделил озера на пять типов: с очень низкой (менее 0,25), низкой (0,25–0,5), средней (0,5–1,0), высокой (1,0–2,0) и очень высокой (свыше 2,0) прозрачностью. Среднее значение прозрачности воды в водоеме Птичьей гавани составляет $92,8 \pm 32,4$ см., что в соответствии с данной классификацией позволяет отнести его к водоемам со средней прозрачностью.

Гидрохимический режим водоема Птичьей гавани формируется главным образом за счет поверхностного стока и атмосферных осадков. Значительное влияние на изменение показателей оказывает регулярная подкачка воды из Иртыша в летне-осенний период.

По степени минерализации водоем относится к категории пресных вод, минимальное значение ($597,0 \text{ мг/дм}^3$) отмечалось весной 2012 года (Таблица 2. 2).

Таблица 2.2 – Гидрохимические показатели водоема Птичьей гавани, 2010–2012 гг.

Компонент	Ед. измер.	ПДК	Массовая концентрация и погрешность измерения									
			зима 2010 г.	весна 2010 г.	лето 2010 г.	осень 2010 г.	весна 2011 г.	осень 2011 г.	зима 2012 г.	весна 2012 г.	лето 2012 г.	осень 2012 г.
Гидрокарбонаты	мг/дм ³	не уст.	302,0±11,06	137,30±6,12	109,80±5,29	188,60±7,66	169,0±7,10	206,20±13,30	277,60±10,30	186,0±12,0	246,0±16,0	253,0±10,0
Сульфаты	мг/дм ³	100,00	487,0±38,09	242,50±20,98	216,50±19,16	297,30±24,81	221,40±20,40	187,80±17,10	243,0±22,0	173,0±17,0	192,0±18,0	202,0±19,0
Кальций	мг/дм ³	180,00	177,50±11,38	64,30±4,25	54,70±3,65	88,80±5,79	51,20±3,40	22,0±1,60	51,10±3,40	22,40±1,60	76,80±5,0	78,20±5,10
Магний	мг/дм ³	40,00	98,60	24,00	28,80	38,30	43,20	59,70	71,60±18,70	64,10±6,80	41,0±4,20	40,10±4,20
Натрий+Калий	мг/дм ³	не уст.	108,0	116,20	95,20	114,20	97,0	92,70	103,50±21,70	55,0±9,0	82,0±17,20	96,80±15,50
Азот нитратный	мг/дм ³	9,10	0,307±0,080	0,103±0,030	0,017±0,008	0,053±0,020	< 0,010	< 0,010	0,017±0,008	< 0,010	не обнар.	0,019±0,009
Азот нитритный	мг/дм ³	0,02	0,005±0,005	0,031±0,008	0,020±0,007	0,010±0,005	< 0,010	0,106±0,280	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Азот аммонийный	мг/дм ³	0,40	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	0,65±0,05	не обнар.	не обнар.	не обнар.
Хлориды	мг/дм ³	300,00	219,80±7,99	89,70±4,09	92,35±4,17	101,70±4,45	92,90±4,20	86,10±4,0	105,30±4,60	69,10±3,50	86,90±4,0	96,10±4,30
рН	ед. рН	6,5–8,5	7,31±0,10	7,84±0,10	8,50±0,10	7,90±0,10	7,95±0,10	8,20±0,10	7,10±0,10	8,0±0,10	7,10±0,10	8,0±0,10
Сумма ионов	мг/дм ³	не уст.	1392,90	674,0	597,30	828,90	675,0	654,50	852,10±57,70	597,0±37,0	724,0±44,0	766,20±41,50
Фосфор общий	мг/дм ³	не уст.	0,110±0,030	0,040±0,025	0,049±0,030	0,020±0,022	0,020±0,020	0,058±0,028	0,040±0,025	0,029±0,024	0,035±0,025	0,037±0,025
БПК ₅	мг/дм ³	2,00	1,55±0,39	4,26±0,56	2,43±0,45	2,13±0,43	2,17±0,43	2,19±0,43	1,20±0,40	3,27±0,50	< 1,0	2,50±0,40
ХПК	мг/дм ³	15,00	59,0±4,84	56,30±4,68	58,50±4,81	52,80±4,47	40,40±3,70	24,90±2,79	28,80±3,0	31,0±3,20	26,80±2,90	30,10±3,10
Жесткость общая	ммоль/дм ³	0,40	16,97±1,29	5,18±0,43	5,10±0,42	7,58±0,60	6,12±0,50	6,01±0,49	8,44±0,67	6,39±0,52	7,20±0,58	7,20±0,58

Зимой 2010 года было зафиксировано максимальное значение степени минерализации ($1392,9 \text{ мг/дм}^3$), тогда вода в озере была отнесена к разряду соленоватые. Активная реакция водной среды щелочная, колеблется в диапазоне от 7,1 до 8,5.

Гидрохимический режим водоема отличается нестабильностью, в течение наших исследований ряд показателей значительно изменялся. По классификации О. А. Алекина (1952) зимой 2010 года водоем Птичьей гавани относился к классу сульфатных вод, группе кальция, соленоватым β -мезогалинным водам. С весны 2010 по осень 2012 года было зафиксировано значительное снижение степени минерализации, связанное с окончанием работ по дноуглублению, и водоем перешел в группу пресных α - и β -олигогалинных вод.

В период с зимы 2010 по весну 2011 года по ионному составу водоем относился к классу сульфатных вод. Начиная с лета 2011 года количество гидрокарбонатов стало заметно превышать содержание в воде сульфатов, в связи с этим класс вод изменился с сульфатного на гидрокарбонатный. Главным компонентом определявшим группу вод Птичьей гавани в период исследований являлся натрий. Однократно было зафиксировано преобладание кальция (зимой 2010 года) и магния (весной 2012 года). Общая жесткость воды колеблется в широких пределах от очень жесткой – $16,97 \text{ ммоль/дм}^3$ (зимой 2010 года), до средне жесткой – $5,10 \text{ ммоль/дм}^3$ (летом 2010 года).

Анализ гидрохимических показателей выявил превышение ПДК содержания сульфатов в 2–4 раза и магния в 1,5–2 раза от нормы. Содержание таких компонентов как натрий+калий, кальций, хлориды, общий фосфор и гидрокарбонаты за период наблюдений не превышало норму.

Содержание нитратного азота в водоеме природного парка «Птичья гавань» не превышает значения, установленного нормативом. Зимой 2012 года было отмечено превышение на 62,5 % норм ПДК по азоту аммонийному, но позднее он не обнаруживался совсем. Азот нитритный весной 2010 года превышал установленные нормы ПДК в 1,5 раза, а осенью 2011 года в 5 раз. Начиная с 2012

года азот нитритный в водоеме парка обнаруживался в концентрациях менее 0,005 мг/дм³.

Количество легкоокисляемых органических веществ, характеризующихся значением БПК₅, повышается в весеннее время и обычно превышает установленные нормы в 1,5–2 раза. В зимние сезоны, а так же летом 2012 года показатели БПК₅ не превышали норму.

ХПК относится к числу важнейших показателей загрязнения природных и сточных вод органическими веществами и показывает суммарную концентрацию органических веществ в воде. Содержание органических веществ в природных водах формируется под влиянием большого числа факторов. К числу важнейших относятся поступления органических веществ в результате биохимических процессов происходящих внутри водоема, а так же поступления за счет поверхностных и подземных стоков, атмосферных осадков, промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод (Гидрохимические..., 2007). Превышение ПДК по величине химического потребления кислорода отмечалось в водоеме на всем протяжении исследований. Максимальные значения ХПК регистрировались в водоеме в 2010 году, при этом ПДК было превышено в 4 раза. Минимальное превышение на 66 % (24,9 мг/дм³) было зафиксировано осенью 2011 года.

Нестабильность степени минерализации, ионного состава и других гидрохимических показателей Птичьей гавани объясняется тем, что исследования проводились после завершения основных мероприятий по дноуглублению и расчистке водоема, проходивших на фоне регулярной подкачки воды из Иртыша, которая продолжается и в настоящее время. При строительстве обводного канала и реконструкции акватории были вскрыты подстилающие засоленные грунты, что повлекло за собой изменение ряда химических показателей, характеризующих качество воды. В настоящее время отмечено понижение содержания таких компонентов, как кальций, азот нитратный, азот нитритный, азот аммонийный, хлориды, фосфор общий. По ряду показателей, ранее значительно превышавших ПДК (сульфаты, магний, БПК₅, ХПК), также зафиксировано снижение концентраций.

2.3. Изученность экосистемы природного парка «Птичья гавань» и фитопланктона водоема

Природный парк «Птичья гавань» давно стал естественным полигоном для наблюдений и научных исследований омских биологов и экологов. Многочисленными исследователями дана подробная характеристика животного мира территории Птичьей гавани (Кассал, 2000, 2003а,в; Жирнова, 2003; Попова, 2005; Соловьев, 2010), а также высшей растительности (Зарипов, Буданова, 2001; Зарипов, 2003; Самойлова, 2003; Свириденко, 2003). Описаны гидрологический и гидрохимический режимы объекта (Кассал, 2003б).

В 1975–1977 годах на речке Замарайке были проведены первые научные зоологические исследования. Тогда было установлено, что на территории нынешней Птичьей гавани постоянно обитает и встречается в период весенних и осенних миграций большое количество птиц, из которых более половины гнездится и выводит птенцов (Кассал, 1977, 1978).

Среди древесно-кустарниковой растительности на территории природного парка преобладают искусственные посадки из клена ясенелистного (*Acer negundo* L.), березы бородавчатой (*Betula pendula* Roth), яблони ягодной (*Malus baccata* (L.) Borkh.), ивы пятитычинковой (*Salix pentandra* L.) и тополя черного (*Populus nigra* L.) (Зарипов, 2003). В настоящее время, в рамках проекта благоустройства и реконструкции территории, старые и поврежденные древесные насаждения заменяются посадками сосны, березы, ели, осины, рябины, ивы шаровидной, липы и пирамидального тополя.

В составе луговой растительности в понижениях парка чаще всего встречаются осоковые, клубнекамышово-осоковые и лабазниково-дербенниковые сырые луга, на возвышенностях преобладают кострецовые и полынно-пырейные солонцеватые луга. Среди разнотипных луговых фитоценозов доминируют многолетние травянистые растения: кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), тимopheевка луговая (*Phleum pratense* L.), осока острая (*Carex acuta* L.), осока береговая (*Carex riparia* Curtis), осока остистая (*Carex atherodes* Sprengel), клубнекамыш приморский

(*Bolboschoenus maritimus* (L.) Pall.), таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), дербенник прутовидный (*Lythrum virgatum* L.), полынь серая (*Artemisia glauca* Pall. ex Willd.), полынь эстрагоновая (*Artemisia dracuncululus* L.) (Зарипов, Буданова, 2001; Самойлова, 2003).

Прибрежно-водные фитоценозы большей частью представлены тростником южным (*Phragmites australis* (Gav.) Trin. ex Steudel), разросшимся по мелководьям озер на 10–50 м в ширину. В зарослях тростника обнаружены небольшие группы рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.). В водоеме, на глубине 0,6–0,9 м найдены фрагменты сообщества роголистника погруженного (*Ceratophyllum demersum* L.) с участием рдеста гребенчатого (*Potamogeton pectinatus* L.) и урути колосистой (*Myriophyllum spicatum* L.) (Свириденко, 2003).

На территории ООПТ «Птичья гавань» обнаружено несколько видов редких и охраняемых растений: ковыль перистый (*Stipa pennata* L.), аир обыкновенный (*Acorus calamus* L.), пальчатокоренник мясо-красный (*Dactylorhiza incarnata* (L.) Soo) (Соловьев, 2010).

Животный мир природного парка весьма богат и разнообразен, здесь обитают самые различные представители фауны. В воде активно развивается зоопланктон: кругоресничные инфузории родов *Vorticella*, *Paramecium*, *Colpoda*, *Epistylis*, *Stentor* и *Stylonichia* (Жирнова, 2003; Мельникова и др., 2008; Дементьева, 2010), коловратки родов *Epiphanes*, *Asplanchna*, *Collotheca*, *Rotaria* и *Macrotrachela* (Попова, 2005). В зарослях высшей водной растительности живут личинки водных насекомых и моллюски. Эти богатые кормовые источники привлекли на территорию парка серых уток, крякв, шилохвость, чирков, красношейных поганок.

В водоеме живут гольяны и караси, служащие пищей рыбадным птицам – серошекой поганке и чомге. Хорошо приспособились к условиям жизни на территории Птичьей гавани широконоски, крачки и серебристые чайки. В центре водоема, на плесах, разместились колония озерных чаек (Соловьев, 2010).

Место в конце пищевой цепи воздушно-наземной экосистемы природного парка занимают хищники – горностаи и степные хори, а также совы и луны.

Если растительный и животный мир Птичьей гавани исследуется достаточно длительное время, то фитопланктон водоема до начала наших исследований систематически не изучался, имелись только краткие сведения о его составе и обилии летом 2008 года (Баженова, Коновалова, 2009). Тогда было установлено, что в составе фитопланктона водоема преобладают зеленые водоросли, которым принадлежит ведущая роль в формировании как общей численности, так и общей биомассы. Второе место по биомассе занимали диатомовые водоросли, представленные большим количеством случайно-планктонных видов. Также имеются общие сведения о микроорганизмах водоема (Кассал, 2002).

Таксономический состав эвгленовых жгутиконосцев водоемов Омской области описан профессором, доктором биологических наук С. Ф. Лихачевым. Материалы собирались в течение 1982–1996 годов, за данный период было обследовано 176 водоемов, в том числе и Птичья гавань (Лихачев, 1997а,б, 1998). Дальнейшие исследования эвгленовых водорослей были посвящены исключительно роду *Phacus*, объектом изучения являлись водоемы города Омска и его окрестностей (Широбоков, 2008; Лихачев, Широбоков, 2009). Их результатом стало обнаружение 28 видов рода *Phacus*. В водоеме Птичьей гавани было найдено 15 видов этого рода, что увеличило общий список эвгленовых водорослей Птичьей гавани на 5 видов.

Исследованием эндопаразитических эвгленовых жгутиконосцев посвящена работа И. М. Монтиной (2009). В водоемах города Омска ею было обнаружено 10 видов эндопаразитических эвглен отряда *Parastasiida*, относящихся к родам *Parastasia* и *Sophiensi*, в том числе в водоеме природного парка «Птичья Гавань» отмечены 3 вида – *Parastasia fennica*, *P. coelomae* и *Sophiensi caudata*.

В пресных водоемах южной части Омской области Н. В. Гавриловой (2007), обнаружено 36 видов нефотосинтезирующих эвгленовых жгутиконосцев, относящихся к 17 родам. Из них в водоеме Птичьей гавани отмечено 18 видов из 11 родов: *Astasia inflata*, *A. klebsii*, *A. longa*, *Peranema granuliferum*, *P. trichophorum*, *Distigma proteus*, *Entosiphon sulcatum*, *Menoidium minimum*, *M. pellucidum*, *M.*

tortuosum, *Cyclidiopsis acus*, *Heteronema acus*, *H. scabrum*, *Urceolus cyrusorum*, *U. sabulosus*, *Anisonema acinus*, *Rhabdomonas incurve* и *Dinema greseolum*.

В ходе идентификации нами также отмечалось присутствие в пробах представителей нефотосинтезирующих эвгленовых водорослей родов *Astasia* и *Peranema*. Данные водоросли не входят в состав фитопланктона и не учитывались при подсчете общего количества видов, разновидностей и форм, но, в виде исключения, были включены нами в Приложение 1.

Глава 3. Материалы и методы исследований

Материалами для написания работы послужили результаты обработки проб фитопланктона, отобранных в водоеме природного парка «Птичья гавань» в период с декабря 2009 по ноябрь 2012 года. Станции отбора проб равномерно расположены по акватории водоема (Рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Схема расположения станций отбора проб в водоеме природного парка «Птичья гавань» (<https://maps.google.ru>)

В зимний период отбор проб проводили один раз в месяц на станциях 1–5. На станции № 6, расположенной в обводном канале, зимой пробы не отбирали. С апреля 2010 года по апрель 2011 года в период открытой воды отбор производили дважды в месяц на 6 станциях. По результатам обработки и анализа проб фитопланктона, отобранных в водоеме в первый год исследований, было принято решение о сокращении количества отборов и с мая 2011 года отбор проб в период открытой воды производился один раз в месяц. Отбор количественных проб фитопланктона объемом 0,5 л проводили зачерпыванием из поверхностного слоя

воды (0–0,2 м). Отбор качественных проб фитопланктона производили одновременно с отбором количественных. Фиксацию проб проводили 40 % формалином до появления слабого запаха. После отстаивания проб в затемненном месте в течение 15–20 дней проводили концентрирование проб осадочным методом. Всего отобрано и обработано 232 количественных и 21 качественная пробы фитопланктона.

Обработку проб проводили согласно общепринятым в гидробиологии методам (Методика изучения..., 1975; Абакумов, 1977; Федоров, 1979; Методические рекомендации..., 1984; Методы изучения..., 2003).

Для подсчета численности водорослей использовали счетную камеру Горяева. Подсчет числа клеток производили в двух повторностях на микроскопе Микмед-1. Одновременно с подсчетом численности измеряли размеры клеток обнаруженных видов. Объемы клеток для последующего вычисления биомассы определяли методом геометрического подобия, то есть приравниванием их форм к соответствующим геометрическим фигурам (Кольцова, 1970; Федоров, 1979).

Вычисление биомассы проводили счетно-весовым методом после массовых измерений размеров клеток. Удельный вес фитопланктона принимали за единицу.

Пересчет численности водорослей и цианобактерий на 1 л осуществляли по формуле (1) (Методы изучения..., 2003):

$$N = K \times n \times (A/a) \times v \times (1000/V), \text{ где} \quad (1)$$

N – количество организмов в 1 л воды исследуемого водоема;

K – коэффициент, показывающий во сколько раз объем счетной камеры меньше 1 см³;

n – количество организмов, обнаруженных на просмотренных дорожках (квадратах, полосах) счетной камеры;

A – количество дорожек (квадратов, полос) в счетной камере;

a – количество дорожек (квадратов, полос), на которых производился подсчет водорослей и цианобактерий;

V – первоначальный объем отобранной пробы (см³);

v – объем сгущенной пробы (см³).

При отборе проб фитопланктона проводили определение физических и органолептических показателей водной среды (температура воды, прозрачность по диску Секки, запах, цвет). Химический анализ воды проводили на базе аккредитованной лаборатории ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС». В пробах воды определяли: гидрокарбонаты, сульфаты, кальций, магний, натрий+калий, азот нитратный, азот нитритный, азот аммонийный, хлориды, активную реакцию воды (рН), сумму ионов, фосфор общий, БПК₅, ХПК, жесткость общую.

Гидрохимическая характеристика водоема проведена по О. А. Алекину (1952). Класс и категорию качества воды, а также трофический статус водоема определяли согласно комплексной экологической классификации качества поверхностных вод суши (Комплексная экологическая..., 1993).

Метеорологические данные по городу Омску за 2009–2012 годы взяты из агрометеорологических бюллетеней ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС».

Определение видов диатомовых водорослей вели с помощью световой и сканирующей электронной микроскопии. Освобождение клеток диатомей от протопласта производили методом холодного сжигания, используя свежеприготовленную хромовую смесь (на 1 см³ исследуемого материала применяли 2 см³ хромовой смеси). Полученный материал в дальнейшем промывали дистиллированной водой и подвергали центрифугированию вплоть до образования прозрачного раствора (Руководство..., 1983). Микроскопирование постоянных препаратов, помещенных в анилин-формальдегидную смолу А. А. Эльяшева, проводили с использованием масляной иммерсии (x1350) на световом микроскопе Микмед-1.

Для точного определения и более детального изучения видового состава диатомовых водорослей проводили исследование морфологии их створок на сканирующем электронном микроскопе Hitachi S3400N в лаборатории водной экологии Института водных и экологических проблем СО РАН (г. Барнаул). Определение центральных диатомовых водорослей осуществляли при консультации д. б. н. С. И. Генкала (Институт биологии внутренних вод РАН).

Всего обработано 32 постоянных препарата и 147 электронных фотографий створок диатомовых водорослей.

Фотографии поверхности симбиотических сообществ были получены с помощью цифровой камеры Levenhuk C1400 NG при работе на микроскопе Euler Professor 770T.

Идентификацию видов проводили с помощью отечественных и зарубежных определителей, монографий, научных статей и сводок систематического характера: Cyanobacteria (Определитель..., 1953; Кондратьева, Коваленко, 1975; Süßwasserflora..., 1998, 2005), Euglenophyta (Определитель..., 1955; Сафонова, 1965, 1987; Флора споровых..., 1966, 1976; Ветрова, 1980), Dinophyta и Cryptophyta (Определитель..., 1954б; Süßwasserflora..., 1990), Chrysophyta (Определитель..., 1954а; Визначник..., 1965; Flora..., 1968, Süßwasserflora..., 1985), Bacillariophyta (Определитель..., 1951; Прошкина-Лавренко, 1953; Süßwasserflora ..., 1986, 1988, 1991а, 1991б; Диатомовые..., 1974, 1988, 1992, 2002; Генкал, Корнева, 1990; Генкал, Вехов, 2007; Генкал, Трифонова, 2009), Xanthophyta (Определитель..., 1962), Chlorophyta (Визначник..., 1953; Определитель..., 1959, 1986; Süßwasserflora..., 1983; Царенко, 1990; Андреева, 1998, Algae of Ukraine..., 2006), Streptophyta (Определитель..., 1982).

Идентификацию новых для альгофлоры Омского Прииртышья видов, разновидностей и форм водорослей и цианобактерий проводили путем сравнения систематического списка с данными, полученными коллективом альгологов под руководством А. П. Скабичевского в середине XX века (Андреев и др., 1963), монографией Т. А. Сафоновой (1987), а также современными данными С. Ф. Лихачева (1997 а, б), О. П. Баженовой (2005), Н. Н. Барсуковой (2011), О. А. Коноваловой (2011) и Л. В. Коржовой (2013).

Систематический список водорослей и цианобактерий составлен в основном по системе принятой в справочнике «Водоросли» (Водоросли, 1989) с учетом современных систематических преобразований (Süßwasserflora..., 1985; Süßwasserflora ..., 1986, 1988, 1991а, 1991б; Hoek, 1995; Süßwasserflora..., 1998, 2005; Генкал, Корнева, 1990; Генкал, Вехов, 2007; Генкал, Трифонова, 2009; Algae

of Ukraine., 2006; Паламарь-Мордвинцева, Царенко, 2009; Охапкин, Юлова, 2010).

Роды и виды с внутривидовыми таксонами расположены в алфавитном порядке. Авторы названий водорослей и цианобактерий, найденных в планктоне водоема Птичьей гавани, приведены в Приложении 1.

Для уточнения современных представлений о систематике видов и проверки актуальности названий использовали базы данных интернет-ресурсов Algaebase (<http://www.algaebase.org>) и National Center for Biotechnology Information (NCBI) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>).

В связи со значительным эвтрофированием водоема Птичьей гавани доминирующие виды фитопланктона выделяли по численности, как это рекомендовано Т. М. Михеевой (1992) для водных объектов, подверженных эвтрофированию. К доминирующим относили виды, численность которых составляла не менее 10 % от общей численности фитопланктона (Корнева, 2009).

При определении совокупности доминирующих видов для каждой пробы учитывали представителей, занимающих одно из трех первых мест по показателю численности. Частоту доминирования рассчитывали согласно формуле (2):

$$DF = D/F \times 100, \text{ где} \quad (2)$$

DF – частота доминирования;

F – общее число обработанных проб;

D – число проб, в которых данный вид занимал одно из трех первых мест по значениям численности (Макаревич, 1966; Кожова, 1970).

Порядок доминирования определяли согласно формуле (3), предложенной О. С. Горбулиным (2012):

$$Dt = DF/pF \times 100, \text{ где} \quad (3)$$

Dt – порядок доминирования;

DF – частота доминирования;

pF – частота встречаемости.

При оценке биологического разнообразия фитопланктоценоза водоема природного парка «Птичья Гавань» использовали следующие индексы:

1. Индекс видового разнообразия Маргалефа (d) (Мэгарран, 1992; Шитиков и др., 2003), рассчитанный по формуле (4):

$$d = (S - 1) / \ln N, \text{ где} \quad (4)$$

S – число выявленных видов;

N – общее число особей всех S видов;

2. Индекс видового разнообразия Шеннона (H) (Бигон и др., 1989; Мэгарран, 1992), рассчитанный по формуле (5):

$$H = - \sum p_i \times \ln p_i, \text{ где} \quad (5)$$

p_i – относительное обилие i -го вида (n_i / N).

n_i – общая численность или биомасса вида,

N – общая численность или биомасса сообщества.

3. Индекс Симпсона (D) (Мэгарран, 1992; Шитиков и др., 2003), рассчитанный по формуле (6):

$$D = \sum [(n_i \times (n_i - 1)) / (N \times (N - 1))], \text{ где} \quad (6)$$

n_i – число особей i -го вида,

N – общее число особей.

4. Индекс выравненности Пиелу (E) (Мэгарран, 1992), рассчитанный по формуле (7):

$$E = H / \ln S, \text{ где} \quad (7)$$

H – индекс Шеннона;

S – число выявленных видов.

Для сравнения видового состава доминирующего комплекса водорослей и цианобактерий водоема природного парка «Птичья гавань» с перечнем видов-доминантов ранее исследованных озер Омской области использовали индексы флористического сходства Чекановского-Серенсена ($K_{ч-с}$) и Жаккара (K_j) (Шмидт, 1980; Мэгарран, 1992) рассчитанные соответственно по формулам (8) и (9):

$$K_{ч-с} = 2c / (a + b) \quad (8)$$

$$K_j = c / a + b - c, \text{ где} \quad (9)$$

a и b – число видов в каждой из сравниваемых флор;

s – число общих для сравниваемых флор видов.

Для оценки качества воды использовали индекс сапробности (S), рассчитанный по формуле (10), предложенной Пантле и Букком в модификации М. Зелинки и П. Марвана (Шитиков и др., 2003) с использованием списка видов-индикаторов (Макрушин, 1974; Индикаторы сапробности, 1977; Баринова и др., 2000, 2006).

$$S = \sum n_i \times h_i \times J_i / \sum h_i \times J_i, \text{ где} \quad (10)$$

n_i – сапробная валентность организма;

h_i – численность вида;

J_i – индикаторный вес.

Для экологической характеристики видового состава фитопланктона по отношению к солености воды использовали систему галобности Р. Кольбе (Kolbe, 1927, цит. по: Шитиков и др., 2003) с уточнениями и дополнениями А. И. Прошкиной-Лавренко (1953). При анализе отношения водорослей к активной реакции среды применяли шкалу Ф. Хустедта, дополненную и уточненную М. И. Порк (1967). Для эколого-географической характеристики видов были использованы материалы указанных определителей и отдельных публикаций (Хурсевич, 1976; Трифонова, 1979; Генкал, Корнева, 1990; Генкал, Вехов, 2007; Генкал, Трифонова, 2009; Баринова и др., 1996, 2006).

Статистическую обработку результатов исследования (Лакин, 1980) проводили в программе Microsoft Excel, также с ее помощью создавались рисунки и схемы, включенные в текст диссертации.

Глава 4. Фитопланктон водоема природного парка «Птичья гавань»

4.1. Таксономический состав и структура фитопланктона

Биологический вид признан большинством исследователей как универсальная базовая единица для оценки разнообразия. Именно поэтому термин «биоразнообразие» зачастую связывают с количеством видов в сообществе (Юрцев, Камелин, 1991; Мэгарран, 1992). Различают таксономическое и типологическое разнообразие организмов (Юрцев, 1992). Таксономическое разнообразие надвидового уровня включает систематическую иерархию таксонов в разрезе родственных связей от рода до царства. Типологическое разнообразие организмов рассматривается в разрезе любой категории, не сводящейся к родству. Например, виды могут группироваться по географической приуроченности, местообитанию, отношению к факторам внешней среды и т. п. (География..., 2002). Проведение оценки таксономического и типологического разнообразия позволяет обеспечить комплексный подход к изучению флоры объекта.

Основной характеристикой любой флоры является ее видовой состав. К показателям, характеризующим систематическое разнообразие, относятся среднее число видов в семействе, родов в семействе и видов в роде, или «пропорция флоры», которая отражает простые отношения показателей флористического богатства (Шмидт, 1980). В сравнительной флористике большую роль играют таксономические спектры (Хохряков, 2000).

Таксономический спектр фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» весьма разнообразен, его составляют 9 отделов, 14 классов, 24 порядка, 60 семейств, 172 рода, 350 вида и 384 разновидности и формы, включая номенклатурный тип вида (Рисунок 4.1, Таблица 4.1).

Кроме окрашенных фотосинтезирующих водорослей в планктоне найдено 5 видов бесцветных организмов. Из них 3 относятся к эвгленовым водорослям семейств *Astasiaceae* (*Astasia klebsii* и *A. parvula*) и *Peranemataceae* – *Peranema*

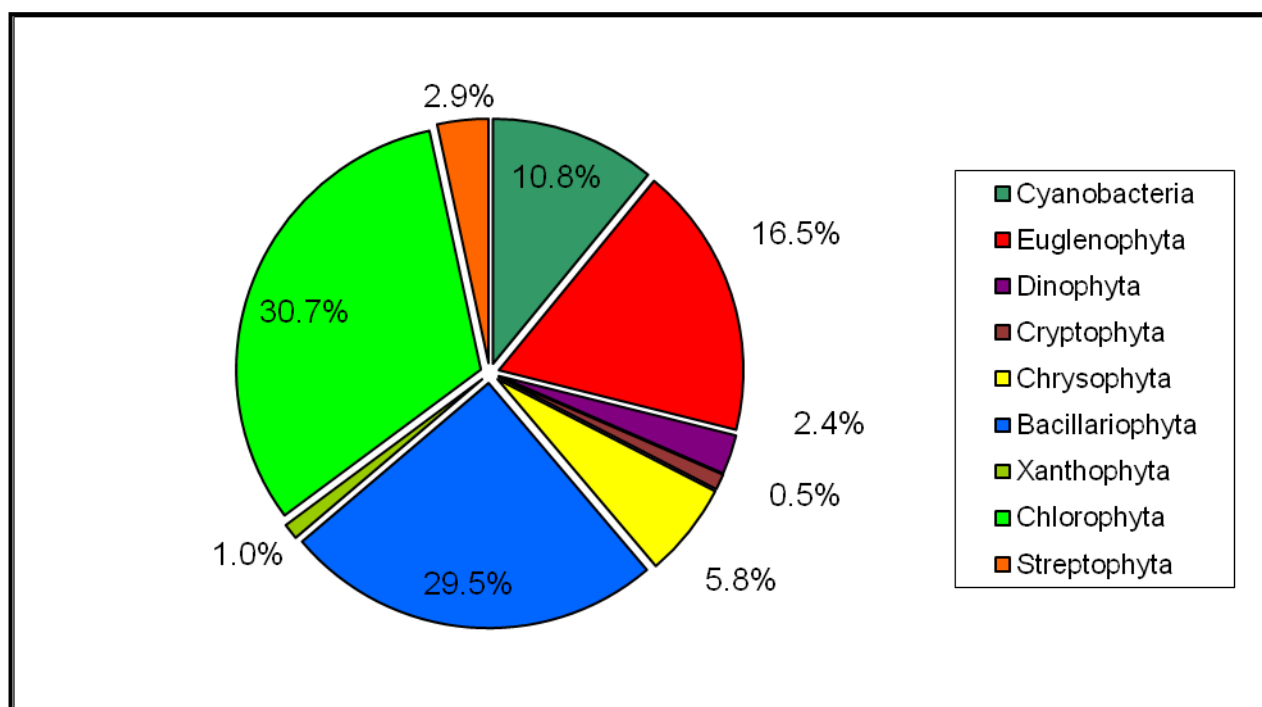


Рисунок 4.1 – Таксономический состав фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань»

Таблица 4.1– Таксономический спектр, пропорции флоры и родовая насыщенность фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань»

Отдел	Количество						Пропорции флоры	Родовая насыщенность таксонами	
	классов	порядков	семейств	родов	видов	видов, разновидностей и форм		видовыми	видовыми и внутривидовыми
Cyanobacteria	1	3	8	26	42	42	1:3,3:5,3:5,3	1,6	1,6
Euglenophyta	1	1	2	9	54	69	1:4,5:27:34,5	6,0	7,7
Dinophyta	1	1	4	7	9	10	1:1,8:2,3:2,5	1,3	1,4
Cryptophyta	1	1	1	1	4	4	1:1:4:4	4,0	4,0
Chrysophyta	1	2	4	8	21	24	1:2:5,3:6	2,6	3,0
Bacillariophyta	2	4	16	47	90	96	1:2,9:5,6:6	1,9	2,0
Xanthophyta	1	1	2	4	4	4	1:2:2:2	1,0	1,0
Chlorophyta	5	9	20	66	115	122	1:3,3:5,8:6,1	1,7	1,8
Streptophyta	1	2	3	4	11	13	1:1,3:3,7:4,3	2,8	3,3
Всего	14	24	60	172	350	384	1:2,9:5,8:6,4	2,0	2,2

macromastix. Два вида принадлежат к золотистым водорослям семейства *Bicosoecaceae* (*Bicosoeca planctonica* и *Bicoeca urceolata*).

Наибольшее видовое богатство присуще зеленым, диатомовым и эвгленовым водорослям, в совокупности составляющим 74,74 % идентифицированных видов, разновидностей и форм (ВРФ). Заметную долю видового богатства составляют цианобактерии (10,94 % от общего количества ВРФ) и золотистые водоросли (6,25 % от общего количества ВРФ). Прочие отделы водорослей играют значительно меньшую роль в таксономическом составе фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань». Общая доля идентифицированных ВРФ, принадлежащих к отделам Dinophyta, Cryptophyta, Xanthophyta и Streptophyta составляет лишь 8,07 % от общего.

Согласно принятым в России геоботаническим правилам (Ярошенко, 1969), при определении характера флоры на последнее место ставится преобладающий комплекс видов. Таким образом, по таксономическому составу фитопланктон водоема природного парка «Птичья гавань» имеет диатомово-хлорофитовый характер со значительным участием эвгленовых водорослей.

В пропорциях флоры самая высокая насыщенность семейств родами характерна для эвгленовых водорослей (1:4,5), относительно высокая насыщенность присуща для цианобактерий (1:3,3), зеленых (1:3,3) и диатомовых водорослей (1:2,9). Одинаковые пропорции флоры свойственны золотистым и желтозеленым водорослям (1:2,0). КRYPTOфитовые, динофитовые и стрептофитовые водоросли характеризуются низкой насыщенностью семейств родами.

Максимальной насыщенностью семейств видовыми и внутривидовыми таксонами и вариабельностью видов (отношение числа внутривидовых таксонов к видовым) отличаются эвгленовые водоросли. Такое явление, по мнению И. И. Васильевой (1989), может указывать на высокую приспособленность представителей этого отдела к условиям среды, сформировавшимся в водоеме.

Основным критерием для проверки полноты и системности выявленного видового состава водорослей и цианобактерий, как считают многие альгологи

(Баринова и др., 2006; Еремкина, Ярушина, 2009) является соблюдение зависимости Виллиса. В хорошо изученных флорах кривая Виллиса графически представляет собой гиперболу, показывающую распределение числа видов по числу родов. Для проведения анализа достаточности выборки в фитопланктоне водоема Птичьей гавани также была построена кривая Виллиса (Рисунок 4.2).

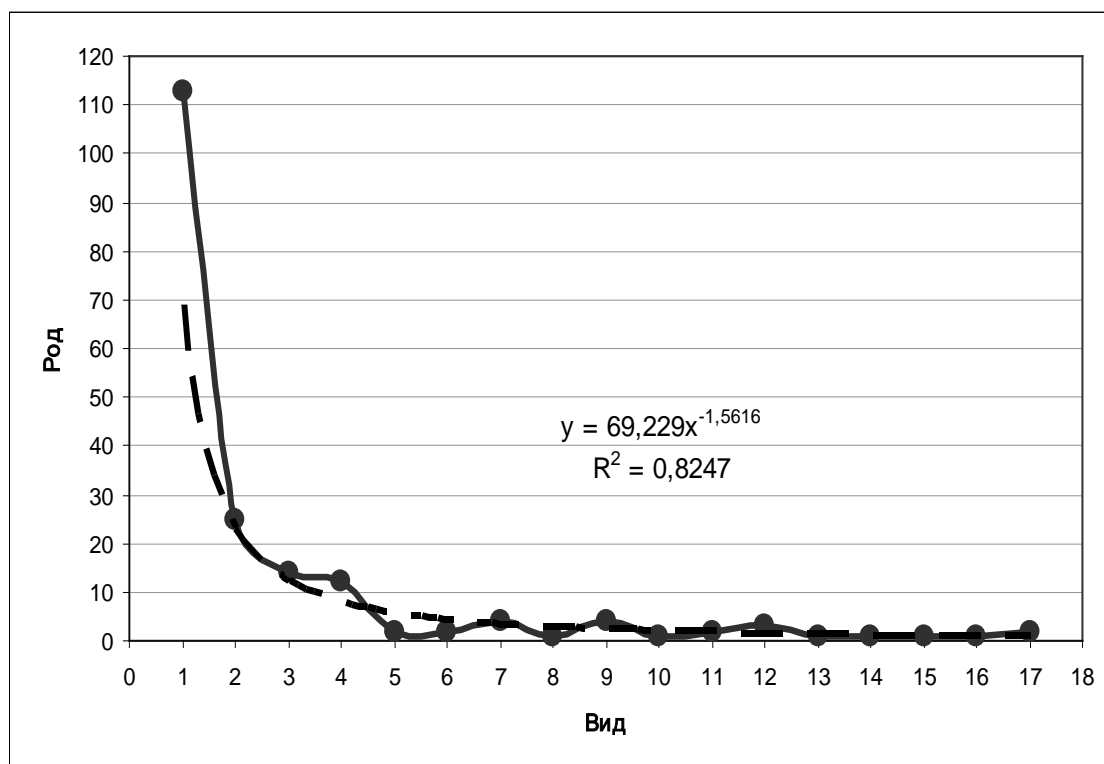


Рисунок 4.2 – Зависимость Виллиса для фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань»

Полученная кривая близка по форме к линии тренда, коэффициент сродства (R^2) реального распределения и линии тренда имеет достаточно высокое значение – 82,47 %. Таким образом, систематический список водорослей и цианобактерий водоема Птичьей гавани подчиняется распределению Виллиса и, следовательно, составляет систему, которую можно корректно анализировать с позиций системного анализа, оценивая такие параметры, как таксономический состав, обилие, видовое разнообразие и пр.

Другим важнейшим показателем в сравнительной флористике является распределение идентифицированных видов между систематическими

категориями высших рангов, свойственное конкретной флоре, иначе называемое систематической структурой флоры (Шмидт, 1980).

Наиболее четко систематическую структуру флоры характеризуют сведения о численном составе 10–15 семейств, занимающих первые места по количеству входящих в них видов. Они формируют головную часть флористического спектра и довольно ярко отображают «лицо» альгофлоры водоема (Толмачев, 1974).

В составе фитопланктона Птичьей гавани первые пять ранговых мест на уровне классов занимают 311 ВРФ, что составляет 80,99 % от общего числа ВРФ. Эти ранговые места распределены между представителями четырех различных отделов – зеленых (*Chlorophyceae*, *Trebouxiophyceae*), диатомовых (*Pennatophyceae*), эвгленовых (*Euglenophyceae*) водорослей и цианобактерий (*Cyanophyceae*). В таксономический спектр на данном уровне со значительным отрывом от лидеров также входят представители классов *Chrysophyceae*, *Centrophyceae*, *Zygnemorphyceae*, *Dinophyceae*, *Cryptophyceae* и *Heterococcophyceae* (Таблица 4.2).

На уровне порядков сохраняется та же картина, что и на уровне классов. Первые пять ранговых мест распределяются между диатомовыми, зелеными, эвгленовыми водорослями и цианобактериями. При этом зеленые водоросли выходят на передний план по совокупному количеству ВРФ в первых десяти ранговых позициях. Диатомовые водоросли занимают второе место по общему количеству ВРФ в первых десяти порядках, выделенных на данном уровне. Эвгленовые водоросли на уровне порядков, так же, как и на уровне классов, занимают третье место.

В то же время значимость золотистых (порядки *Ochromonadales* и *Chromulinales*), стрептофитовых (порядок *Desmidiiales*) водорослей и цианобактерий (порядки *Chroococcales* и *Oscillatoriales*) на уровне порядков по сравнению с уровнем классов существенно снизилась. Отделы *Dinophyta*, *Xanthophyta* и *Cryptophyta* на уровне порядков из таксономического спектра выбыли.

Таблица 4.2 – Таксономический спектр ведущих классов, порядков, семейств, родов фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» и их ранговые места (в скобках)

Класс	Количество		Порядок	Количество	
	видов	видов, разновидностей и форм		видов	видов, разновидностей и форм
Chlorophyceae	79 (1)	85 (1)	Raphales	63 (1)	68 (2)
Pennatophyceae	75 (2)	81 (2)	Sphaeropleales	61 (2)	66 (3)
Euglenophyceae	54 (3)	69 (3)	Euglenales	54 (3)	69 (1)
Цианопхyceae	42 (4)	42 (4)	Chlorellales	33 (4)	34 (4)
Trebouxiophyceae	33 (5)	34 (5)	Chroococcales	29 (5)	29 (5)
Chrysophyceae	24 (6)	24 (6)	Ochromonadales	14 (6)	14 (6)
Centrophyceae	15 (7)	15 (7)	Araphales	12 (7–8)	13 (7)
Zygnemophyceae	11 (8)	13 (8)	Thalassiosirales	12 (7–8)	12 (8)
Dinophyceae	9 (9)	10 (9)	Desmidiiales	10 (9–11)	12 (9)
Cryptophyceae	4 (10–11)	4 (10–11)	Oscillatoriales	10 (9–11)	10(10)
Heterococcophyceae	4 (10–11)	4 (10–11)	Chromulinales	10 (9–11)	10(10)
Всего	351	381	Всего	307	337
% от общего числа таксонов соответствующего ранга	99,15	99,22		86,72	87,76
Семейство			Род		
Euglenaceae	53 (1)	68 (1)	Trachelomonas	17 (1)	27 (1)
Scenedesmaceae	29 (2)	32 (2)	Euglena	12 (2–3)	15 (2–3)
Naviculaceae	25 (3)	25 (3)	Desmodesmus	12 (2–3)	15 (2–3)
Oocystaceae	19 (4)	19 (4)	Lepocinclis	11 (4)	13 (4)
Selenastraceae	18 (5)	18 (5)	Nitzschia	9 (5–7)	11 (5)
Merismopediaceae	13 (6)	13 (6)	Kephyrion	9 (5–7)	9 (6–7)
Nitzschiaceae	11 (7)	13 (7)	Navicula	9 (5–7)	9 (6–7)
Chlorellaceae	11 (8)	12 (8)	Oocystis	7 (8–10)	7(8–10)
Stephanodiscaceae	11(9)	11 (9)	Monoraphidium	7 (8–10)	7(8–10)
Chrysococcaceae	10 (10)	10 (10)	Cosmarium	7 (8–10)	7(8–10)
Всего	200	221	Всего	100	120
% от общего числа таксонов соответствующего ранга	56,50	57,55		28,25	31,25

В систематической структуре фитопланктона водоема Птичьей гавани основную роль играют первые 10 семейств, в которые входят более половины всех обнаруженных ВРФ (57,55 %). Подобная закономерность прослеживается в таксономическом составе любой хорошо изученной флоры (Шмидт, 1980; Баженова, 2005; Габышев, 2008; Пивоварова, Благодатнова, 2009; Скоробогатова, 2010). Остальные семейства при этом играют менее заметную роль в систематической структуре флоры, но могут занимать лидирующие позиции по показателям обилия (Шмидт, 1980).

На уровне семейств в таксономическом спектре фитопланктона Птичьей гавани ведущую роль играют представители 5 отделов: Euglenophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta, Cyanobacteria и Chrysophyta. Первое место на этом уровне занимают эвгленовые водоросли сем. *Euglenaceae*, а по совокупности идентифицированных ВРФ наибольшее значение имеют семейства отдела Chlorophyta – *Scenedesmaceae*, *Oocystaceae* и *Chlorellaceae*. Из отдела Bacillariophyta на этом уровне в спектре представлены 3 семейства, а цианобактерии и золотистые водоросли расположены во второй половине спектра.

Высокое разнообразие присуще фитопланктону водоема и на уровне родов. В таксономический спектр вошли представители 5 отделов: Euglenophyta (роды *Trachelomonas*, *Euglena* и *Lepocinclis*), Chlorophyta (роды *Desmodesmus*, *Oocystis* и *Monoraphidium*), Bacillariophyta (роды *Navicula* и *Nitzschia*), Chrysophyta (род *Kephyrion*) и Streptophyta (род *Cosmarium*). Как и на уровне семейств, на уровне родов ведущие места занимают эвгленовые водоросли.

Таким образом, таксономический спектр фитопланктона водоема Птичьей гавани отличается высоким разнообразием. На всех уровнях лидирующие позиции занимают эвгленовые, зеленые и диатомовые водоросли, причем эвгленовые водоросли на уровнях семейств и родов выходят на ведущие места. Ведущая роль эвгленовых водорослей в таксономическом спектре фитопланктона Птичьей гавани является его отличительной чертой, подчеркивая высокий

уровень загрязнения водоема органическими веществами, признанными индикаторами которого и служат эвглениды.

Заметное участие цианобактерий в формировании таксономического спектра прослеживается на уровне классов и порядков, но к уровню семейств оно ослабевает, а на уровне рода цианобактерии выходят из таксономического спектра. Роль золотистых водорослей заметна также только на уровнях класса и порядка, на уровне семейств они выпадают из таксономического спектра, но возвращаются в него на уровне родов, уступая ведущие позиции эвгленовым, зеленым и диатомовым водорослям.

Характерной чертой фитопланктонного сообщества водоема природного парка «Птичья гавань», как и других водных объектов бассейна среднего течения Иртыша (Баженова, 2005; Барсукова, 2011; Коновалова, 2011; Коржова, 2013), является высокое видовое богатство зеленых водорослей, представленных пятью классами – *Chlorodendrophyceae*, *Prasinophyceae*, *Trebouxiophyceae*, *Chlorophyceae* и *Ulotrichophyceae*. Наиболее богаты в видовом отношении классы *Trebouxiophyceae* и *Chlorophyceae*.

Ведущую роль в формировании видового состава зеленых водорослей играют порядки *Sphaeropleales* и *Chlorellales*. Видовой состав порядка *Sphaeropleales* складывается в основном представителями семейств *Scenedesmaceae* и *Selenastraceae*. Порядок *Chlorellales* главным образом формируют представители семейств *Oocystaceae* и *Chlorellaceae*. Наиболее богаты в видовом отношении роды *Desmodesmus*, *Oocystis* и *Monoraphidium*.

Классы *Chlorodendrophyceae*, *Prasinophyceae* и *Ulotrichophyceae* в фитопланктоне представлены крайне малым количеством видов. В каждый из них входит по одному представителю: *Tetraselmis arnoldii* (класс *Chlorodendrophyceae*), *Nephroselmis olivacea* (класс *Prasinophyceae*) и *Thamniochaete huberii* (класс *Ulotrichophyceae*).

Наиболее часто встречаются в фитопланктоне водоема такие виды зеленых водорослей как *Monoraphidium contortum*, *M. komarkovae*, *M. minutum*, *Mucidosphaerium pulchellum*, *Crucigenia quadrata*, *C. tetrapedia*, *Crucigeniella*

apiculata, *Acutodesmus acuminatus*, *Desmodesmus caudato-aculeatus*, а также не идентифицированные виды родов *Chlamydomonas* и *Chlorococcum*.

Следует отметить, что *Monoraphidium contortum*, *M. minutum* и *Acutodesmus acuminatus* присутствуют в составе фитопланктона в течение всего года. Особенно заметно их участие в формировании фитопланктоценоза зимой, когда они входят в состав доминирующего комплекса.

Одной из основных особенностей фитопланктона Птичьей гавани является преобладание в его составе мелкоклеточных видов водорослей и цианобактерий, к числу которых относятся *Aphanocapsa incerta*, *Merismopedia glauca*, *M. tenuissima*, *Chroococcus minimus*, *Ch. minor*, *Staurosirella pinnata*, *Actinastrum hantzschii* var. *subtile*, *Micractinium pusillum* и др. Крупноклеточные водоросли в составе фитопланктона малочислены и встречаются довольно редко, к ним можно отнести случайно-планктонные виды диатомей (*Nitzschia palea* var. *palea*, *N. sigmoidea*, *Tabellaria fenestrata* и *Ulnaria ulna*), большинство идентифицированных динофитовых (*Peridinium aciculiferum*, *P. bipes*, *Peridiniopsis cunningtonii*, *Palatinus apiculatus*, *Ceratium hirundinella* f. *silesiacum*, *C. hirundinella* f. *robustum*) и эвгленовых (*Lepocinclis ovum* var. *major*, *Euglenaria anabaena*) водорослей.

В составе отдела Chlorophyta выявлено 13 новых для Омского Прииртышья видов и разновидностей (Приложение 1). Восемь из них принадлежат к классу *Chlorophyceae*, два к *Trebouxiophyceae*, по одному виду к классам *Chlorodendrophyceae*, *Prasinophyceae* и *Ulotrichophyceae*.

Диатомовые водоросли в планктоне водоема Птичьей гавани представлены классами *Centrophyceae* (15 ВРФ) и *Pennatophyceae* (81 ВРФ). В классе *Centrophyceae* найдены представители двух порядков – *Thalassiosirales* и *Aulacoseirales*. Порядок *Thalassiosirales* формируют два семейства – *Thalassiosiraceae* и *Stephanodiscaceae*, из семейства *Thalassiosiraceae* обнаружен один вид – *Conticribra weissflogii* (Рисунок 4.3, 4.4).



Рисунок 4.3 – *Conticribra weissflogii*. Наружная поверхность створки

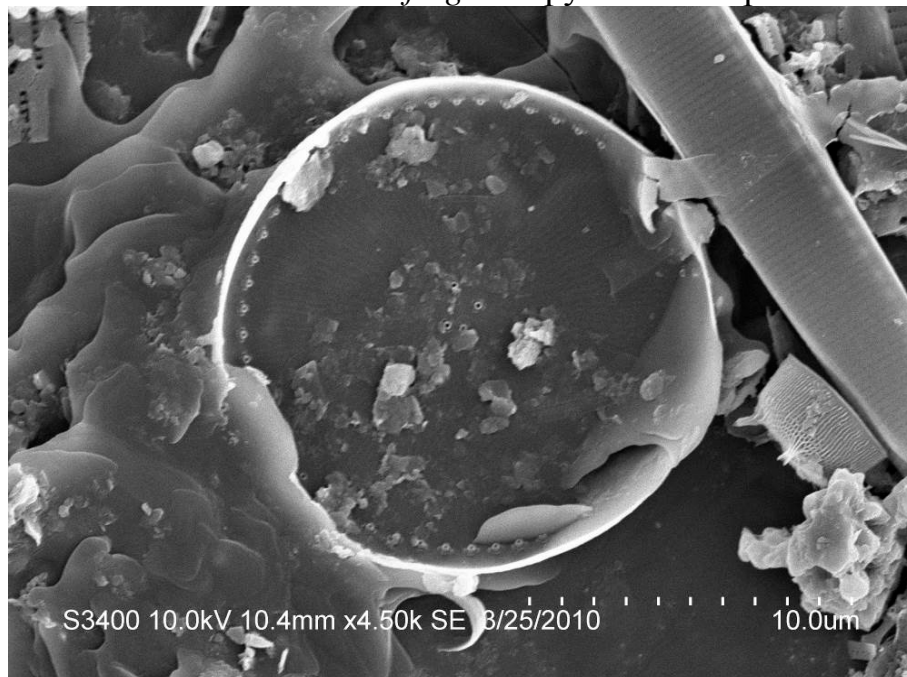


Рисунок 4.4 – *Conticribra weissflogii*. Внутренняя поверхность створки

Наиболее широко в видовом отношении представлено семейство *Stephanodiscaceae* – 11 ВРФ из четырех родов: *Cyclostephanos* (1 ВРФ), *Cyclotella* (5 ВРФ), *Stephanodiscus* (4 ВРФ) и *Discostella* (1 ВРФ). Данное семейство представлено преимущественно планктонными и планктонно-бентосными видами-космополитами. Максимальных показателей численности среди центрических диатомей семейства *Stephanodiscaceae* в водоеме природного парка

«Птичья гавань» достигал в конце июня 2010 года вид *Stephanodiscus hantzschii* (4,94 млн кл./л).

Из порядка *Aulacoseirales* в пробах, отобранных в водоеме идентифицированы *Aulacoseira ambigua* (Рисунок 4.5, 4.6), *A. granulata* (Рисунок 4.7) и *A. islandica* (Рисунок 4.8), из них наиболее широко распространена в различных реках и озерах Омского Прииртышья *A. granulata* (Генкал и др., 2012).



Рисунок 4.5 – *Aulacoseira ambigua*

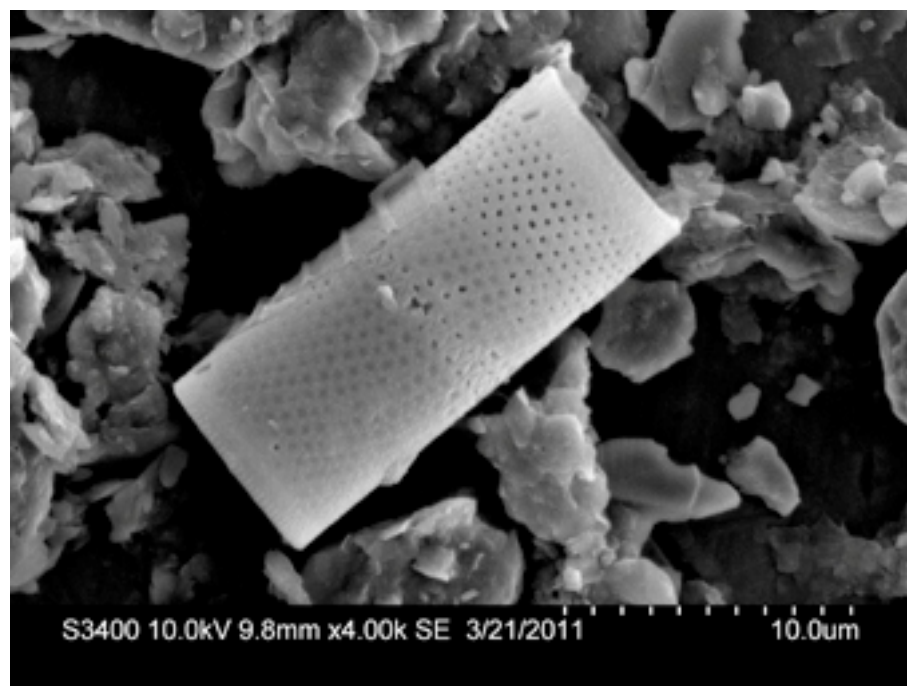


Рисунок 4.6 – *Aulacoseira ambigua*

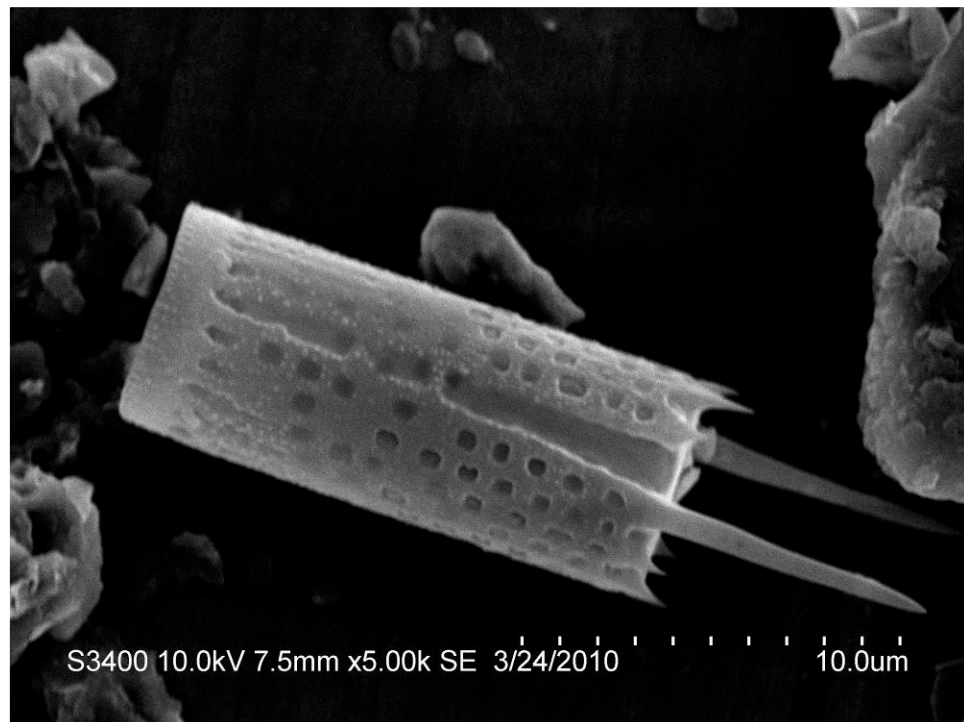


Рисунок 4.7 – *Aulacoseira granulata*

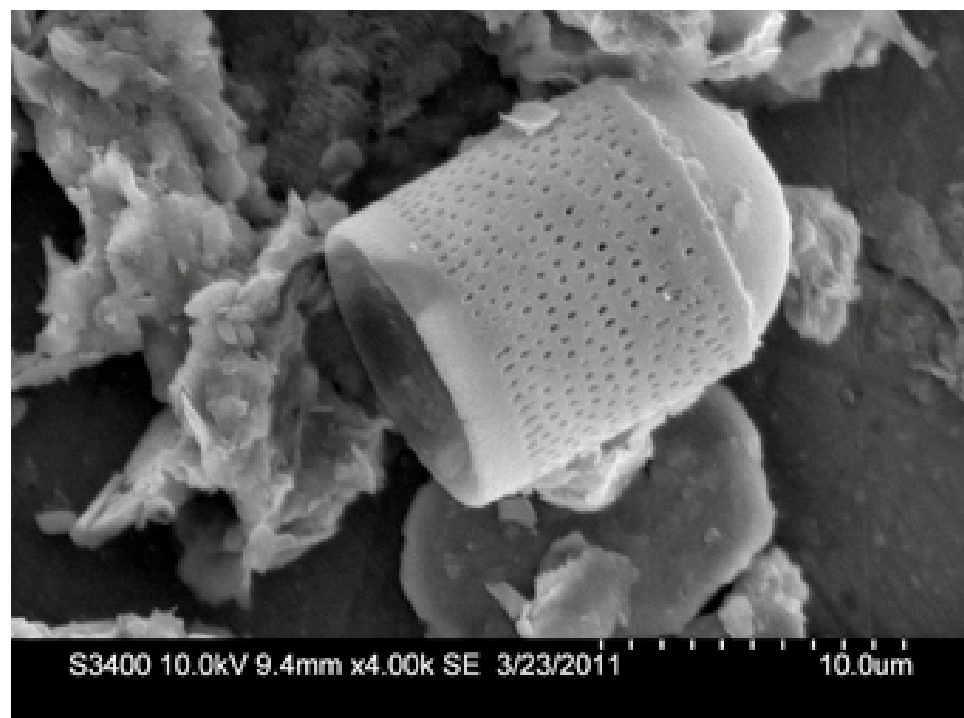


Рисунок 4.8 – *Aulacoseira islandica*

Центрические диатомовые водоросли в водоеме Птичьей гавани представлены примерно в одинаковом соотношении как истинно планктонными, так и планктонно-бентосными видами.

Наиболее часто встречающимся в фитопланктоне водоема представителем планктонно-бентосных форм является *Cyclotella meneghiniana* (Рисунок 4.9, 4.10).

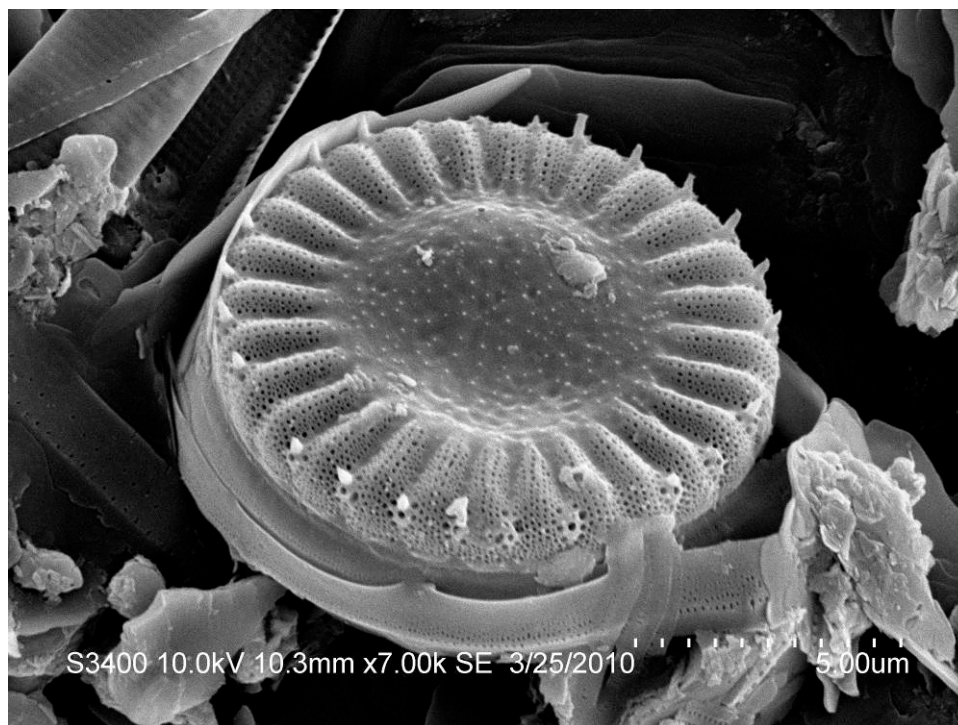


Рисунок 4.9 – *Cyclotella meneghiniana*.

Наружная поверхность створки

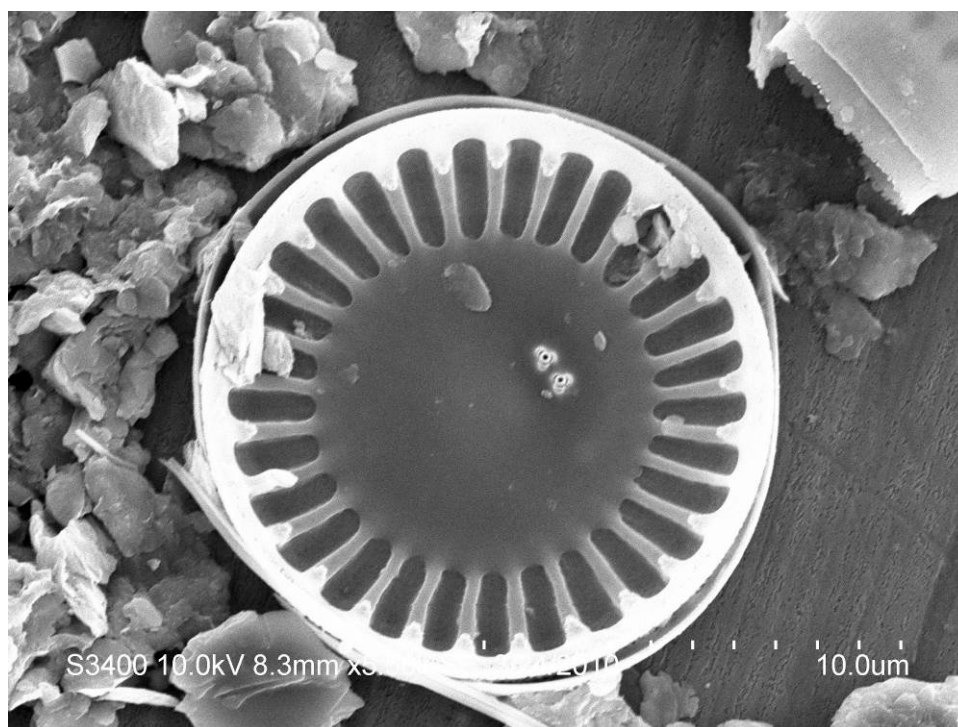


Рисунок 4.10 – *Cyclotella meneghiniana* var. *meneghiniana*.

Внутренняя поверхность створки

Типичным представителем истинно планктонных центрических диатомовых водорослей является *Stephanodiscus hantzschii*, встречающийся в фитопланктоне Птичьей гавани круглый год, и нередко входящий в состав доминирующего комплекса. Этот вид является признанным индикатором антропогенного эвтрофирования водоемов и входит в число доминантов фитопланктона среднего течения реки Иртыш, в том числе – в районе г. Омска (Баженова, 2005).

Pennatophyceae – самый многочисленный в видовом отношении класс фитопланктонного сообщества водоема Птичьей гавани, представленный порядками *Araphales* и *Raphales*. Порядок *Araphales* формируют виды семейств *Fragilariaceae*, *Diatomaceae* и *Tabellariaceae*, причем два последних семейства включают один–два вида. Более богато в видовом отношении семейство *Fragilariaceae*, представленное 7 родами и 10 ВРФ (Приложение 1).

В состав порядка *Raphales* входят 10 семейств: *Naviculaceae*, *Achnantaceae*, *Eunotiaceae*, *Rhoicospheniaceae*, *Cymbellaceae*, *Gomphonemataceae*, *Epithemiaceae*, *Rhopalodiaceae*, *Nitzschiaceae* и *Surirellaceae*. Наиболее часто в фитопланктоне водоема встречаются виды *Staurosirella pinnata* (Рисунок 4.11, 4.12), *Tabellaria fenestrata* и *Nitzschia graciliformis*.

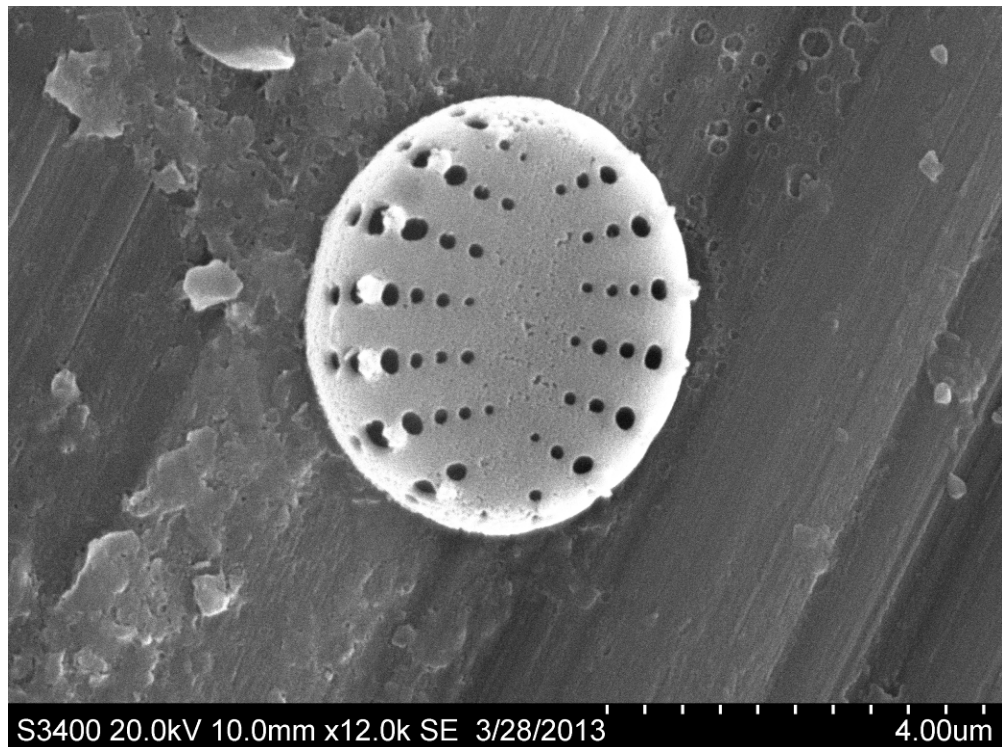


Рисунок 4.11 – *Staurosirella pinnata*. Наружная поверхность створки

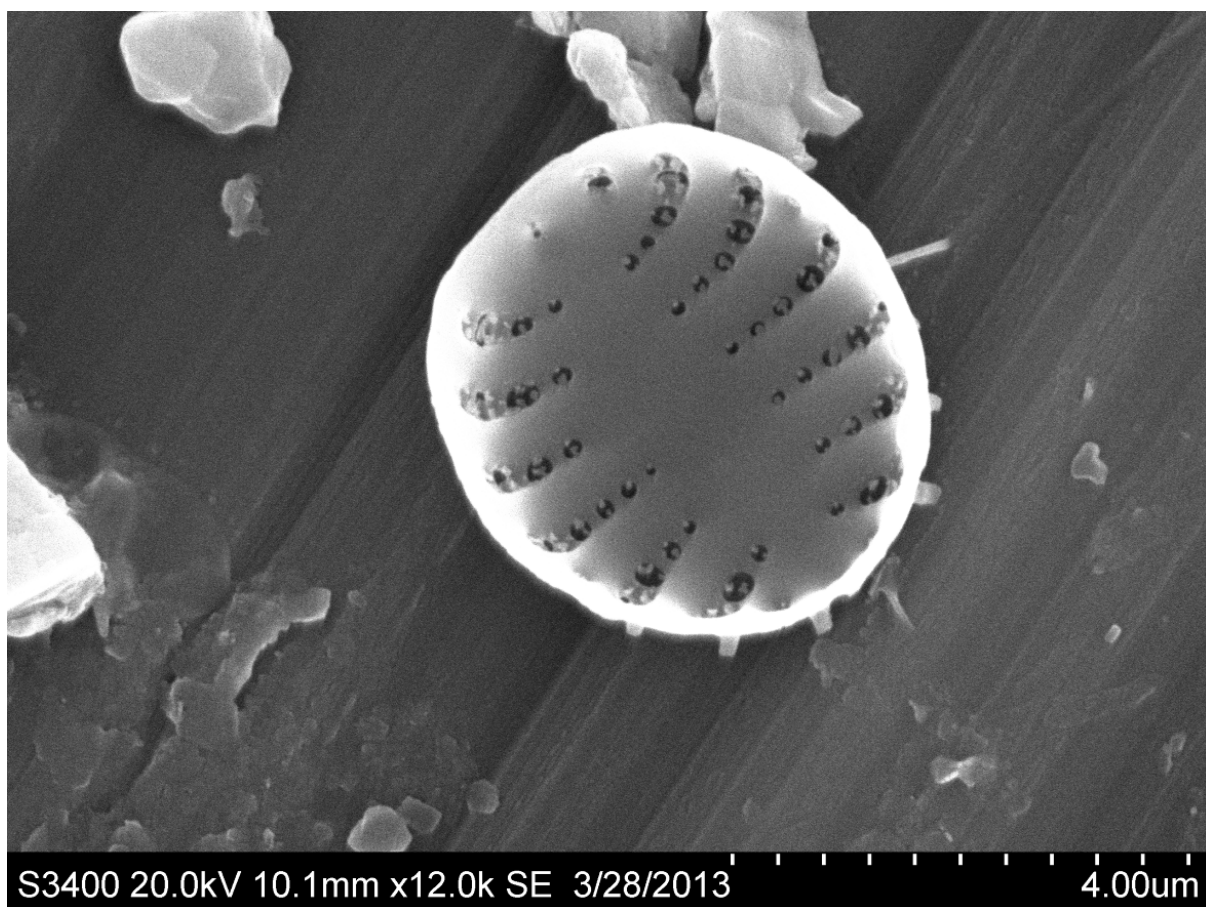


Рисунок 4.12 – *Staurosirella pinnata*. Внутренняя поверхность створки

Пеннатные диатомеи в планктоне водоема представлены в основном бентосными (53 ВРФ) и планктонно-бентосными (20 ВРФ) формами, доля истинно планктонных видов незначительна. Характерными представителями обитателей бентоса, часто встречающимися в планктоне водоема, являются *Lemnicola hungarica* (Рисунок 4.13), *Planothidium lanceolatum* (Рисунок 4.14) и *P. ellipticum* (Рисунок 4.15).

Широко распространенными представителями планктонно-бентосных пеннатных водорослей являются *Nitzschia amphibia* (Рисунок 4.16) и *N. palea* (Рисунок 4.17), а также разновидности *Cocconeis placentula* – *C. placentula* var. *euglypta* (Рисунок 4.18), *C. placentula* var. *lineata* (Рисунок 4.19).

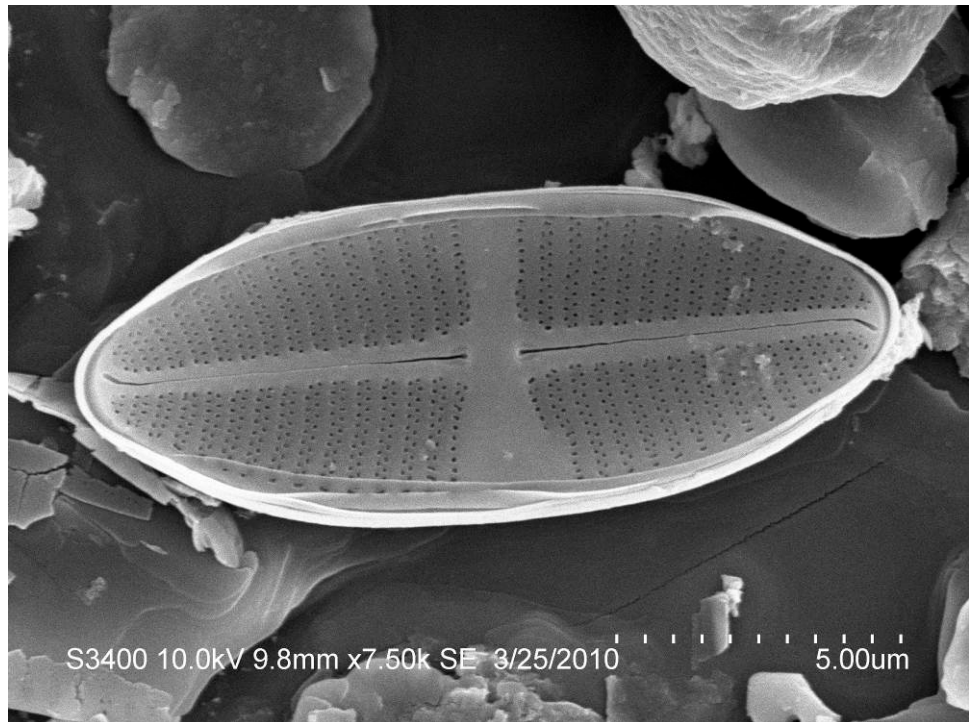


Рисунок 4.13 – *Lemnicola hungarica*.

Наружная поверхность створки

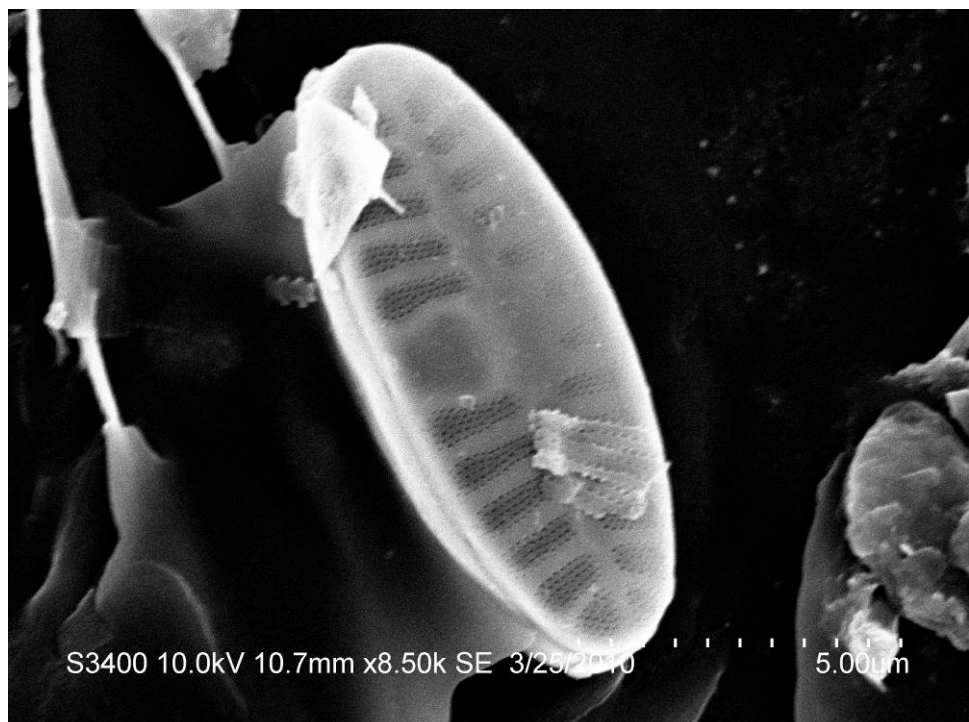


Рисунок 4.14 – *Planothidium lanceolatum*.

Наружная поверхность створки

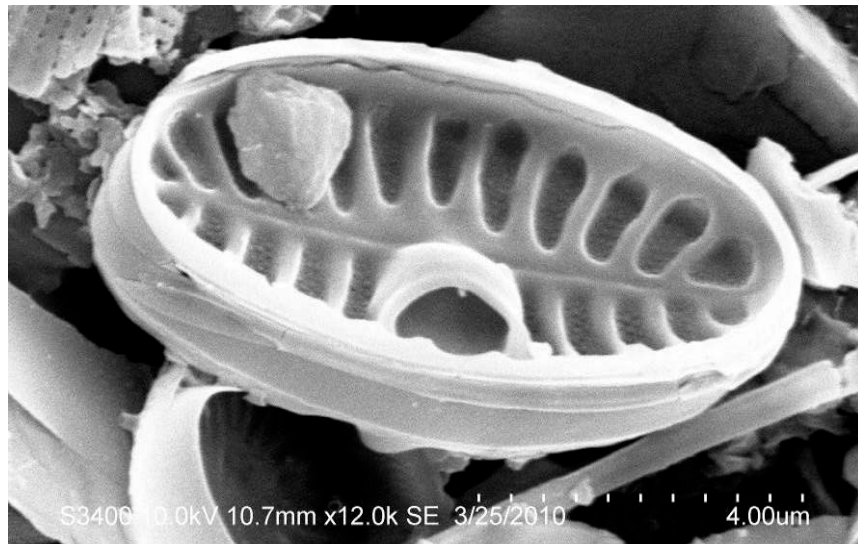


Рисунок 4.15 – *Planothidium ellipticum*. Внутренняя поверхность створки

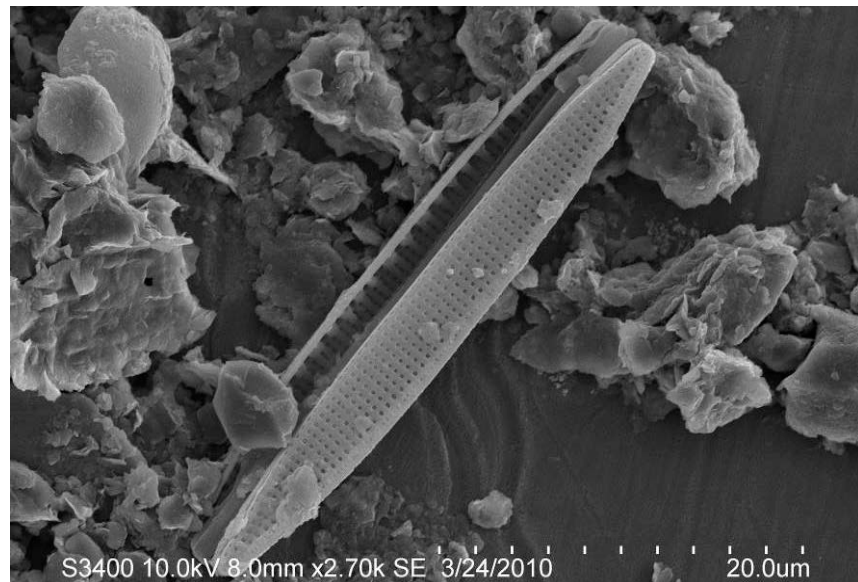


Рисунок 4.16 – *Nitzschia amphibia*

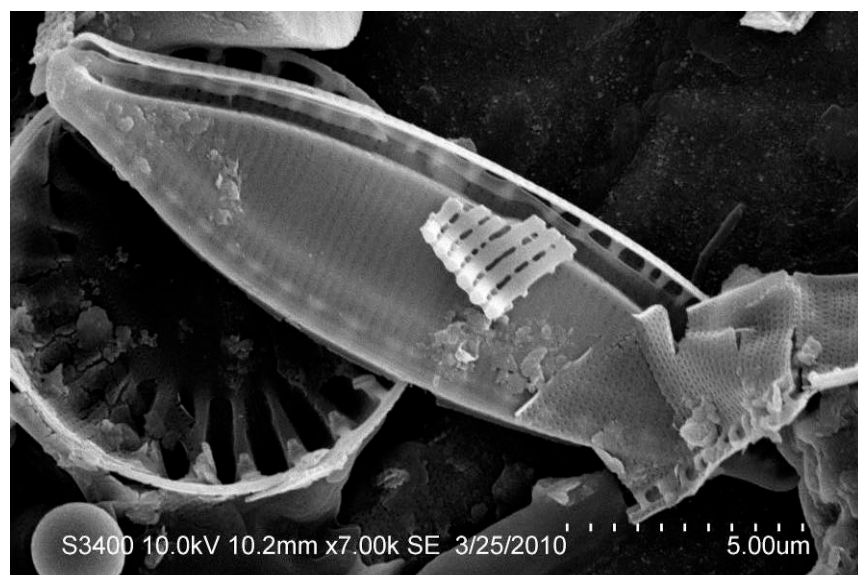


Рисунок 4.17 – *Nitzschia palea* var. *palea*

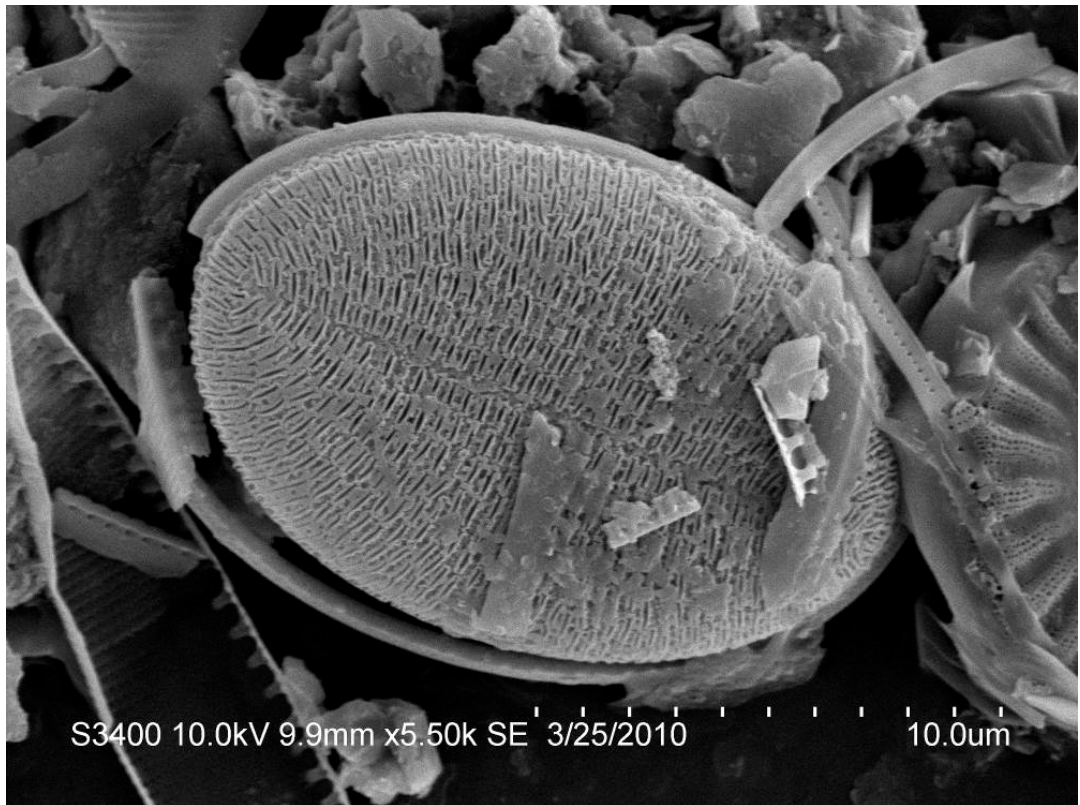


Рисунок 4.18 – *Cocconeis placentula* var. *euglypta*



Рисунок 4.19 – *Cocconeis placentula* var. *lineata*

Среди диатомовых водорослей водоема Птичьей гавань найдено 13 новых для Омского Прииртышья ВРФ, относящихся к классу *Pennatophyceae* (Приложение 1). Для большинства из них характерна редкая встречаемость и низкое обилие. Исключение составляет вид *Cocconeis placentula* var. *lineata* часто присутствовавший в постоянных препаратах створок диатомей наряду с другими видами этого рода. По приуроченности к местообитанию основная часть впервые идентифицированных видов относится к бентосным (7 ВРФ) и планктонно-бентосным (3 ВРФ), только *Planothidium delicatulum* принадлежит к планктонным видам.

Третье место в фитопланктоне водоема по видовому богатству занимают эвгленовые водоросли, представленные двумя семействами (*Euglenaceae* и *Colaciaceae*) и девятью родами. Семейство *Colaciaceae* содержит единственный вид – *Colacium vesiculosum* f. *arbuscula*. Наибольшее значение в составе фитопланктоценоза водоема Птичьей гавани имеет семейство *Euglenaceae*, в составе которого идентифицировано три рода – *Trachelomonas* (27 ВРФ), *Euglena* (15 ВРФ) и *Lepocinclis* (13 ВРФ).

Эвгленовые водоросли встречаются в водоеме круглый год. Зимой и весной виды *Lepocinclis ovum* var. *major*, *Trachelomonas hispida* var. *hispida*, *T. intermedia* f. *intermedia*, *T. volvocina* var. *volvocina* и *T. volvocinopsis* var. *volvocinopsis* входят в состав доминирующего комплекса. По устоявшемуся мнению (Сафонова, 1987; Трифонова, 1990; Трифонова и др. 2008; Павлова, 2008; Станиславская, 2008), высокое видовое богатство эвгленовых водорослей свидетельствует о высоком уровне загрязнения водных объектов легко окисляемыми органическими веществами.

В составе эвгленовых водорослей выявлено 16 новых для Омского Прииртышья таксонов рангом ниже рода. Все они являются представителями семейства *Euglenaceae*. Семь видов принадлежат роду *Trachelomonas*, по два вида относятся к родам *Euglena*, *Lepocinclis* и *Phacus*, по одному впервые идентифицированному виду входят в рода *Strombomonas*, *Discoplastis* и *Euglenaria*. Все они редко встречаются в пробах воды, отобранных в Птичьей гавани,

сравнительно высоких показателей численности достигают *Trachelomonas hispida* var. *volicensis*, *Euglenaria anabaena* и *Lepocinclis ovum* var. *major*.

На четвертом месте по видовому богатству в фитопланктоне водоема находится отдел Cyanobacteria. В него входят 3 порядка (*Chroococcales*, *Oscillatoriales*, *Nostocales*), 8 семейств (*Synechococcaceae*, *Merismopediaceae*, *Microcystaceae*, *Chroococcaceae*, *Pseudanabaenaceae*, *Phormidiaceae*, *Oscillatoriaceae*, *Nostocaceae*) и 26 родов. Наибольшее видовое богатство присуще семействам *Merismopediaceae* и *Synechococcaceae* (Приложение 1).

Многие мелкоклеточные виды цианобактерий (*Chroococcus minor*, *Ch. minimus*, *Aphanocapsa incerta* и др.) входят в состав доминирующего комплекса фитопланктона водоема в период открытой воды. Максимальной численности эти виды достигают во второй половине июля.

В составе отдела Cyanobacteria выявлено пять новых для Омского Прииртышья видов: *Aphanothece salina*, *Gloeothece rupestris*, *Rhabdogloea scenedesmoides*, *Romeria elegans* и *Phormidium schultzei* (Приложение 1).

Золотистые водоросли в фитопланктоне водоема представлены 24 видами. В состав отдела Chrysophyta входят порядки *Chromulinales* и *Ochromonadales*. Порядок *Chromulinales* формируют представители родов *Chrysococcus* и *Kephyrion*, входящие в семейство *Chrysococcaceae*. Порядок *Ochromonadales* образован 3 семействами (*Ochromonadaceae*, *Dinobryonaceae* и *Synuraceae*), 5 родами и 14 ВРФ.

Несмотря на относительно низкое видовое богатство золотистых водорослей, для фитопланктоценоза Птичьей гавани характерно их значительное участие в составе доминирующего комплекса. Более трети (37,5 % или 9 ВРФ) видов отдела Chrysophyta, найденных в водоеме, входят в состав доминантов. Среди них особо выделяется *Chrysococcus biporus*, отмеченный в доминирующем комплексе фитопланктона во все сезоны года. Виды *Kephyrion inconstans* и *Ochromonas crenata* реже входят в состав доминантов, хотя также встречаются в пробах круглогодично и достигают высоких показателей численности.

Среди водорослей отдела Chrysophyta выявлено три новых для Омского Прииртышья вида: *Kephyrion litorale*, *Ochromonas crenata* и *Pseudokephyrion inflatum*.

Прочие выявленные в фитопланктоне водоема Птичьей гавани отделы водорослей существенного значения в его структуре не имеют. Стрептофитовые водоросли, недавно выделенные из состава отдела Chlorophyta, представлены классом *Zygnemophyceae*, двумя порядками (*Desmidiiales* и *Zygnematales*) и тремя семействами (*Closteriaceae*, *Desmidiaceae* и *Zygnemataceae*). Впервые обнаружены в Омском Прииртышье восемь ВРФ из отдела Streptophyta: *Cosmarium bioculatum* var. *bioculatum*, *C. bioculatum* var. *depressum*, *C. lapponicum*, *C. margaritifera*, *C. polygonum*, *C. trilobulatum* var. *depressum*, *C. variolatum* var. *cataractarum* и *Staurostrum hexacerum*.

Несмотря на значительные размеры клеток, существенной роли в формировании биомассы и численности фитопланктона стрептофитовые водоросли не играют. Исключением можно назвать только *Closterium acutum* var. *variabile*, который в начале августа 2010 года достигал численности 0,40 млн кл./л.

Водоросли отдела Dinophyta представлены в планктоне Птичьей гавани исключительно крупноклеточными формами. Отдел образован семействами *Gymnodiniaceae* (1 ВРФ), *Glenodiniopsidaceae* (1), *Peridiniaceae* (6) и *Ceratiaceae* (2) порядка *Peridiniales*. Среди динофитовых водорослей выявлено четыре новых для Омского Прииртышья вида: *Glenodinium armatum*, *Peridinium aciculiferum*, *P. willei*, *Parvodinium goslaviense*, а также две новые формы вида *Ceratium hirundinella* – *C. hirundinella* f. *silesiacum* и *C. hirundinella* f. *robustum*.

Криптофитовые водоросли в фитопланктоне водоема представлены видами, входящими в семейство *Cryptomonadaceae*, порядка *Cryptomonadales*, класса *Cryptophyceae*. Криптофитовые водоросли вегетируют в течение всего года, достигая максимальных показателей численности летом. При этом в состав доминирующего комплекса летнего фитопланктона входит *Cryptomonas obovata* – единственный вид отдела Cryptophyta, впервые обнаруженный в Омском

Прииртышье. Зимой, на фоне общего снижения численности других отделов, криптофитовые водоросли неоднократно входили в состав доминирующего комплекса.

Желтозеленые водоросли представлены классом *Heterococcophyceae*, порядком *Heterococcales*, семействами *Pleurochloridaceae* (3 ВРФ) и *Chlorotheciaceae* (1 ВРФ). Существенной роли в структуре фитопланктона эти водоросли не играют. В составе отдела Xanthophyta впервые были обнаружены новые для Омского Прииртышья виды *Vischeria stellata* и *Isthmochloron lobulatum*.

В фитопланктоне водоема природного парка «Птичья гавань» обнаружено четыре токсичных (*Microcystis aeruginosa*, *Coelosphaerium kuetszingianum*, *Coelosphaerium dubium* и *Woronichinia naegeliana*) и три потенциально токсичных (*Acutodesmus obliquus*, *Coelastrum microporum* и *Desmodesmus communis*) вида водорослей и цианобактерий.

Токсичность вида *Microcystis aeruginosa* обусловлена эндотоксинами, вызывающими острое отравление у рыб, млекопитающих и человека (Кондратьева, Коваленко, 1975; Рябушко, 2003). *Coelosphaerium kuetszingianum* и *Woronichinia naegeliana* также отнесены к токсичным, но характер их влияния на гидробионтов, млекопитающих и человека не уточнен. Цианобактерия *Coelosphaerium dubium*, содержит вещества, токсичные для молоди рыб и некоторых беспозвоночных животных (Кондратьева, Коваленко, 1975).

Виды *Acutodesmus obliquus*, *Coelastrum microporum* и *Desmodesmus communis* относятся к потенциально токсичным, они способны оказывать ингибирующее и токсическое влияние на беспозвоночных животных и рыб (Рябушко, 2003).

Вышеперечисленные виды встречаются редко и значительных показателей численности в фитопланктоне водоема Птичьей гавани не достигают. Максимальная численность была зафиксирована у *Coelosphaerium kuetszingianum* и *C. dubium* в июле 2010 года (4,70 и 0,61 млн кл./л. соответственно). Для *Microcystis aeruginosa* максимальной была численность, зарегистрированная в мае 2010 года (0,31 млн кл./л.). *Woronichinia naegeliana* наиболее активно

вегетировала в конце августа 2010 года (2,56 млн кл./л.). Максимальное обилие *Coelastrum microporum* наблюдалось в конце апреля 2012 года и составляло 0,76 млн кл./л. Единичные особи зеленых водорослей *Acutodesmus obliquus* и *Desmodesmus communis* были обнаружены в пробах фитопланктона водоема в апреле 2010 года. Таким образом, согласно ГОСТ Р 54496-2011 (2011), уровень развития токсичных и потенциально токсичных видов водорослей и цианобактерий в фитопланктоне водоема природного парка «Птичья гавань» невысокий и не представляет угрозы для гидробионтов, млекопитающих и человека.

4.2. Доминирующий комплекс фитопланктона

В своем развитии фитопланктон проходит через ряд направленных во времени закономерных изменений, представляющих собой процесс самоорганизации сообщества – сукцессий (Margalef, 1958). Выделяющиеся в ходе этого процесса доминантные виды во многом определяют структуру сообщества, уровень его продуктивности, отражают качество вод и экологическое состояние изучаемого водоема (Михеева, 1992; Северо-западная..., 2006).

Доминирующий комплекс фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» представлен 56 ВРФ из 6 отделов, в том числе: Cyanobacteria – 9, Euglenophyta – 5, Cryptophyta – 2, Chrysophyta – 9, Bacillariophyta – 6, Chlorophyta – 25 (Таблица 4.3).

К доминантам относится 14,58 % от общего количества идентифицированных в водоеме ВРФ, в их составе преобладают виды отдела Chlorophyta, доля которых составляет 44,64 %. Сложная структура доминирующего комплекса и значительное количество видов, входящих в него, указывают на его полидоминантность.

Активная вегетация фитопланктона в водоеме Птичьей гавани начинается с наступлением весны. В состав весеннего доминирующего комплекса входят 24 ВРФ. Ведущую роль в формировании видового состава доминантов в этом сезоне играют зеленые водоросли (8 ВРФ) (Рисунок 4.20).

Таблица 4.3 – Состав доминирующего комплекса фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань»,
2009–2012 гг.

Виды	2009–2010 гг.				2010–2011 гг.				2011–2012 гг.					D	pF	DF	Dt
	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима 2011–2012 гг.	Весна	Лето	Осень	Зима 2012 г.				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Cyanobacteria																	
<i>Aphanothece salina</i>	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	1	2	0,4	21,6
<i>Synechococcus elongatus</i>	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	6	0,9	14,4
<i>Aphanocapsa incerta</i>	–	–	+	+	–	+	+	+	–	+	+	+	–	113	130	48,7	37,5
<i>Chroococcus minimus</i>	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	6	6	2,6	43,1
<i>Ch. minor</i>	–	–	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	53	140	22,8	16,3
<i>Geitlerinema amphibium</i>	–	+	+	+	+	+	+	–	+	–	–	–	–	24	86	10,3	12,0
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	14	0,4	3,1
<i>Leptolyngbya foveolara</i>	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5	22	2,2	9,8
<i>Anabaena verrucosa</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	1	11	0,4	3,9
Euglenophyta																	
<i>Trachelomonas hispida</i> var. <i>hispida</i>	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	32	0,4	1,3	32
<i>T. intermedia</i> f. <i>intermedia</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	36	0,4	1,2	36
<i>T. volvocina</i> var. <i>volvocina</i>	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	70	2,2	3,1	70
<i>T. volvocinopsis</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	59	0,4	0,7	59
<i>Lepocinclis ovum</i> var. <i>major</i>	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	62	0,4	0,7	62
Cryptophyta																	
<i>Cryptomonas</i> sp.	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	24	0,9	3,6
<i>C. obovata</i>	+	–	–	–	–	–	–	–	+	–	+	–	–	12	58	5,2	8,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Chrysophyta																	
<i>Chrysococcus biporus</i>	–	+	+	+	+	+	–	+	+	+	–	+	+	82	194	35,3	18,2
<i>Kephyrion doliolum</i>	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	80	0,4	0,5
<i>K. inconstans</i>	+	+	–	–	+	+	–	–	+	–	+	–	–	19	120	8,2	6,8
<i>K. petasatum</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–	2	8	0,9	10,8
<i>Ochromonas crenata</i>	–	–	–	–	+	+	–	–	+	–	–	+	+	39	48	16,8	35,0
<i>Dinobryon divergens</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–	1	14	0,4	3,1
<i>D. sociale</i>	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	2	27	0,9	3,2
<i>Mallomonas elliptica</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	1	15	0,4	2,9
<i>Synura uvella</i>	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	8	0,9	10,8
Bacillariophyta																	
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	–	+	+	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	13	127	5,6	4,4
<i>Staurosirella pinnata</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	+	–	–	6	21	2,6	12,3
<i>Tabellaria fenestrata</i>	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3	42	1,3	3,1
<i>Navicula sp.</i>	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	81	0,4	0,5
<i>Cocconeis placentula</i>	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	22	0,4	2,0
<i>Nitzschia sp.</i>	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4	45	1,7	3,8
Chlorophyta																	
<i>Nephroselmis olivacea</i>	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	3	6	1,3	21,6
<i>Mucidosphaerium pulchellum</i>	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	93	0,4	0,5
<i>Lagerheimia genevensis</i>	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	1	89	0,4	0,5
<i>Oocystis parva</i>	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5	92	2,2	2,3
<i>Carteria klebsii</i>	–	+	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	+	8	133	3,4	2,6
<i>Chlamydomonas sp.</i>	+	+	–	+	–	–	–	–	–	–	+	–	–	6	135	2,6	1,9
<i>Sphaerellopsis mucosa</i>	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	2	0,4	21,6

окончание таблицы 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<i>Eudorina elegans</i>	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1	0,4	43,1
<i>Pandorina charkowiensis</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–	1	3	0,4	14,4
<i>Volvox aureus</i>	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	1	2	0,4	21,6
<i>Chlorophysema apiocystiforme</i>	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	2	15	0,9	5,7
<i>Chlorococcum sp.</i>	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3	137	1,3	0,9
<i>Mychonastes jurisii</i>	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	7	0,9	12,3
<i>Hyaloraphidium contortum</i> var. <i>tenuissimum</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	5	18	2,2	12,0
<i>Monoraphidium contortum</i>	+	–	–	+	+	–	–	–	+	+	–	–	–	20	212	8,6	4,1
<i>M. komarkovae</i>	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	1	162	0,4	0,3
<i>M. minutum</i>	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	115	0,4	0,4
<i>M. tortile</i>	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	1	26	0,4	1,7
<i>Raphidocelis sigmoidea</i>	–	–	–	–	+	–	+	–	–	–	–	–	–	4	19	1,7	9,1
<i>R. subcapitata</i>	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4	9	1,7	19,2
<i>Pseudokirchneriella danubiana</i>	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	68	0,9	1,3
<i>Acutodesmus acuminatus</i>	–	–	–	–	+	–	–	–	+	–	–	–	–	2	86	0,9	1,0
<i>Desmodesmus caudato-aculeolatus</i>	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	2	97	0,9	0,9
<i>D. intermedius</i> var. <i>intermedius</i>	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	6	0,4	7,2
<i>Pseudodidymocystis planctonica</i>	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	1	109	0,4	0,4

Примечания:

D – число проб, в которых данный вид занимал одно из трех первых мест по численности;

pF – частота встречаемости;

DF – частота доминирования;

Dt – порядок доминирования.

Исключительно весной в доминирующий комплекс входят 15 ВРФ: *Aphanothece salina*, *Planktolyngbya limnetica*, *Leptolyngbya foveolara*, *Kephyrion doliolum*, *Navicula sp.*, *Nitzschia sp.*, *Tabellaria fenestrata*, *Trachelomonas hispida* var. *hispida*, *Carteria klebsii*, *Chlorococcum sp.*, *Mychonastes jurisii*, *Mucidosphaerium pulchellum*, *Pseudodidymocystis inconspicua*, *Eudorina elegans* и *Pseudokirchneriella danubiana*. Большинство вышеперечисленных ВРФ активно вегетирует в течение всего периода открытой воды, частота их встречаемости (pF) колеблется в пределах 14–137, однако максимальной численности, позволяющей войти в состав доминирующего комплекса, эти виды достигают только весной.

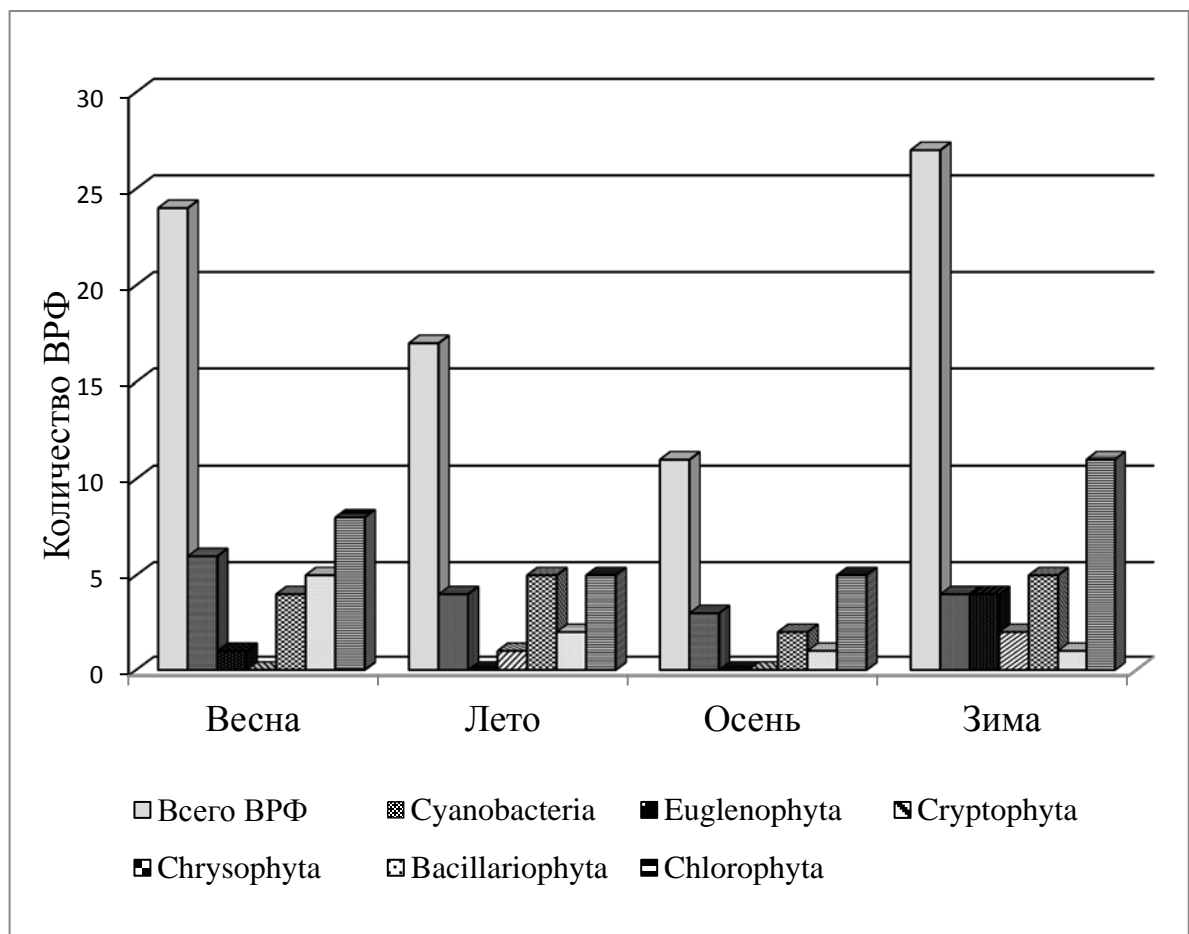


Рисунок 4.20 – Сезонная структура доминирующего комплекса фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань», 2009–2012 гг.

Исключение составляют *Aphanothece salina*, *Eudorina elegans* и *Mychonastes jurisii*, которые при низкой частоте встречаемости (1–7) имеют достаточно высокие значения порядка доминирования (Dt) – от 12,3 до 43,1. Такие показатели

имеют виды, потенциально способные на обильное развитие в условиях водоема, но имеющие высокую чувствительность к факторам, ограничивающим их развитие: температура, освещение, конкуренция других видов и т. д. (Михеева, 1992; Корнева, 2009).

Летом состав доминирующего комплекса уменьшается и представлен 17 ВРФ из 5 отделов. Существенно падает количество доминантов из отделов Cyanobacteria, Bacillariophyta, Chlorophyta, резко меняется соотношение эвгленовых и криптофитовых водорослей.

Только летом входят в число доминантов 7 видов: *Chroococcus minimus*, *Dinobryon divergens* var. *divergens*, *D. sociale*, *Kephyrion petasatum*, *Monoraphidium tortile*, *Pandorina charkowiensis* и *Volvox aureus*. Все они имеют низкую частоту встречаемости (pF 2–27), при этом порядок доминирования существенно различается. Виды *Dinobryon divergens* var. *divergens*, *D. sociale* и *Monoraphidium tortile* имеют низкие показатели порядка доминирования (Dt 1,7–3,2), то есть, неоднократно присутствуя в пробах, исключительно редко входят в состав доминантов. *Chroococcus minimus*, *Pandorina charkowiensis* и *Volvox aureus* имеют относительно высокие значения порядка доминирования (Dt 14,4–43,1). *Kephyrion petasatum* имеет среднюю для доминирующего комплекса водоема величину показателя порядка доминирования ($Dt=10,8$).

Перечень видов-доминантов осеннего периода составляют 11 ВРФ из 4 отделов. Исключительно осенью в состав доминирующего комплекса входят 3 вида зеленых водорослей: *Monoraphidium komarkovae*, *Nephroselmis olivacea* и *Desmodesmus intermedius* var. *intermedius*. К часто встречающимся относится *Monoraphidium komarkovae* ($pF=162$), но в доминирующий комплекс он входил только осенью 2011 года. *Nephroselmis olivacea* и *Desmodesmus intermedius* var. *intermedius* характеризуются низкими показателями частоты встречаемости ($pF=6$) и частоты доминирования (DF 0,4–1,3).

Особенно богат видами-доминантами зимний фитопланктон, когда на фоне общего снижения численности и видового богатства начинают выделяться виды, ранее не достигавшие большой численности. Зимний доминирующий комплекс

представлен 27 ВРФ из 6 отделов. Характерной чертой зимнего комплекса является возрастание числа доминантов из эвгленовых водорослей. Исключительно в зимний период в состав доминирующего комплекса входят 19 ВРФ. Большинство специфически зимних видов доминирующего комплекса представлено зелеными водорослями (9 ВРФ). Частота доминирования этих видов ниже средней (DF 1–5), что указывает на то, что они присутствуют в составе фитопланктонного комплекса круглый год, однако в период открытой воды не имеют возможности входить в состав доминантов. Высокими показателями порядка доминирования (Dt 19,2–21,6) при низкой частоте встречаемости (pF 2–9) отличаются *Raphidocelis subcapitata* и *Sphaerellopsis mucosa*.

На протяжении всего года в состав доминирующего комплекса входят только три вида: цианобактерии *Chroococcus minor*, *Geitlerinema amphibium* и представитель золотистых водорослей *Chrysococcus biporus*. Все они характеризуются превышающими среднее значениями порядка доминирования (Dt 12,0–18,2), высокими показателями частоты встречаемости (pF 86–194) и частоты доминирования (DF 10,3–35,3). Интенсивная вегетация миксотрофного вида *Chrysococcus biporus*, отмечаемая в течение всего года, указывает на наличие в водоеме большого количества органического вещества, позволяющего ему процветать даже в зимний период.

Доминирование видов *Aphanocapsa incerta*, *Chroococcus minimus*, *Trachelomonas volvocina* var. *volvocina*, *T. volvocinopsis*, *Stephanodiscus hantzschii* и *Chrysococcus biporus* также наблюдается в фитопланктоне рек Омь и Иртыш, озерах города Омска (Чередовое, Моховое, озеро в парке культуры и отдыха им. 30-летия ВЛКСМ) и города Калачинска (озеро Калач) (Баженова, 2005; Барсукова, 2011; Коновалова, 2011; Коржова, 2013).

Для сравнения видового состава доминирующих комплексов ранее изученных объектов со списком доминантов водоема природного парка «Птичья гавань» использовались два коэффициента: Чекановского-Серенсена ($K_{ч-с}$) и Жаккара (K_j) (Таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Степень флористического сходства доминирующих комплексов фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» и других водных объектов Омского Прииртышья

Водный объект	Коэффициент	
	Чекановского-Серенсена	Жаккара
Река Иртыш	0,19	0,11
Река Омь	0,22	0,13
Озеро Калач	0,30	0,18
Озеро в ПКиО им. 30-летия ВЛКСМ	0,28	0,16
Озеро Моховое	0,21	0,12
Озеро Чередовое	0,16	0,09

Установлена низкая степень флористического сходства доминирующих комплексов фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» и ранее изученных водоемов и водотоков Омского Прииртышья. Наибольшие значения коэффициентов Чекановского-Серенсена (0,30 и 0,28) и Жаккара (0,18 и 0,16) были получены при сравнении доминирующих комплексов фитопланктона в парах «водоем Птичья гавань – озеро Калач» и «водоем Птичья гавань – озеро в парке культуры и отдыха (ПКиО) им. 30-летия ВЛКСМ». Сходство списков доминантов объясняется экологическими особенностями этих водоемов, которые характеризуются как мелководные, зарастающие, высоко эвтрофные, подверженные значительной антропогенной нагрузке (Коновалова, 2011; Коржова, 2013), что также характерно и для водоема Птичьей гавани.

При проведении дальнейшего анализа структурные показатели доминирующего комплекса фитопланктона водоема Птичьей гавани были распределены по группам. В связи с тем, что размах вариации признаков в совокупности велик, а его значения варьируются неравномерно, использовалась группировка с неравными интервалами. Для показателя D (число проб, в которых данный вид занимал одно из трех первых мест по значениям численности) выделены следующие интервалы значений: минимальные < 6,0; средние 6,0–12,0; максимальные > 12,0. Частота встречаемости (pF) описывается интервалами: минимальные < 38,0; средние 38,0–77,0; максимальные > 77,0. Показатели

частоты доминирования (DF) подразделяли на группы: минимальные $< 2,5$; средние $2,5-5,0$; максимальные $> 5,0$. Значения порядка доминирования (Dt) описываются диапазонами: минимальные $< 6,0$; средние $6,0-12,0$; максимальные $> 12,0$.

В составе доминирующего комплекса фитопланктона выявлено 28 редко встречающихся в водоеме видов ($pF < 38$). Максимальные значения частоты встречаемости ($pF > 77$) при низкой частоте доминирования ($DF < 2,5$) показывают, что такие виды часто входят в состав фитопланктона, но доминантами становятся только при благоприятных для них условиях. Данные условия для каждого вида индивидуальны, однако можно сделать предположение, что немаловажную роль играет температура, отсутствие конкуренции среди представителей других видов, выедание (Киселев, 1980; Михеева, 1992). К числу таких видов в фитопланктоне водоема Птичьей гавани относятся: *Kephyrion doliolum*, *Acutodesmus acuminatus*, *Desmodesmus caudato-aculeatus*, *Lagerheimia genevensis*, *Monoraphidium komarkovae*, *M. minutum*, *Mucidosphaerium pulchellum*, *Oocystis parva*, *Pseudodidymocystis planctonica* и не идентифицированные виды родов *Navicula* и *Chlorococcum*. Все эти виды входят в состав доминантов только в определенные сезоны года. Так, *Kephyrion doliolum*, *Navicula* sp., *Chlorococcum* sp., *Mucidosphaerium pulchellum* и *Pseudodidymocystis planctonica* входили в доминирующий комплекс только в весеннее время. *Monoraphidium komarkovae* доминировал только осенью 2011 года. Виды *Acutodesmus acuminatus*, *Desmodesmus caudato-aculeatus*, *Lagerheimia genevensis*, *Monoraphidium minutum* и *Oocystis parva* доминируют только в составе подледного фитопланктона.

К часто встречающимся видам ($pF > 77$) при средних значениях частоты доминирования ($DF 2,5-5,0$) относится только *Carteria klebsii*. Этот вид часто присутствует в пробах, однако в составе доминирующего комплекса отмечался только весной 2010 и 2011 годов.

В фитопланктоне водоема Птичьей гавани выявлены виды, для которых характерно массовое развитие ($Dt 19,2-43,1$) при редкой встречаемости ($pF 1-9$): *Aphanothece salina*, *Chroococcus minimus*, *Eudorina elegans*, *Nephroselmis olivacea*,

Sphaerellopsis mucosa, *Raphidocelis subcapitata*, *Volvox aureus*. Как известно, высокое значение порядка доминирования при низкой частоте встречаемости указывает на случайный характер доминирования видов (Горбулин, 2012). Особенно это характерно для найденных в фитопланктоне водоема видов вольвоксовых водорослей (*Eudorina elegans*, *Pandorina charkowiensis*, *Volvox aureus*), отличающихся низкими значениями частоты встречаемости и доминирования.

Состав доминирующего комплекса фитопланктона Птичьей гавани существенно отличается как в сезонном, так и в межгодовом аспектах.

В период с зимы 2009 по осень 2010 годов в состав доминирующего комплекса входили 35 ВРФ. Среди них только 8 ВРФ занимали доминирующие позиции в составе фитопланктоценоза два и более сезона – *Aphanocapsa incerta*, *Chroococcus minor*, *Geitlerinema amphibium*, *Chrysococcus biporus*, *Kephyrion inconstans*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Chlamydomonas sp.* и *Monoraphidium contortum*. Дважды в состав доминантов входили виды *Aphanocapsa incerta*, *Chroococcus minor*, *Geitlerinema amphibium*, *Kephyrion inconstans*, *Stephanodiscus hantzschii* и *Monoraphidium contortum*. Чаще других встречались в составе доминантов *Chrysococcus biporus* и *Chlamydomonas sp.*

Состав доминирующего комплекса фитопланктона в период с зимы 2010 по осень 2011 года был представлен 21 ВРФ водорослей и цианобактерий. Из них 8 ВРФ входили в состав доминирующего комплекса два и более раза. Круглый год в состав доминант входил вид *Chroococcus minor*. Трижды входили в состав доминирующего комплекса *Aphanocapsa incerta*, *Geitlerinema amphibium* и *Chrysococcus biporus*. Виды *Kephyrion inconstans* и *Ochromonas crenata* доминировали в зимне-весенний период, а *Raphidocelis sigmoidea* – зимой и летом.

В период с декабря 2011 по ноябрь 2012 года в состав доминирующего комплекса входили 21 ВРФ водорослей и цианобактерий. Среди них доминирующие позиции в составе комплекса два и более сезона занимали 8 ВРФ. С зимы 2011 по осень 2012 года в состав доминантов входил *Chroococcus minor*. В течение всего года, за исключением летних месяцев, доминировал *Chrysococcus biporus*. Дважды в подледном фитопланктоне и один раз осенью 2012 года в составе домини-

рующего комплекса отмечался *Ochromonas crenata*. Цианобактерия *Aphanocapsa incerta* доминировала на протяжении всего периода открытой воды. Зимой и летом в состав доминантов фитопланктона водоема Птичьей гавани входили *Cryptomonas obovata* и *Kephyrion inconstans*. Вид *Monoraphidium contortum* доминировал зимой и весной, *Staurosirella pinnata* *Chrysococcus biporus* – весной и летом. Также стоит отметить вид *Carteria klebsii*, ежегодно входящий в состав доминирующего комплекса, в 2010 и 2011 годах в весенний период, а в 2012 году – в начале зимы.

Таким образом, при рассмотрении сезонной и межгодовой сукцессии доминирующего комплекса фитопланктона водоема Птичьей гавани можно сделать вывод об отсутствии в нем ведущих видов и их сочетаний. В давно сформировавшихся, устойчиво функционирующих водоемах и водотоках наблюдаются тенденции к вычленению нескольких видов-доминантов, обильно вегетирующих в большинстве сезонов года, а также отмечается постепенное замещение таких видов друг другом при сохранении общих ежегодных тенденций (Баженова, 2005; Малащенко, 2009; Барсукова, 2011). В водоеме Птичьей гавани подобная тенденция не установлена, что связано с несформированностью фитопланктоценоза из-за проведения работ по реконструкции и дноуглублению водоема, а также регулярной подкачкой воды из Иртыша, что вызывает изменения параметров среды обитания гидробионтов.

Обобщая вышесказанное, выделим характерные черты доминирующего комплекса фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань»:

- полидоминантность;
- преобладание мелкоклеточных водорослей и цианобактерий;
- отсутствие ведущих видов и их сочетаний в сезонном и межгодовом аспектах;
- присутствие значительного количества видов, способных к миксотрофному питанию.

Указанные характерные черты доминирующего комплекса фитопланктона Птичьей гавани связаны с особенностями самого водоема. Как известно, с возрастанием степени эвтрофирования водных объектов в фитопланктоценозе

возрастает роль видов, способных к миксотрофному или гетеротрофному питанию (Баженова, 2005; Северо-западная..., 2006; Корнева, 2009). Полидоминантность видового состава доминирующего комплекса фитопланктонного сообщества на фоне преобладания мелкоклеточных форм водорослей и цианобактерий, выявленная в фитопланктоне Птичьей гавани, также характерна для эвтрофированных водоемов (Одум, 1986; Охапкин, 2000; Баженова, 2005; Барсукова, 2011). Отсутствие ведущих видов и их сочетаний в доминирующем комплексе наглядно демонстрирует отклик фитопланктонного сообщества водоема природного парка «Птичья гавань» на проведенные работы по реконструкции. Активная перестройка доминирующего сообщества отражает процесс его адаптации к недавно сложившимся условиям.

4.3. Эколого-географическая характеристика водорослей и цианобактерий

Обширность ареала распространения и успешность жизнедеятельности многих видов водорослей и цианобактерий связаны с условиями среды их обитания. Некоторые виды могут вегетировать повсеместно, а для других нужны конкретные абиотические условия: соленость, значение pH, температура и т. д. Видовой состав альгоценозов является отражением всех процессов, протекающих в экосистеме водного объекта (Баринова и др., 2006).

Фитопланктонное сообщество водоема природного парка «Птичья гавань» представлено различными экологическими группами водорослей и цианобактерий (Приложение 1).

Географическая приуроченность известна для 258 ВРФ водорослей и цианобактерий, что составляет 67,19 % от общего числа найденных в водоеме ВРФ (Рисунок 4.21).

Большинство видов с известным географическим распространением (198 ВРФ или 76,74 %) относится к космополитам. Наибольших показателей обилия достигают такие представители этой группы, как *Snowella lacustris*, *Aphanocapsa*

incerta, *Chroococcus minor*, *Trachelomonas volvocina* var. *volvocina*, *Chrysococcus biporus*, *Cyclotella meneghiniana* и *Monoraphidium contortum*.

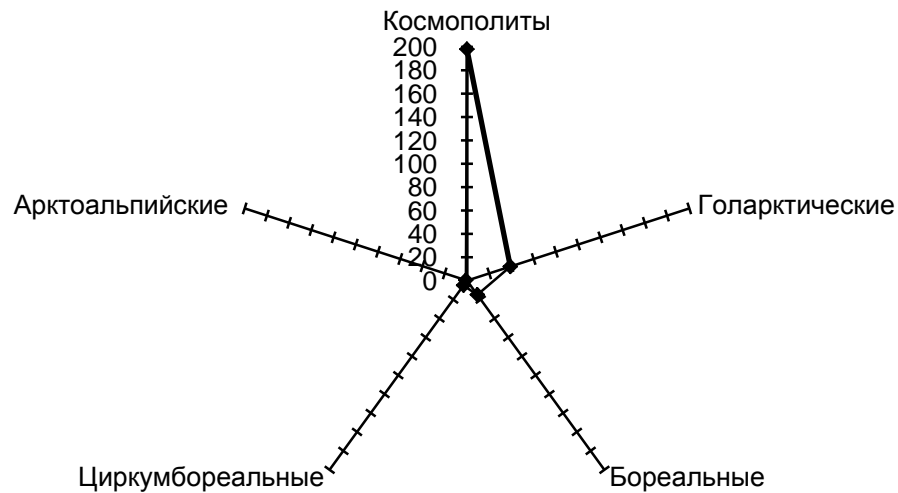


Рисунок 4.21 – Географическая приуроченность водорослей и цианобактерий из планктона Птичьей гавани (по осям количество ВРФ)

Голарктические виды в фитопланктоне водоема представлены 39 ВРФ (15,12 % от общего количества ВРФ с известным географическим распространением). Из этой группы наибольшей численности в планктоне водоема достигают *Aphanothece salina*, *Woronichinia naegeliana*, *Phormidium chalybeum*, *Nephrochlamys willeana* и *Monoraphidium komarkovae*.

К числу бореальных относятся 15 ВРФ (5,81 %). Часто встречается, достигая высоких показателей обилия в отдельных пробах, бореальный вид зеленых водорослей *Raphidocelis sigmoidea*. Значительное обилие нередко отмечается у цианобактерий *Anabaena verrucosa* и *Rhabdoderma lineare*, также относящихся к этой эколого-географической группировке.

Циркумбореальные виды в фитопланктоне водоема природного парка «Птичья гавань» представлены 5 ВРФ (1,94 %). Все они относятся к отделу Euglenophyta и высоких показателей численности не достигают. Из группы циркумбореальных водорослей чаще всего в пробах встречаются виды *Euglenaria*

anabaena и *Euglena limnophila* var. *limnophila*. Арктоальпийские виды в фитопланктоне водоема природного парка «Птичья гавань» представлены одним видом – *Woronichinia compacta*.

Ввиду своей малочисленности бореальные, циркумбореальные и арктоальпийские виды не играют заметной роли в составе фитопланктонного сообщества водоема Птичьей гавани.

Такой состав фитопланктона по отношению к географической приуроченности видов характерен для среднего течения реки Иртыш и других эвтрофных водоемов его бассейна (Баженова, 2005; Барсукова, 2011; Коновалова, 2011; Коржова, 2013). Как известно, преобладание в фитопланктоне космополитов свидетельствует об эвтрофировании озер (Хурсевич, 1976; Трифонова, 1980), но, по мнению А. И. Прошкиной-Лавренко (1953) виды-космополиты не являются биогеографическими индикаторами.

Местообитание известно для 288 ВРФ идентифицированных в фитопланктоне водоема природного парка «Птичья гавань», что составляет 75,0 % от общего числа найденных таксонов (Рисунок 4.22).

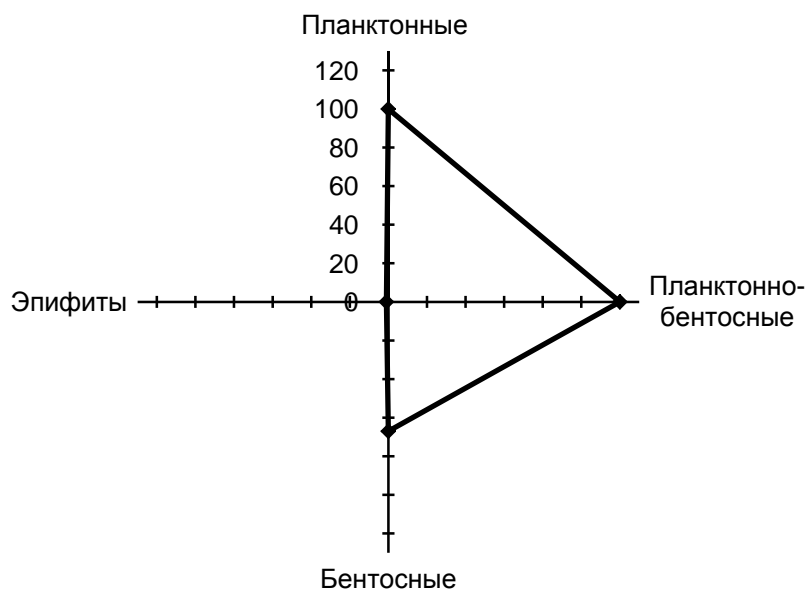


Рисунок 4.22 – Распределение водорослей и цианобактерий из планктона Птичьей гавани по отношению к местообитанию (по осям количество ВРФ)

По приуроченности к местообитанию значительная доля найденных в планктоне водоема ВРФ водорослей и цианобактерий (120 ВРФ или 41,67 % от общего количества ВРФ с известным местообитанием) относится к планктонно-бентосным формам. Наибольших показателей численности достигают следующие виды: *Aphanothece salina*, *Aphanocapsa incerta*, *Merismopedia glauca*, *M. tenuissima*, *Geitlerinema amphibium*, *Phormidium chalybeum*, *Trachelomonas hispida* var. *hispida*, *Tabellaria fenestrata*, *Mucidosphaerium pulchellum*, *Crucigeniella apiculata*, *Monoraphidium contortum*, *M. komarkovae*, *Crucigenia tetrapedia*.

К истинно-планктонным видам относится 100 ВРФ (34,72 % от общего количества ВРФ с известным местообитанием). Максимальных значений обилия в водоеме достигают *Snowella lacustris*, *Chroococcus minimus*, *Chrysococcus biporus*, *Carteria klebsii*, *Raphidocelis sigmoidea*, *Volvox aureus*, а также не идентифицированный вид рода *Chlamydomonas*.

Бентосные водоросли и цианобактерии представлены 67 ВРФ (23,26 % от общего количества ВРФ с известным местообитанием). К данной группе принадлежат *Leptolyngbya foveolaria* и *Staurosirella pinnata*, для которых зафиксированы высокие показатели обилия в ряде проб.

Эпифиты в фитопланктоне водоема представлены одним видом отдела Chlorophyta – *Characium ornithocephalum*.

Преобладание в фитопланктоне Птичьей гавани бентосных и планктонно-бентосных ВРФ (64,94 % от общего количества ВРФ с известным местообитанием) обусловлено малой глубиной водоема, при которой происходит интенсивное перемешивание водной толщи, сопровождающееся поступлением в нее обитателей бентоса, а также обилием водной и околотовной растительности, являющейся источником перифитонных видов (Диадомовые..., 1974; Палагушкина и др., 2002; Патова и др., 2009).

Отношение к активной реакции водной среды известно для 117 идентифицированных ВРФ (Рисунок 4.23). Небольшая доля видов с известным отношением к рН воды (30,47 % от общего числа ВРФ), снижает значимость этого показателя для характеристики фитопланктоценоза водоема. В их составе

преобладают виды-индифференты (55 ВРФ или 47,01 % от общего количества видов с известным отношением к рН воды). Большинство видов с индифферентным отношением к рН среды встречаются в водоеме круглый год и часто достигают высоких значений численности. К активно развивающимся в фитопланктоне водоема индифферентам относятся цианобактерия *Merismopedia glauca*, а также зеленые водоросли *Mucidosphaerium pulchellum*, *Acutodesmus acuminatus*, *Coelastrum microporum* и *Crucigenia tetrapedia* (отдел Chlorophyta).

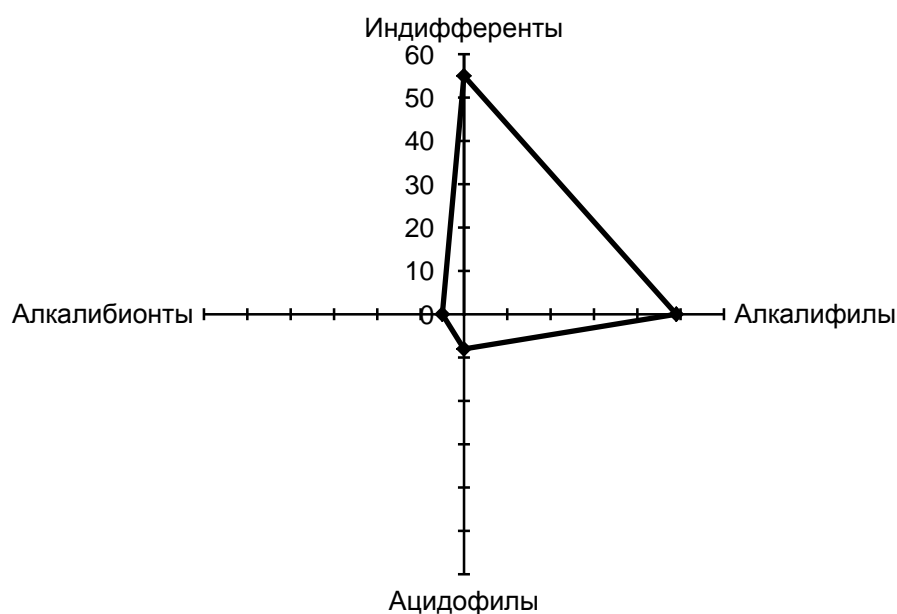


Рисунок 4.23 – Распределение водорослей и цианобактерий из планктона
Птичьей гавани по отношению к активной реакции воды
(по осям количество ВРФ)

Алкалифилы (49 ВРФ или 41,88 % от общего количества видов с известным отношением к рН воды) занимают второе по значимости место. Они представлены в основном диатомовыми водорослями, среди которых лидирующие позиции по частоте встречаемости и обилию в пробах занимают диатомеи *Staurosirella pinnata* и *Stephanodiscus hantzschii*. Указанные виды в период открытой воды нередко достигают численности, позволяющей им входить в состав доминирующего комплекса.

Небольшую группу образуют ацидофилы (8 ВРФ), формирующие 6,84 % от общего количества индикаторов с известным отношением к рН воды. Чаще всего встречающимся и обильно вегетирующим представителем этой группы в водоеме является диатомовая водоросль *Tabellaria fenestrata*. Алкалибионты представлены 5 ВРФ (4,27 %) и особого значения в составе фитопланктоценоза не имеют.

Преобладание индифферентов и алкалифилов в фитопланктоне Птичьей гавани соответствует колебаниям активной реакции ее вод от нейтральной до слабощелочной в период исследований.

Число индикаторов солености, идентифицированных в составе фитопланктона Птичьей гавани, насчитывает 189 ВРФ (49,22 % от общего количества ВРФ) (Рисунок 4.24).

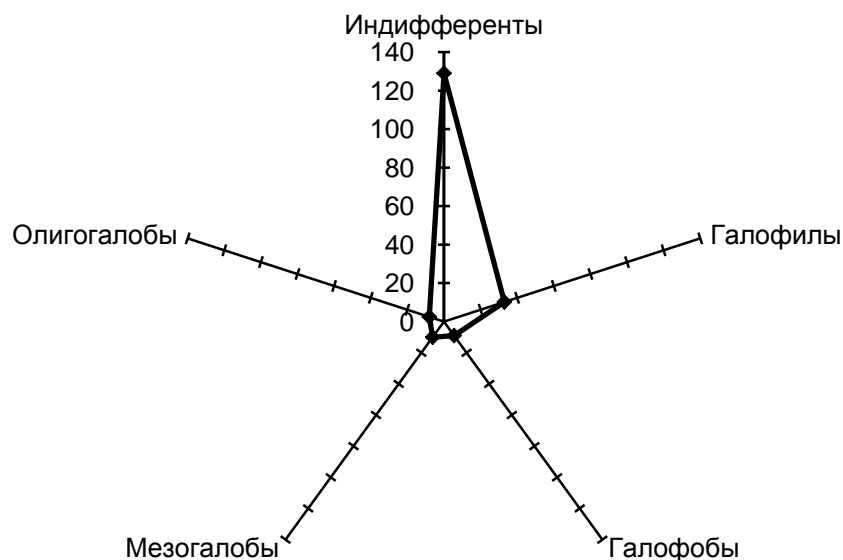


Рисунок 4.24 – Распределение водорослей и цианобактерий из планктона Птичьей гавани по отношению к солености воды (по осям количество ВРФ)

По отношению к солености воды в фитопланктоне водоема, так же как и по ацидофильности, преобладают виды-индифференты – 129 ВРФ, или 68,25 % от общего количества индикаторов солености. Указанные виды водорослей и цианобактерий встречаются в фитопланктоне водоема круглый год и часто входят в состав доминирующего комплекса: *Aphanocapsa incerta*, *Dinobryon divergens*,

D. sociale, *Mallomonas elliptica*, *Synura uvella*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Trachelomonas hispida* var. *hispida*, *T. intermedia* f. *intermedia*, *T. volvocina* var. *volvocina*, *T. volvocinopsis*, *Carteria klebsii*, *Mucidosphaerium pulchellum*, *Eudorina elegans*, *Volvox aureus*.

Представителей других групп индикаторов солености значительно меньше, чем индифферентов. К числу галофилов принадлежит 33 ВРФ, что составляет 17,46 % от общего количества видов-индикаторов солености. Из них в состав доминирующего комплекса входят *Chroococcus minimus*, *Geitlerinema amphibium* и *Staurosirella pinnata*.

Мезогалобы, галофобы и олигогалобы в водоеме представлены незначительным количеством ВРФ, и в целом составляют лишь 14,29 % от общей совокупности ВРФ с установленным отношением к солености. Мезогалобов насчитывается 10 ВРФ, галофобы и олигогалобы наименее распространены в водоеме – 9 и 8 ВРФ соответственно. К галофобам относятся *Chrysococcus biporus*, входящий в состав доминирующего комплекса в течение всего года, и *Tabellaria fenestrata*, входящая в состав доминирующего комплекса фитопланктона водоема только весной.

Вода в Птичьей гавани пресная, в связи с этим закономерно доминирование в планктоне видов-индифферентов. Присутствие в составе индикаторов солености значительного числа галофильных видов обусловлено тем, что почвы, формирующие берега, и подстилающие дно водоема породы, засолены (Нефедов, 2008), что способствовало повышению минерализации воды во время проведения работ по реконструкции водоема.

Таким образом, в фитопланктоне водоема природного парка «Птичья гавань» найдены виды различных эколого-географических групп. По географической приуроченности преобладают космополиты, по отношению к местообитанию – бентосные и планктонно-бентосные виды, по отношению к солености и рН воды – индифференты. Эколого-географический состав водорослей и цианобактерий отражает сложившиеся в водоеме условия:

морфометрические и гидрохимические характеристики, трофический уровень, зарастаемость высшей водной растительностью и пр.

4.4. Сезонная и межгодовая динамика фитопланктона

Динамика развития фитопланктонных сообществ в водных экосистемах определяется многочисленными факторами, непрерывно взаимодействующими друг с другом. Общеизвестно, что на сезонную динамику фитопланктона, характеризующуюся изменениями таких основных показателей как численность, биомасса, видовой состав и состав доминирующего комплекса, оказывают влияние самые разнообразные факторы среды (Гусева, 1952; Трифонова, 1979; Охупкин, 2000). Факторы, воздействующие на состав фитопланктона в разнотипных водоемах в целом и их сезонные изменения в рамках одного водоема И. А. Киселев (1980) разделил на три группы:

- физические (температура, свет, метеорологические условия, движение воды, ледовый режим);
- биохимические (растворенные минеральные и органические вещества, метаболиты, антибиотики);
- биологические (паразитизм, выедание, гибель, отмирание, конкуренция, подготовленность организма, то есть его физиологическое состояние).

Влияние этих факторов настолько многообразно, что в гидроэкологии существует широко распространенное мнение об отсутствии четкого представления о механизмах, влияющих на сезонную динамику фитопланктона (Константинов, 1986; Трифонова, 1986; Михеева, 1992; Корнева, 2009).

Как известно, наибольшее влияние на динамику обилия фитопланктона оказывает количество солнечного света (Константинов, 1986) и температура воды (Михеева, 1983; Трифонова, 1990). Поскольку в наших исследованиях освещенность не измерялась, то мы провели сравнение динамики биомассы и численности фитопланктона водоема с круглогодичным ходом температуры атмосферного воздуха и воды, измеряемыми при отборе проб (Приложение 2, 3). Ход кривых

численности и биомассы фитопланктона за период наших исследований подтверждает положительную зависимость обилия фитопланктона от температуры воды. Пики численности фитопланктона наблюдаются в период максимальных температур воздуха и воды (Приложение 2), а наивысшие пики биомассы соответствуют началу прогревания воды весной (Приложение 3), поскольку именно в это время в фитопланктоне начинают активно развиваться диатомовые водоросли, большинству которых присущи значительные размеры клеток.

В сезонном и межгодовом аспектах для фитопланктона водоема Птичьей гавани характерны существенные отличия в динамиках численности и биомассы (Приложение 4), обусловленные различиями в размерах клеток доминирующих видов.

В то же время, внутригодовые изменения численности и биомассы фитопланктона водоема имеют сходный характер, отличаясь в разные годы преимущественно амплитудой колебания (Рисунок 4.25, 4.26).

Роль различных отделов водорослей в формировании структуры фитопланктоценоза водоема достаточно сложна и существенно изменяется по сезонам и годам (Рисунок 4.27, 4.28).

Минимальные показатели численности и биомассы фитопланктона зарегистрированы в водоеме зимой. Под слоем льда в толще воды продолжают успешно вегетировать виды, адаптировавшиеся к жизни при низкой температуре и слабой освещенности. В самом начале зимы показатели биомассы и численности фитопланктона относительно высокие, что обусловлено продолжающейся вегетацией видов, интенсивно развивавшихся в конце периода открытой воды.

В начале зимы 2009–2010 года ведущую роль в формировании численности фитопланктона играли зеленые водоросли (*Oocystis parva*, *Chlamydomonas* sp., *Sphaerellopsis mucosa*, *Monoraphidium contortum*, *M. minutum*, *Raphidocelis subcapitata*), не идентифицированные фитофлагелляты и криптомонады (*Cryptomonas* sp. и *C. obovata*).

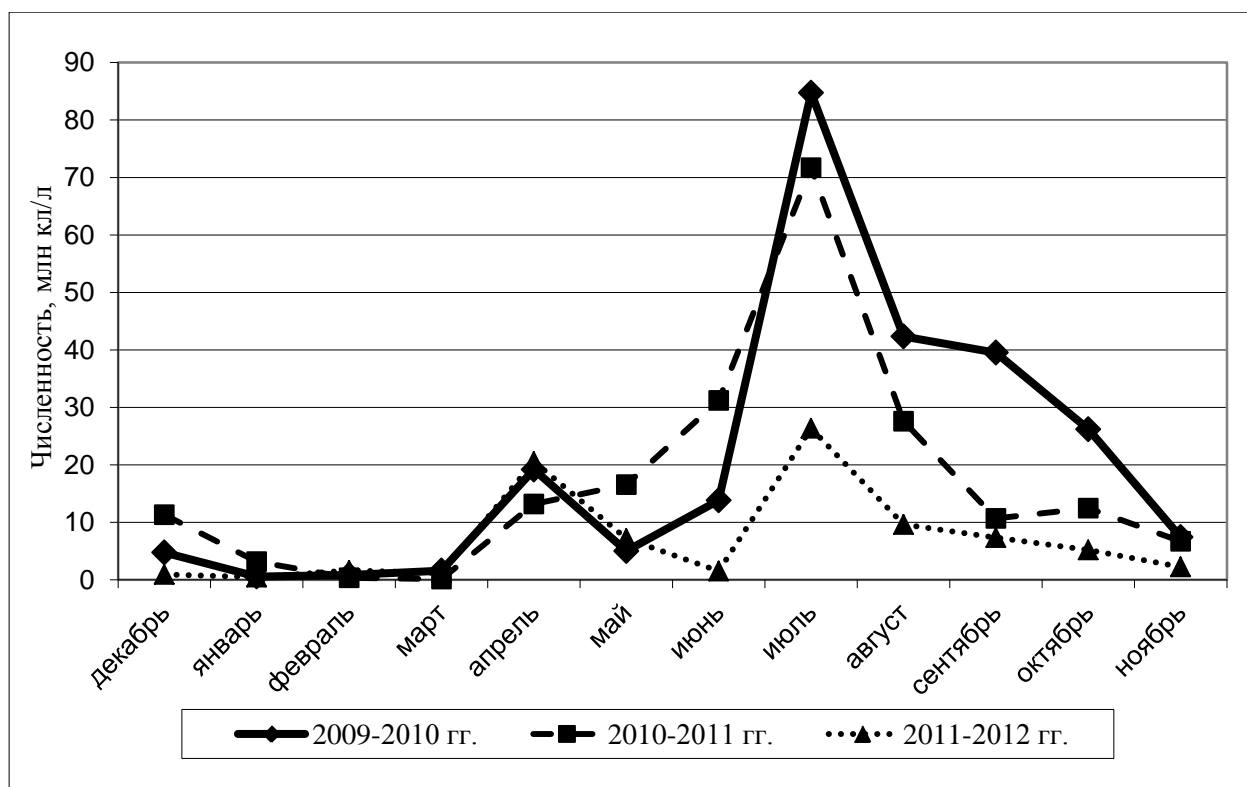


Рисунок 4.25 – Сезонная и межгодовая динамика численности фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань», 2009–2012 гг.

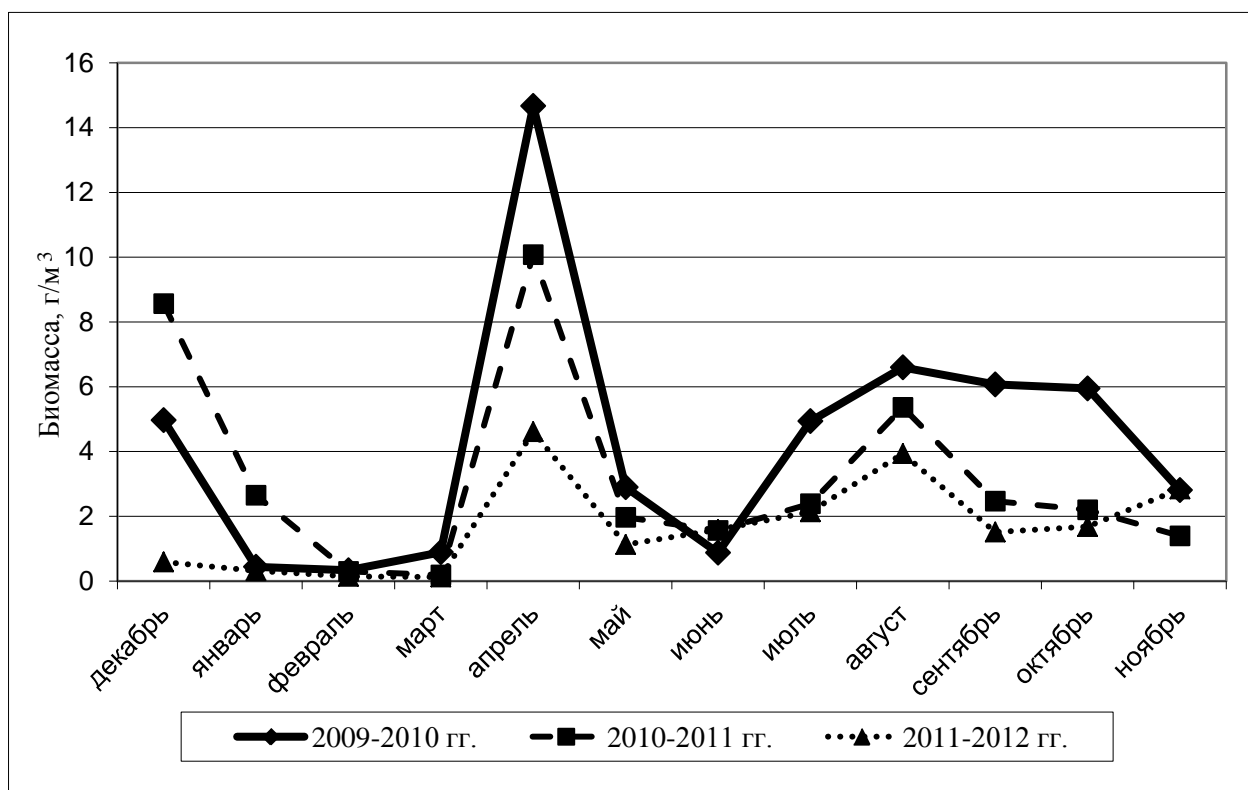


Рисунок 4.26 – Сезонная и межгодовая динамика биомассы фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань», 2009–2012 гг.

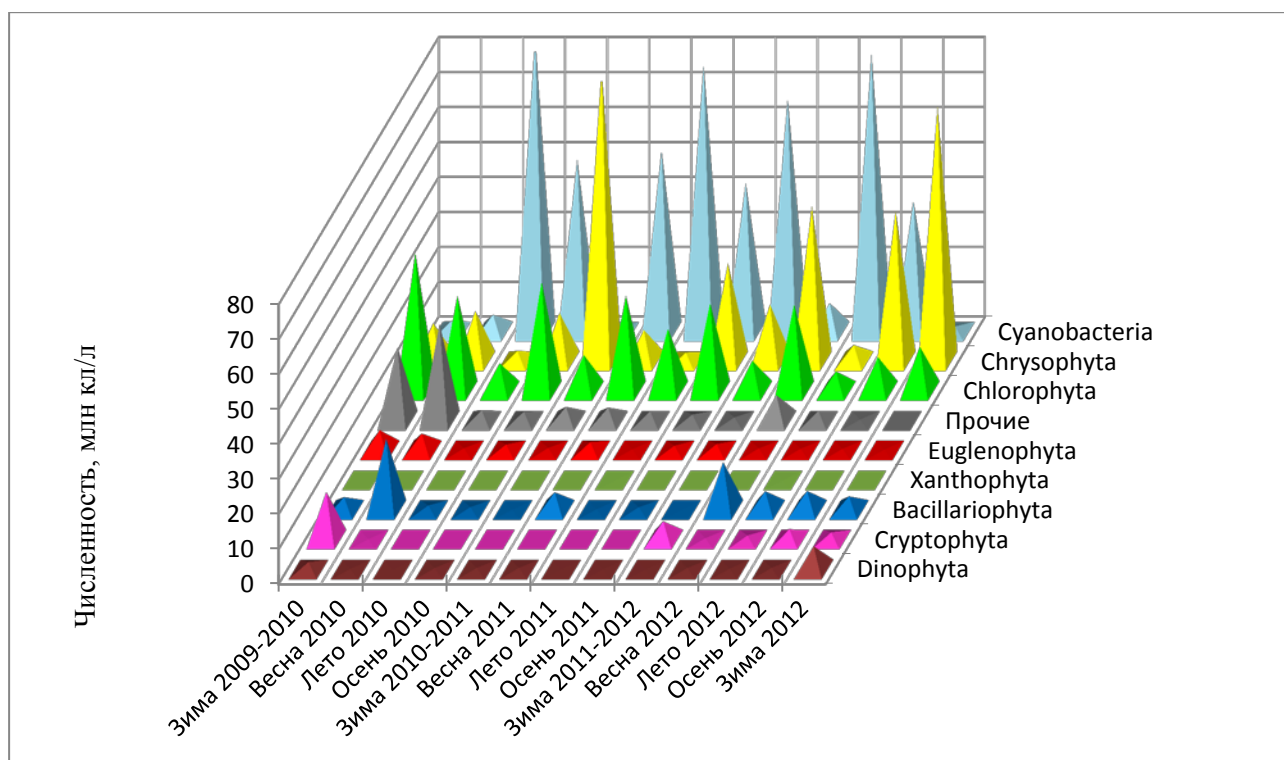


Рисунок 4.27 – Структура фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» по показателям численности, 2009–2012 гг.

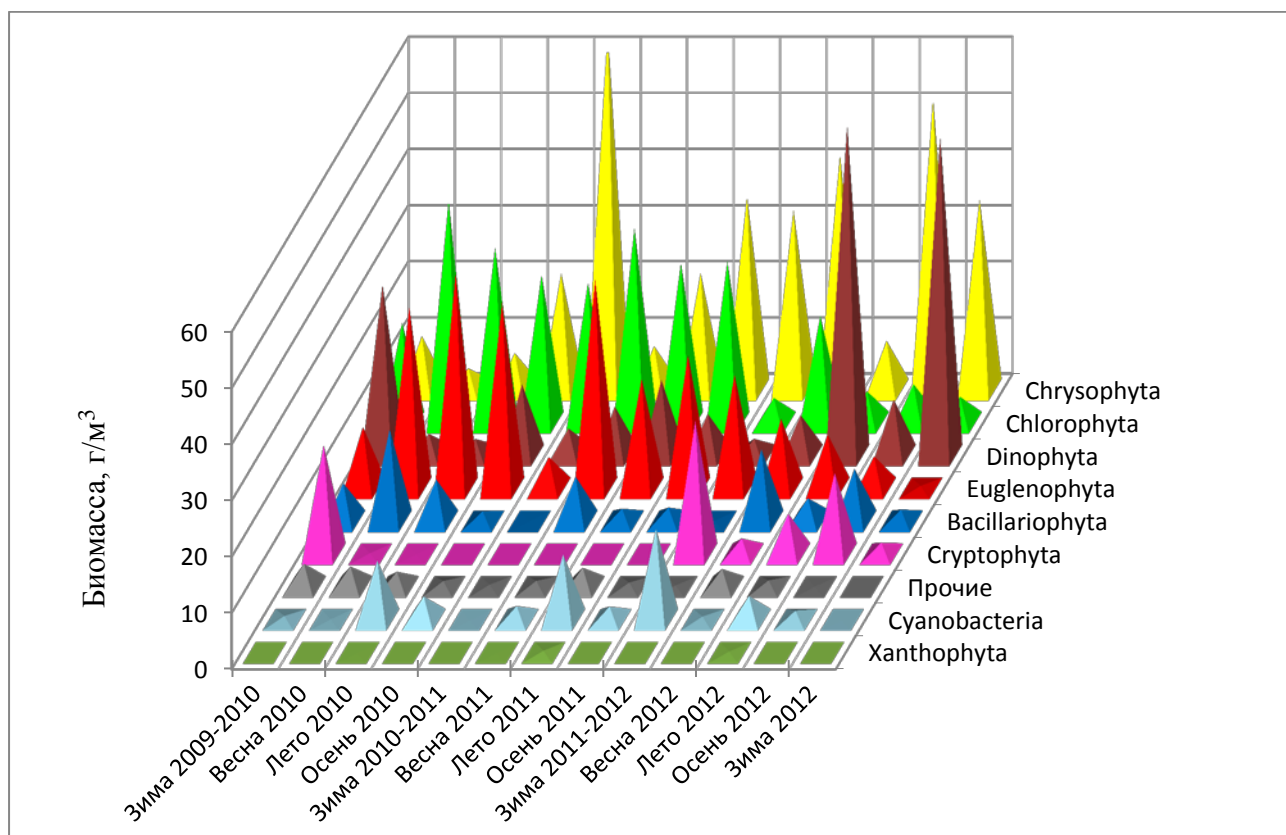


Рисунок 4.28 – Структура фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» по показателям биомассы, 2009–2012 гг.

Значительный вклад в биомассу зимнего фитопланктона, благодаря большим размерам клеток, вносили динофитовые водоросли *Peridinium aciculiferum*, *Glenodinium armatum* и *Peridiniopsis cunningtonii*. В январе 2011 года численность фитопланктона существенно снизилась, при этом зеленые водоросли были вытеснены с лидирующих позиций представителями отделов Chrysophyta (*Kephyrion inconstans* – 0,38 млн кл./л.) и Euglenophyta (*Trachelomonas volvocina* – 0,29 млн. кл./л.). В феврале роль золотистых и эвгленовых водорослей в формировании фитопланктонного комплекса заметно уменьшилась, на этом фоне отмечено возрастание численности не идентифицированных фитофлагеллят (до 0,86 млн кл./л.). Их число в марте снизилось примерно в два раза, но присутствие в пробах в значительном количестве отмечалось до начала периода открытой воды. Таким образом, в зимнем фитопланктоне преимущественно вегетируют виды, способные к потреблению органического вещества – эвгленовые, золотистые, динофитовые, криптофитовые, что связано с тем, что в условиях закрытого льдом водоема фотосинтез подавлен.

С наступлением весны повышается температура воздуха и воды, увеличивается интенсивность светового излучения и начинается активное развитие фитопланктона. В начале весны численность и биомасса фитопланктона в Птичьей гавани сравнительно невысоки, но уже к середине апреля фиксируются их первые, относительно низкие пики. В разные годы исследований они обусловлены преимущественным развитием различных отделов и групп фитопланктона. В отличие от большинства водных объектов Омского Прииртышья (Баженова и др., 2010; Барсукова, 2012) весенняя вспышка численности диатомовых водорослей в Птичьей гавани не отмечается. Возрастание численности диатомовых водорослей в весеннее время теряется на фоне интенсивного развития представителей других отделов (Chlorophyta, Chrysophyta и Cyanobacteria). В середине апреля 2010 года был отмечен первый пик численности фитопланктона (19,19 млн кл./л.). В это время значительных показателей численности достигали зеленые водоросли (9,05 млн кл./л.). Среди них доминировали *Carteria klebsii*, *Chlamydomonas* sp., *Chlorococcum* sp., *Eudorina elegans*, *Mucidosphaerium pulchellum*, *Mychonastes*

jurisii и *Pseudokirchneriella danubiana*. Также отмечалась обильная вегетация не идентифицированных фитофлагеллят и диатомовых водорослей *Stephanodiscus hantzschii* и *Tabellaria fenestrata*. Значительный вклад в формирование биомассы в начале весны вносили *Chlamydomonas sp.*, *Eudorina elegans*, *Trachelomonas verrucosa*, *Stephanodiscus hantzschii* и *Tabellaria fenestrata*.

В начале мая 2010 года численность фитопланктона по сравнению с апрелем снизилась более, чем в два раза (7,33 млн кл./л.). Состав фитопланктона в это время определяли преимущественно диатомовые и зеленые водоросли. Максимальных значений численности достигали *Stephanodiscus hantzschii* (2,10 млн кл./л.), *Tabellaria fenestrata* (1,20 млн кл./л.), *Mucidosphaerium pulchellum* (1,06 млн кл./л.) и *Pseudokirchneriella danubiana* (1,22 млн кл./л.). В конце мая численность фитопланктона снизилась еще сильнее, что обусловлено заменой одних видов на другие – на смену диатомовым и зеленым водорослям пришли золотистые. Наибольшей численности в пробах в это время достигали *Chrysococcus biporus* (3,13 млн кл./л.) и *Kephyrion inconstans* (0,58 млн кл./л.). В начале июня 2010 года отмечалась наименьшая для периода открытой воды численность фитопланктона – 1,12 млн кл./л. С этого момента в водоеме Птичьей гавани начинается вегетация мелкоклеточных колониальных цианобактерий.

Основная доля численности фитопланктона в начале лета 2010 года формировалась представителями мелкоклеточных цианобактерий *Chroococcus minimus* (29,60 млн кл./л.) и *Ch. minor* (9,15 млн кл./л.). В совокупности в это время общая численность цианобактерий в десять и более раз превосходила численность водорослей из других отделов.

В начале июля в водоеме фиксируется второй пик численности фитопланктона, вызванный вегетацией исключительно цианобактерии *Aphanocapsa incerta*. Численность *A. incerta* в пробах в это время достигала 182,10 млн кл./л.

В конце июля численность фитопланктона начинает постепенно снижаться. Но тандем видов *Aphanocapsa incerta* – *Chroococcus minor* продолжает преобладать по численности в фитопланктоне водоема вплоть до середины осени.

На фоне летней вспышки обилия цианобактерий развитие остальных отделов не столь заметно, но, несмотря на это, следует отметить виды *Chrysococcus biporus*, *Monoraphidium minutum*, *Nephrochlamys willeana*, *Chlamydomonas* sp. и *Chlorococcum* sp., в значительном количестве вегетирующие в летнем фитопланктоне водоема. Основной вклад в формирование биомассы в это время вносили представители отделов Euglenophyta (*Trachelomonas hispida* var. *hispida*, *Lepocinclis ovum* var. *major*, *Euglena clara*, *Strombomonas acuminata*) и Chlorophyta (*Chlamydomonas* sp., *Carteria klebsii*).

В начале осени 2010 года снижение температур воздуха и воды приводит к падению численности мелкоклеточных цианобактерий, но постепенно возрастает доля зеленых и золотистых водорослей. В это время наибольшей численности достигают *Aphanocapsa incerta*, *Chroococcus minor*, *Monoraphidium contortum*, *Oocystis parva*, *Mucidosphaerium pulchellum*, *Carteria klebsii* и *Chrysococcus biporus*. В ноябре фиксируется снижение средней численности фитопланктона до 7,42 млн кл./л. Осенью ведущую роль в формировании биомассы играют *Glenodinium armatum*, *Parvodinium goslaviense*, *Mallomonas acaroides*, *Trachelomonas hispida* var. *coronata* и *T. intermedia* f. *intermedia*.

Для подледного фитопланктона характерна относительная бедность видового состава. Структурообразующими зимой 2010–2011 годов являлись представители отделов Chrysophyta и Chlorophyta, вегетация цианобактерии *Aphanocapsa incerta* полностью прекращается. В декабре 2010 и январе 2011 годов в зимнем фитопланктоне доминировал *Ochromonas crenata*, достигая в отдельных пробах численности 18,65 млн кл./л. Основная доля биомассы (до 67,75 % от общего количества) принадлежала золотистым водорослям. Заметный вклад в формирование численности в эти месяцы вносили зеленые водоросли *Chlorophysema apiocystiforme*, *Monoraphidium contortum*, *M. komarkovae*, *Carteria klebsii*. В феврале 2011 года в состав наиболее многочисленных видов фитопланктона водоема наряду с *Ochromonas crenata* и *Chrysococcus biporus* вошли цианобактерия *Geitlerinema amphibium* и не идентифицированные фитофлагелляты. Минимальные значения численности были отмечены к концу

подледного периода в марте 2011 года (0,15 млн кл./л.). В это время наибольшей численности достигал вид *Kephyrion inconstans*.

После распадения льда численность и видовое разнообразие фитопланктона водоема значительно возрастают. В апреле основную биомассу фитопланктона формировали представители различных отделов водорослей: динофитовых (*Glenodinium armatum*), эвгленовых (*Lepocinclis ovum* var. *major*, *Trachelomonas hispida* var. *coronata*, *T. nigra*) и зеленых (*Carteria klebsii*). Весенний пик численности в 2011 году слабо выражен, его появление было вызвано вегетацией зеленых, диатомовых водорослей и цианобактерий. В начале периода открытой воды в составе фитопланктона высокого обилия достигают виды зеленых водорослей: *Carteria klebsii*, *Monoraphidium contortum* и *Mucidosphaerium pulchellum*. Состав диатомовых водорослей по сравнению с весной предыдущего года изменился незначительно. Если ранее численность диатомовых водорослей в основном определялась интенсивностью вегетации *Stephanodiscus hantzschii* и *Tabellaria fenestrata*, то в 2011 году к ним присоединилась *Nitzschia graciliformis*. Среди цианобактерий в начале весны особо выделялись виды *Aphanothece salina*, *Chroococcus minor* и *Geitlerinema amphibium*. Раннее начало вегетации цианобактерий было связано с климатическими особенностями 2011 года, в котором аномально теплые февраль и март сменились сходными по температурному режиму весенними месяцами. Вероятно, поэтому мелкоклеточные цианобактерии начали развиваться значительно раньше, чем в 2010 году, существенно изменив состав и структуру весеннего фитопланктона. В начале мая 2011 года в пробах появилась *Aphanocapsa incerta*, наряду с ней активно вегетировали *Chrysococcus biporus*, *Kephyrion inconstans*, *Acutodesmus acuminatus*, *Monoraphidium contortum* и *Desmodesmus caudato-aculeolatus*. Массовое развитие золотистых водорослей в апреле–мае было зафиксировано и в 2010 году. В конце весеннего сезона 2011 года численность фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» стала определяться преимущественно вегетацией мелкоклеточных колониальных цианобактерий *Aphanocapsa incerta* и *Chroococcus minor*.

В июне 2011 года в водоеме отмечалась интенсивная вегетация *Volvox aureus* (29,0 млн кл./л.). Второй пик численности в этом году (64,77 млн кл./л.) приходится на июль и, так же как и в прошлом году, вызван цианобактериями *Aphanocapsa incerta* и *Chroococcus minor*. Их вегетация продолжается вплоть до конца периода открытой воды. Биомасса летнего фитопланктона в 2011 году формировалась в основном за счет крупноклеточных видов *Lepocinclis ovum* var. *major*, *Dinobryon sociale*, *Ceratium hirundinella* f. *silesiacum*, *Parvodinium goslaviense*.

С наступлением осени вклад цианобактерий в формирование структуры фитопланктона снижается (Рисунок 4.27, 4.28). Одновременно отмечается увеличение численности золотистых и зеленых водорослей. Наибольшей численности в пробах в октябре 2011 года достигают *Chrysococcus biporus* (5,59 млн кл./л.), *Monoraphidium komarkovae* (1,20 млн кл./л.) и *Nephroselmis olivacea* (1,98 млн кл./л.).

Основной вклад в численность фитопланктона зимой 2011–2012 годов вносили цианобактерии *Anabaena verrucosa*, *Chroococcus minor* и *Geitlerinema amphibium*. Также было велико значение золотистых (*Chrysococcus biporus*, *Kephyrion inconstans*, *Mallomonas elliptica*, *Ochromonas crenata*) и криптофитовых (*Cryptomonas obovata*) водорослей. Присутствие нетермофильных миксотрофных видов водорослей и цианобактерий в водоеме Птичьей гавани в зимний сезон обусловлено наличием большого количества растворенных в воде биогенных веществ (Таблица 2.2), что делает возможной вегетацию фитопланктона в подледный период (Бордонский и др., 2003; Усольцева и др., 2006; Бондаренко, 2009; Корнева, 2009).

Начало периода открытой воды в апреле 2012 года было отмечено вспышкой развития *Chrysococcus biporus*, достигавшего численности 24,70 млн кл./л и биомассы 3,95 г/м³. Весенний пик численности в этом году был вызван массовой вегетацией золотистых водорослей. Помимо них в формирование структуры фитопланктона в начале весны заметный вклад внесли диатомовые (*Staurosirella pinnata*) и зеленые (*Monoraphidium komarkovae*, *Hegewaldia parvula*)

водоросли. Численность цианобактерий была на уровне 2010 года, в пробах встречались *Aphanocapsa incerta*, *Chroococcus minor*, *Geitlerinema amphibium*.

После весеннего подъема, численность фитопланктона постепенно снижается, достигая наименьших значений в июне. В июле 2012 года был зафиксирован второй пик численности фитопланктона, вызванный вегетацией *Aphanocapsa incerta*. В августе численность цианобактерий значительно снизилась (с 24,28 млн кл./л. до 5,67 млн кл./л.), в то же время отмечалось увеличение численности диатомовых водорослей, а именно *Fragilaria pinnata* (3,65 млн кл./л.). В это время биомасса фитопланктона формировалась преимущественно за счет крупноклеточных видов динофитовых водорослей – *Glenodinium armatum*, *Ceratium hirundinella* f. *silesiacum*, *Parvodinium goslaviense* и *Peridinium bipes*.

Осенью роль цианобактерий вновь становится менее заметной, общая численность фитопланктона снижается (5,21 млн кл./л.), на передний план выступают золотистые водоросли (*Chrysococcus biporus* и *Ochromonas crenata*). В связи с ранним наступлением зимы в 2012 году, ноябрьский отбор проб осуществляли уже после ледостава. Подледный фитопланктон более, чем на 72,8 % формировался золотистыми водорослями, преимущественно *Ochromonas crenata*.

Из-за мелкоклеточности доминирующих в летне-осенний период цианобактерий динамика биомассы фитопланктона существенно отличается от динамики его численности. Максимальные значения биомассы отмечаются весной и в конце лета (Рисунок 4.26). Основную долю биомассы весеннего фитопланктона формируют эвгленовые и зеленые, а в 2012 году – золотистые водоросли. Осенью основной вклад в биомассу вносят эвгленовые, золотистые и динофитовые водоросли.

За период исследований в водоеме природного парка «Птичья гавань» отмечено изменение показателей обилия фитопланктона – численности и биомассы (Таблица 4.5). Установлено значительное снижение значений численности (Рисунок 4.29) и биомассы (Рисунок 4.30) фитопланктона,

подтверждающееся устойчивыми нисходящими трендами в межгодовой динамике этих показателей.

Таблица 4.5 – Средние показатели численности (А, млн кл./л.) и биомассы (Б, г/м³) фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань», 2009–2012 гг.

Годы	Зима		Весна		Лето		Осень	
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
2009–2010	1,99± 1,62	1,74± 1,82	7,58± 6,09	5,18± 5,42	55,61± 26,05	5,49± 2,78	21,48± 11,39	4,61± 1,67
2010–2011	3,75± 4,11	2,93± 3,23	15,44± 5,33	4,67± 3,64	43,50± 22,06	3,10± 1,74	11,59± 3,42	2,33± 0,72
2011–2012	1,06± 0,66	0,29± 0,20	13,88± 6,70	2,87± 1,74	12,33± 9,61	2,64± 1,87	6,18± 2,25	1,60± 0,29

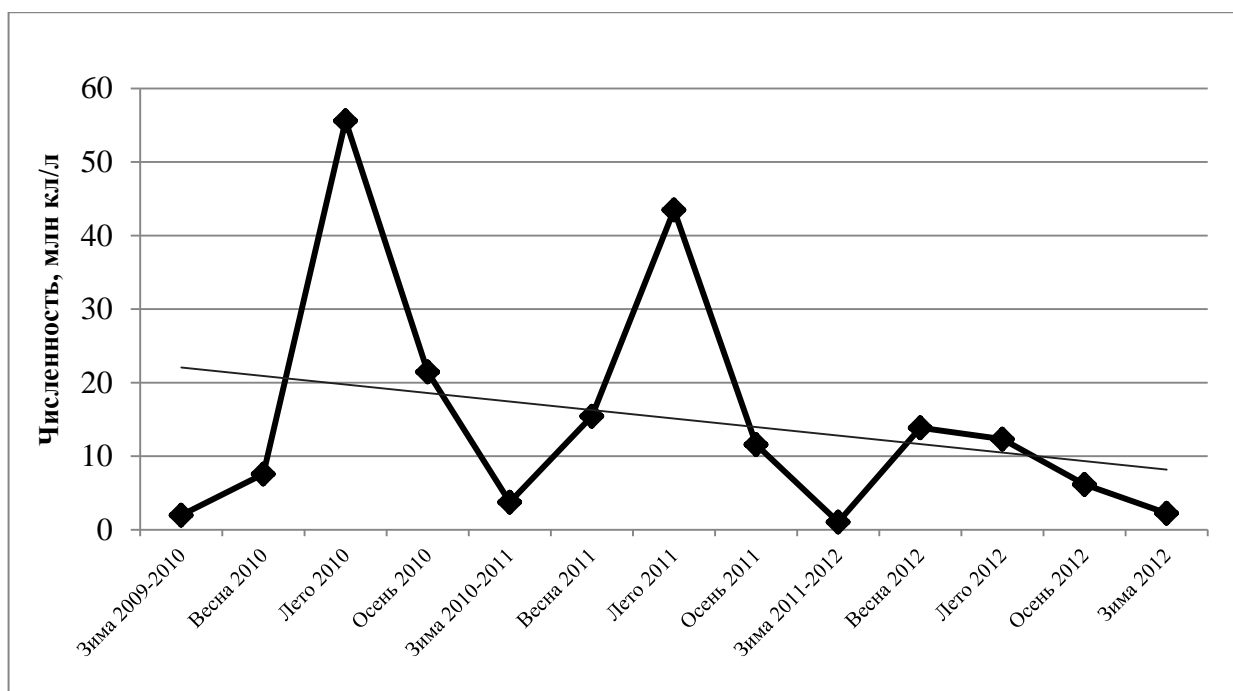


Рисунок 4.29 – Межгодовая динамика численности фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань», 2009–2012 гг.

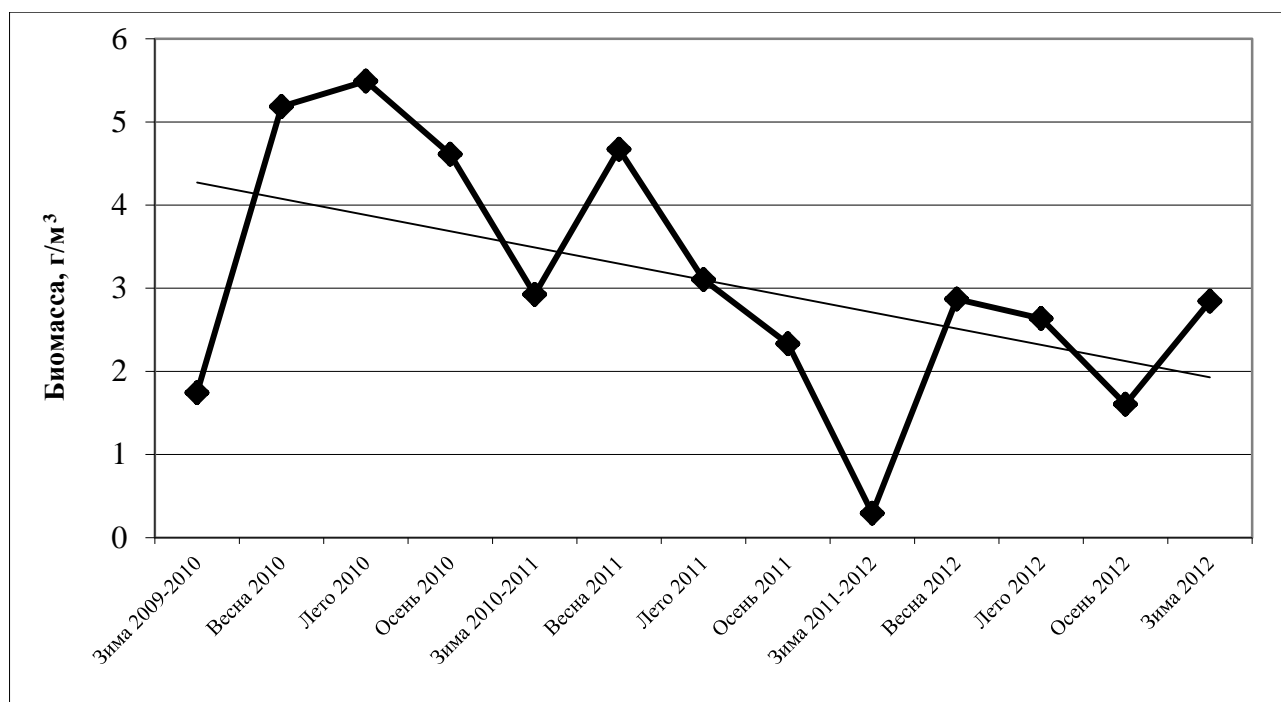


Рисунок 4.30 – Межгодовая динамика биомассы фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань», 2009–2012 гг.

Выявленные изменения связаны с откликом фитопланктонного сообщества на проведение работ по реконструкции водоема и свидетельствуют об улучшении его экологического состояния.

Таким образом, для сезонной и межгодовой динамики фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» характерны следующие особенности:

- в течение года общий ход изменения значений численности и биомассы фитопланктона характеризуется кривыми с несколькими пиками;
- весенний пик численности обусловлен интенсивным развитием зеленых, золотистых и диатомовых водорослей;
- максимальные среднегодовые значения численности фитопланктона наблюдаются в июле и вызваны интенсивной вегетацией цианобактерий;
- в подледном фитопланктоне преобладают миксотрофные виды водорослей – эвгленовые, золотистые, динофитовые, криптофитовые;
- в межгодовом аспекте происходит снижение показателей биомассы и численности фитопланктона, указывающее на улучшение экологического состояния водоема.

4.5. Симбиотические сообщества водорослей, цианобактерий и инфузорий

В конце мая 2010 года в северной части водоема Птичьей гавани были обнаружены слизистые образования темно-зеленого цвета шаровидной и неправильно-овальной формы, по внешнему виду напоминающие колонии цианобактерии *Nostoc pruniforme* Ag. Они свободно плавали в толще воды, а также были прикреплены к подводной растительности. Свободноплавающие слизистые образования имели, главным образом, шаровидную форму диаметром 1–3 см. Прикрепленные экземпляры были неправильной вытянуто-овальной формы, шириной 3–5 см, длиной от 4–6 до 15–17 см (Игошкина, Баженова, 2011). При микроскопировании было установлено, что эти слизистые образования сформированы инфузориями *Ophrydium versatile* Müller (Protozoa, *Ciliophora*, *Peritrichida*). Характерной чертой инфузорий этого вида является способность вырабатывать значительное количество слизи, формирующей студенистые шары, в которых обитают различные представители водорослей и цианобактерий.

Впервые внимание на такие сообщества обратили ирландские исследователи J. W. Eaton и N. G. Carr (1980), наблюдавшие за биологией и развитием *Ophrydium versatile* в оз. Лох-Ри. Эндосимбионтом *Ophrydium versatile* являлась *Chlorella vulgaris*. Позднее были опубликованы данные о нахождении подобных симбиотических сообществ, названных Т. М. Михеевой за сложность их структуры микрокосмами, в системе Нарочанских озер (Михеева, 1992).

Точно определить характер межвидовых связей между цилиатами и микроводорослями, обитающими в их слизи, к настоящему времени не представляется возможным. Если следовать определению понятия «симбиоз», принятому в экологии, то этим термином называют взаимодействие между популяциями, приносящее обоюдную пользу (Одум, 1986; Радкевич, 1998; Бродский, 2007). Симбиотические отношения могут выражаться в различной форме – от сотрудничества или протокооперации, когда жизнь в сообществе взаимовыгодна, но не является обязательной, до мутуализма, когда взаимовыгодное взаимодействие принимает

облигатный характер. Симбиотические отношения широко распространены в природе, в последнее время описаны разнообразные симбиозы и в водных экосистемах – от ледовых сообществ Байкала (Бордонский и др., 2003) до эпibiонтных сообществ минерализованных озер Хакасии (Ануфриева, 2009).

Симбиотические сообщества, образованные цилиатами, зарегистрированы в пресноводных водоемах Африки (<http://www.scielo.org.za>), Аргентины (<http://plankt.oxfordjournals.org>), США (<http://www.bio.umass.edu>), Дании (<http://www.dr.dk>). Подобные сообщества инфузорий (как консументов) и фотосинтезирующих организмов микропланктона (как продуцентов) относятся к природным микроэкосистемам. Для полной уверенности в этом не хватает данных об обитании в составе этих сообществ бактерий-редуцентов.

Считается, что формирование таких сообществ особенно характерно для зрелых экосистем, находящихся в состоянии гомеостаза (Одум, 1986), вероятно, поэтому находки упомянутых «микрокосмов» обычны в озерах, антропогенная нагрузка на которые не нарушила их устойчивого состояния. Но находки симбиозов инфузорий и микроводорослей в водоеме Птичьей гавани противоречат этому мнению, поскольку они были обнаружены в период реконструкции водоема.

Клетки *Ophrydium versatile*, формирующие симбиозы в водоеме Птичьей гавани, имеют разнообразную форму: удлинённо-овальные, вытянуто-цилиндрические и широко-веретеновидные, прямые или изогнутые, шириной 44,2–70,2 мкм, длиной 153,4–234,0 мкм. Их единственным эндосимбионтом, как и в оз. Лох-Ри, является *Chlorella vulgaris*. Инфузории располагаются на поверхности выделяемой ими слизи, в каждой инфузории находится большое количество клеток *Chlorella vulgaris*. Следует также отметить, что *Chlorella vulgaris* в фитопланктоне водоема Птичья гавань встречается редко (Приложение 1) и была отмечена в пробах только в декабре 2009 года. В составе фитопланктона реки Иртыш, откуда идет периодическая закачка воды в водоем Птичьей гавани, этот вид также встречается нечасто (Баженова, 2005). При фиксации найденных

сообществ формалином наблюдалось частичное осыпание инфузорий с поверхности слизистых образований.

В структуре симбиотического сообщества выделяются три разнородных слоя (Рисунок 4.31).

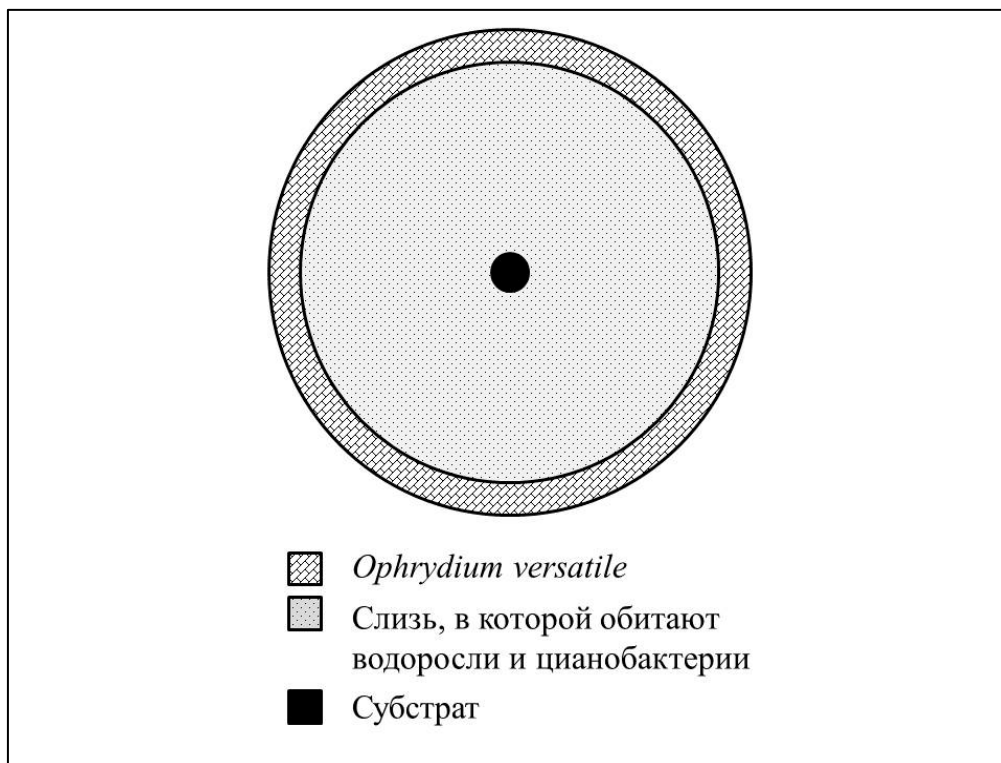


Рисунок 4.31 – Схема структуры симбиоценоза, образованного инфузориями, водорослями и цианобактериями в водоеме природного парка «Птичья гавань»

Верхний слой представлен ячеистой четырех-шестиугольной сеткой из минеральных включений, в каждой ячейке которой располагается инфузория (Рисунок 4.32).

В слизистом мешке, образуемом инфузориями, обитают различные водоросли и цианобактерии, среди которых доминирует *Geitlerinema tenue*. Распределение водорослей и цианобактерий в слизи неравномерно. Наибольшее видовое богатство продуцентов отмечается в центральной части сообщества. Здесь находится небольшое количество субстрата, к которому прикреплены бентические водоросли и водоросли-обрастатели, вероятно, обитавшие здесь до формирования симбиоценоза. У симбиоценозов неправильной формы, прикрепленных к водной растительности, центральная часть удлинена.

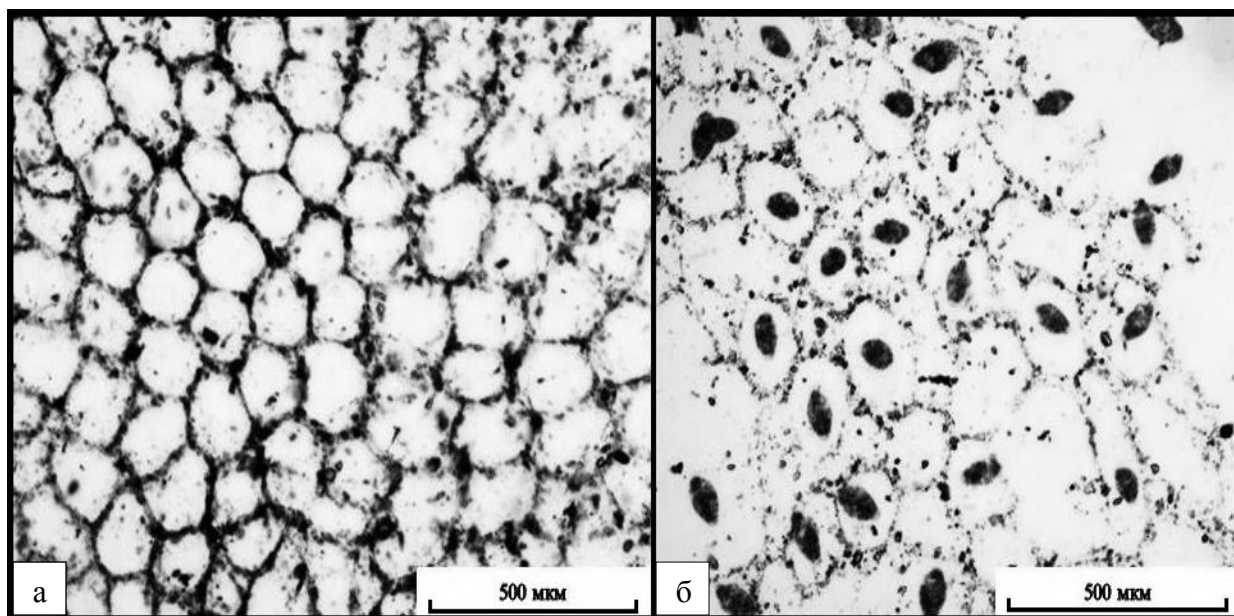


Рисунок 4.32 – Микрофотографии ячеистой оболочки симбиоценоза:

а – клетки *Ophrydium versatile* осыпались; б – сохранились в некоторых ячейках

В составе симбиоценозов идентифицировано 35 ВРФ водорослей и цианобактерий, в том числе: Cyanobacteria – 6, Euglenophyta – 1, Chrysophyta – 6, Bacillariophyta – 4, Chlorophyta – 18 с самой разнообразной эколого-географической характеристикой (Таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Таксономический состав, обилие и эколого-географические характеристики водорослей и цианобактерий, образующих симбиоценозы с инфузорией *Ophrydium versatile* в водоеме природного парка «Птичья Гавань»

Таксон	Местообитание	Сапробность	Галобность	Ацидофильность	Географическое распространение	Обилие в планктоне водоема
1	2	3	4	5	6	7
отдел Cyanobacteria класс Cyanophyceae порядок Chroococcales семейство Synechococcaceae						
<i>Aphanocapsa incerta</i>	Р-В	β	i	-	k	6

продолжение таблицы 4.6

1	2	3	4	5	6	7
<i>Merismopedia punctata</i>	P-B	o-α	i	-	k	2
<i>Coelosphaerium dubium</i>	P	β	-	-	-	4
порядок Oscillatoriales семейство Pseudanabaenaceae						
<i>Geitlerinema tenue</i>	-	-	-	-	-	2
<i>Leptolyngbya foveolaria</i>	B	β-o	-	-	k	5
семейство Phormidiaceae						
<i>Phormidium schultzei</i>	-	-	-	-	-	2
отдел Euglenophyta класс Euglenophyceae порядок Euglenales семейство Euglenaceae						
<i>Trachelomonas volvocina</i> var. <i>volvocina</i>	B	β	i	ind	k	3
отдел Chrysophyta класс Chrysophyceae порядок Chromulinales семейство Chrysococcaceae						
<i>Chrysococcus biporus</i>	P	o-β	hb	-	k	6
<i>Kephyrion doliolum</i>	P	-	-	-	-	2
<i>K. inconstans</i>	-	o-α	-	-	-	5
<i>K. litorale</i>	B	-	oh	-	-	1
<i>K. petasatum</i>	-	-	-	-	-	3
порядок Ohromonadales семейство Synuraceae						
<i>Mallomonas acaroides</i>	P	o-α	i	-	k	3
отдел Bacillariophyta класс Pennatophyceae порядок Raphales семейство Naviculaceae						
<i>Navicula kefvingensis</i>	B	-	m h	-	b	2
семейство Epithemiaceae						
<i>Epithemia adnata</i> var. <i>adnata</i>	B	β-α	i	alb	k	1
семейство Nitzschiaceae						
<i>Nitzschia</i> sp.	-	-	-	-	-	5
<i>N. graciliformis</i>	-	-	-	-	-	4
отдел Chlorophyta класс Trebouxiophyceae порядок Chlorellales семейство Chlorellaceae						
<i>Chlorella vulgaris</i>	P-B	α	hl	-	k	1

1	2	3	4	5	6	7
класс Chlorophyceae порядок Chlorococcales семейство Treubariaceae						
<i>Treubaria triappendiculata</i>	P-B	-	-	-	k	3
порядок Sphaeropleales семейство Characiaceae						
<i>Characium ornithocephalum</i>	Ep	-	i	-	k	2
<i>Korschikoviella limnetica</i>	-	-	-	-	-	1
семейство Hydrodictyaceae						
<i>Tetraedron caudatum</i>	P-B	β	i	ind	k	2
семейство Selenastraceae						
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	P-B	β	hb	-	k	1
<i>Monoraphidium contortum</i>	P-B	β	-	-	k	5
<i>M. tortile</i>	P	o- α	-	-	-	5
семейство Scenedesmaceae						
<i>Acutodesmus acuminatus</i>	P-B	β	i	ind	k	4
<i>A. obliquus</i>	P-B	β -p	i	-	k	2
<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>armatus</i>	P-B	o- α	-	-	k	3
<i>D. armatus</i> var. <i>spinosus</i>	-	-	-	-	-	2
<i>D. communis</i>	P	β	i	ind	k	2
<i>D. lefevrei</i>	P-B	β	-	-	k	2
<i>D. subspicatus</i>	P-B	o	-	-	k	2
<i>Pseudodidymocystis planctonica</i>	-	β	-	-	-	2
<i>Verrucodesmus verrucosus</i>	-	β	-	-	-	3
класс Ulotrichophyceae порядок Ulotrichales семейство Aphanochaetaceae						
<i>Thamniochaete huberi</i>	-	-	-	-	-	-

Единственный вид, который был обнаружен нами только в составе симбиотических сообществ – *Thamniochaete huberi*. Это типичный эпифит, вегетирующий на нитях *Oscillatoria*, *Tribonema* и нередко на зеленых водорослях (Определитель..., 1986). Поскольку специальных исследований перифитона в водоеме Птичьей гавани не проводили, вполне возможно, что *Thamniochaete huberi* обитает и в составе обрастаний, но в планктоне нами не найдена.

Совпадение видового состава водорослей, населяющих симбиоценозы, с фитопланктоном водоема говорит о том, что их формирование происходило из видов, первоначально представленных в фитопланктоценозе. Интересно отметить,

что состав симбиоценозов наполовину (18 ВРФ из 35) представлен видами, обилие которых в планктоне не превышает 10–50 тыс. кл./л. Значительную долю среди симбионтов составляют космополиты (19 ВРФ) и β -мезосапробионты (11 ВРФ), но эта закономерность характерна и для фитопланктона водоема.

Мы предположили, что состав симбиоценозов формировался, прежде всего, из доминирующих в планктоне видов. Для сравнения видового состава симбиоценозов с доминирующим комплексом фитопланктона был рассчитан коэффициент флористического сходства Чекановского-Серенсена. При этом учитывали виды-доминанты фитопланктона, вегетирующие одновременно с микрокосмами (23.05.2010 г.), и виды-доминанты предыдущего времени отбора (06.05.2010 г.), когда происходило формирование симбиоценозов (Таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Состав доминирующего комплекса фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» в мае 2010 года

Таксон	06.05.2010 г.	23.05.2010 г.
Cyanobacteria		
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	+	–
Euglenophyta		
<i>Trachelomonas hispida</i> var. <i>hispida</i>	+	–
Chrysophyta		
* <i>Chrysococcus biporus</i>	+	+
* <i>Kephyrion doliolum</i>	–	+
* <i>K. inconstans</i>	–	+
Bacillariophyta		
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	+	+
<i>Tabellaria fenestrata</i>	+	–
Chlorophyta		
<i>Mucidosphaerium pulchellum</i>	+	–
<i>Mychonastes jurisii</i>	–	+
<i>Pseudokirchneriella danubiana</i>	+	–

Условные обозначения: * – виды-доминанты, обнаруженные в составе симбиоценозов

Коэффициент Чекановского-Серенсена составил в данном случае 0,13, что свидетельствует о низком уровне флористического сходства между доминирующим комплексом фитопланктона водоема и видовым составом водорослей и цианобактерий, входящих в симбиоценоз. Очевидно, специфические условия,

сложившиеся в симбиозе, способствовали отбору наиболее приспособленных для этих условий видов.

Таким образом, состав водорослей и цианобактерий, входящих в симбиоз с *Ophrydium versatile*, формируется путем отбора наиболее приспособленных к специфическим условиям видов, независимо от их численности в составе фитопланктона водоема в момент образования сообщества.

Дальнейшая реконструкция водоема привела к выпадению из его биоценоза этих редких и интересных для изучения сообществ. Попытки обнаружить их в последующие годы не дали результатов.

Глава 5. Оценка биоразнообразия фитопланктоценоза водоема природного парка «Птичья гавань»

Понятие «биоразнообразия» вошло в научный обиход на Стокгольмской конференции ООН по проблемам окружающей среды в 1972 году. Большое значение в становлении данного термина сыграло принятие Конвенции о биологическом разнообразии в 1992 году (<http://www.un.org/ru>). Понятие «биоразнообразия» (сокращение от словосочетания «биологическое разнообразие») определяется в *Конвенции о биологическом разнообразии* (1992) как «вариабельность живых организмов из всех источников, включая, среди прочего, наземные, морские и иные водные экосистемы и экологические комплексы, частью которых они являются; это понятие включает в себя разнообразие в рамках вида, между видами и разнообразие экосистем». В настоящее время разработка проблем биоразнообразия привлекает усиленное внимание при решении различных фундаментальных проблем экологии.

Динамика показателей, характеризующих биоразнообразие, помогает выявить основные направления изменений, происходящих в различных экосистемах, особенно при высокой антропогенной нагрузке. Особенность оценки биоразнообразия водных экосистем связана с их высокой сложностью и функциональностью (Корнева, 2009; Алимов, 2010).

Совокупность видов водорослей и цианобактерий, представленных в водоеме, составляет его альгофлору. Анализ популяций видов как системы совместно обитающих и эволюционирующих организмов, проводится на основе видового разнообразия, отраженного в списочном составе флоры (Юрцев, Камелин, 1991; Юрцев 1992). Основной чертой альгофлор является их разновеликость, поэтому, наряду с общим, необходимо также применять частный принцип в анализе флористической системы, выявляя основные группы видов и оценивая флору с позиции активности водорослей и цианобактерий, наиболее приспособленных к условиям среды, присущим данной экосистеме (Лебедева и др., 1999).

Установлено, что в биоценозах, в том числе фитопланктоценозах, подвергающихся стрессовым воздействиям, биоразнообразие уменьшается. Стрессовым воздействием может явиться резкое изменение абиотических факторов (Федоров, 1979) или повышенный уровень антропогенного воздействия (Бродский, 2007). Кроме того, биоразнообразие может снижаться в результате усиления видовой конкуренции в климаксовых сообществах.

Контроль над биоразнообразием требует его измерения, а измерение становится возможным только тогда, когда качественные признаки могут быть описаны количественно, в величинах, допускающих сравнение и анализ (Лебедева, 1999). В настоящее время при изучении состояния и структуры водных биоценозов широко используются различные индексы биоразнообразия. На сегодняшний день предложено более 20 показателей или индексов, которые предназначены для оценки биоразнообразия. Все они отвечают определенным требованиям:

- появление и исчезновение редких видов не должно влиять на величину индекса;
- индекс должен относиться ко всем видам равноценно;
- индекс должен обладать приемлемыми статистическими свойствами (простотой в понимании и расчетах);
- вклад отдельных видов в величину индекса должен быть пропорционален их обилию (Песенко, 1982).

К одним из простых показателей биоразнообразия относится индекс видового разнообразия Маргалефа (d), отражающий общее число особей, пропорциональное площади (Шитиков и др., 2003).

Величина индекса Маргалефа для фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» колеблется в значительных пределах – от 1,0 до 3,75 – отражая динамические изменения в структуре фитопланктоценоза и демонстрируя реакцию сообщества на реконструкцию водоема (Рисунок 5.1). В среднем индекс Маргалефа для фитопланктоценоза водоема в период проведения исследования был равен $2,76 \pm 1,55$.

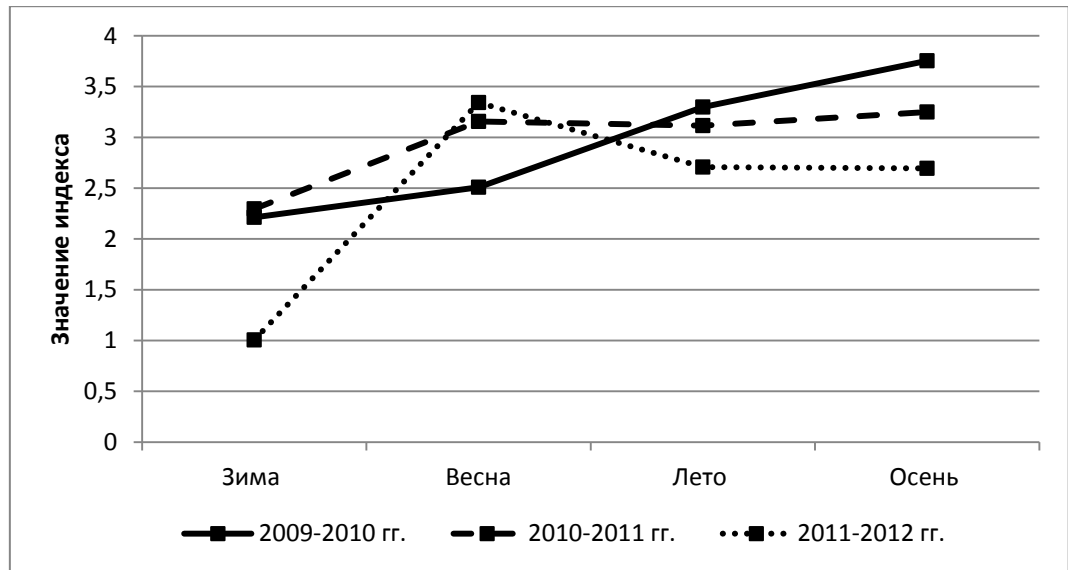


Рисунок 5.1 – Сезонная динамика индекса Маргалефа для фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань», 2009–2012 гг.

За период исследований самые низкие значения индекса Маргалефа ($d=1,00–2,30$) в водоеме были отмечены в зимние сезоны 2009–2012 годов, что связано с бедностью видового состава подледного фитопланктона. Минимальное значение индекса ($d=0,49$) зафиксировано в конце зимы 2012 года, когда в пробах фитопланктона отмечалось от 2 до 6 ВРФ. Весной, с увеличением числа видов на единицу объема пробы, значение индекса также возрастает. В 2010 году рост индекса Маргалефа фиксировался до начала зимы, достигая максимальных значений в сентябре ($d=3,92$), в это время в пробах фитопланктона отмечалось от 37 до 50 ВРФ водорослей и цианобактерий. В 2011 году, после весеннего увеличения числа видов в пробах, летом и осенью наблюдалось незначительное изменение индекса разнообразия. В 2012 году после весенней вспышки видового разнообразия фитопланктонного сообщества, отмечалось значительное уменьшение индекса Маргалефа в летне-осенний период.

Более сложными считаются индексы, основанные на относительном обилии видов или индексы неоднородности. В отличие от простых индексов, опирающихся исключительно на видовое разнообразие, они одновременно учитывают оба параметра разнообразия: выравненность и видовое богатство.

Данные индексы делятся на две категории:

- информационно-статистические (индексы Шеннона, Пиелу);
- индексы доминирования (индекс Симпсона).

В 1949 году Шеннон (Shannon, Weaver, 1949) вывел функцию, которая впоследствии стала называться индексом видового разнообразия Шеннона. Расчет данного индекса предполагает, что особи попадают в выборку случайно из неопределенно большой (практически бесконечной) генеральной совокупности, причем в выборке представлены все виды данной совокупности. Значения индекса будут достигать максимума, когда все события будут равновероятны. Таким образом, чем больше индекс Шеннона, тем больше видовое разнообразие сообщества. Уменьшение значений индекса указывает на возрастание частоты одних событий относительно других, вплоть до достижения минимального значения, в том случае, когда остается одно событие и есть уверенность в его наступлении (Шитиков и др., 2003). Индекс Шеннона обычно варьируется в пределах от 1,5 до 3,5, очень редко превышая 4,5 (Песенко, 1982; Мэгарран, 1992).

Значения индекса Шеннона для фитопланктонного сообщества Птичьей гавани колеблются в диапазоне от 1,11 до 2,45 (Рисунок 5.2), в среднем за период исследования составляя $1,73 \pm 0,66$.

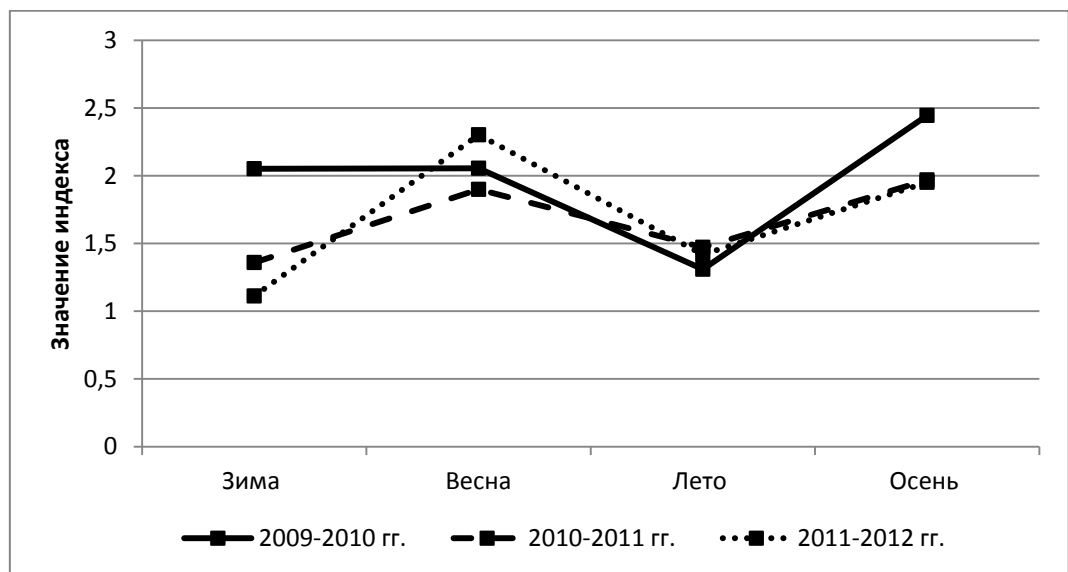


Рисунок 5.2 – Сезонная динамика средних значений индекса Шеннона для фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань», 2009–2012 гг.

Максимальные значения индекса Шеннона фиксируются весной и осенью, минимальные – зимой и летом. Минимальные значения индекса отмечаются в периоды активной вегетации одного вида – обычно в фитопланктоне водоема Птичьей гавани такими доминантами являются мелкоклеточные цианобактерии *Aphanocapsa incerta* и *Geitlerinema amphibium*. Увеличение значения индекса Шеннона связано с равновероятным присутствием в пробах большого числа ВРФ водорослей и цианобактерий, что обычно наблюдается в водоеме в переходные периоды – весной и осенью. Исключение составляет зима 2009–2010 года, когда подледный фитопланктон отличался большим (до 30 ВРФ в пробе) видовым богатством (Баженова, Игошкина, 2010).

Для характеристики выравненности видов в сообществе используется индекс Пиелу, который рассчитывается на основе индекса Шеннона и зависит от распределения обилия по таксонам. Величина индекса Пиелу меняется от 0 до 1, причем его значение равно единице при равном обилии всех видов.

Индекс выравненности Пиелу для фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» колеблется в пределах от 0,37 до 0,75 (Рисунок 5.3).

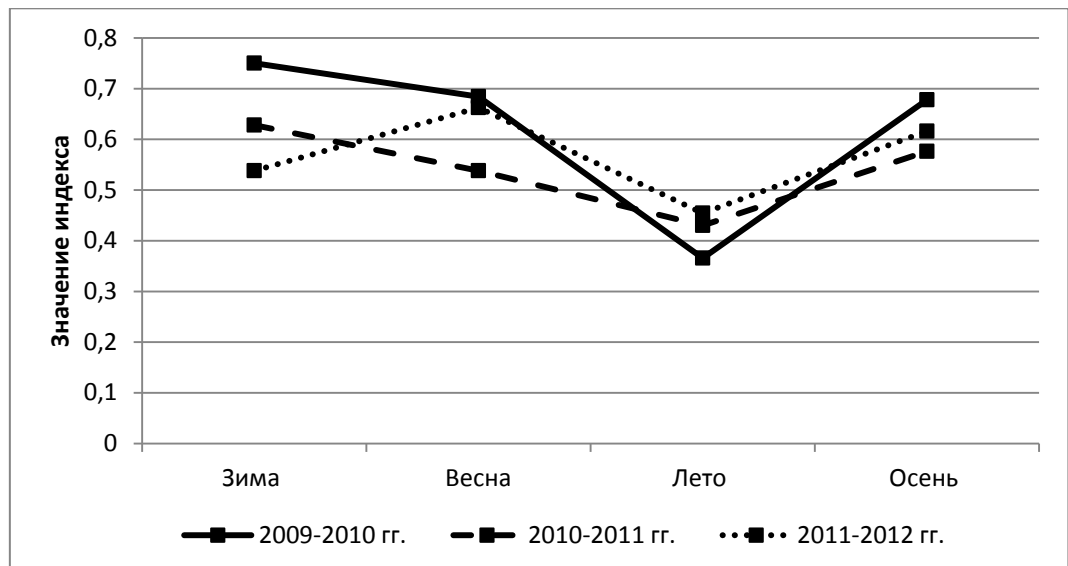


Рисунок 5.3 – Сезонная динамика средних значений индекса Пиелу для фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань», 2009–2012 гг.

Индекс Пиелу для фитопланктона Птичьей гавани минимален в летнее время, что объясняется обильной вегетацией мелкоклеточных цианобактерий. Осенью и весной, напротив, отмечается возрастание индекса, что указывает на относительно однообразное распределение обилия видов по таксонам. Стоит отметить также влияние на величину индекса Пиелу интенсивной вегетации в водоеме мелкоклеточных цианобактерий. Так, весной 2011 года, в связи с погодными условиями была отмечена ранняя вегетация *Aphanothece salina*, *Chroococcus minor* и *Geitlerinema amphibium*, что существенно отразилось на величине индекса Пиелу. Сходное явление зафиксировано и зимой 2011–2012 годов, когда в формировании подледного фитопланктона принимала активное участие цианобактерия *Geitlerinema amphibium*.

Индекс выравненности Пиелу для фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» в период исследований характеризуется средней величиной $0,56 \pm 0,20$ и снижается при абсолютном доминировании одного или нескольких видов.

Индекс Симпсона описывает вероятность принадлежности любых двух особей, случайно отобранных из неопределенно большого сообщества к разным видам. По мере увеличения значения индекса биоразнообразие уменьшается и увеличивается степень доминирования в сообществе одного вида.

Величина индекса Симпсона для фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» колеблется в пределах от 0,19 до 0,52 (Рисунок 5.4), в среднем за период исследований составляя $0,36 \pm 0,29$. Максимальных значений индекс достигает летом и зимой, на фоне доминирования в сообществе одного вида. Летом это всегда цианобактерия *Aphanocapsa incerta*, зимой 2010–2011 годов – золотистая водоросль *Ochromonas crenata*, зимой 2011–2012 годов – цианобактерия *Geitlerinema amphibium*. Весной 2010 года возрастание индекса Симпсона было связано с преобладанием в фитопланктоне водоема по численности *Geitlerinema amphibium* и *Leptolyngbya foveolaria*.

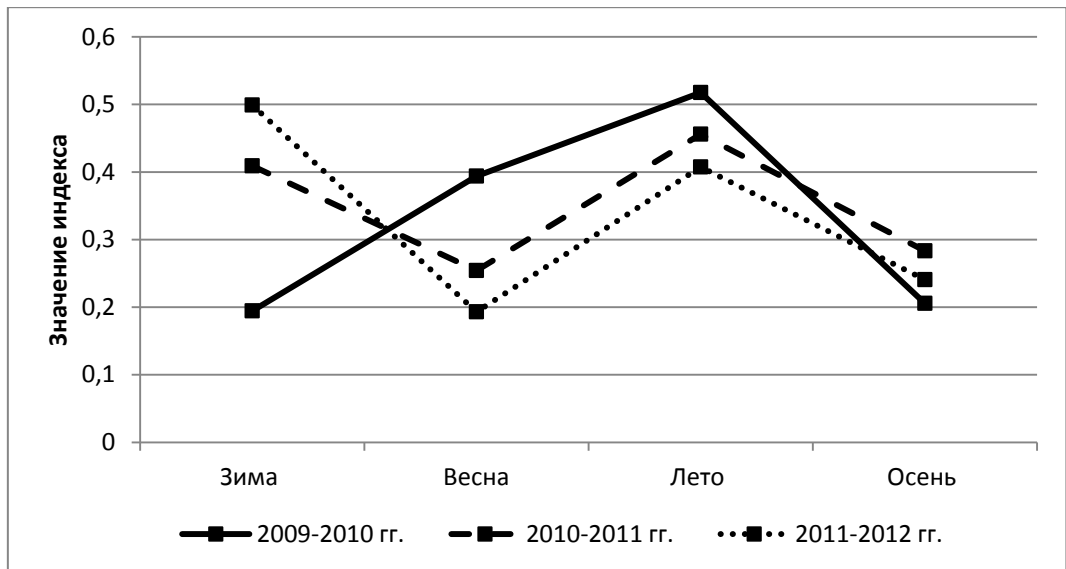


Рисунок 5.4 – Сезонная динамика средних значений индекса Симпсона для фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань», 2009–2012 гг.

Отследить виды, играющие основную роль в возрастании индекса Симпсона достаточно просто, сложнее назвать виды, снижающие его. Для сезонов, отмеченных снижением этого индекса, наблюдается присутствие в фитопланктоне водоема большого числа видов, имеющих относительно высокое обилие и отсутствие в сообществе абсолютных доминантов.

Биоразнообразие фитопланктоценоза водоема природного парка «Птичья гавань» значительно изменяется в сезонном и межгодовом аспекте, что наглядно демонстрируют динамики индексов Маргалефа, Шеннона, Пиелу и Симпсона.

Высокие значения индексов Маргалефа (3,75 – осенью 2010 года и 3,34 – весной 2012 года) и Шеннона (2,45 – осенью 2010 года и 2,30 – весной 2012 года) свидетельствуют о высоком уровне биоразнообразия фитопланктона в водоеме.

Значения индекса выравненности Пиелу (Рисунок 5.3) говорят о специфике характера выделения видов-доминантов и участии их в составе фитопланктоценоза. Индекс выравненности характеризуется высокими и средними значениями, что подтверждает полидоминантность доминирующего комплекса фитопланктона водоема Птичьей гавани в осенне-весенний период и указывает на наличие небольшого числа видов-доминантов в летние месяцы.

Существенные снижения значений индекса Симпсона весной и осенью указывают на сложность структуры фитопланктоценоза водоема в эти сезоны.

Сопоставляя полученные данные с аналогичной информацией об индексах биоразнообразия фитопланктона других водных объектов Омского Прииртышья – реки Иртыш (Баженова, 2005) и озера Калач (Коржова, 2013) – можно сделать следующие выводы. По максимальной величине среднего значения индекса Маргалефа, наибольшее биоразнообразие присуще фитопланктону водоема Птичьей гавани (Таблица 5.1), а по значению индекса Шеннона биоразнообразие Птичьей гавани несколько ниже, чем в озере Калач, но выше, чем в среднем речении реки Иртыш.

Таблица 5.1 – Средние значения индексов биоразнообразия водоема природного парка «Птичья гавань» и других водных объектов Омского Прииртышья

Водный объект	Индексы			
	Маргалефа		Шеннона	
	min	max	min	max
Водоем природного парка «Птичья гавань»	1,00	3,75	1,11	2,45
Река Иртыш (1999–2000, 2003 гг.) *	1,00	2,50	1,84	2,51
Озеро Калач (2009–2012 гг.)**	1,22	3,65	0,75	2,12

Примечание: * – данные О. П. Баженовой (2005);

** – данные Л. В. Коржовой (2013).

Таким образом, максимальные значения индексов видового разнообразия и выравненности для водоема природного парка «Птичья гавань» указывают на сложность структуры и высокое биоразнообразие фитопланктонного сообщества, а их сезонная динамика демонстрирует отклик фитопланктоценоза на природно-климатические и антропогенные изменения условий среды.

При проведении биомониторинга водоема природного парка «Птичья гавань» и оценке направления изменений его экологического состояния, полученные показатели индексов биоразнообразия фитопланктоценоза должны учитываться как фоновые.

Глава 6. Фитопланктон как показатель экологического состояния водоема природного парка «Птичья гавань»

6.1. Сапробность воды

Для оценки состояния водной экосистемы в качестве индикаторов могут быть использованы практически любые виды гидробионтов, населяющих водоем. При этом рамки использования тех или иных организмов-индикаторов в ходе гидробиологического анализа определяются имеющимися у них недостатками и преимуществами (Семин, 2001).

Использование групп организмов как индикаторов, обусловлено их способностью или неспособностью приспосабливаться к изменениям условий окружающей среды. Видовой состав гидробионтов является отражением процессов, происходящих в экосистеме водоема, его изучение часто является единственной возможностью отследить и проанализировать влияние факторов среды, взаимодействующих друг с другом и при этом воздействующих на биоту (Spang, 1996). Благодаря своей чувствительности к изменениям физико-химических свойств воды, а также краткому жизненному циклу, планктонные водоросли и цианобактерии широко используются в качестве индикаторных организмов в системе мониторинга (Девяткин и др., 1977; Федоров, 1979; Хромов, 2004).

Поступление биогенных и органических веществ со стоками, а также высокая антропогенная нагрузка, вызванная близким расположением центральной автомагистрали и частного сектора к водоему природного парка «Птичья гавань» приводит к его загрязнению органическими веществами.

Сапробный статус водных объектов Омского Прииртышья длительное время успешно оценивается с помощью видов-индикаторов, входящих в состав фитопланктона (Скабичевский, 1952; Баженова, 2005; Баженова и др., 2010; Барсукова, 2011; Коновалова, 2011; Коржова, 2013).

В составе фитопланктона Птичьей гавани найдено 233 ВРФ, являющихся индикаторами сапробности, что составляет 60,68 % от общего таксономического

списка. Значительное число видов-индикаторов позволяет корректно провести сапробиологический анализ и рассчитать индекс сапробности для водоема природного парка.

В составе фитопланктона обнаружены виды-индикаторы всех зон сапробности – от ксеносапробной до полисапробной, в том числе значительное число видов-индикаторов с широкой толерантностью к органическому загрязнению вод, обитающих в интервале от чистых до сильно загрязненных зон (Таблица 6.1). Ранее было установлено, что для многих водных объектов Омского Прииртышья в составе фитопланктона характерна высокая доля видов-индикаторов с широкой толерантностью к органическому загрязнению (Баженова, 2005; Барсукова, 2011; Коновалова, 2011; Коржова, 2013).

Таблица 6.1 – Распределение индикаторных видов водорослей и цианобактерий из планктона водоема природного парка «Птичья гавань» по систематическим отделам и зонам сапробности

Отдел	Зоны сапробности													
	χ	χ -о, о- χ	χ - β	о	о- β , β -о	о- α	β	β - α , α - β	α	р	α -р	β -р	i	Всего
Cyanobacteria	1	0	1	2	4	4	8	2	1	0	0	0	0	23
Euglenophyta	0	0	1	2	2	4	22	6	1	1	2	0	1	42
Dinophyta	0	0	0	3	2	9	0	0	0	0	0	0	0	14
Cryptophyta	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
Chrysophyta	0	0	0	3	4	0	1	0	0	0	0	0	0	8
Bacillariophyta	6	14	1	13	10	0	11	11	1	0	0	0	0	67
Xanthophyta	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Chlorophyta	0	0	0	2	15	13	38	4	1	0	0	1	0	74
Streptophyta	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Всего	7	14	3	28	37	30	81	24	4	1	2	1	1	233

Примечание: χ – ксеносапробная; χ -о – ксено-олигосапробная; о- χ – олиго-ксеносапробная; χ - β – ксено-бета-мезосапробная; о – олигосапробная; о- β – олиго-бета-мезосапробная; β -о – бета-олигосапробная; о- α – олиго-альфа-мезосапробная; β – бета-мезосапробная; β - α – бета-альфа-мезосапробная; α - β – альфа-бета-мезосапробная; α – альфа-мезосапробная; р – полисапробная; α -р – альфа-полисапробная; β -р – бета-полисапробная; i – изосапробная зона.

Наибольшее число индикаторов сапробности относится к зеленым и диатомовым водорослям (соответственно 31,76 % и 28,76 % от общего количества индикаторов сапробности в фитопланктоне водоема). Значительно участие эвгленовых водорослей (18,03 %) и цианобактерий (9,87 %), виды из других отделов формируют от 0,43 % (Streptophyta) до 6,01 % (Dinophyta) от общего количества индикаторов сапробности. Соотношение индикаторов сапробности из разных отделов соответствует общей таксономической структуре фитопланктона водоема.

Обитатели чистых вод – ксено-, олигосапробионты и обитатели переходной между ними (χ -о, о- χ) зоны – формируют 21,03 % (49 ВРФ) от общего числа найденных индикаторов сапробности. Почти половина видов-индикаторов относится к обитателям загрязненных и грязных вод – 114 ВРФ (48,93 %). Около трети индикаторов сапробности (30,04 %) являются видами с широкой толерантностью к содержанию органических веществ (χ - β , о- β , β -о, о- α) и могут активно развиваться как в чистых, так и в загрязненных органикой водах. Преобладание в составе фитопланктона индикаторов мезо- и полисапробных зон указывает на высокую степень загрязнения водоема Птичьей гавани органическими веществами, а значительное количество видов с широкой толерантностью – на высокий потенциал самоочищающей способности водоема.

Степень загрязнения водоема органическими веществами и продуктами их распада также можно оценить с помощью индекса сапробности, численно выражающего способность сообщества гидробионтов выдерживать определенный уровень загрязнения. В течение периода исследований величина индекса сапробности в водоеме по станциям отбора колебалась в широких пределах (от 0,30 до 4,52), однако средние значения индекса по водоему в сезонном и межгодовом аспектах варьируют слабо (Таблица 6.2, Рисунок 6.1).

Значительные пределы колебаний индекса свидетельствуют о наличии точечных источников загрязнения воды органическими веществами, что связано с местоположением природного парка «Птичья гавань», непосредственно примыкающего к частному сектору, крупной автостраде и мотодрому.

Таблица 6.2 – Индекс сапробности водоема природного парка
«Птичья Гавань», 2009–2012 гг.

Сезон	Индекс сапробности	Пределы колебания индекса сапробности
2009–2010 гг.		
Зима	$1,66 \pm 0,41$	0,87 – 2,59
Весна	$1,57 \pm 0,35$	0,30 – 4,52
Лето	$1,54 \pm 0,06$	1,05 – 2,06
Осень	$1,66 \pm 0,03$	1,59 – 1,78
2010–2011 гг.		
Зима	$1,41 \pm 0,23$	1,14 – 1,90
Весна	$1,70 \pm 0,15$	1,52 – 1,98
Лето	$1,60 \pm 0,10$	1,51 – 2,07
Осень	$1,57 \pm 0,03$	1,52 – 1,66
2011–2012 гг.		
Зима	$1,63 \pm 0,23$	1,19 – 2,29
Весна	$1,55 \pm 0,06$	1,40 – 1,73
Лето	$1,60 \pm 0,09$	1,29 – 1,80
Осень	$1,38 \pm 0,06$	1,23 – 1,52
В среднем за период исследований	$1,57 \pm 0,18$	0,30 – 4,52

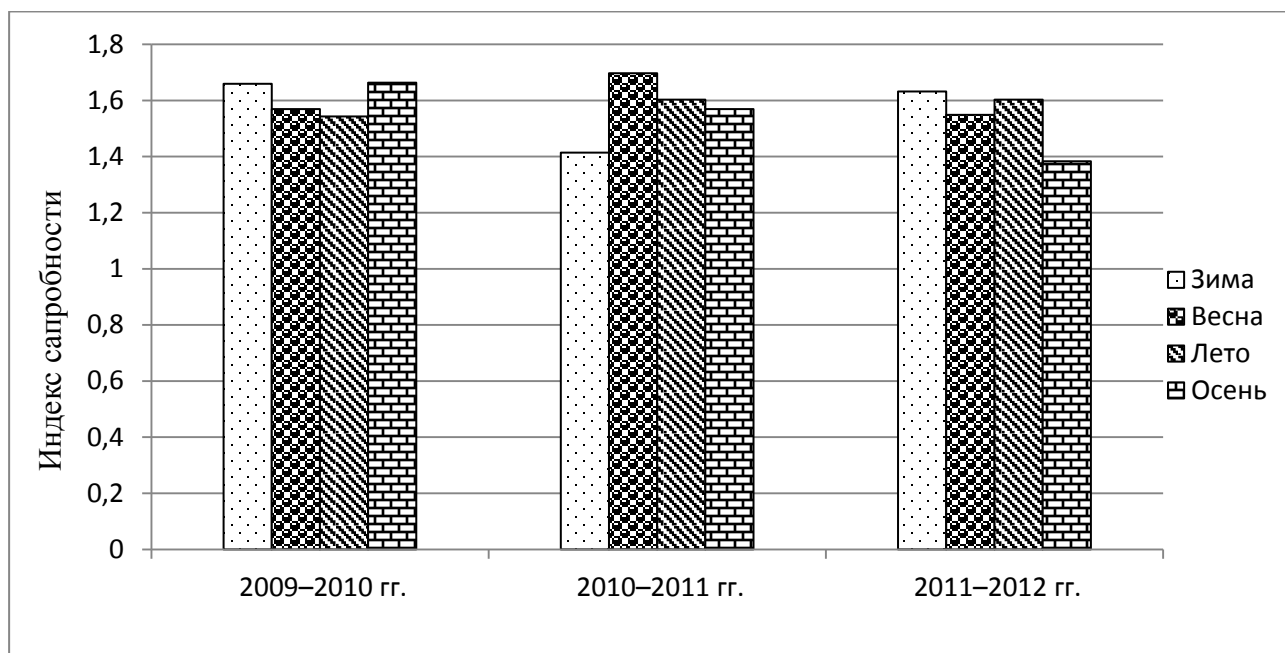


Рисунок 6.1 – Сезонная динамика индекса сапробности водоема
природного парка «Птичья Гавань», 2009–2012 гг.

Минимальные значения индекса сапробности отмечались в июне 2010 года и были связаны с активной вегетацией нитчатой цианобактерии *Leptolyngbya foveolaria*, имеющей низкие значения индикаторного веса (1) и сапробной валентности (1,7). Максимальное значение индекса сапробности (4,52) было зафиксировано весной того же года за счет присутствия в составе фитопланктона *Euglena pisciformis*, *Trachelomonas volvocina* var. *volvocina*, *Oocystis marssonii* и *Carteria klebsii*, имеющих высокие значения сапробной валентности и индикаторного веса.

По величине среднего за период исследования значения индекса сапробности вода Птичьей гавани относится к β -мезосапробной зоне лимноссапробной категории вод.

Общая динамика индекса сапробности воды Птичьей гавани имеет выраженный нисходящий тренд, что указывает на снижение содержания в воде легкоокисляемых органических веществ и продуктов их распада и стабилизацию экологического состояния водоема (Рисунок 6.2).

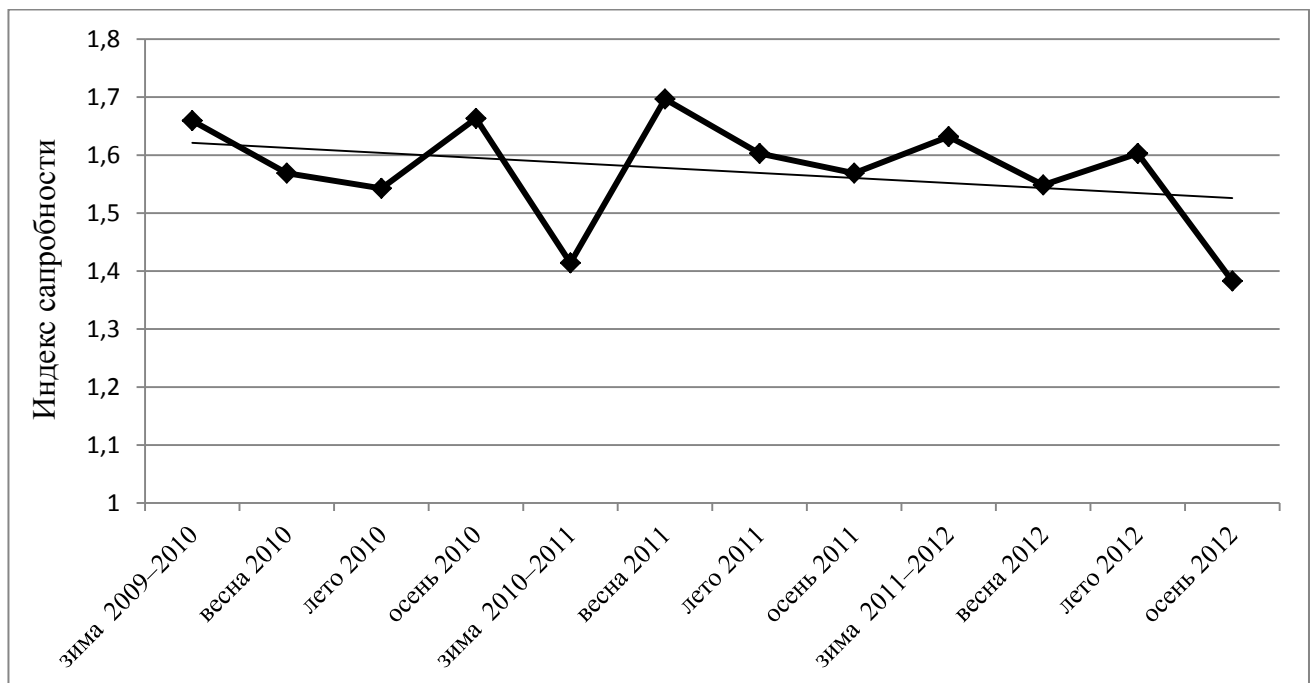


Рисунок 6.2 – Динамика индекса сапробности воды водоема природного парка «Птичья Гавань», 2009–2012 гг.

6.2. Трофический статус водоема и качество воды

Одним из важнейших показателей состояния водной экосистемы, позволяющим оценить его экологическое состояние, является биомасса фитопланктона (Комплексная экологическая..., 1993; Баженова, 2005). Этот показатель был использован нами при оценке качества воды и трофического статуса водоема природного парка «Птичья гавань».

Биомасса фитопланктона в период исследований колебалась в широких пределах. В период открытой воды по своему трофическому статусу водоем относился преимущественно к категории эвтрофных вод, только осенью 2012 года было отмечено снижение категории до мезотрофной. Качество воды изменялось от 4 класса «загрязненная» в 2010 году до 3 класса «удовлетворительной чистоты» в 2011–2012 годах (Таблица 6.3).

Биомасса подледного (зимнего) фитопланктона в годы исследований также существенно варьировалась. Трофический статус водоема в зимний сезон 2009–2010 годов соответствовал мезотрофной категории, 2010–2011 годов – эвтрофной, 2011–2012 годов – олиготрофной, а в начале зимы 2012 года вновь перешел в категорию эвтрофных вод. Трофический статус водоема в зимнее время во многом определялся видовым составом и обилием фитопланктона в последний месяц перед ледоставом. Так, в ноябре 2010 года биомассу формировали динофитовые, золотистые, эвгленовые и зеленые водоросли, а в декабре, уже в подледном фитопланктоне, основной вклад в биомассу вносили те же отделы. Подобная закономерность прослеживалась в водоеме и в последующие годы.

За время исследований в Птичьей гавани отмечено повышение качества воды от 4 класса «загрязненная» до 3 класса «удовлетворительной чистоты». По показателю биомассы фитопланктона, которая в период открытой воды колеблется в пределах $1,60\text{--}5,49\text{ г/м}^3$, вода в Птичьей гавани соответствует первой стадии «цветения» – начальному «цветению», которая в целом благоприятна для развития экосистемы водоема, если не вызывается токсичными цианобактериями (Комплексная экологическая..., 1993).

Таблица 6.3 – Биомасса фитопланктона, качество воды и категория трофности водоема
природного парка «Птичья гавань», 2009–2012 гг.

Сезон	Биомасса, г/м ³	Класс качества воды	Разряд качества воды	Категория трофности	Разряд трофности
Зима 2009–2010 гг.	1,74±1,82	3 – удовлетворительной чистоты	3а – достаточно чистая	мезотрофная	мезо-эвтрофная
Весна 2010 г.	5,18±5,42	4 – загрязненная	4а – умеренно загрязненная	эвтрофная	эв-политрофная
Лето 2010 г.	5,49±2,78	4 – загрязненная	4а – умеренно загрязненная	эвтрофная	эв-политрофная
Осень 2010 г.	4,61±1,67	3 – удовлетворительной чистоты	3б – слабо загрязненная	эвтрофная	эвтрофная
Зима 2010–2011 гг.	2,93±3,23	3 – удовлетворительной чистоты	3б – слабо загрязненная	эвтрофная	эвтрофная
Весна 2011 г.	4,67±3,64	3 – удовлетворительной чистоты	3б – слабо загрязненная	эвтрофная	эвтрофная
Лето 2011 г.	3,10±1,74	3 – удовлетворительной чистоты	3б – слабо загрязненная	эвтрофная	эвтрофная
Осень 2011 г.	2,33±0,72	3 – удовлетворительной чистоты	3б – слабо загрязненная	эвтрофная	эвтрофная
Зима 2011–2012 гг.	0,29±0,20	2 – чистая	2а – очень чистая	олиготрофная	олиго-мезотрофная
Весна 2012 г.	2,87±1,74	3 – удовлетворительной чистоты	3б – слабо загрязненная	эвтрофная	эвтрофная
Лето 2012 г.	2,64±1,87	3 – удовлетворительной чистоты	3б – слабо загрязненная	эвтрофная	эвтрофная
Осень 2012 г.	1,60±0,29	3 – удовлетворительной чистоты	3а – достаточно чистая	мезотрофная	мезо-эвтрофная
Зима 2012 г.	2,84±1,23	3 – удовлетворительной чистоты	3б – слабо загрязненная	эвтрофная	эвтрофная

В период с 2009 по 2012 годы в водоеме наблюдалась устойчивая тенденция к снижению показателей численности и биомассы фитопланктона до уровня, способствующего самоочищению водоема (см. Рисунок 4.29, 4.30). Была отмечена высокая стабильность качества воды, соответствующей 3 классу «удовлетворительной чистоты». Изменения структуры и обилия фитопланктона свидетельствуют о результативности проведенных мер по реконструкции водоема и положительной динамике его экологического состояния.

Выводы

1. В фитопланктоне водоема природного парка «Птичья гавань» идентифицировано 350 видов (384 вида, разновидности и формы) относящихся к 9 отделам, 14 классам, 24 порядкам, 60 семействам, 172 родам. Наибольшее видовое богатство присуще зеленым, диатомовым и эвгленовым водорослям, в совокупности составляющим 74,74 % идентифицированных видов, разновидностей и форм (ВРФ). Найдено 67 новых для Омского Прииртышья ВРФ водорослей и цианобактерий, среди них: Cyanobacteria – 5, Euglenophyta – 16, Dinophyta – 6, Cryptophyta – 1, Chrysophyta – 3, Bacillariophyta – 13, Xanthophyta – 2, Chlorophyta – 13, Streptophyta – 8.

2. По географическому распространению в фитопланктоне Птичьей гавани доминируют космополиты, по отношению к солености и активной реакции среды – индифференты, по местообитанию – планктонно-бентосные виды, что в целом отражает экологическое состояние водоема и сложившиеся в нем условия.

3. Преобладание в составе фитопланктона видов-индикаторов загрязненных и грязных зон (48,93 % от общего количества индикаторов) свидетельствует о высоком уровне загрязнения водоема органическими веществами, а значительное количество видов с широкой толерантностью к органическому загрязнению (30,04 %) – о высоком потенциале самоочищающей способности водоема.

4. Сезонная динамика численности фитопланктона природного парка «Птичья гавань» характеризуется относительно невысокими весенними (13,19–20,58 млн кл./л.) и ярко выраженными летними (26,37–84,73 млн кл./л.) пиками, вызванными интенсивной вегетацией мелкоклеточных цианобактерий. Максимальные значения биомассы ($14,67 \pm 5,04$ г/м³) фитопланктона отмечены весной 2010 года. Основную долю биомассы в это время формируют зеленые, эвгленовые и диатомовые водоросли.

4. Максимальные значения индексов видового разнообразия (Маргалёфа – 3,75, Шеннона – 2,45) и выравненности Пielу (0,75) указывают на сложность структуры и высокое биоразнообразие фитопланктонного сообщества, а их

сезонная динамика демонстрирует отклик фитопланктоценоза на природно-климатические и антропогенные изменения условий среды.

5. В период открытой воды по своему трофическому статусу водоем преимущественно относился к эвтрофной категории. По показателю биомассы фитопланктона в период открытой воды ($1,60\text{--}5,49\text{ г/м}^3$) в водоеме наблюдается начальная стадия «цветения», которая в целом благоприятна для развития его экосистемы, поскольку не вызывается токсичными цианобактериями.

6. В результате проведенных мероприятий по реабилитации и реконструкции водоема природного парка «Птичья гавань» отмечено повышение качества воды от 4 класса «загрязненная» в 2010 году до 3 класса «удовлетворительной чистоты» в 2011–2012 годах, а также стабилизация процессов, направленных на самоочищение водоема.

Библиографический список

Абакумов, В. А. Контроль качества вод по гидробиологическим показателям в системе гидрометеорологической службы СССР [Текст] / В. А. Абакумов // Науч. основы контроля качества поверхност. вод по гидробиол. показателям : тр. совет.-англ. семинара. – Л. : Гидрометеоиздат, 1977. – С. 93–100.

Агроклиматический справочник по Омской области [Текст]. – Л. : Гидрометеоиздат, 1959. – 228 с.

Алекин, О. А. Гидрохимия [Текст] : учеб. пособие / О. А. Алекин. – Л. : Гидрометеоиздат, 1952. – 162 с.

Алимов А. Ф. Биологическое разнообразие и структура сообществ организмов [Текст] / А. Ф. Алимов // Биология внутр. вод. – 2010. – № 3. – С. 3–10.

Андреев, Г. П. Водоросли реки Иртыш и его бассейна [Текст] / Г. П. Андреев [и др.] // Тр. Том. гос. ун-та, 1963. – Т. 152. – С. 69–103.

Андреева, В. М. Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales) [Текст] / В. М. Андреева. – СПб. : Наука, 1998. – 358 с.

Ануфриева, Т. Н. Эпибионты мезозоопланктона в минерализованных озерах Хакасии [Текст] / Т. Н. Ануфриева // X Съезд Гидробиол. о-ва при Рос. акад. наук (Владивосток, 28 сент. – 2 окт. 2009 г.) : тез. докл. – Владивосток : Дальнаука, 2009. – С. 15.

Атлас Омской области. [Текст] / ред.: Н. Д. Стоялова, Т. П. Филатова. – М. : Федер. служба геодезии и картографии России ; Омск : Ом. картограф. фабрика, 1999. – 56 с.

Баженова, О. П. Зимний фитопланктон водоема природного парка «Птичья гавань» [Текст] / О. П. Баженова, И. Ю. Игошкина // Экол.-эконом. эффективность природопользования на соврем. этапе развития Зап.-Сиб. региона : материалы III междунар. науч.-практ. конф. – Омск : Изд-во ОмГПУ, 2010. – С. 15–18.

Баженова, О. П. Качество воды и сапробность притоков среднего Иртыша и озер г. Омска [Текст] / О. П. Баженова, Н. Н. Барсукова, О. А. Коновалова // Ом. науч. вестн. – 2010. – № 1 (94). – С. 219–222.

Баженова, О. П. Летний фитопланктон водоемов территории г. Омска [Текст] / О. П. Баженова, О. А. Коновалова // Акт. проблемы экологии, защиты растений и экол. земледелия : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов : Наука, 2009. – С. 35–37.

Баженова, О. П. Фитопланктон Верхнего и Среднего Иртыша в условиях зарегулированного стока [Текст] : моногр. / О. П. Баженова. – Омск : Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. – 248 с.

Баринаова, С. С. Атлас водорослей-индикаторов сапробности: Российский Дальний Восток [Текст] / С. С. Баринаова, Л. А. Медведева ; Рос. акад. наук, Дальневост. отд-ние, Биол.-почв. ин-т. – Владивосток : Дальнаука, 1996. – 364 с.

Баринаова, С. С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды [Текст] / С. С. Баринаова, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. – Тель-Авив : Pilies Studio, 2006. – 498 с.

Баринаова, С. С. Экологические и географические характеристики водорослей индикаторов [Текст] / С. С. Баринаова, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова // Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды : моногр. / С. С. Баринаова, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова ; Всерос. науч.-исследоват. ин-т охраны природы. – М. : Всерос. науч.-исследоват. ин-т охраны природы, 2000. – Ч. II. – С. 60–145.

Барсукова, Н. Н. Фитопланктон и экологическое состояние притоков среднего Иртыша [Текст] : моногр. / Н. Н. Барсукова, О. П. Баженова. – LAP Lambert Acad. publish., 2012. – 151 с.

Барсукова, Н. Н. Фитопланктон притоков среднего Иртыша как показатель качества воды [Текст] : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Н. Н. Барсукова. – Омск, 2011. – 166 с.

Библиографический указатель по теме «Биологический анализ качества вод» с приложением списка организмов-индикаторов [Текст] / сост. А. В. Макрушин ; Зоол. ин-т АН СССР. – Л., 1974. – 53 с.

Бигон, М. Экология. Особи, популяции и сообщества [Текст] : в 2 т. / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. – М. : Мир, 1989. – Т. 2. – 477 с.

Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование [Текст] : учеб. пособие / О. П. Мелехова [и др.]. ; под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Егоровой. – М. : Академия, 2007. – 288 с. – (Высш. проф. образование. Естеств. науки).

Бондаренко, Н. А. Экология и таксономическое разнообразие планктонных водорослей в озерах горных областей Восточной Сибири [Текст] : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.18 / Н. А. Бондаренко. – Борок, 2009. – 46 с.

Бордонский, Г. С. Ледовые сообщества Байкала [Текст] / Г. С. Бордонский [и др.] // Природа. – 2003. – № 7. – С. 22–24.

Бродский, А. К. Общая экология [Текст] : учеб. / А. К. Бродский. – 2-е изд., стер. – М. : Академия, 2007. – 254 с. – (Высш. проф. образование. Естеств. науки).

Булгаков, Н. Г. Прогноз состояния экосистем и нормирование факторов среды в водных объектах Нижнего Дона [Текст] / Н. Г. Булгаков, А. П. Левич, В. Н. Максимов // Изв. Рос. акад. наук. Серия биол. – 1997. – № 3. – С. 374–379.

Бульон, В. В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов [Текст] / В. В. Бульон ; отв. ред. Г. Г. Винберг. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1983. – 150 с.

В Минприроды Омской области подвели итоги 2012 года [Электронный ресурс] // Ом. губерния : портал Правительства Ом. обл. – Режим доступа: <http://mpr.omskportal.ru/ru/RegionalPublicAuthorities/executivelist/MPR/news/1359517383444.html> (дата обращения: 25.02.2013).

Васильева, И. И. Анализ видового состава и динамики развития водорослей водоемов Якутии [Текст] : препринт / И. И. Васильева. – Якутск : Изд-во ЯНЦ СО АН СССР, 1989. – 48 с.

Ветрова, З. И. Бесцветные эвгленовые водоросли Украины [Текст] / З. И. Ветрова ; Ин-т ботаники им. Н. Г. Холодного АН УССР. – Киев : Наукова думка, 1980. – 184 с.

Витвицкая, Т. В. Фитопланктон – показатель качества воды реки Москвы [Текст] : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / Т. В. Витвицкая. – М., 1997. – 155 с.

Водоросли [Текст] : справ. / С. П. Вассер [и др.] ; отв. ред. С. П. Вассер ; Ин-т ботаники им. Н. Г. Холодного АН УССР. – Киев : Наукова думка, 1989. – 608 с.

Габышев, В. А. Фитопланктон некоторых притоков Средней Лены [Текст] : в 6 ч. / В. А. Габышев // Фундам. и приклад. проблемы ботаники в нач. XXI в. : материалы всерос. конф. (Петрозаводск, 22–27 сент. 2008 г.). – Ч. 2 : Альгология. Микология. Лихенология. Бриология. – Петрозаводск : Карел. науч. центр Рос. акад. наук, 2008. – С. 21–23.

Гаврилова, Н. В. Фауна, биология и экология гетеротрофных эвгленовых жгутиконосцев водоемов южной части Омской области [Текст] : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.08 / Н. В. Гаврилова. – Омск, 2007. – 19 с.

Генкал, С. И. Диатомовые водоросли водоемов Русской Арктики: архипелаг Новая Земля и остров Вайгач [Текст] / С. И. Генкал, Н. В. Вехов ; [отв. ред. В. Г. Девяткин] ; Ин-т биологии внутр. вод им. И. Д. Папанина Рос. акад. наук; Ин-т культур. и природ. наследия М-ва культуры и массовых коммуникаций Рос. Федерации и Рос. акад. наук. – М. : Наука, 2007. – 64 с.

Генкал, С. И. Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна [Текст] / С. И. Генкал, И. С. Трифонова ; Ин-т биологии внутр. вод им. И. Д. Папанина Рос. акад. наук ; Ин-т озероведения Рос. акад. наук. – Рыбинск : Рыб. дом печати, 2009. – 72 с.

Генкал, С. И. Морфология и систематика некоторых видов рода *Stephanodiscus* Ehr. [Текст] / С. И. Генкал, Л. Г. Корнева // Флора и продуктивность пелаг. и литор. фитоценозов водоемов бассейна Волги. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1990. – С. 219–236.

Генкал, С. И. Центрические диатомовые водоросли (Centrophyceae) водоемов и водотоков бассейна среднего участка реки Иртыш [Текст] /

С. И. Генкал, О. П. Баженова, Е. Ю. Митрофанова // Биология внутр. вод. – 2012. – № 1. – С. 5–14.

География и мониторинг биоразнообразия [Текст] / [Н. В. Лебедева [и др.]]. – М. : Изд-во Науч. и учеб.-метод. центра, 2002. – 432 с.

Гидрохимические показатели состояния окружающей среды [Текст] : справоч. материалы / под ред. Т. В. Гусевой. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2007. – 192 с.

Горбулин, О. С. Комплексы доминантных форм фитопланктона разнотипных водоемов [Текст] / О. С. Горбулин // Альгология. – 2012. – Т. 22. – № 3. – С. 303–315.

ГОСТ Р 54496-2011. Вода. Определение токсичности с использованием зеленых пресноводных одноклеточных водорослей [Текст]. – Введ. 2011-11-14. – М. : Стандартинформ. – 2011. – IV, 57 с.

Губарев, А. В. Старение плесов памятника природы «Птичья гавань» [Текст] / А. В. Губарев, Е. С. Губарева // Природа и природопользование на рубеже XXI в. : материалы межрегион. науч.-практ. конф. – Омск, 1999. – С. 101–102.

Гусева, К. А. «Цветение» воды, его причины, прогноз и меры борьбы с ним [Текст] / К. А. Гусева // Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва. – М. : Изд-во АН СССР, 1952. – Т. 4. – С. 3–94.

Девяткин, В. Г. Фитопланктон как показатель сапробности вод водохранилища [Текст] / В. Г. Девяткин, Г. В. Кузьмин, А. Г. Охапкин // Науч. основы контроля качества поверхност. вод по гидробиол. показателям : тр. совет.-англ. семинара. – Л. : Гидрометеиздат. – 1977. – С. 189–193.

Дементьева, Е. В. Ресничные инфузории водоемов города Омска [Текст] / Е. В. Дементьева // Зоол. исслед. в регионах России и на сопред. территориях : материалы межд. науч. конф. / редкол.: А. Б. Ручин (отв. ред.) [и др.]. – Саранск : Тип. «Прогресс», 2010. – С. 9–11.

Диатомовые водоросли России и сопредельных стран: ископаемые и современные [Текст]. – Т. 2, вып. 3 / И. В. Макарова, Н. И. Стрельникова,

Т. Ф. Козыренко [и др.] ; под ред. И. В. Макаровой. – СПб. : Изд-во С-Петербур. ун-та, 2002. – 112 с.

Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные) [Текст]. – Т. 1 / отв. ред. А. И. Прошкина-Лавренко. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1974. – 403 с.

Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные) [Текст]. – Т. 2, вып. 1 / отв. ред. И. В. Макарова. – Л. : Наука, 1988. – 116 с.

Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные) [Текст]. – Т. 2, вып. 2 / отв. ред. И. В. Макарова. – СПб. : Наука, 1992. – 125 с.

Долгов, Г. И. Гидробиологические методы исследования [Текст] / Г. И. Долгов, Я. Я. Никитинский // Изд. Постоян. бюро / Постоян. бюро Всесоюз. водопровод. и санитар.-техн. съездов. – М. : Мосполиграф, 19-. – № 75 : Стандарт. методы исслед. питьевых и сточ. вод / К. К. Барсов [и др.]; ред. ком.: П. С. Белов [и др.]. – 1927. – С. 1–76.

Долгов, Г. И. Изменения и дополнения к списку сапробных организмов Кольквитца и Марссона [Текст] / Г. И. Долгов // Рус. гидробиол. журн. – 1926. – Т. 5. – № 5–6. – С. 91–104.

Драчев, С. М. Изменение химического состава и свойств воды р. Москвы в связи с загрязнением и процессами самоочищения [Текст] / С. М. Драчев // Тр. Ин-та биологии внутр. вод. – Вып. 18 (21) : Химизм внутр. водоемов и факторы их загрязнения и самоочищения. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1968. – С. 152–198.

Драчев, С. М. Превращение органического вещества в загрязненной реке [Текст] / С. М. Драчев, И. Н. Сосунова // Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва. – М. : АН СССР, 1953. – Т. 5. – С. 109–117.

Духовная, Н. И. Продукция микроцистина цианобактериями Шершеневского водохранилища [Электронный ресурс] / Н. И. Духовная, Е. В. Гаврилова, А. Ю. Савочкина [и др.] // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге : материалы II всерос. конф. (Сыктывкар, 5–9 окт. 2009 г.). – Сыктывкар : Ин-т биологии Коми Науч. центра Урал. отд-ния Рос. акад. наук, 2009. – С. 72–74. – Режим доступа:

http://ib.komisc.ru/add/conf/algo_2009/wp-content/uploads/2009/06/algoconf_abstr_syktyvkar2009_1.pdf (дата обращения: 25.02.2013).

Еремкина, Т. В. Степень изученности видового состава водорослей некоторых водоемов Среднего и Южного Урала [Электронный ресурс] / Т. В. Еремкина, М. И. Ярушина // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге : материалы II всерос. конф. (Сыктывкар, 5–9 окт. 2009 г.). – Сыктывкар : Ин-т биологии Коми Науч. центра Урал. отд-ния Рос. акад. наук, 2009. – С. 186–188. – Режим доступа: http://ib.komisc.ru/add/conf/algo_2009/wp-content/uploads/2009/06/algoconf_abstr_syktyvkar2009_1.pdf (дата обращения: 25.02.2013).

Ермолаев, В. И. Водоросли и их роль в экосистеме водоемов [Электронный ресурс] / В. И. Ермолаев // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге : материалы II всерос. конф. (Сыктывкар, 5–9 окт. 2009 г.). – Сыктывкар : Ин-т биологии Коми Науч. центра Урал. отд-ния Рос. акад. наук, 2009. – С. 74–76. – Режим доступа: http://ib.komisc.ru/add/conf/algo_2009/wp-content/uploads/2009/06/algoconf_abstr_syktyvkar2009_1.pdf (дата обращения: 25.02.2013).

Жадин, В. И. Донные биоценозы реки Оки и их изменения за 35 лет. Некоторые изменения в фауне Оки [Текст] / В. И. Жадин // Загрязнение и самоочищение реки Оки : тр. Зоол. ин-та. – Т. 32. – М. : Наука, 1964. – С. 226–288.

Жадин, В. И. Проблемы санитарной гидробиологии внутренних водоемов [Текст] / В. И. Жадин // Санитар. и техн. гидробиология : материалы I съезда Всесоюз. гидробиол. о-ва (1–6 февр. 1965 г.) / [ред. совет: Г. М. Беляев [и др.]] ; АН СССР ; Всесоюз. гидробиол. о-во. – М. : Наука, 1967. – С. 5–18.

Жемчужина Сибири – природный парк «Птичья гавань» [Текст] : ист.-геогр. очерк / [гл. ред. и авт. очерка: Н. Маслов (1-я гл. написана совместно с А. Лосуновым) ; фот.: В. Кудринский [и др.]]. – Омск : Манифест, 2011. – 40 с.

Жирнова, Е. В. Фауна и биолого-экологические особенности кругоресничных инфузорий водоемов Омской области [Текст] : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.08 / Е. В. Жирнова. – Омск, 2003. – 15 с.

Зарипов Р. Г. К вопросу о состоянии растительности левобережья Иртыша г. Омска [Текст] / Р. Г. Зарипов, М. Г. Буданова // Природа, природопользование и природообустройство Ом. Прииртышья : материалы III обл. науч.-практ. конф. – Омск, 2001. – С. 186–188.

Зарипов, Р. Г. Древесные виды природного парка «Птичья гавань» как объекты экологической и пейзажной ценности [Текст] / Р. Г. Зарипов // Изучение экосистемы природ. парка «Птичья гавань» : сб. науч. ст. / Омск. гос. пед. ун-т. – Омск, 2003. – С. 81–93.

Захаренков, И. С. О лимнологической классификации озер Белоруссии. Биологические основы рыбного хозяйства на внутренних водоемах Прибалтики [Текст] / И. С. Захаренков // Тр. X науч. конф. по внутр. водоемам Прибалтики. – Минск : Наука и техника, 1964. – С. 175–176.

Земля, на которой мы живем [Текст] : природа и природопользование Ом. Прииртышья / [авт. текста С. Д. Авербух ; гл. и науч. ред. В. Н. Русаков ; фот. О. А. Агаркова [и др.]] ; Правительство Ом. обл. ; Ом. регион. отд-ние Рус. геогр. о-ва. – 2-е изд. – Омск : Манифест, 2006. – 576 с.

Игошкина, И. Ю. Симбиотические сообщества водорослей, цианобактерий и инфузорий из рода *Orphrydium* в водоеме природного парка «Птичья гавань» (г. Омск) [Текст] / И. Ю. Игошкина, О. П. Баженова // Вод. экосистемы Сибири и перспективы их использования : материалы Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. 100-летию со дня рождения проф., заслуж. деятеля науки Рос. Федерации Б. Г. Иоганзена и 80-летию со дня основания кафедры ихтиологии и гидробиологии Том. гос. ун-та, Томск, 19–21 апр. 2011 г. – Томск, 2011. – С. 66–69.

Игошкина, И. Ю. Таксономический состав и эколого-географическая характеристика водорослей и цианобактерий из планктона водоема природного парка «Птичья гавань» (г. Омск) [Текст] / И. Ю. Игошкина, О. П. Баженова // Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та. – 2014. – № 3. – С. 44–48.

Индикаторы сапробности [Текст] // Унифицир. методы исслед. качества вод / Совет эконо. взаимопомощи. – М. : Совет эконо. взаимопомощи, 1977. – Ч. 3 : Методы биол. анализа вод. – 191 с.

Кассал, Б. Ю. Биоценотическая история «Птичьей гавани» [Текст] / Б. Ю. Кассал // Изучение экосистемы природ. парка «Птичья гавань» : сб. науч. ст. / под ред. Б. Ю. Кассала. – Омск : Изд-во Ом. гос. пед. ун-та : Изд. дом «Наука», 2003а. – С. 9–23.

Кассал, Б. Ю. Влияние антропогенных факторов на биологические процессы у птиц р. Замарайки [Текст] / Б. Ю. Кассал // 48-я общеоинститут. науч. студен. конф. Ом. гос. ветеринар. ин-та. – Омск, 1978. – 22 с.

Кассал, Б. Ю. Водоемы Птичьей гавани: старение и возможности реконструкции [Текст] / Б. Ю. Кассал // Естеств. науки и экология : ежегодник : межвуз. сб. науч. тр. / Ом. гос. пед. ун-т. – Вып. 5 / [отв. ред. И. И. Богданов]. – Омск : Изд-во ОмГПУ, 2005. – С. 69–75.

Кассал, Б. Ю. Гидроморфологическая характеристика водоемов «Птичьей гавани» [Текст] / Б. Ю. Кассал // Изучение экосистемы природ. парка «Птичья гавань» : сб. науч. ст. / под ред. Б. Ю. Кассала. – Омск : Изд-во Ом. гос. пед. ун-та : Изд. дом «Наука», 2003б. – 210 с. – С.24–38.

Кассал, Б. Ю. Календарь Птичьей гавани [Текст] / Б. Ю. Кассал ; НОК «Образование плюс». – Омск : Изд-во Ом. гос. ун-та, 2000. – 152 с.

Кассал, Б. Ю. Капля воды из «Птичьей гавани» [Текст] / Б. Ю. Кассал. – Омск : Первопечатник, 2002. – 264 с.

Кассал, Б. Ю. Орнитоценоз «Птичьей гавани» [Текст] / Б. Ю. Кассал // Изучение экосистемы природ. парка «Птичья Гавань» : сб. науч. ст. / под ред. Б. Ю. Кассала. – Омск : Изд-во Ом. гос. пед. ун-та : Изд. дом «Наука», 2003в. – С. 105–131.

Кассал, Б. Ю. Птицы р. Замарайки и их охрана [Текст] / Б. Ю. Кассал // II регион. науч. студен. конф. по охране окружающей среды и рациональному использованию природ. комплексов Зап. Сибири, 13–16 апреля 1977 г., ТомГУ. – Томск : Изд-во Том. гос. ун-та, 1977. – 22 с.

Кассал, Б. Ю. Экологическое обоснование проекта благоустройства памятника природы «Птичья гавань» [Текст] / Б. Ю. Кассал // Ом. обл. конф. Всерос. о-ва охраны природы. – Омск, 1987. – 36 с.

Киселев, И. А. Планктон морей и континентальных водоемов [Текст] : в 2 т. / И. А. Киселев. – Т. 1 : Ввод. и общ. вопросы планктологии – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1980. – 439 с.

Китаев, С. П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон [Текст] / С. П. Китаев. – М. : Наука, 1984. – 207 с.

Кожова, О. М. Формирование фитопланктона Братского водохранилища [Текст] / О. М. Кожова // Формирование природ. условий и жизни Брат. водохранилища : сб. ст. / ред. Г. И. Галазий. – Москва : Наука, 1970. – С. 26–160.

Кольцова, Т. И. Определение объема и поверхности клеток фитопланктона [Текст] / Т. И. Кольцова // Науч. докл. высш. шк. Сер.: Биол. науки. – 1970. – № 6. – С. 114–119.

Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши [Текст] / О. П. Оксий [и др.] // Гидробиол. журнал. – 1993. – Т. 29. – № 4. – С. 62–76.

Конвенция о биологическом разнообразии [Электронный ресурс] // Орг. объедин. наций. – Режим доступа: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/biodiv.shtml (дата обращения: 05.04.2011).

Кондратьева, Н. В. Краткий определитель видов токсических синезеленых водорослей [Текст] / Н. В. Кондратьева, О. В. Коваленко ; [отв. ред. А. В. Топичевский] ; Ин-т ботаники им. Н. Г. Холодного АН УССР. – Киев : Наукова думка, 1975. – 80 с.

Коновалова, О. А. Фитопланктон как индикатор экологического состояния водных экосистем городских ландшафтов (на примере г. Омска) [Текст] : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / О. А. Коновалова. – Омск, 2011. – 164 с.

Константинов, А. С. Общая гидробиология [Текст] : учеб. для студентов биол. спец. вузов / А. С. Константинов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1986. – 472 с.

Коржова, Л. В. Оценка экологического состояния озера Калач (г. Калачинск, Омская область) по показателям развития фитопланктона [Текст] : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Л. В. Коржова. – Новосибирск, 2013. – 164 с.

Корнева, Л. Г. Формирование фитопланктона водоемов бассейна Волги под влиянием природных и антропогенных факторов [Текст] : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.16 / Л. Г. Корнева. – СПб, 2009. – 47 с.

Лакин, Г. Ф. Биометрия [Текст] : учеб. пособие для биол. спец. вузов / Г. Ф. Лакин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1980. – 293 с.

Лебедева, Н. В. Биологическое разнообразие [Текст] / Н. В. Лебедева, Н. Н. Дроздов, Д. А. Кривоуцкий – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1999. – 95 с.

Левич, А. П. Теоретические и методические основы технологии регионального контроля природной среды по данным экологического мониторинга [Текст] / А. П. Левич, Н. Г. Булгаков, В. Н. Максимов ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – М. : НИА-Природа, 2004. – 272 с.

Левич, А. П. Экологический контроль водных объектов Нижнего Дона по биотическим идентификаторам планктона, перифитона и зообентоса [Текст] / А. П. Левич // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16, Биология. – 1996. – № 3. – С. 18–25.

Лихачев, С. Ф. Таксономический состав эвгленовых жгутиконосцев водоемов Центральной лесостепи Омской области [Текст] / С. Ф. Лихачев // Методология и методика естеств. наук : сб. науч. тр. / Ом. ин-т повышения квалификации работников образования. – Омск : Изд-во Ом. гос. пед. ун-та, 1997а. – С. 180–194.

Лихачев, С. Ф. Эвгленовые водоемов Омской области [Текст] / С. Ф. Лихачев ; Ом. гос. пед. ун-т. – Омск : Изд-во Ом. гос. пед. ун-та, 1997б. – 242 с.

Лихачев, С. Ф. Видовой состав и сезонная динамика численности эвгленовых жгутиконосцев рода *Phacus* из водоемов города Омска [Текст] / С. Ф. Лихачев, Д. И. Широбоков // Вестн. Челяб. гос. пед. ун-та. – 2009. – № 3. – С. 287–295.

Лихачев, С. Ф. Зональные комплексы эвгленовых жгутиконосцев водоемов Омского Прииртышья (Таксономический и биоценотический аспекты) [Текст] / С. Ф. Лихачев ; Рос. гос. пед. ун-т им. А. И. Герцена. – СПб. : Изд-во Рос. гос. пед. ун-та, 1998. – 191 с.

Макаревич, В. Н. Голландские методы учета обилия видов по де-Фризу в сравнении с другими методами определения участия видов в луговых травостоях [Текст] / В. Н. Макаревич // Ботан. журн. – 1966. – Т. 51. – № 2. – С. 293–304.

Макрушин, А. В. Биологический анализ качества вод [Текст] / А. В. Макрушин ; под. ред. Г. Г. Винберга ; Зоол. ин-т АН СССР. – Л., 1974. – 60 с.

Макрушин, А. В. Сравнительная оценка методов Пантле и Букка в модификации Сладечека и Зелинки и Марвана для определения степени загрязнения по зоопланктону [Текст] / А. В. Макрушин, Л. А. Кутикова // Методы биол. анализа пресс. вод : сб. науч. работ / отв. ред. Г. Г. Винберг ; Зоол. ин-т АН СССР. – Л., 1976. – С. 90–94.

Малашенков, Д. В. Пространственно-временная изменчивость фитопланктона в реке Москве [Текст] : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / Д. В. Малашенков. – М., 2009. – 181 с.

Мельникова, О. Ю. Экологическая оценка природного парка на основе химических и органолептических показателей качества воды особо охраняемой территории г. Омска «Птичьей гавани» [Текст] / О. Ю. Мельникова, Т. С. Данильченко, Л. В. Кубрина // Инновац. образование и экономика. – 2008. – № 2. – С. 65–69.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов [Текст] / отв. ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовской ; Науч. совет по проблемам биогеоценологии и охраны природы Ин-та биологии внутр. вод АН СССР. – М. : Наука, 1975. – 240 с.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Фитопланктон и его продукция [Текст] / сост.: Г. М. Лаврентьева, В. В. Бульон ; Науч.-исследоват.

ин-т озер. и реч. рыб. хоз-ва М-ва рыб. хоз-ва РСФСР ; Зоол. ин-т АН СССР. – Л., 1984. – 32 с.

Методы изучения пресноводного фитопланктона [Текст] : метод. рук. / автор-сост. А. П. Садчиков. – М. : Ун-т и шк., 2003. – 157 с.

Михайлов, В. Н. Гидрология [Текст] : учеб. / В. Н. Михайлов, А. Д. Добровольский, С. А. Добролюбов. – Изд. 3-е, стер. – М. : Высш. шк., 2008 – 462 с.

Михеева, Т. М. Структура и функционирование фитопланктона при эвтрофировании вод [Текст] : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.18 / Т. М. Михеева. – Минск, 1992. – 63 с.

Михеева, Т. М. Сукцессия видов в фитопланктоне: определяющие факторы [Текст] / Т. М. Михеева ; [Белорус. гос. ун-т им. В. И. Ленина]. – Минск : Изд-во Белорус. гос. ун-та им. В. И. Ленина, 1983. – 69 с.

Монтина, И. М. Биология и экология эндопаразитических эвгленовых жгутиконосцев из водоемов города Омска [Текст] : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.08, 03.00.16 / И. М. Монтина. – Омск, 2009. – 149 с.

Мэгарран, Э. Экологическое разнообразие и его измерение [Текст] / Э. Мэгарран ; пер. с англ. Н. В. Матвеевой ; под ред. Ю. И. Чернова. – М. : Мир, 1992. – 184 с.

Нефедов, А. А. Характеристика особо охраняемых природных территорий г. Омска и пригородов [Текст] / А. А. Нефедов // Тр. Зоол. комиссии : ежегодник. – 2008. – Вып. 5. – С. 138–168.

Об охране окружающей среды [Текст] : федер. закон от 10 янв. 2002 г. № 7-ФЗ : [принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 20 дек. 2001 г.] // Рос. газ. – 2002. – 12 янв.

Одум, Ю. Экология [Текст] : в 2 т. / Ю. Одум ; пер. с англ. – М. : Мир, 1986. – Т. 1. – 328 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР [Текст] : в 14 вып. – Вып. 2 : Синезеленые водоросли / М. М. Голлербах, Е. К. Косинская, В. И. Полянский. – М. : Совет. наука, 1953. – 652 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР [Текст] : в 14 вып. – Вып. 3 : Золотистые водоросли / О. М. Матвиенко. – М. : Совет. наука, 1954а. – 188 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР [Текст] : в 14 вып. – Вып. 4 : Диатомовые водоросли / М. М. Забелина, И. А. Киселев, А. И. Прошкина-Лавренко, В. С. Шешукова. – М. : Совет. наука, 1951. – 619 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР [Текст] : в 14 вып. – Вып. 5 : Желтозеленые водоросли / Н. Т. Дедусенко-Щеголева, М. М. Голлербах. – М.–Л. : АН СССР, 1962. – 272 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР [Текст] : в 14 вып. – Вып. 6 : Пирофитовые водоросли / И. А. Киселев. – М. : Совет. наука, 1954б. – 212 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР [Текст] : в 14 вып. – Вып. 7 : Эвгленовые водоросли / Т. Г. Попова. – М. : Совет. наука, 1955. – 282 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР [Текст] : в 14 вып. – Вып. 8 : Зеленые водоросли. Класс вольвоксовые / Н. Т. Дедусенко-Щеголева, А. М. Матвиенко, Л. А. Шкорбатов. – М.–Л. : АН СССР, 1959. – 231 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР [Текст] : в 14 вып. – Вып. 10, т. 1 : Зеленые водоросли. Класс Улотриксые. Порядок Улотриксые / Н. А. Мошкова ; М. М. Голлербах ; ред. К. Л. Виноградова. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1986. – 306 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР [Текст] : в 14 вып. – Вып. 11 (2) : Зеленые водоросли. Класс Конъюгаты. Порядок десмидиевые / Г. М. Паламарь-Мордвинцева. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1982. – 602 с.

Охапкин, А. Г. История и основные проблемы исследований речного фитопланктона [Текст] / А. Г. Охапкин // Ботан. журн. – 2000. – Т. 85. – № 10. – С. 1–14.

Охапкин, А. Г. Основы альгологии [Текст] : учеб. пособие / А. Г. Охапкин, Г. А. Юлова. – Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та им. Н. И. Лобачевского, 2010. – 340 с.

Павлова, О. А. Состав и экологическая характеристика альгофлоры суздальских озер [Текст] / О. А. Павлова // Фундам. и приклад. проблемы

ботаники в нач. XXI в. : материалы XII съезда Рус. ботан. о-ва. – Ч. 2. – Петрозаводск : Карел. науч. центр Рос. акад. наук, 2008. – С. 65–67.

Палагушкина, О. В. Видовой состав, биомасса и продуктивность фитопланктона озер Раифского участка Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны [Текст] / О. В. Палагушкина, Ф. Ф. Бариева, Е. Н. Унковская // Тр. Волж.-Камс. гос. природ. заповедника. – Казань, 2002. – Вып. 5. – С. 37–52.

Паламарь-Мордвинцева, Г. М. Место и значение Charales в системе органического мира [Текст] / Г. М. Паламарь-Мордвинцева, П. М. Царенко // Альгология. – 2009. – Т. 19. – № 2. – С. 117–134.

Памятная книжка Омской области. Год 2010 [Текст] : информ.-стат. сб. / Федер. служба гос. статистики, Территор. орган Федер. службы гос. статистики по Ом. обл. ; пред. ред. совета А. А. Агеенко. – Омск, 2011. – 599 с.

Патова, Е. Н. Водоросли водоемов комплексного заказника «Хребтовый» (Полярный Урал) [Электронный ресурс] / Е. Н. Патова, Р. Бришкайте, И. В. Демина // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге : материалы II всерос. конф. (Сыктывкар, 5–9 окт. 2009 г.). – Сыктывкар : Ин-т биологии Коми Науч. центра Урал. отд-ния Рос. акад. наук, 2009. – С. 219–222. – Режим доступа: http://ib.komisc.ru/add/conf/algo_2009/wp-content/uploads/2009/06/algconf_abstr_syktyvkar2009_1.pdf (дата обращения: 25.02.2013).

Песенко, Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях [Текст] / Ю. А. Песенко. – М. : Наука, 1982. – 288 с.

Пивоварова, Ж. Ф. Фитоценоотические особенности организации почвенных водорослей олиготрофного осушенного болота (Плесецкого района Архангельской области) [Электронный ресурс] / Ж. Ф. Пивоварова, А. Г. Благодатнова // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге : материалы II всерос. конф. (Сыктывкар, 5–9 окт. 2009 г.). – Сыктывкар : Ин-т биологии Коми Науч. центра Урал. отд-ния Рос. акад. наук, 2009. – С. 111–114. – Режим доступа:

http://ib.komisc.ru/add/conf/algo_2009/wp-content/uploads/2009/06/algoconf_abstr_syktyvkar2009_1.pdf (дата обращения: 25.02.2013).

Попова, Р. В. Видовое разнообразие коловраток охраняемой природной территории «Птичья гавань» [Текст] / Р. В. Попова // Естеств. науки и экология : ежегодник : межвуз. сб. науч. тр. / Ом. гос. пед. ун-т. – Омск, 2005. – Вып. 9. – С. 118–120.

Порк, М. И. Диатомовые водоросли (Bacillariophyta) озер Эстонской ССР [Текст] : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.01 / М. И. Порк. – Тарту, 1967. – 20 с.

Прошкина-Лавренко, А. И. Диатомовые водоросли – показатели солености воды [Текст] / А. И. Прошкина-Лавренко // Диатомовый сб. – Л. : Изд-во Ленингр. гос. ун-та им. А. А. Жданова, 1953. – С. 186–205.

Птичья гавань [Электронный ресурс] // Google Карты. – Режим доступа: <https://maps.google.ru/maps?q=птичья+гавань&output=classic&dg=ntvb> (дата обращения: 04.02.2012).

Радкевич, В. А. Экология [Текст] : учеб. – 4-е изд., стер. – Минск : Выш. шк., 1998. 159 с.

Родина, А. Г. О распространении серобактерий в пресных водах и месте их в системе показательных организмов Кольквитца и Марссона [Текст] / А. Г. Родина // Микробиология. – 1961. – № 30 (6). – С. 1080–1083.

Руководство к методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений [Текст] / под ред. В. А. Абакумова. – Л. : Гидрометеиздат, 1983. – 239 с.

Рысин, Л. П. Тип экосистемы как элементарная единица в оценке биоразнообразия на экосистемном уровне [Текст] / Л. П. Рысин // Экология. – 1995. – С. 259–262.

Рябушко, Л. И. Атлас токсичных микроводорослей Черного и Азовского морей [Текст] / Л. И. Рябушко ; Науч. исследоват. Центр Вооруж. сил Украины «Гос. океанариум». – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 140 с.

Самойлова, Г. В. Травянистые растения «Птичьей гавани» / Г. В. Самойлова // Изучение экосистемы природ. парка «Птичья Гавань» : сб. науч. ст. / под ред. Б. Ю. Кассала ; Омск. гос. пед. ун-т. – Омск, 2003. – С. 58–80.

Сафонова, Т. А. Род *Trachelomonas* Ehr. во флоре водорослей Западной Сибири [Текст] / Т. А. Сафонова // Труды центр. Сиб. ботан. сада. – Вып. 10 : Водоросли и грибы Зап. Сибири. – Ч. 2 / под ред. Т. Г. Поповой, А. Р. Вернер. – Новосибирск : Наука, 1965. – С. 62–112.

Сафонова, Т. А. Эвгленовые водоросли Западной Сибири [Текст] / Т. А. Сафонова ; отв. ред. И. М. Красноборов. – Новосибирск : Наука, Сиб. отделение, 1987. – 191 с.

Свириденко, Б. Ф. Современное состояние макрофитной растительности водоемов природного парка «Птичья Гавань» [Текст] / Б. Ф. Свириденко // Изучение экосистемы природ. парка «Птичья Гавань» : сб. науч. ст. / под ред. Б. Ю. Кассала ; Омск. гос. пед. ун-т. – Омск, 2003. – С. 42–57.

Северо-западная часть Черного моря: биология и экология [Текст] / отв. ред. Ю. П. Зайцев, Б. Г. Александров, Г. Г. Миничева ; Одес. фил. Ин-та биологии южных морей им. А. О. Ковалевского Нац. акад. наук Украины. – Киев : Наукова думка, 2006. – 703 с.

Семенченко, В. П. Принципы и системы биоиндикации текущих вод [Текст] / В. П. Семенченко. – Минск : Орех, 2004. – 124 с.

Семин, В. А. Основы рационального водопользования и охраны водной среды [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. А. Семин. – М. : Высш. шк., 2001. – 320 с.

Скабичевский, А. П. Сезонные изменения планктона реки Иртыша у города Омска [Текст] / А. П. Скабичевский // Тр. Ом. мед. ин-та. – 1952. – № 18. – С. 73–82.

Скоробогатова, О. Н. Фитопланктон реки Вах (Западная Сибирь) [Текст] : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.01, 03.02.08 / О. Н. Скоробогатова. – Новосибирск, 2010. – 16 с.

Соловьев, С. А. ООПТ регионального значения природный парк «Птичья гавань» [Текст] : учеб. пособие / С. А. Соловьев ; [рец. О. А. Одинцев] ; Ом. гос. пед. ун-т. – Омск, 2010. – 66 с.

Станиславская, Е. В. Особенности альгофлоры Изварских озер [Текст] / Е. В. Станиславская // Фундам. и приклад. проблемы ботаники в нач. XXI в. : материалы XII съезда Рус. ботан. о-ва. – Ч. 2. – Петрозаводск : Карел. науч. центр Рос. акад. наук, 2008. – С. 78–81.

Теоретические вопросы классификации озер [Текст] / отв. ред. Н. П. Смирнова ; Ин-т озераведения Рос. акад. наук. – СПб. : Наука, 1993. – 186 с.

Толмачев, А. И. Введение в географию растений [Текст] / А. И. Толмачев. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. – 244 с.

Трифорова, И. С. Изменения в структуре и продуктивности фитопланктона как показатели процесса эвтрофирования [Текст] / И. С. Трифорова // Эвтрофирование мезотроф. озера (по материалам многолет. наблюдений на оз. Красном) / под ред. И. Н. Андроникова. – Л. : Наука, 1980. – С. 59–77.

Трифорова, И. С. Сезонная и основная сукцессия озерного фитопланктона [Текст] // Гидробиол. журн. – 1986. – Т. 22. – № 3. – С. 21–28.

Трифорова, И. С. Состав и продуктивность фитопланктона разнотипных озёр Карельского перешейка [Текст] / И. С. Трифорова ; Ин-т озераведения АН СССР. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1979. – 168 с.

Трифорова, И. С. Флора водорослей планктона рек бассейна Ладожского озера [Текст] / И. С. Трифорова, О. А. Павлова, А. Л. Афанасьева // Фундам. и приклад. проблемы ботаники в нач. XXI в. : материалы XII съезда Рус. ботан. о-ва. – Ч. 2. – Петрозаводск : Карел. науч. центр Рос. акад. наук, 2008. – С. 86–89.

Трифорова, И. С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона [Текст] / И. С. Трифорова ; отв. ред. И. Н. Николаев ; Ин-т озераведения АН СССР. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1990. – 184 с.

Усольцева, М. В. К изучению развития и морфологических особенностей *Aulacoseira islandica* (O. Muller) Simonsen (Bacillariophyta) [Текст] / М. В. Усольцева, Т. В. Никулина, Д. Н. Юрьев, Е. В. Лихошвай // Альгология. –

2006. – Т. 16. – № 2. – С. 145–155.

Федоров, В. Д. О методах изучения фитопланктона и его активности [Текст] / В. Д. Федоров. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 168 с.

Флора споровых растений СССР [Текст]. – М.–Л. : Наука. – Т. 8 : Эвгленовые водоросли / Т. Г. Попова. – Вып. 1 : Роды *Trachelomonas*, *Strombomonas*, *Eutreptia*, *Euglena*. – 1966. – 412 с.

Флора споровых растений СССР [Текст]. – М.–Л. : Наука. – Т. 9 : Эвгленовые водоросли / Т. Г. Попова, Т. А. Сафонова. – Вып. 2. – 1976. – 286 с.

Хохряков, А. П. Таксономические спектры и их роль в сравнительной флористике [Текст] / А. П. Хохряков // Ботан. журн. – 2000. – Т. 85. – № 5. – С. 1–11.

Хромов, В. М. Растительные сообщества в мониторинге пресных вод – источников водоснабжения [Текст] : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.18 / В. М. Хромов. – М., 2004. – 47 с.

Хурсевич, Г. К. История развития диатомовой флоры озер Нарочанского бассейна [Текст] / Г. К. Хурсевич ; ред. А. П. Жузе. – Минск : Наука и техника, 1976. – 152 с.

Царенко, П. М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР [Текст] / П. М. Царенко ; отв. ред. Г. М. Паламарь-Мордвинцева ; Ин-т ботаники им. Н. Г. Холодного АН УССР. – Киев : Наукова думка, 1990. – 208 с.

Широбоков, Д. И. Фауна и биолого-экологические особенности эвгленовых жгутиконосцев рода *Phacus* из водоемов Омска и его окрестностей [Текст] : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.08 / Д. И. Широбоков. – Омск, 2008. – 18 с.

Шитиков, В. К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации [Текст] / В. К. Шитиков, Г. С. Розенберг, Т. Д. Зинченко. – Тольятти : Ин-т экологии Волж. бассейна Рос. акад. наук, 2003. – 463 с.

Шкундина, Ф. Б. Сезонная динамика фитопланктона в некоторых озерах мира [Текст] / Ф. Б. Шкундина // Гидробиол. журн. – 1993. – Т. 19. – Вып. 6. – С. 3–8.

Шмидт, В. М. Статистические методы в сравнительной флористике [Текст] / В. М. Шмидт. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1980. – 176 с.

Энциклопедия города Омска [Текст] : в 3 т. / Администрация г. Омска. – Омск : ЛЕО, 2009–2011. – Т. 1 : Омск: от прошлого к настоящему (период с 1716-го по 2008 год) / [Д. А. Алисов ; редкол.: Д. А. Алисов и др.]. – 2009. – 918 с.

Юрцев, Б. А. Основные понятия и термины флористики [Текст] : учеб. пособие по спецкурсу / Б. А. Юрцев, Р. В. Камелин ; Перм. гос. ун-т. – Пермь : Перм. гос. ун-т, 1991. – 81 с.

Юрцев, Б. А. Эколого-географическая структура биологического разнообразия и стратегия его учета и охраны [Текст] / Б. А. Юрцев // Биол. разнообразие: подходы к изучению и сохранению : материалы конф. Ботан. ин-та Рос. акад. наук и Зоол. ин-та Рос. акад. наук, 14–15 февр. и 14–15 мая 1990 г., Л. / отв. ред. Б. А. Юрцев ; Зоол. ин-т Рос. акад. наук ; Рос. ботан. о-во. – СПб., 1992. – С. 7–21.

Ярошенко, П. Д. Геоботаника [Текст] : пособие для студентов пед. вузов / П. Д. Ярошенко. – М. : Просвещение, 1969. – 200 с.

Визначник прісноводних водоростей Української РСР [Текст]. – Вип. 3, ч. 1 : Золотисті водорості – Chrysophyta / О. М. Матвієнко. – Київ : Наукова думка, 1965. – 367 с.

Визначник прісноводних водоростей Української РСР [Текст]. – Вип. 5 : Підклас протококові (Protococcineae) / О. А. Коршиков. – Київ : Вид-во АН УРСР, 1953. – 439 с.

Algae of Ukraine: Diversity, Nomenclature, Taxonomy, Ecology and Geography [Текст] / ed. by P. Tsarenko, S. Wasser, E. Nevo. – Rugel, 2006. – Vol. 1 : Cyanoprocarvota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta, and Rhodophyta. – 2006. – 713 p.

Eaton, J. W. Observations on the biology and mass occurrence of *Ophrydium versatile* (Müller) (Ciliophora: Peritrichia) and associated algae in Lough Ree, Ireland [Текст] / J. W. Eaton ; N. G. Carr // Irish Naturalists' Journal. – 1980. – P. 55–60.

Flora Słodkowodna Polski [Текст] / Polska Akademia Nauk, Instytut Botaniki. – Ż. 5 : Chrysophyceae – Złotowiciowce / K. Starmach. – Warszawa : Państw. Wydawn. Naukowe, 1968. – 596 s.

Guiry, M. D. AlgaeBase [Электронный ресурс] : world-wide electronic publ. / M. D. Guiry, G. M. Guiry ; Nat. Univ. of Ireland, Galway. – Режим доступа: <http://www.algaebase.org> (дата обращения: 25.04.2013).

Hoek, C. van den. Algae. An Introduction to Phycology [Текст] / C. van den Hoek, D. G. Mann ; ed. H. M. Jahns. – Cambridge : Univ. Press, 1995. – 623 p.

Margalef, R. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton [Текст] / R. Margalef // Perspectives in marine biology / ed. A. A. Buzzati-Traverso. – Berkeley : Univ. of California Press, 1958. – P. 323–349.

National Center for Biotechnology Information [Электронный ресурс] / U. S. Nat. Libr. of Medicine. – Режим доступа: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov> (дата обращения: 25.04.2013).

Oberholster, P. J. First report on the colony-forming freshwater ciliate *Ophrydium versatile* in an African river [Электронный ресурс] / P. J. Oberholster, P. J. Ashton, G. D. Fritz, A. M. Botha // Water SA. – 2010. – Vol. 36. – № 3. – Режим доступа: http://www.scielo.org.za/scielo.php?pid=S1816-79502010000300012&script=sci_arttext (дата обращения: 03.02.2011).

Olesen, J. Af jordens skød [Электронный ресурс] / J. Olesen // DR dk. – Режим доступа: <http://www.dr.dk/arkivP1/Natursyn/Udsendelser/2008/06/26124519.htm> (дата обращения: 03.02.2011).

Queimaliños, C. P. Symbiotic association of the ciliate *Ophrydium naumanni* with *Chlorella* causing a deep chlorophyll a maximum in an oligotrophic South Andes lake [Электронный ресурс] / C. P. Queimaliños, B. E. Modenutti, E. G. Balseiro // Journal of Plankton Research. – 1999. – Vol. 21. – № 1. – P. 167–178. – Режим

доступа: <http://plankt.oxfordjournals.org/cgi/reprint/21/1/167.pdf> (дата обращения: 03.02.2011).

Royland, J. Green jelly balls of *Ophrydium versatile*: hidden relationships in pond slime [Электронный ресурс] / J. Royland // The Connecticut River Homepage. – Режим доступа: <http://www.bio.umass.edu/biology/conn.river/ophrydiu.html> (дата обращения: 03.02.2011).

Shannon, C. E. The Mathematical Theory of Communication [Текст] / C. E. Shannon, W. Weaver. – Urbana : The Univ. of Illinois Press, 1949. – 117 p.

Sladeček, V. System of water quality from biological point of view [Текст] / V. Sladeček // Ergebnisse der Limnologie. – 1973. – Hf. 7. – S. 1–218.

Spang, W. D. Bioindikation in Rahmen raumrelevanten Planungen Grundlagen, Bedeutung, Indikatowahl / W.D. Spang // Heidelberg. Geogr. Arb. – 1996. – № 100. – S. 75–87.

Süßwasserflora von Mitteleuropa [Текст] / hrsg.: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. – Bd. 9 : Chlorophyta. – 1. Teil : Phytomonadin / H. Ettl. – Jena : Gustav Fisher, 1983. – 807 s.

Süßwasserflora von Mitteleuropa [Текст] / hrsg.: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. – Bd. 19 : Cyanoprokaryota. – 1. Teil : Chroococcales / J. Komárek, K. Anagnostidis. – Heidelberg – Berlin : Spektrum Akademischer, 1998. – 548 s.

Süßwasserflora von Mitteleuropa [Текст] / hrsg.: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. – Bd. 19 : Cyanoprokaryota. – 2. Teil: Oscillatoriales / J. Komárek, K. Anagnostidis. – München : Spektrum Akademischer, 2005. – 759 s.

Süßwasserflora von Mitteleuropa [Текст] / hrsg.: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. – Bd. 2 : Bacillariophyceae. – 1. Teil : Naviculaceae / K. Krammer, H. Lange-Bertalot. – Jena : Gustav Fischer, 1986. – 876 s.

Süßwasserflora von Mitteleuropa [Текст] / hrsg.: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. – Bd. 2 : Bacillariophyceae. – 2. Teil : Bacillariacea, Epithemiaceae, Surirellaceae / K. Krammer, H. Lange-Bertalot. – Jena : Gustav Fischer, 1988. – 596 s.

Süßwasserflora von Mitteleuropa [Текст] / hrsg.: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. – Bd. 2 : Bacillariophyceae. – 3. Teil : Centrales, Fragilariaceae,

Eunotraceae / K. Krammer, H. Lange-Bertalot. – Stuttgart – Jena : Gustav Fischer, 1991a. – 576 s.

Süßwasserflora von Mitteleuropa [Текст] / hrsg.: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. – Bd. 2 : Bacillariophyceae. – 4. Teil : Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis / K. Krammer, H. Lange-Bertalot. – Stuttgart – Jena : Gustav Fischer, 1991b. – 434 s.

Süßwasserflora von Mitteleuropa [Текст] / hrsg.: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. – Bd. 6 : Dinophyceae (Dinoflagellida) / J. Popovský, L. A. Pfiester. – Jena – Stuttgart : Gustav Fischer, 1990. – 272 s.

Süßwasserflora von Mitteleuropa [Текст] / hrsg.: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. – Bd. 1 : Chrysophyceae und Haptophyceae / K. Starmach. – Jena : Gustav Fischer, 1985. – 515 s.

Zelinka, M., Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer [Текст] / M. Zelinka, P. Marvan // Arch. Hydrobiol. – 1961. – Bd 57. – № 3. – S. 389–407.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Систематический список водорослей и цианобактерий из планктона водоема природного парка «Птичья гавань»

Таксон	Местообитание	Сапробность	Галобность	Ацидофильность	Географическое распространение	Обилие
1	2	3	4	5	6	7
отдел Cyanobacteria класс Cyanophyceae порядок Chroococcales семейство Synechococcaceae						
Cyanothece aeruginosa (Näg.) Kom.	-	β - α	-	-	-	3
Anathece clathrata (W. West et G. S. West) Kom., Kastovsky et Jezberová	P	β	hl	-	k	4
Aphanothece nostocopsis Skuja	-	-	-	-	-	4
• A. salina Elenk. et Danil.	P-B	-	-	-	Ha	5
• Gloeothece rupestris (Lyngb.) Born.	B	-	-	-	k	2
• Rhabdogloea scenedesmoides (Nyg.) Kom. et Anagn.	-	-	-	-	-	3
Rhabdoderma irregulare (Naum.) Geitl.	P-B	-	-	-	Ha	2
R. lineare Shmiddle et Lauterb. emend. Hollerb.	P	α - β	hb	-	b	4
Synechococcus elongatus (Näg.) Näg.	P-B	α	-	-	k	3
семейство Merismopediaceae						
Aphanocapsa elachista W. et G. S. West	-	-	-	-	-	2
A. incerta (Lemm.) Cronb. et Kom.	P-B	β	i	-	k	6
A. muscicola (Menegh.) Wille	B	-	i	-	k	3
Merismopedia glauca (Ehr.) Kütz.	P-B	α - α	i	ind	k	5
M. minima Beck	B	-	-	-	Ha	2
M. punctata Meyen	P-B	α - α	i	-	k	2
M. tenuissima Lemm.	P-B	β - α	hl	-	k	5
Coelosphaerium dubium Grun. in Rabenh.	P	β	-	-	-	4
C. kuetzingianum Näg.	P	β - α	i	-	k	5

1	2	3	4	5	6	7
<i>Snowella lacustris</i> (Chod.) Kom. et Hind.	P	β	i	-	k	6
<i>Woronichinia compacta</i> (Lemm.) Kom. et Hind.	P	β	i	-	a-a	2
<i>W. naegeliana</i> (Ung.) Elenk.	P	β -o	i	-	Ha	5
<i>Gomphosphaeria virieuxii</i> Kom. et Hind.	P	-	i	-	k	3
семейство Microcystaceae						
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz.	P	o- α	hl	-	k	2
<i>Gloeocapsa punctata</i> Näg.	-	-	hl	-	k	2
семейство Chroococcaceae						
<i>Chroococcus minimus</i> (Keissl.) Lemm.	P	-	hl	-	k	6
<i>Ch. minor</i> (Kütz.) Näg.	-	-	-	-	-	6
<i>Ch. turgidus</i> (Kütz.) Näg.	P-B	o	hl	alf	k	2
<i>Ch. vacuolatus</i> Skuja	B	-	i	-	b	1
<i>Dactylococcopsis rupestris</i> Hansg.	P	-	-	-	-	3
порядок Oscillatoriales						
семейство Pseudanabaenaceae						
• <i>Romeria elegans</i> (Wolosz. in Koczw.) Wolosz. et Koczw.	-	o	-	-	-	5
<i>R. gracilis</i> (Koczw.) Koczw.	-	β	-	-	-	2
<i>Geitlerinema tenue</i> (Anissim.) Anagn.	-	-	-	-	-	2
<i>G. amphibium</i> (Ag. ex Gom.) Anagn.	P-B	o- α	hl	-	k	6
<i>Planktolynghya limnetica</i> (Lemm.) Kom.-Legn. et Cronb.	-	-	-	-	-	4
<i>Leptolynghya foveolaria</i> (Montag. ex Gom.) Anagn. et Kom.	B	β -o	-	-	k	5
семейство Phormidiaceae						
<i>Phormidium chalybeum</i> (Mert. ex Gom.) Anagn. et Kom.	P-B	α	-	-	Ha	5
• <i>Ph. schultzei</i> (Lemm.) Anagn. et Kom.	-	-	-	-	-	2
<i>Ph. tergestinum</i> (Kütz.) Anagn. et Kom.	P-B	-	-	-	k	2
семейство Oscillatoriaceae						
<i>Oscillatoria limosa</i> Ag. ex Gom.	P-B	β	hl	-	k	1
порядок Nostocales						
семейство Nostocaceae						
<i>Anabaena verrucosa</i> B.-Peters.	B	-	hb	-	b	4
<i>Dolichospermum circinale</i> (Rabenh. ex Born. et Flah.) Wacklin, Hoffm. et Kom.	P	β	i	-	k	5

1	2	3	4	5	6	7
<i>Cuspidothrix ussaczewii</i> (Prosch.-Lavr.) Rajanien, Kom., Willame, Hrouzek, Kastovská, Hoffm. et Sivonen	B	β-o	-	-	Ha	3
отдел Euglenophyta класс Euglenophyceae порядок Euglenales семейство Euglenaceae						
● <i>Trachelomonas conradii</i> (Defl.) Skv.	-	-	-	-	-	1
<i>T. hispida</i> (Perty) Stein var. <i>hispida</i>	P-B	β	i	-	k	5
<i>T. hispida</i> var. <i>coronata</i> Lemm.	P	-	hb	-	k	2
● <i>T. hispida</i> var. <i>volicensis</i> Drez.	-	-	-	-	-	3
● <i>T. incerta</i> var. <i>punctata</i> Lemm.	-	-	-	-	-	1
<i>T. intermedia</i> Dang. f. <i>intermedia</i>	P-B	β	i	-	k	4
<i>T. intermedia</i> f. <i>papillifera</i> (Popova) Popova	P	-	-	-	-	1
<i>T. intermedia</i> f. <i>spinifera</i> Dang.	P	-	-	-	-	4
<i>T. lacustris</i> Drez. var. <i>lacustris</i>	-	o	hb	-	k	2
<i>T. lacustris</i> var. <i>klebsii</i> (Defl.) Popova	P	-	-	-	-	1
<i>T. nigra</i> Swir.	P	β	hl	-	Ha	2
<i>T. oblonga</i> Lemm. var. <i>oblonga</i>	P	β-α	i	-	k	2
<i>T. oblonga</i> var. <i>australica</i> Playf.	P	-	-	-	-	1
<i>T. oblonga</i> var. <i>pulcherrima</i> (Playf.) Popova	-	β	-	-	-	1
<i>T. oblonga</i> var. <i>punctata</i> Lemm.	-	-	-	-	-	3
● <i>T. obovata</i> var. <i>novae-zemliae</i> (Schirsch.) Popova	-	-	-	-	-	1
<i>T. ornata</i> (Swir.) Skv.	-	β	-	-	-	1
● <i>T. patellifera</i> Popova	-	-	-	-	cb	1
<i>T. planctonica</i> (Swir.) Swir. f. <i>planctonica</i>	P	β-o	i	ind	k	1
<i>T. planctonica</i> f. <i>oblonga</i> (Drez.) Popova comb. nov.	P	-	-	-	Ha	1
● <i>T. scabra</i> var. <i>borealis</i> Safon.	-	-	-	-	cb	1
● <i>T. vas</i> Defl.	P	-	-	acf	Ha	1
<i>T. verrucosa</i> Stokes	-	β	-	-	-	5
<i>T. volvocina</i> Ehr. var. <i>volvocina</i>	B	β	i	ind	k	3
<i>T. volvocina</i> var. <i>subglobosa</i> Lemm. sens Swir.	-	β	-	-	-	1
<i>T. volvocinopsis</i> Swir.	P	β	i	-	k	4

1	2	3	4	5	6	7
<i>T. woycickii</i> Koczw.	-	-	-	-	-	1
<i>Strombomonas acuminata</i> (Schmarda) Defl.	P	β	i	ind	Ha	2
● <i>S. eurystoma</i> (Stein) Popova comb. nov.	P-B	-	-	acf	k	1
<i>S. fluviatilis</i> (Lemm.) Defl.	P-B	β	i	ind	Ha	1
<i>S. praeliariis</i> (Palmer) Defl.	P	-	-	-	Ha	1
● <i>Discoplastis spathirhyncha</i> (Skuja) Triemer	P	α -p	i	-	Ha	1
● <i>Euglenaria anabaena</i> (Mainx) Karnkowska et Linton	P	-	-	-	cb	3
<i>Euglena clara</i> Skuja	P-B	o	mh	-	Ha	3
<i>E. ehrenbergii</i> Klebs	P-B	β	-	ind	k	1
<i>E. geniculata</i> Duj. emend. Schmitz	P-B	i	-	alf	k	1
<i>E. gracilis</i> Klebs	P-B	α - β	oh	ind	k	1
<i>E. granulata</i> (Klebs) Schmitz	P-B	α	-	ind	k	2
<i>E. hemichromata</i> Skuja	P-B	β	-	-	Ha	1
<i>E. limnophila</i> Lemm. var. <i>limnophila</i>	P-B	o- β	-	-	cb	2
<i>E. limnophila</i> var. <i>swirenkoi</i> (Arnoldi) Popova	P	-	-	-	-	2
<i>E. pavlovskoensis</i> (Elenk. et Poljansk.) Popova	P-B	-	-	ind	cb	1
<i>E. pisciformis</i> Klebs	P-B	α -p	mh	alf	k	2
<i>E. proxima</i> Dang. var. <i>proxima</i>	P-B	p	mh	ind	k	1
● <i>E. proxima</i> var. <i>amphoraeformis</i> Szabodos	-	-	-	-	-	2
● <i>E. proxima</i> var. <i>anglesia</i> Pringsh.	-	-	-	-	-	2
<i>E. texta</i> var. <i>salina</i> (Fritsch) Popova	P-B	β	hl	alb	k	2
<i>E. variabilis</i> Klebs	P-B	β	-	ind	k	2
<i>Lepocinclis acus</i> (Müll.) Marin et Melkonian	P	β	i	ind	k	2
● <i>L. elongata</i> (Swir.) Conr.	P	-	i	-	-	2
<i>L. fusca</i> (Klebs) Kosmala et Zakrys	P-B	-	-	-	k	1
<i>L. globula</i> var. <i>minor</i> Woronich.	P-B	-	-	-	k	3
<i>L. globulus</i> Perty	P	α - β	i	ind	k	3
<i>L. ovum</i> var. <i>dimidio-minor</i> Defl.	-	-	-	-	-	3
● <i>L. ovum</i> var. <i>major</i> (Hub.-Pest.) Conr.	-	-	-	-	-	3
<i>L. ovum</i> var. <i>palatina</i> Lemm.	P	α - β	-	-	-	1
<i>L. oxyuris</i> (Schmarda) Marin et Melkonian	P-B	β - α	mh	ind	k	1

1	2	3	4	5	6	7
<i>L. playfairiana</i> Defl.	P	β	-	-	Ha	2
<i>L. spirogyroides</i> Marin et Melkonian	P-B	β	i	ind	k	1
<i>L. steinii</i> Lemm.	P	β	i	ind	k	1
<i>L. tripteris</i> (Duj.) Marin et Melkonian	P-B	β	mh	ind	k	1
<i>Monomorphina pyrum</i> (Ehr.) Mereschk.	P	β	i	ind	b	2
<i>Phacus caudatus</i> var. <i>tenuis</i> Swir.	-	-	-	ind	Ha	2
<i>Ph. curvicauda</i> Swir.	P-B	β	i	ind	k	1
● <i>Ph. indicus</i> Skv.	P-B	-	-	-	Ha	1
● <i>Ph. longicauda</i> f. <i>rotundus</i> (Pochm.) Popova	-	-	-	-	-	1
<i>Ph. pleuronectes</i> (Ehr.) Duj.	P-B	β - α	i	ind	k	1
<i>Ph. polytrophos</i> Pochm.	-	β - α	-	-	-	1
семейство Colaciaceae						
<i>Colacium vesiculosum</i> f. <i>arbuscula</i> (Stein) Hub.-Pest.	P-B	-	-	-	-	3
семейство Astasiaceae						
■ <i>Astasia klebsii</i> Lemm.	P	p	-	ind	Ha	1
■ <i>A. parvula</i> Skuja	P	-	i	alf	cb	1
семейство Peranemataceae						
■ <i>Peranema macromastix</i> Conr.	P-B	-	-	-	cb	1
отдел Dinophyta класс Dinophyceae порядок Peridinales семейство Gymnodiniaceae						
<i>Gymnodinium</i> Stein sp.	-	-	-	-	-	2
семейство Glenodiniopsidaceae						
● <i>Glenodinium armatum</i> Levander	-	-	-	-	-	3
семейство Peridiniaceae						
● <i>Peridinium aciculiferum</i> Lemm.	-	o- β	-	-	-	3
<i>P. bipes</i> Stein	P	o	oh	-	k	3
● <i>P. willei</i> Huitf.-Kaas	P	o- β	-	-	Ha	1
<i>Palatinus apiculatus</i> (Ehr.) Craveiro, Calado, Daugbjerg et Moestrup	P	o	-	-	Ha	1
● <i>Parvodinium goslaviense</i> (Wolosz.) Cart.	-	o	-	-	-	3
<i>Peridiniopsis cunningtonii</i> Lemm.	P	-	-	-	k	2

1	2	3	4	5	6	7
семейство Ceratiaceae						
● Ceratium hirundinella f. silesiacum Schröd.	-	-	-	-	-	3
● C. hirundinella f. robustum (Amb.) Bachm.	P	-	-	-	k	2
отдел Cryptophyta класс Cryptophyceae порядок Cryptomonadales семейство Cryptomonadaceae						
Cryptomonas Ehr. sp.	P	-	-	-	-	4
C. caudata Schiller	P	-	i	-	k	1
● C. obovata Skuja	P	o	-	-	-	5
C. ovata Ehr.	P	β - α	hl	-	k	2
отдел Chrysophyta класс Chrysophyceae порядок Chromulinales семейство Chrysococcaceae						
Chrysococcus biporus Skuja	P	o- β	hb	-	k	6
Kephyrion Pasch. sp.	-	-	-	-	-	1
K. doliolum Conr.	P	-	-	-	-	2
K. inconstans (Schmid.) Bourr.	-	o- α	-	-	-	5
K. laticollis (Conr.) Bourr.	-	-	-	-	-	1
● K. litorale Lund	B	-	oh	-	-	1
K. moniliferum (Schmid.) Bourr.	-	o- β	-	-	-	1
K. petasatum Conr.	-	-	-	-	-	3
K. rubri-claustri Conr.	P	o	oh	-	-	3
K. spirale (Lack.) Conr.	P	β -o	i	-	-	1
семейство Bicosoecaceae						
■ Bicosoeca planctonica Kiss.	-	o- α	-	-	-	2
■ Bicoeca urceolata Fott	-	-	-	-	-	1
порядок Ochromonadales семейство Ochromonadaceae						
● Ochromonas crenata Skuja	-	o	-	-	-	6

1	2	3	4	5	6	7
семейство Dinobryonaceae						
Dinobryon divergens Imh.	P	o-α	i	ind	k	2
D. elegans f. glabra Korsch.	P	-	i	-	b	3
D. korschikovii Matv.	B	-	oh	-	-	1
D. sociale Ehr.	P	β	i	-	k	3
Pseudokephyrion Pasch. sp.	-	-	-	-	-	1
P. cylindricum (Lackey) Bourr.	-	β-o	-	-	-	2
● P. inflatum Hilliard	-	-	-	-	-	1
P. poculum Conr.	P	o	-	-	-	2
семейство Synuraceae						
Mallomonas Perty sp.	-	-	-	-	-	2
M. acaroides Perty	P	o-α	i	-	k	3
M. elliptica (Kiss.) Conr.	B	-	i	-	k	3
Microglena Ehr. sp.	-	-	-	-	-	2
Synura uvella Ehr. em. Korsch.	P	o-α	i	-	k	5
отдел Bacillariophyta класс Centrophyceae порядок Thalassiosirales семейство Thalassiosiraceae						
Conticribra weissflogii (Grun.) Stachura-Suchoples et Williams	P-B	o	hl	alf	k	1
семейство Stephanodiscaceae						
Cyclostephanos dubius (Fricke in Schmid.) Round	-	o-β	-	-	-	1
Cyclotella (Kütz.) Bréb. sp.	-	-	-	-	-	1
C. atomus Hust.	P-B	o	hl	-	k	1
C. meneghiniana Kütz.	P-B	o-α	hl	alf	k	3
C. stelligera Cl. et Grun.	P-B	x	i	ind	k	1
C. kuetzingiana Thw.	P-B	β	hl	ind	k	1
Stephanodiscus Ehr. sp.	-	-	-	-	-	5
S. hantzschii Grun. in Cl. et Grun.	P	α-β	i	alf	k	5
S. invisitatus Hohn et Hell.	-	o-β	-	-	-	1
S. minutulus (Kütz.) Cl. et Möll.	P	o-β	i	alf	k	1
Discostella pseudostelligera (Hust.) Houk et Klee	P	o-β	i	ind	-	1

1	2	3	4	5	6	7
<p>порядок Aulacoseirales семейство Aulacoseiraceae</p>						
Aulacoseira ambigua (Grun.) Simons.	P	α - β	i	alf	k	2
A. granulata (Ehr.) Simons.	P-B	β - α	i	ind	k	1
A. islandica (Müll.) Simons.	P	o-x	i	acf	b	1
<p>класс Pennatophyceae порядок Araphales семейство Fragilariaceae</p>						
Fragilaria brevistriata Grun. in Van Heurck	P-B	x-o	i	alf	k	1
F. capucina var. mesolepta Rabenh.	P-B	-	i	alf	k	1
F. tenera (W. Sm.) Lange-Bert.	P	o- α	i	alf	k	1
• Fragilariforma virescens var. subsalina (Grun.) Bukht.	B	-	hl	alf	b	1
• Pseudostaurosira elliptica (Schum.) Edlund, Morales et Spaulding	B	β - α	-	-	k	1
• Staurosira venter (Ehr.) Kobayasi	P-B	β	i	alf	k	1
Staurosirella pinnata (Ehr.) Williams et Round	B	β - α	hl	alf	k	5
Asterionella formosa Hass.	P	o	i	alf	k	1
Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère var. ulna	P-B	o- α	i	alf	k	3
U. ulna var. aequalis (Kütz.) Aboal	B	β	i	alf	k	2
семейство Diatomaceae						
Diatoma tenuis Ag.	P-B	β - α	hl	ind	k	1
D. vulgaris Bory	P-B	β - α	i	ind	k	1
семейство Tabellariaceae						
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.	P-B	x	hb	acf	k	5
<p>порядок Raphales семейство Naviculaceae</p>						
• Adlafia minuscula var. muralis (Grun.) Lange-Bert.	B	o- β	i	ind	k	1
Craticula cuspidata (Kütz.) Mann	B	o	i	alf	k	1
Fallacia pygmaea (Kütz.) Stickle et Mann	B	β -o	mh	alf	k	1
Hippodonta capitata (Ehr.) Lange-Bert., Metzeltin et Witkowski	B	β - α	hl	alf	k	1
Luticola mutica (Kütz.) Mann	B	o	i	ind	k	1
Navicula cincta (Ehr.) Kütz.	B	x-o	hl	alf	k	1
N. cryptocephala var. veneta (Kütz.) Rabenh.	B	x-o	hl	alf	k	1

1	2	3	4	5	6	7
<i>N. exigua</i> var. <i>elliptica</i> Hust.	B	β	i	-	k	1
<i>N. kefvingensis</i> (Ehr.) Kütz.	B	-	mh	-	b	2
<i>N. peregrina</i> var. <i>lanceolata</i> Skv.	B	-	i	-	b	1
<i>N. radiosa</i> Kütz.	B	o	i	ind	k	1
<i>N. rhynchocephala</i> Kütz.	B	β	hl	alf	k	1
• <i>N. tuscula</i> f. <i>intermedia</i> Kiss.	B	-	i	alf	b	1
<i>N. viridula</i> (Kütz.) Ehr.	B	o	hl	alf	k	1
<i>Placoneis elginensis</i> (Greg.) Cox	B	x-o	i	ind	k	1
<i>P. exigua</i> (Greg.) Mereschk.	B	x-o	i	alf	k	1
• <i>Sellaphora mutata</i> (Krasske) Lange-Bert.	B	α	hl	ind	k	1
<i>S. pupula</i> (Kütz.) Mereschk.	B	x-o	hl	ind	k	1
<i>S. rectangularis</i> (Greg.) Lange-Bert. et Metzeltin	B	-	hl	ind	k	1
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehr.	B	x-o	i	ind	k	1
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabenh.	B	o-x	i	alf	k	1
• <i>Pinnularia appendiculata</i> (Ag.) Cl.	B	x	i	ind	k	1
<i>Neidium binode</i> (Ehr.) Hust.	P-B	-	i	alf	k	1
<i>Halamphora coffeaeformis</i> (Ag.) Levkov	B	-	mh	alf	k	2
<i>H. veneta</i> (Kütz.) Levkov	B	o	i	alf	k	1
семейство Achnantaceae						
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr. var. <i>placentula</i>	P-B	o- β	i	alf	k	3
<i>C. placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehr.) Grun.	P-B	-	i	alf	k	3
• <i>C. placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehr.) Van Heurck	P-B	x-o	i	alf	k	3
<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn.	B	β	i	alf	k	1
• <i>Eucocconeis laevis</i> (Øestrup) Lange-Bert.	B	o	-	-	-	1
<i>Lemnicola hungarica</i> (Grun.) Round et Basson	B	o- α	mh	alf	k	1
<i>Planothidium conspicuum</i> (Mayer) Morales	B	o- α	i	alf	k	1
• <i>P. delicatulum</i> (Kütz.) Round et Bukht.	P	-	hl	-	Ha	1
<i>P. ellipticum</i> (Cl.) Edlund	B	-	i	alf	k	1
<i>P. lanceolatum</i> (Bréb. ex Kütz.) Lange-Bert.	B	β - α	i	alf	k	1
семейство Eunotiaceae						
<i>Eunotia lunaris</i> var. <i>capitata</i> Grun.	B	-	i	ind	k	1

1	2	3	4	5	6	7
<i>E. praerupta</i> Ehr.	B	β	hb	acf	k	1
• <i>E. sudetica</i> Müll.	P-B	o- β	i	acf	b	1
семейство Rhoicospheniaceae						
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Ag.) Lange-Bert.	P-B	x-o	i	alf	k	1
семейство Cymbellaceae						
<i>Encyonema prostratum</i> (Berk.) Kütz.	B	o- α	i	ind	k	1
<i>E. ventricosum</i> (Ag.) Grun.	B	o- α	oh	alf	k	1
• <i>Amphora coffaeiformis</i> var. <i>transcaspica</i> Boye P.	-	-	-	-	-	1
<i>Brebissonia lanceolata</i> (Ag.) Mahoney et Reimer	B	o	i	alf	k	1
<i>Navicymbula pusilla</i> (Grun.) Kramm.	B	-	hl	alf	k	1
семейство Gomphonemataceae						
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehr.	P-B	x- β	i	alf	k	1
<i>G. constrictum</i> var. <i>capitatum</i> (Ehr.) Cl.	B	β	i	alf	b	1
<i>G. olivaceum</i> (Hornem.) Bréb.	B	x-o	-	-	-	1
<i>G. parvulum</i> (Kütz.) Kütz.	B	x	i	ind	k	1
семейство Epithemiaceae						
<i>Epithemia adnata</i> (Kütz.) Bréb. var. <i>adnata</i>	B	β - α	i	alb	k	1
<i>E. adnata</i> var. <i>porcellus</i> (Kütz.) Patr.	B	β	i	alb	k	1
<i>E. sorex</i> Kütz.	B	o- α	i	-	k	1
<i>E. turgida</i> var. <i>granulata</i> (Ehr.) Brun	B	-	hl	ind	b	1
семейство Rhopalodiaceae						
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehr.) Müll.	B	x-o	i	alb	k	1
семейство Nitzschiaceae						
<i>Nitzschia</i> Hass. sp.	-	-	-	-	-	5
<i>N. amphibia</i> Grun.	P-B	o	i	alf	k	1
<i>N. fonticola</i> Grun. in Cl.	B	o- β	i	alb	b	1
<i>N. frustulum</i> (Kütz.) Grun.	B	β	hl	alf	k	1
<i>N. graciliformis</i> Lange-Bert. et Simons.	-	-	-	-	-	4
<i>N. palea</i> (Kütz.) W. Sm. var. <i>palea</i>	P-B	o-x	i	ind	k	1
<i>N. palea</i> var. <i>capitata</i> Wisl. et Poretzky	B	β	i	ind	k	1
<i>N. pusilla</i> Grun.	P-B	x	-	-	k	1

1	2	3	4	5	6	7
<i>N. sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Sm.	P-B	o	i	alf	k	1
<i>N. thermalis</i> (Ehr.) Auersw. var. <i>thermalis</i>	P	x	i	ind	k	1
• <i>N. thermalis</i> var. <i>intermedia</i> Grun.	-	-	i	-	-	1
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun. in Cl. et Grun.	B	β -o	i	ind	k	1
<i>Tryblionella hungarica</i> (Grun.) Freng.	P-B	α - β	mh	alf	k	1
семейство Surirellaceae						
<i>Surirella minuta</i> Bréb.	B	o- α	i	ind	k	1
<i>Cymatopleura solea</i> (Bréb.) W. Sm.	P-B	o	i	alf	k	1
отдел Xanthophyta класс Heterococcophyceae порядок Heterococcales семейство Pleurochloridaceae						
• <i>Vischeria stellata</i> (Chod.) Pasch.	-	-	-	-	-	1
<i>Pseudogoniochloris tripus</i> (Pasch.) Krienitz, Hegewald, Reymond et Peschke	-	o	-	-	-	2
• <i>Isthmochloron lobulatum</i> (Näg.) Skuja	-	-	-	-	-	1
семейство Chlorotheciaceae						
<i>Ophiocytium capitatum</i> Wolle	P	o	oh	-	k	2
отдел Chlorophyta класс Chlorodendrophyceae порядок Chlorodendrales семейство Chlorodendraceae						
• <i>Tetraselmis arnoldii</i> (Prosch.-Lavr.) Norris, Hori et Chihara	-	-	-	-	-	2
класс Prasinophyceae порядок Nephroselmidales семейство Nephroselmidaceae						
• <i>Nephroselmis olivacea</i> Stein	-	β -o	-	-	-	5
класс Trebouxiophyceae порядок Chlorellales семейство Chlorellaceae						
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerh. var. <i>hantzschii</i>	P-B	β	i	-	k	3
<i>A. hantzschii</i> var. <i>subtile</i> Wolosz.	P-B	β	i	-	k	2
<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer.	P-B	α	hl	-	k	1

1	2	3	4	5	6	7
<i>Closteriopsis acicularis</i> (G.M. Smith) Belch. et Swale	P-B	α - α	i	-	k	1
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Näg.	P-B	α - β	-	-	Ha	1
<i>D. granulatum</i> Hind.	-	-	-	-	-	3
<i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (Wood) Bock, Proschold et Krienitz	P-B	β	i	ind	k	5
<i>Hegewaldia parvula</i> (Woronich.) Proschold, Bock, Luo et Krienitz	P	-	i	-	-	5
<i>Hindakia tetrachotoma</i> (Printz) Bock, Proschold et Krienitz	P	β - α	-	-	Ha	1
<i>Micractinium pusillum</i> Fres.	P-B	β - α	-	-	k	3
<i>Siderocelis ornata</i> Fott	P-B	β	i	-	k	3
<i>S. sphaerica</i> Hind.	-	-	-	-	-	2
семейство Oocystaceae						
● <i>Amphikrikos nanus</i> (Fott et Heyn.) Hind.	-	-	-	-	-	3
<i>Crucigeniella apiculata</i> (Lemm.) Kom.	P-B	β	-	-	k	5
<i>Didymocystis inermis</i> (Fott) Fott	-	α - α	-	-	-	2
<i>Granulocystis verrucosa</i> (Roll) Hind.	-	α - α	-	-	-	1
<i>Juraniella javorkae</i> (Hortob.) Hortob.	-	-	-	-	-	2
<i>Lagerheimia ciliata</i> (Lagerh.) Chod.	P-B	β	-	-	k	1
<i>L. genevensis</i> Chod.	P	β	i	-	k	3
<i>L. marssonii</i> Lemm.	-	-	-	-	-	1
<i>L. wratislaviensis</i> Schröd.	P-B	β	-	-	Ha	2
<i>Nephrochlamys willeana</i> (Printz) Korsch.	P	-	-	-	Ha	4
<i>Oocystis borgei</i> Snow	P-B	β - α	i	ind	k	3
<i>O. elliptica</i> W. West	P-B	-	-	-	Ha	3
<i>O. lacustris</i> Chod.	P-B	β - α	hl	-	k	2
<i>O. marssonii</i> Lemm.	P	β - α	-	-	k	2
<i>O. parva</i> W. et G. S. West	P	β	-	-	k	5
<i>O. rhomboidea</i> Fott	-	α - α	-	-	-	2
<i>O. submarina</i> Lagerh.	P-B	-	i	-	k	1
<i>Siderocystopsis punctifera</i> (Boloch.) Hegewald et Schnepf	P-B	-	i	-	k	1
<i>Tetrachlorella alternans</i> (G. M. Smith) Korsch.	P-B	-	-	-	Ha	3
семейство Elakatotrichaceae						
<i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille	P	α	i	-	k	2

1	2	3	4	5	6	7
• <i>E. parvula</i> (Arch.) Hind.	-	-	-	-	-	2
<i>E. pseudogelatinosa</i> Korsch.	P	-	-	-	-	2
класс Chlorophyceae порядок Chlamydomonadales семейство Chlamydomonadaceae						
• <i>Carteria klebsii</i> (Dang.) Francé	P	β	i	-	k	6
• <i>C. peterhofiensis</i> Kiss.	P	α - β	-	-	-	1
<i>Chlamydomonas</i> Ehr. sp.	P	-	-	-	-	6
• <i>Sphaerellopsis mucosa</i> (Korsch.) Pentecost	-	-	-	-	-	4
• <i>Vitreochlamys gloeocystiformis</i> (O. Dill) Nakazawa	-	-	-	-	-	2
семейство Haematococcaceae						
• <i>Chlorogonium peterhofiense</i> Kiss.	-	-	-	-	-	2
семейство Phacotaceae						
• <i>Pteromonas torta</i> Korsch.	P	-	-	-	k	1
порядок Volvocales семейство Volvocaceae						
<i>Eudorina elegans</i> Ehr.	P	β	i	-	k	5
<i>Pandorina charkowiensis</i> Korsch.	P	β	-	-	Ha	3
<i>Volvox aureus</i> Ehr.	P	β	i	-	k	6
порядок Tetrasporales семейство Chlorangiellaceae						
• <i>Chlorophysema apiocystiforme</i> (Artari) Pasch.	-	-	-	-	-	3
порядок Chlorococcales семейство Chlorococcaceae						
<i>Chlorococcum</i> Menegh. sp. 1	P	-	-	-	-	4
Ch. Menegh. sp. 2	P	-	-	-	-	1
семейство Sphaerocystidaceae						
<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Korsch.) Bourr.	P	-	i	-	k	4
семейство Treubariaceae						
<i>Treubaria planctonica</i> (G. M. Smith) Korsch.	P	α - β	-	-	Ha	1
<i>T. schmidlei</i> (Schröd.) Fott et Kov.	P	-	i	-	k	2
<i>T. setigera</i> (Arch.) G. M. Smith	P	β - α	oh	-	Ha	2

1	2	3	4	5	6	7
<i>T. triappendiculata</i> Bern.	P-B	-	-	-	k	3
семейство Scotielloccystoidaceae						
<i>Mychonastes jurisii</i> (Hind.) Krienitz, Bock, Dadheech et Proschold	-	-	-	-	-	5
порядок Sphaeropleales семейство Radiococcaceae						
<i>Coenochloris pyrenoidosa</i> Korsch.	P	-	hl	-	-	4
<i>Coenococcus planctonicus</i> Korsch.	P	-	-	-	Ha	3
семейство Characiaceae						
<i>Ankyra ancora</i> (G. M. Smith) Fott	P	β	-	-	Ha	1
<i>Characium ornithocephalum</i> A. Br.	Ep	-	i	-	k	2
<i>Korschikoviella limnetica</i> (Lemm.) Silva	-	-	-	-	-	1
<i>Schroederia setigera</i> (Schröd.) Lemm.	P	β -o	i	-	k	3
<i>S. spiralis</i> (Printz) Korsch.	-	β -o	-	-	-	1
семейство Hydrodictyaceae						
<i>Parapediastrum biradiatum</i> (Meyen) Hegewald	P	-	-	-	-	1
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	P	o- α	i	ind	k	1
<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turp.) Hegewald var. <i>boryanum</i>	P-B	o- α	i	ind	k	3
<i>P. boryanum</i> var. <i>longicorne</i> (Reinsch) Tsar. comb. nova	P-B	-	-	-	k	3
<i>Stauridium tetras</i> (Ehr.) Hegewald	-	β	-	-	-	3
<i>Tetraedron caudatum</i> (Corda) Hansg.	P-B	β	i	ind	k	2
<i>T. incus</i> (Teil.) G. M. Smith	P-B	β	i	-	k	2
<i>T. minimum</i> (A. Br.) Hansg. var. <i>minimum</i>	P-B	β	i	-	k	2
<i>T. minimum</i> var. <i>scrobiculatum</i> Lagerh.	P-B	-	-	-	Ha	1
семейство Selenastraceae						
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs	P-B	β	hb	-	k	1
<i>A. fusiformis</i> Corda ex Korsch.	P-B	β -o	i	-	k	2
<i>A. spiralis</i> (Turn.) Lemm.	P	β	-	-	-	4
<i>Chlorolobion braunii</i> (Näg.) Kom.-Legn.	P-B	o- β	-	-	k	2
• <i>Hyaloraphidium contortum</i> var. <i>tenuissimum</i> Korsch.	P-B	β	i	-	-	2
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korsch.) Hind.	P-B	β	-	-	k	1
<i>M. contortum</i> (Thur.) Kom.-Legn.	P-B	β	-	-	k	5
<i>M. griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn.	P-B	β	-	-	k	3

1	2	3	4	5	6	7
<i>M. irregulare</i> (G. M. Smith) Kom.-Legn.	P-B	-	-	-	k	3
<i>M. komarkovae</i> Nyg.	P-B	-	-	-	Ha	5
<i>M. minutum</i> (Näg.) Kom.-Legn.	P-B	β - α	-	-	k	4
<i>M. tortile</i> (W. et G. S. West) Kom.-Legn.	P	α - α	-	-	-	5
<i>Raphidocelis sigmoidea</i> Hind.	P	-	-	-	b	6
<i>R. subcapitata</i> (Korsch.) Nyg.	P-B	α - β	-	-	Ha	3
<i>Pseudokirchneriella contorta</i> (Schmid.) Hind.	P-B	-	-	-	k	1
<i>P. danubiana</i> (Hind.) Hind.	-	-	-	-	-	5
<i>Selenastrum bibraianum</i> Reinsch	P-B	β	-	-	k	2
<i>S. gracile</i> Reinsch	P-B	α - α	-	-	k	2
семейство Scenedesmaceae						
<i>Acutodesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Tsar.	P-B	β	i	ind	k	4
<i>A. obliquus</i> (Turp.) Tsar.	P-B	β -p	i	-	k	2
<i>Coelastrum astroideum</i> Notaris	P	β	-	-	k	3
<i>C. microporum</i> Näg.	P-B	β	i	ind	k	4
<i>Crucigenia quadrata</i> Morren	P-B	β - α	i	acf	k	2
<i>C. tetrapedia</i> (Kirchn.) W. et G. S. West	P-B	α - α	i	ind	k	5
<i>Desmodesmus armatus</i> (Chod.) Hegewald var. <i>armatus</i>	P-B	α - α	-	-	k	3
<i>D. armatus</i> var. <i>spinosus</i> (Fritsch et Rich) Hegewald	-	-	-	-	-	2
<i>D. brasiliensis</i> (Bohl.) Hegewald	-	-	-	-	-	2
<i>D. caudato-aculeolatus</i> (Chod.) Tsar.	P	-	-	-	k	5
<i>D. communis</i> (Hegewald) Hegewald	P	β	i	ind	k	2
<i>D. costato-granulatus</i> (Skuja) Hegewald	-	β	-	-	-	4
<i>D. grahneisii</i> (Heyn.) Hegewald	-	-	-	-	-	2
<i>D. intermedius</i> (Chod.) Hegewald var. <i>intermedius</i>	P-B	β	-	-	k	3
<i>D. intermedius</i> var. <i>acutispinus</i> (Roll) Hegewald	-	β	-	-	-	5
<i>D. intermedius</i> var. <i>balatonicus</i> (Hortob.) Tsar.	-	-	-	-	-	2
<i>D. lefevrei</i> (Defl.) An, Friedl et Hegewald	P-B	β	-	-	k	2
<i>D. microspina</i> (Chod.) Tsar.	-	-	-	-	-	2
<i>D. opoliensis</i> var. <i>carinatus</i> (Lemm.) Hegewald	P-B	-	-	-	k	1
<i>D. spinosus</i> (Chod.) Hegewald	P-B	α - β	-	-	Ha	1

1	2	3	4	5	6	7
<i>D. subspicatus</i> (Chod.) Hegewald et Schmid.	P-B	o	-	-	k	2
<i>Enallax acutiformis</i> (Schröd.) Hind.	P-B	o-α	-	-	k	2
<i>E. costatus</i> (Schmid.) Pasch.	-	-	-	-	-	1
<i>Pseudodidymocystis planctonica</i> (Korsch.) Hegewald et Deason	-	β	-	-	-	2
<i>Scenedesmus arcuatus</i> (Lemm.) Lemm.	P-B	o-α	i	-	k	3
<i>S. ellipticus</i> Corda	P-B	o-β	-	-	k	3
<i>S. obtusus</i> Meyen	P-B	β	-	-	Ha	2
<i>Verrucodesmus verrucosus</i> (Roll) Hegewald	-	β	-	-	-	3
<i>Schroederiella papillata</i> Korsch.	P	-	-	-	-	4
<i>Tetrastrum elegans</i> Playf.	P-B	o-β	i	-	k	2
<i>T. staurogeniiforme</i> (Schröd.) Lemm.	P-B	β	i	-	k	1
<i>Westella botryoides</i> (West) De Wild.	P	β	-	-	k	1
класс Ulotrichophyceae порядок Ulotrichales семейство Aphanochaetaceae						
● <i>Thamniochaete huberi</i> Gay	-	-	-	-	-	-
отдел Streptophyta класс Zygnemophyceae порядок Desmidiaceae семейство Closteriaceae						
<i>Closterium acutum</i> var. <i>variabile</i> (Lemm.) Krieg.	B	β	-	-	Ha	3
<i>C. acutum</i> f. <i>tenuis</i> Nordst.	P-B	-	-	-	Ha	1
семейство Desmidiaceae						
<i>Cosmarium</i> Corda sp.	-	-	-	-	-	1
● <i>C. bioculatum</i> Bréb. ex Ralfs var. <i>bioculatum</i>	P-B	-	hb	-	k	2
● <i>C. bioculatum</i> var. <i>depressum</i> (Schaar.) Schmid.	-	-	-	-	-	1
● <i>C. lapponicum</i> Borge.	-	-	-	-	-	1
● <i>C. margaritifera</i> Menegh.	B	-	i	-	k	1
● <i>C. polygonum</i> (Näg.) Arch.	-	-	-	-	-	1
● <i>C. trilobulatum</i> var. <i>depressum</i> Printz	-	-	-	-	-	1
● <i>C. variolatum</i> var. <i>catractarum</i> Racib.	-	-	-	-	-	1
<i>Staurostrum</i> Meyen sp.	-	-	-	-	-	2

1	2	3	4	5	6	7
● <i>S. hexacerum</i> Ehr. ex Wittr.	P	-	-	acf	-	1
порядок Zygnematales семейство Zygnemataceae						
<i>Spirogyra</i> Link sp.	B	-	-	-	-	1

ПРИМЕЧАНИЯ:

● – новый для Омского Прииртышья таксон;

■ – нефотосинтезирующие водоросли.

Местообитание: P – планктонные, P-B – планктонно-бентосные, B – бентосные, Ep – эпифиты.

Галобность: hl – галофил, i – индифферент, hb – галофоб, mh – мезогалоб, oh – олигогалоб.

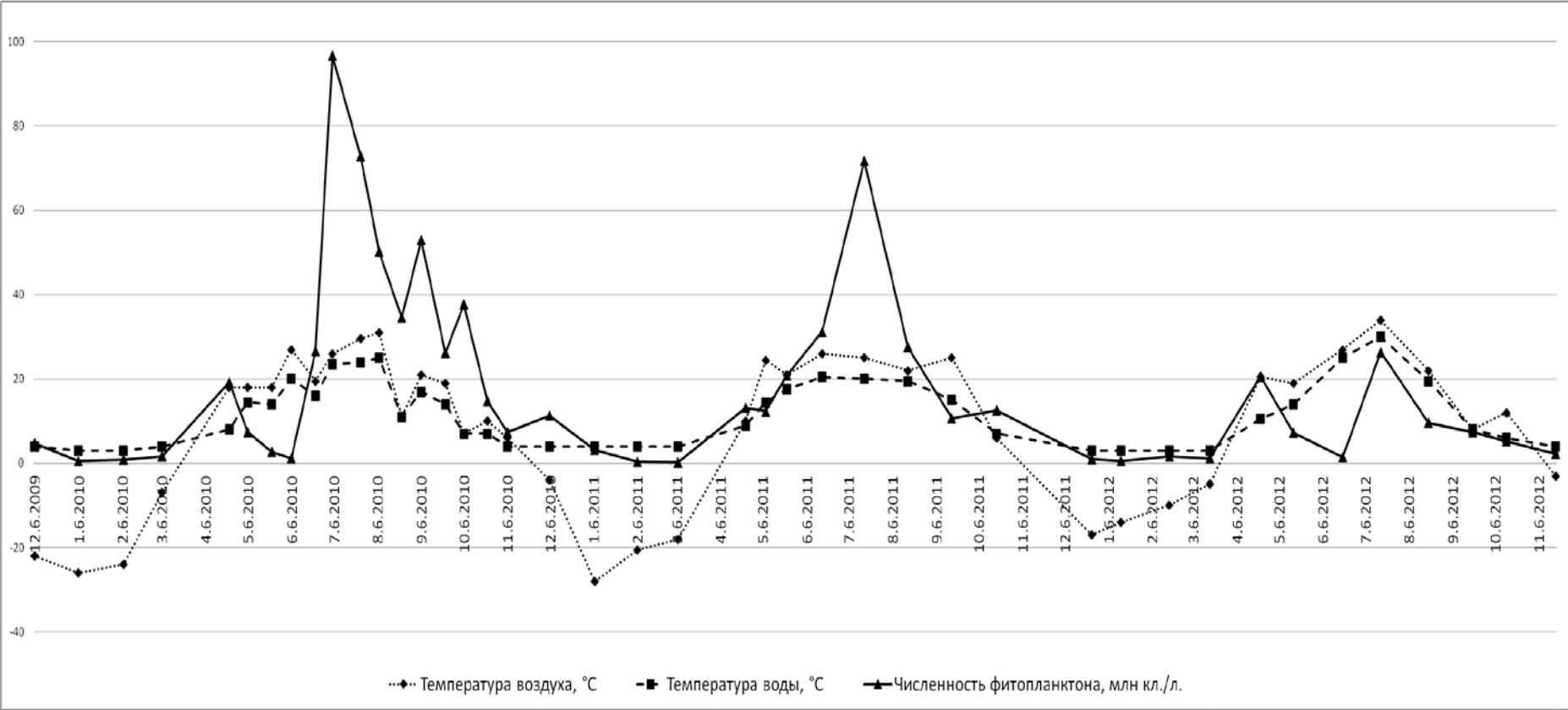
Ацидофильность: acf – ацидофил, ind – индифферент, alf – алкаифил, alb – алкалибионт.

Географическое распространение: a-a – аркто-альпийский; b – бореальный; cb – циркумбореальный; Ha – голарктический; k – космополит.

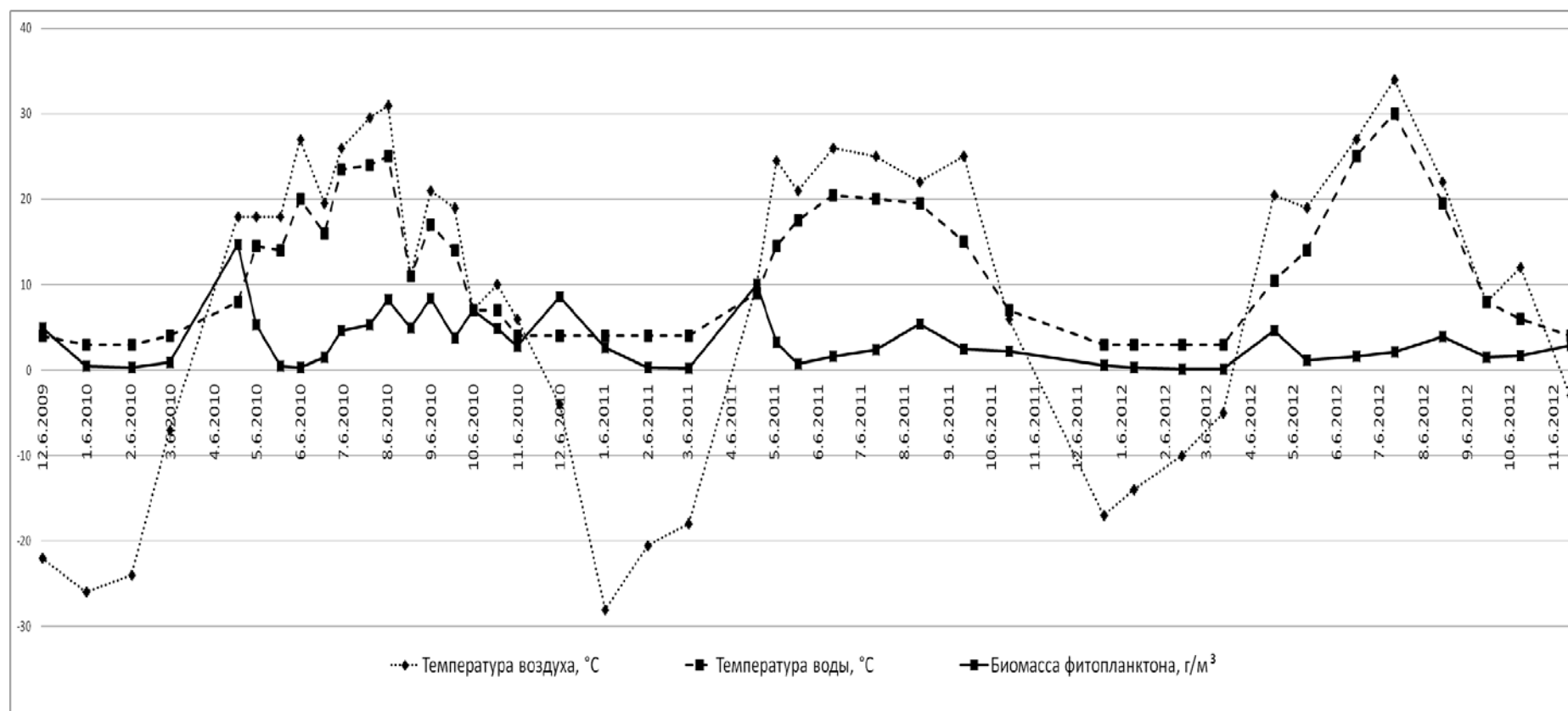
Показатели сапробности: χ – ксеносапробионт; χ -o – ксено-олигосапробионт; o- χ – олиго-ксеносапробионт; χ - β – ксено-бетамезосапробионт; o – олигосапробионт; o- β – олиго-бетамезосапробионт; β -o – бета-олигосапробионт; o- α – олиго-альфамезосапробионт; β – бетамезосапробионт; β - α – бета-альфамезосапробионт; α - β – альфабетамезосапробионт; α – альфамезосапробионт; p – полисапробионт; α -p – альфа-полисаробионт; β -p – бета-полисапробионт; i – изосапробионт.

Обилие видов указано по шестибальной шкале: 1 – до 10 тыс. кл./л; 2 – от 10 до 100 тыс. кл./л; 3 – от 100 до 500 тыс. кл./л; 4 – от 500 тыс. кл./л до 1 млн. кл./л; 5 – от 1 до 5 млн кл./л; 6 – от 5 до 10 млн кл./л; 7 – более 10 млн. кл./л.

Динамика температуры воздуха, воды и численности фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань», 2009–2012 гг.



Динамика температуры воздуха, воды и биомассы фитопланктона водоема природного парка
«Птичья гавань», 2009–2012 гг.



Численность и биомасса фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» по сезонам 2009–2012 гг.

Сезон, год	Общая численность, млн кл./л	Общая биомасса, г/м ³	Численность, % биомасса, %							
			Цуанобас- teria	Dinophyta	Crypto- phyta	Chryso- phyta	Bacillario- phyta	Eugleno- phyta	Chloro- phyta	Прочие
Зима 2009–2010 гг.	1,99 ±1,62	1,74±1,82	2,99 0,71	2,16 30,45	13,74 19,47	10,94 9,65	3,69 6,80	5,85 10,96	39,63 17,80	20,99 4,17
Весна 2010 г.	7,58±6,09	5,18±5,42	4,85 0,15	0,27 3,88	0,20 0,22	14,44 3,85	20,32 16,40	4,87 32,33	27,25 39,50	27,79 3,66
Лето 2010 г.	55,61±26,05	5,49±2,78	83,98 10,57	0,04 2,97	0,01 0,05	2,99 6,59	1,33 7,48	0,66 38,41	7,98 31,18	3,00 2,74
Осень 2010 г.	21,48±11,39	4,61±1,67	49,16 4,20	0,46 12,73	–	13,87 20,74	0,86 1,79	1,73 33,13	31,30 26,31	2,62 1,10
Зима 2010–2011 гг.	3,75±4,11	2,93±3,23	0,47 0,03	0,51 4,86	–	83,78 64,06	0,17 0,06	0,75 5,61	10,35 24,92	3,98 0,46
Весна 2011 г.	15,44±5,33	4,67±3,64	51,89 2,48	0,52 8,77	–	9,04 7,83	5,09 8,00	2,42 37,15	27,28 34,65	3,77 1,13
Лето 2011 г.	43,50±22,06	3,10±1,74	76,15 11,63	0,06 13,48	–	2,54 20,84	0,29 2,29	0,37 19,51	17,83 28,45	2,76 3,81
Осень 2011 г.	11,59±3,42	2,33±0,72	42,59 2,39	0,16 7,48	–	28,10 34,40	0,83 2,46	1,41 23,75	25,11 28,72	1,80 0,80
Зима 2011–2012 гг.	1,06±0,66	0,29±0,20	66,67 16,23	0,09 3,00	5,28 23,68	16,31 31,98	0,05 0,17	1,89 20,18	8,72 4,44	0,99 0,32
Весна 2012 г.	13,88±6,70	2,87±1,74	8,19 0,61	0,48 7,22	0,47 2,81	44,34 41,89	13,74 12,82	0,61 12,43	24,79 19,02	7,37 3,21
Лето 2012 г.	12,33±9,61	2,64±1,87	79,31 4,28	0,28 58,79	1,25 7,23	4,69 8,78	5,39 4,15	0,51 9,67	5,64 5,65	2,94 1,45
Осень 2012 г.	6,18±2,25	1,60±0,29	37,36 1,67	0,52 10,04	3,03 14,48	43,00 51,67	5,46 9,38	0,50 5,73	9,74 6,90	0,40 0,14
Зима 2012 г.	2,25±0,31	2,84±1,23	1,51 0,01	6,68 56,74	2,14 2,09	72,75 33,90	3,92 2,13	0,27 0,47	12,73 4,66	–