

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

На правах рукописи

**Кренц Олеся Олеговна**

**ФИТОПЛАНКТОН И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ  
РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕР ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ОМСКОГО  
ПРИИРТЫШЬЯ**

03.02.08 – экология (биология)

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

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

Тюмень 2017

## Оглавление

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....   | 4  |
| ГЛАВА 1. Краткая физико-географическая характеристика обследованных озер и степень изученности их фитопланктона ..... | 9  |
| 1.1. Природно-климатические условия лесостепной зоны Омского Прииртышья.....  | 9  |
| 1.2. Краткая физико-географическая характеристика обследованных озер..  | 13 |
| 1.3. История исследования фитопланктона озер юга Западной Сибири.....   | 20 |
| ГЛАВА 2. Материалы и методы исследований .....  | 30 |
| ГЛАВА 3. Фитопланктон озер лесостепной зоны Омского Прииртышья ...  | 37 |
| 3.1. Фитопланктон озерной системы Салтаим-Тенис.....  | 37 |
| 3.1.1. Таксономический состав и структура фитопланктона озера Салтаим   | 37 |
| 3.1.2. Таксономический состав и структура фитопланктона озера Тенис.....  | 46 |
| 3.1.3. Доминирующие комплексы фитопланктона озерной системы Салтаим-Тенис.....  | 53 |
| 3.1.4. Эколого-географическая характеристика водорослей и цианобактерий.....  | 58 |
| 3.3. Фитопланктон озера Инберень .....  | 63 |
| 3.3.1. Таксономический состав и структура фитопланктона озера Инберень.....   | 63 |
| 3.3.2. Доминирующие комплексы фитопланктона.....  | 70 |
| 3.3.3. Эколого-географическая характеристика водорослей и цианобактерий .....   | 72 |
| ГЛАВА 4. Сезонная и межгодовая динамика фитопланктона обследованных озер.....   | 78 |
| 4.1. Озеро Инберень.....  | 78 |
| 4.2. Озерная система Салтаим-Тенис.....   | 86 |
| ГЛАВА 5. Экологическое состояние и оценка качества воды обследованных озер.....                                       | 92 |

|   |     |
|---|-----|
| 5.1. Сапробность воды.....                      | 92  |
| 5.2. Трофический статус и качество воды.....    | 98  |
| 5.3. Индексы биоразнообразия фитопланктона..... | 102 |
| ВЫВОДЫ .....                                    | 110 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....                  | 112 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ.....                                 | 133 |

## Введение

**Актуальность проблемы.** Омская область является богатым озерным регионом Западной Сибири. В пределах Омской области располагается среднее течение реки Иртыш, часто эту территорию называют Омское Прииртышье (Земля, на которой..., 2006). Водные экосистемы с многовидовыми комплексами растений и животных, сформированные на территории Омского Прииртышья, имеют важное экологическое значение. Крупные озера (Ик, Салтаим, Тенис) играют большую роль в развитии рыбного хозяйства, имеют охотничье-промысловое значение. Водоемы Омского Прииртышья интенсивно используются для питьевого водоснабжения, в хозяйственно-бытовых и иных целях. Многие озера активно используются населением в рекреационных целях.

Нарастающее антропогенное влияние на природные комплексы приводит к трансформации водосборной территории, «цветению» воды и истощению водных объектов, тем самым ускоряя естественное старение водоемов (Балошенко, 2001; Кривицкий, 2007). Экологическое состояние водных объектов и качество их вод является необходимым условием сохранения здоровья населения, биоразнообразия, эстетического и рекреационного потенциала природы (Хубларян, Моисеенко, 2009). В связи с этим, для оценки экологического состояния водных экосистем необходимо проведение многолетних наблюдений за изменением структурных и функциональных характеристик его компонентов.

Наиболее полно состояние водной экосистемы можно оценить по составу сообществ водных организмов. Интенсивное поступление биогенных веществ уменьшает разнообразие и продуктивность водоемов и увеличивает продукцию ограниченного числа видов. Фитопланктону принадлежит ключевое место в системе оценки экологического состояния водных объектов, поскольку он находится в основании трофической пирамиды и первый принимает на себя оказываемое воздействие. Фитопланктон, как и другие водорос-

левые сообщества, служит максимально удобным объектом в системе биомониторинга, обладая быстрым и интегральным ответом на любые внешние воздействия (Трифонова, 1979; Абакумов, 1977).

Кроме того, водоросли и цианобактерии, входящие в состав фитопланктона, являются важным звеном биологического разнообразия водных экосистем. Всестороннее изучение и выявление видового состава фитопланктона водных объектов является актуальным не только с точки зрения инвентаризации биоразнообразия, но в целях наиболее эффективного использования и охраны водоемов (Баринова и др., 2006).

**Цель исследования:** оценить современный уровень развития фитопланктона и экологическое состояние разнотипных озер лесостепной зоны Омского Прииртышья.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

- изучить видовой состав и таксономическую структуру фитопланктона;
- выделить доминирующие комплексы фитопланктона;
- провести анализ эколого-географических характеристик идентифицированных видов водорослей и цианобактерий;
- изучить сезонную и межгодовую динамику численности и биомассы фитопланктона;
- оценить сапробность воды;
- оценить биоразнообразие фитопланктона;
- определить качество воды и трофический статус озер по показателям развития фитопланктона.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. По таксономическому составу и структуре фитопланктон обследованных озер Омского Прииртышья имеет цианобактериально-хлорофитный характер, присущий высокоэвтрофным озерам лесостепной зоны.

2. По сходству видового состава, таксономической структуры и доминирующего комплекса фитопланктона озера Салтаим и Тенис представляют собой единую озерную систему.

3. Трофический уровень и экологическое состояние озерной системы Салтаим-Тенис по сравнению с данными середины XX века остаются стабильными.

**Научная новизна.** Впервые проведены систематические исследования фитопланктона озера Инберень. Получены сведения о видовом составе и таксономической структуре фитопланктона, его численности и биомассе, сезонной и межгодовой динамике. Определен трофический статус, категория и класс качества воды. Проведена оценка изменений структуры и количественных показателей фитопланктона, трофического статуса озер Тенис, Салтаим в сравнении с данными предыдущих исследований в середине XX века. Составлен аннотированный список водорослей и цианобактерий, включающий 247 видов и 255 разновидностей и форм, включая номенклатурный тип вида. Найдено 10 новых для Омского Прииртышья видов, разновидностей и форм (ВРФ) водорослей и цианобактерий.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Работы выполнена в рамках госбюджетной темы НИР ФГБОУ ВО Омский ГАУ «Фитопланктон водоемов и водотоков Омского Прииртышья», номер государственной регистрации 01200603662.

Полученные результаты являются информационной и методической основой для организации и проведения биомониторинга озера Инберень в проекте создания особо охраняемой природной территории регионального значения.

Материалы проведенных исследований будут использованы при создании базы данных по фитопланктону Омского Прииртышья. Результаты исследований использовались для оценки естественной рыбопродуктивности озерной системы Салтаим-Тенис.

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, экологии, природообустройства и водопользования ФГБОУ ВО Омский ГАУ.

**Апробация работы.** Материалы диссертации были представлены на Международной конференции «Экономические и экологические проблемы в меняющемся мире» (Омск, 2009), Международной научно-практической конференции «Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона» (Омск, 2010, 2012), Всероссийской конференции с международным участием «Водные экосистемы Сибири и перспективы их использования» (Томск, 2011), X Международной научно-практической конференции «Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии» (Барнаул, 2011), IV Всероссийской молодежной научно-технической конференции с международным участием «Россия молодая: передовые технологии – в промышленность!» (Омск, 2011), IV Международной конференции «Актуальные проблемы современной альгологии» (Киев, 2012), Всероссийской научной конференции с международным участием «Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии» (Барнаул, 2012), XIII Международной научной конференции «Диатомовые водоросли: современное состояние и перспективы исследований» (Борок, 2013), Всероссийской научной конференции с международным участием «Современные проблемы ботаники, микробиологии и природопользования в Западной Сибири и на сопредельных территориях» (Сургут, 2015).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 12 работ, из них 2 – в изданиях, включенных в перечень ВАК и 2 – в международном журнале.

**Личный вклад автора.** Материалом для диссертации послужили пробы фитопланктона разнотипных озер лесостепной зоны Омского Прииртышья

шья, собранные и обработанные лично автором с 2010 по 2012 год. Анализ полученных данных и их интерпретация проводилась самостоятельно. 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 диссертационной работы.** Диссертация изложена на 148 страницах машинописного текста и состоит из введения, пяти глав, выводов, библиографического списка и приложений. Список литературы включает 187 источников, в том числе 16 на иностранном языке. Работа содержит 38 рисунков, 21 таблицу и 3 приложения.

**Благодарности.** Автор искренне благодарит научного руководителя д.б.н., профессора О.П. Баженову за консультации и советы. Автор выражает глубокую признательность к. с.-х. наук, заведующему лабораторией ихтиологии Новосибирского филиала ФГБНУ «Госрыбцентр» В.Ф. Зайцеву за помощь в организации отбора проб фитопланктона озер Салтаим и Тенис, а также А.А. Безбородову за помощь в организации отбора проб фитопланктона озера Инберень.

## **Глава 1. Краткая физико-географическая характеристика обследованных озер и степень изученности их фитопланктона**

### **1.1. Природно-климатические условия лесостепной зоны Омского Прииртышья**

Омская область расположена на юге Западно-Сибирской равнины, её территория вытянута с юга на север на 450 – 500 км и захватывает степную, лесостепную и лесную зоны. Важнейшим природным потенциалом Омской области являются водные ресурсы. Все водотоки области принадлежат бассейну реки Иртыш, эту территорию называют Омским Прииртышьем. В долинах крупных рек и на водоразделах расположено более 16 тысяч малых и больших озер с общей площадью 190,4 тысяч гектар (Земля на которой..., 2006).

Лесостепная зона Омской области отличается обилием разнообразных по форме и величине озер, которые значительно различаются по гидрохимическим и морфометрическим показателям. К числу наиболее крупных пресных водоемов Ишимской равнины относятся озера Салтаим и Тенис (Зенюк, 1975; Чащин, 1999). В левобережной части долины реки Иртыш, в пределах урочища Батаково, в гравах и межгривных понижениях существует достаточно сложная гидрологическая сеть. Она представлена различными водотоками и водоемами, в том числе пойменными озераами. Наибольший интерес для рекреации представляет одно из крупных старичных озер – Инберень (Балошенко, 2001; Научное обоснование..., 2012).

Как известно, климат является одним из важных факторов, влияющих на гидрохимические характеристики озера, а также на состав и обилие фитопланктона. Поэтому основные характеристики развития фитопланктона зависят от климатических факторов, влияющих на водообмен озер.

Озера, расположенные в лесостепи, находятся в зоне оптимального увлажнения. Главной чертой климата лесостепной зоны является его

континентальность. Проникновение арктических холодных масс воздуха с севера и сухих – из Казахстана и Средней Азии обуславливает резкие и быстрые изменения погоды и приводит к неустойчивости климата. Климат характеризуется суровой продолжительной зимой, длительным залеганием снежного покрова, короткими переходными сезонами.

Основными факторами, обуславливающими температурный режим территории, являются географическое положение, атмосферная циркуляция, рельеф местности. Зима в районе обследования холодная и продолжительная. Средняя температура января минус 19,1 °С. Лето всегда теплое, жаркое и засушливое, но непродолжительное. Средняя многолетняя температура самого теплого месяца июля равна плюс 18 °С. Продолжительность периода со среднесуточной температурой атмосферного воздуха выше 10 °С равна в среднем 120 дней. Период со среднесуточной температурой выше 15 °С длится 70–80 дней. Средняя многолетняя годовая сумма осадков составляет 350–400 мм. Преобладающими ветрами в зимнее время являются западные и юго-западные, в летнее время – северные и северо-западные (Атлас..., 1999).

За период исследования с июня 2010 по август 2012 годов среднегодовая температура воздуха колебалась в пределах от 0,8 до 1,4 °С. Самым холодным месяцем за этот период оказался январь 2010 года, минимальная температура воздуха понижалась до минус 37 °С... минус 45 °С. Абсолютный максимум температуры отмечался в июле и августе 2012 года и составил плюс 33 °С... плюс 39 °С (Рисунок 1.1).

Зима 2010–2011 годов отличалась аномально низкими температурами и обилием снегопадов. Умеренно холодной и малоснежной наблюдалась зима 2011–2012 годов, в этот сезон отмечен недобор осадков (Рисунок 1.2) (Доклад о состоянии..., 2011, 2012, 2013).

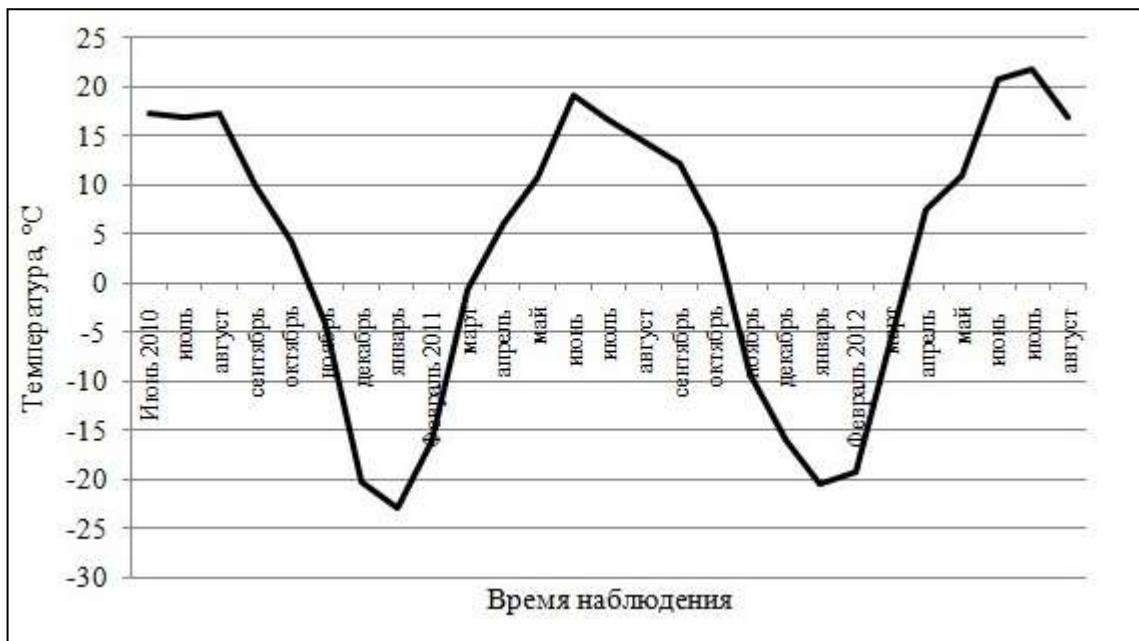


Рисунок 1.1 – Сезонные колебания температуры воздуха в лесостепной зоне Омского Прииртышья (пос. Крутинка) в 2010–2012 годы (по данным ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС»)

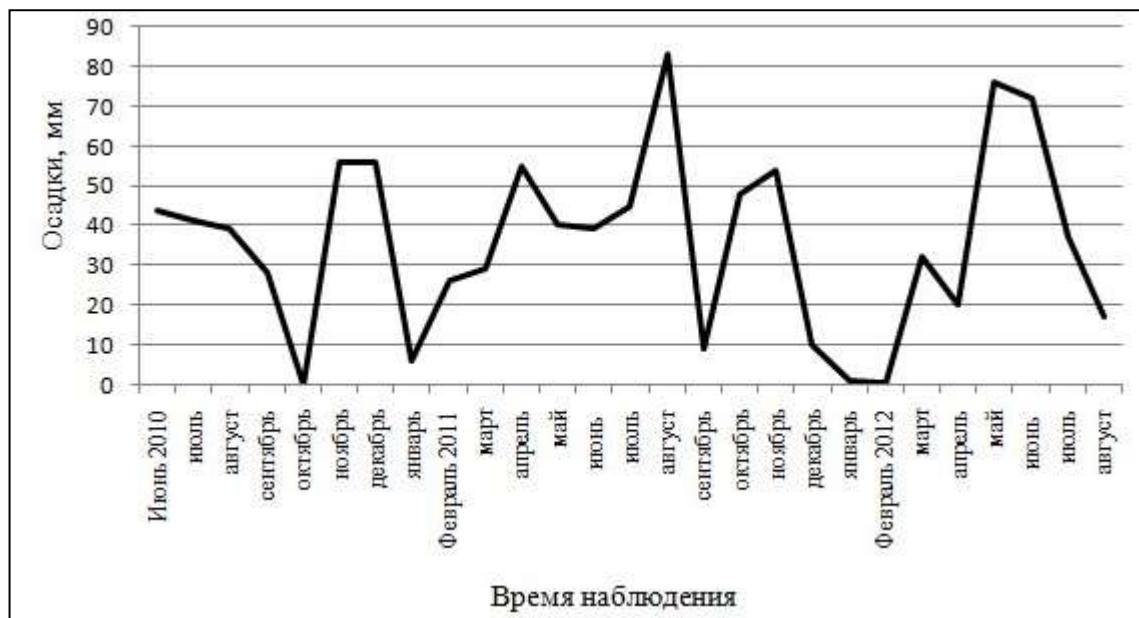


Рисунок 1.2 – Количество осадков в лесостепной зоне Омского Прииртышья (пос. Крутинка) в 2010–2012 годы (по данным ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС»)

Весной 2010 и 2011 годов преобладала теплая, с обильными осадками погода, в 2012 году наблюдался недобор осадков в большинстве районов Омской области. Первым месяцем с положительной среднемесячной температурой является апрель. Среднемесячная температура апреля в 2010 году со-

ставляла плюс 5,8 °C, в 2011 – плюс 8 °C, а в 2012 году на 1–2 °C выше, чем в 2011. Снеготаяние в лесостепной зоне Омской области начинается в конце марта.

Лето 2010 и 2012 годов на территории Омской области выдалось засушливым и жарким в отдельные периоды, отмечался недобор осадков. В 2011 году летняя погода характеризовалась умеренно-влажной и контрастной по температурному режиму, осадков за сезон выпало 82–125 % от нормы. Абсолютный максимум температуры воздуха за летний период зафиксирован в июле и августе 2012 года и составил плюс 33...39 °C (Доклад о состоянии..., 2011, 2012, 2013).

Осень в 2011 и 2012 годах была теплее, чем в 2010. Ноябрь – первый месяц с отрицательной температурой. Переход среднесуточной температуры воздуха через 0 °C в сторону понижения 2011 и 2012 годах осуществился в третьей декаде октября, в 2010 во второй декаде ноября. Устойчивый снежный покров образуется во второй половине ноября. В 2010 году среднемесячная температура составила минус 5 °C, в 2011 – минус 11 °C, а в 2012 году на 2-3 °C ниже чем в 2011 (Доклад о состоянии..., 2011, 2012, 2013).

Таким образом, по термическим условиям выделяется 2012 год, когда среднегодовая температура воздуха была выше, чем в 2011 и 2010 годах. В межгодовой динамике осадков максимальное количество зарегистрировано в 2011 году, а минимальное – в 2010 году.

## 1.2. Краткая физико-географическая характеристика обследованных озер

Западная Сибирь богата водными ресурсами. Гидрологической особенностью этой территории является обилие многочисленных озер. Озера встречаются на водораздельных равнинах и в долинах рек. Водоемы, расположенные на юге лесостепной и степной зон имеют общие черты. По площади акватории основная масса озер относится к малым и средним (от 200 до 200 га) (Безматерных, 2007). Крупные озера занимают Барабинско-Кулундинскую депрессию (Чаны, Убинское, Сартлан, Кулундинское) (Жадин, Герд, 1961; Поползин, 1965) или расположены в пределах Ишимской равнины (Салтаим, Тенис, Ик) (Иоганзен, 1935; Халфина, 1964; Зенюк, 1967). Гидрологическая особенность этих озер – неустойчивость их уровней. Изменение уровня воды, сопровождается изменением гидрохимических параметров. Большинство бессточных озер – солоноваты, минерализация при этом колеблется от 0,8 до 10,7 г/л. (Благовидова, 1973). И только проточные озера, связанные непосредственно с речной системой, имеют среднюю минерализацию 0,2–0,5 г/л (Зенюк, 1968). Активная реакция среды – от слабощелочной до щелочной (рН 7,3–8,9). Большинство озер подвержены заморным явлениям.

**Озера Салтаим и Тенис**, расположены в лесостепной зоне Западно-Сибирской низменности и относятся к числу наиболее крупных рыбопромысловых водоемов Омского Прииртышья (Рисунок 1.3).

Эти водоемы образуют единую водную систему и являются остаточно-реликтовыми озерами древнеозерных равнин (Зенюк, 1967). Территория озер Салтаим и Тенис расположена на Нижнеиртышской равнине. Рельеф представляет собой заболоченную пологоволнистую равнину высотой 100–140 м над уровнем моря. Равнина сложена горизонтально залегающими отложениями третичных и четвертичных возрастов – глинами, песками, мергелями, почвы осоложденные с участками солонцов и солончаков (Земля, на которой..., 2006).



Рисунок 1.3 – Озера Салтаим, Тенис (<https://maps.yandex.ru>)

Характерной гидрологической особенностью Омского Прииртышья является сокращение площади открытых поверхностных вод, на протяжении последних десятилетий. Обмеление и пересыхание речек, разобщение отдельных озер, понижение их уровня, сопровождающееся интенсивным зарастанием и общим заболачиванием, приводит к уменьшению их акваторий. Некоторые авторы (Иоганцен, 1935; Пинчук, 1957) указывают на связь ряда озер в XX веке, которая особенно расширялась во время большеводий. Во время весенних половодий существовало сплошное водное сообщение на несколько десятков километров и открывался непрерывный водный путь – озеро Станичное – Мангут – Ик – Салтаим – Тенис – Оша – Иртыш.

Озера Салтаим и Тенис соединены между собой Балашевским проливом шириной 2 км, поэтому часто их объединяют в озерную систему Салтаим-Тенис (Зенюк, 1967). В этих озерах водятся различные виды рыб: судак, пелядь, карп, щука, толстолобик, окунь, лещ, карась, большинство из них имеет промысловое значение. Салтаим-Тенис активно используется и для любительской охоты. В акватории озерной системы обитает большое количество водоплавающей дичи – дикие утки, серые гуси. Предметом промысла являются ондатра, норка, хорь, лисица (Никель, 1999).

Озера Тенис и Салтаим приурочены к широким межгривным понижениям. Гривы находятся от уреза воды на различном расстоянии, обуславливая высоту и характер берегов. Берега низменные, местами заболоченные. Заросли камыша и тростника простираются до 1,5 км (Тарасевич, 1965).

Характерной особенностью озер Салтаим и Тенис является мелководье, в результате этого наблюдается сильное развитие водной флоры, заиленность дна и зимний замор рыб на озерах. Длина озера Салтаим составляет 18 км, ширина около 12 км. Наибольшая длина озера Тенис – 14 км, ширина около 8 км. Средняя глубина озер колеблется от 1,9 (Тенис) до 2,4 (Салтаим). Площадь водного зеркала озера Салтаим – 147 км<sup>2</sup>, озера Тенис – 118 км<sup>2</sup> (Зенюк, 1967).

Согласно классификации В.П. Иванова (Теоретические вопросы..., 1993), по величине площади водного зеркала озера Салтаим и Тенис относятся к классу больших водоемов. В соответствии с классификацией С.П. Китаева, учитывающей среднюю и максимальную глубины водоемов, озеро Тенис относится к очень малому, озеро Салтаим – малому водоемам.

По характеру водообмена озеро Тенис относится к проточным озерам, в него впадают реки Карасук, Тлеутсай, Балка сухая. На севере из озера Тенис вытекает речка, которая впадает в озеро Ачикуль. Из озера Ачикуль берёт начало река Оша. На водосборе озера Тенис располагается система мелких озер с тростниковые островами. На северо-западе и юго-востоке пойма шириной 0,1–1,0 км переходит в болото (Пинчук, 1957; Никель, 1999).

В озеро Салтаим впадает река Китерьма, вытекающая из озера Ик, и река Горькая с ее левым притоком рекой Челдак. Водосбор озера представляет собой плоскую слабо пересеченную равнину. Дно илистое, неровное, с двумя небольшими впадинами, в северной и южной акватории озера. На всем протяжении берега низкие, топкие, труднодоступные. Вдоль берега водоем покрыт плотными зарослями тростника с примесью рогоза, осоки и камыша, шириной от 200 до 500 м на западе и до 1 км на востоке (Пинчук, 1957).

С севера к озерам примыкает болото, занимая около 40 % от общей площади, южный и западный берег водоемов покрыт лесом на 30 %. Питание озер происходит за счет поверхностного и подземного притока с водосбора и осадков на зеркале. Ледостав начинается в первых числах ноября, ледоход в мае (Тарасевич, 1965).

Вода озер Салтаим и Тенис имеет серовато-зеленый (Зенюк, 1968) или соломенно-желтый цвет (по нашим наблюдениям) (Баженова, Кренц, 2011 а). Прозрачность воды очень низкая, наибольшая отмечена зимой – до 95 см (Зенюк, 1968), наименьшая – летом (25–35 см.). Минерализация воды в Салтаиме колеблется по сезонам, превышая летом 0,5 г/л (Зенюк, 1968), летом 2003 года минерализация составляла 0,7 г/л. По этому показателю озера Салтаим и Тенис относятся к пресным водоемам. Активная реакция воды – слабощелочная: летом 7,8–8,0, к концу подледного периода уменьшается до 7,2–7,5 (Зенюк, 1968).

Окисляемость воды высокая (15–46 мг О/л), что связывают с заболоченным водосбором (Зенюк, 1968). Кислородный режим летом благоприятный, но зимой озера подвержены заморам. В воде постоянно обнаруживается аммонийный азот, что можно объяснить не только тем, что в питании озер значительную роль играют воды низинных болот, но и поступлением сточных вод близко расположенных населенных пунктов. (Тарасевич, 1965).

**Озеро Инберень** находится в центральной подзоне лесостепной зоны Омского Прииртышья, расположено в древней пойме реки Иртыш и является водоемом стариичного типа. Питание озера осуществляется стоком малых рек Федуковка и Баловка, а также за счет осадков и талых вод.

Озеро имеет подковообразную форму, по уровню оно расположено выше Иртыша, поэтому в годы высокого весеннего половодья сток из него попадает в реку. Длина озера немногим более 3 км, наибольшая ширина около 300 м, максимальная глубина составляет 2,9 м, средняя – 2 м. Площадь водного зеркала – 1,14 км<sup>2</sup> (Рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Озеро Инберень (<https://maps.yandex.ru>)

В соответствии с классификацией озер по величинам площадей их водной поверхности, предложенной П.В. Ивановым (Теоретические вопросы..., 1993), озеро Инберень относится к классу малых водоемов. Согласно классификации С.П. Китаева (1984), по средней глубине озеро относится к малым водоемам, по максимальной глубине – очень малым.

Берега озера невысокие, окружены тростником. По нашим данным, в акватории наблюдаются обширные заросли подводной высшей растительности, образованные роголистником (*Ceratophyllum demersum* L.), нимфейником (*Nymphaoides peltata* (S.G. Gmel.) Kuntze), рдестами (*Potamogeton* spp.) и некоторыми другими видами. Донные отложения представлены в основном серыми илами средней мощности.

По классификации О.А. Алекина (1970), вода озера Инберень относится к хлоридному классу, группе натрия, второму типу. Минерализация воды колеблется от 700 до 1100 мг/л, по этому показателю озеро относится к пресным водоемам, а в осенне-зимний период – слабо пресным (Таблица 1.1).

Максимальная минерализация была зафиксирована в зимой 2012 года (1524,1 мг/л), минимальная – весной 2011 года (686,2 мг/л ).

Активная реакция воды (рН) осенью нейтральная, летом повышается до слабощелочной. Весной 2012 года отмечается превышение рН (9,5) вод-

ной среды за пределы нормы, предусмотренной для рыбохозяйственного и культурно-бытового водопользования (6,5–8,5). Величина общей жесткости колеблется от 4,5 до 9,4, что соответствует воде средней жесткости и жесткой.

По содержанию азота нитритов, нитратов и аммония можно судить о степени загрязненности воды. Содержание нитратного и нитритного азота не превышало рыбохозяйственный норматив. Повышенное содержание ионов аммония отмечено на протяжении всех сезонов и составляет 1,2–1,3 мг/л, что превышает рыбохозяйственный норматив в 3 раза (см. Таблицу 1.1).

Показателем суммарного содержания в воде органических веществ служит химическое потребление кислорода (ХПК). Показатели ХПК колеблются от 52,8 до 107,5, что соответствует классу качества воды «очень грязная». Превышение ПДК по этому показателю в озере отмечалось на всем протяжении исследований.

Показатель БПК<sub>5</sub> характеризует количество легкоокисляемых органических веществ в воде. В соответствии с классификацией вод с различной степенью загрязнения по величине БПК<sub>5</sub> (Шитиков и др., 2003) качество воды в озере Инберень колебалось от «умеренно загрязненных» (2,24) до «грязных» (7,3) вод. Превышение нормативов по величине БПК<sub>5</sub> для культурно-бытового водопользования отмечалось летом 2010 года и с лета 2011 по зиму 2012 годов. Отмечены также превышения ПДК по содержанию магния и хлоридов.

Таким образом, озеро Инберень характеризуется как малый водоем стариичного типа. По степени минерализации воды озеро относится к пресным водоемам. Установлено превышение ПДК химических веществ по многим показателям (содержание магния, хлоридов, аммонийного азота, ХПК, жесткость воды, БПК<sub>5</sub>), что делает воду озера Инберень непригодной для хозяйствственно-питьевого использования.

Таблица 1.1 – Гидрохимические показатели озера Инберень, 2010–2012 годы

| Наименование компонента | ед. измерения        | ПДК                   | Массовая концентрация и погрешность измерения |                 |                 |                 |                 |                 |                   |                 |                 |
|-------------------------|----------------------|-----------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
|                         |                      |                       | 2010 год                                      |                 |                 | 2011 год        |                 |                 | 2012 год          |                 |                 |
|                         |                      |                       | лето  | осень           | зима            | весна           | лето            | осень           | зима              | весна           | лето            |
| Гидрокарбонаты          | мг/дм <sup>3</sup>   | не устанновлена       | 268   | 267,9±10,04     | 360,6±12,8      | 222,1±8,7       | 285,6±10,6      | 333±12          | 505±30            | 272±17          | 217±14          |
| Сульфаты                | мг/дм <sup>3</sup>   | 100,00 <sup>1,2</sup> | 26  | 49,5±7,47       | 60,5±7,36       | 17,8±2,2        | 13,4±1,7        | 48,5±7,4        | 48,5±5,9          | 38,4±4,7        | 16,6±2,1        |
| Кальций                 | мг/дм <sup>3</sup>   | 180,00 <sup>1,2</sup> | 40  | 40,3±2,74       | 43,3±2,93       | 40,9±2,8        | 37,1±2,5        | 42,1±2,9        | 30,3±2,1          | 24,4±1,7        | 19,6±1,4        |
| Магний                  | мг/дм <sup>3</sup>   | 40,00 <sup>1,2</sup>  | 32  | 45,5            | 66,9            | 37,1            | 45,6            | 52,2±5,7        | 96,3±10,1         | 49,0±5,2        | 42,8±4,8        |
| Натрий+Калий            | мг/дм <sup>3</sup>   | не устанновлена       | 153   | 178,2           | 241,5           | 136,5           | 183,0           | 251±55          | 347±73            | 300±48          | 178±37          |
| Азот нитратный          | мг/дм <sup>3</sup>   | 9,10 <sup>1</sup>     | 4,25  | 0,005<br>±0,005 | 0,163±0,04<br>5 | менее<br>0,01   | 0,038<br>±0,013 | 0,067<br>±0,02  | 0,043<br>±0,007   | менее<br>0,010  | 0,098<br>±0,030 |
| Азот нитритный          | мг/дм <sup>3</sup>   | 0,02 <sup>1</sup>     | 0,012   | 0,003<br>±0,004 | менее<br>0,010  | 0,003<br>±0,004 | менее<br>0,010  | менее<br>0,005  | 0,0110<br>±0,0012 | менее<br>0,005  | менее<br>0,005  |
| Азот аммоний-ный        | мг/дм <sup>3</sup>   | 0,4 <sup>1</sup>      | 1,3   | не определялся  | не определял-ся | не определял-ся | не определял-ся | не опреде-лялся | 1,24±0,05         | не обнаружен    | не обнару-жен   |
| Хлориды                 | мг/дм <sup>3</sup>   | 300,0 <sup>1,2</sup>  | 224   | 264,2<br>±9,33  | 359,8<br>±12,19 | 231,8<br>±8,4   | 282,2<br>±9,9   | 353,0<br>±12,0  | 497±16            | 300±10          | 273±9,6         |
| pH                      | ед. pH               | 6,5–8,5 <sup>1</sup>  | 7,88  | 7,15±0,1        | 7,54±0,1        | 7,7±0,1         | 8,4±0,1         | 8,5±0,1         | 7,4±0,1           | 7,4±0,1         | 9,5±0,1         |
| Сумма ионов             | мг/дм <sup>3</sup>   | не устанновлена       | не опреде-лялся                               | 845,9           | 1132,6          | 686,2           | 846,9           | 1081±357        | 1524±100          | 984±64          | 747±50          |
| Фосфор общий            | мг/дм <sup>3</sup>   | не устанновлена       | не опреде-лялся                               | 0,049±<br>0,03  | 0,574±<br>0,095 | 0,729±<br>0,115 | 0,168±<br>0,042 | 0,077±<br>0,030 | 0,118<br>±0,035   | 0,047<br>±0,026 | 0,625<br>±0,105 |
| БПК <sub>5</sub>        | мг/дм <sup>3</sup>   | 4,0 <sup>2</sup>      | не опреде-лялся                               | 6,05±0,66       | 2,24±0,43       | 5,13±0,09       | 6,3±0,7         | 7,3±0,7         | 6,9±0,7           | 3,93±0,54       | 5,8±0,65        |
| ХПК                     | мг/дм <sup>3</sup>   | 30 <sup>2</sup>       | не опреде-лялся                               | 54,7±4,58       | 52,8±4,67       | 71,8±5,6        | 107,5±7,8       | 82,0±6,2        | 158,0±10,8        | 154,6±10,6      | 103,7±7,5       |
| Жесткость общая         | моль/дм <sup>3</sup> | 0,40 <sup>1</sup>     | 4,6   | 5,75±0,47       | 7,66±0,61       | 5,09±0,42       | 5,60±0,46       | 6,39±0,52       | 9,43±0,74         | 5,25±0,43       | 4,5±0,39        |
| Минерализация           | мг/дм <sup>3</sup>   | не устанновлена       | 744   | 845,6           | 1132,6          | 686,2           | 846,9           | 1079,8          | 1524,1            | 983,8           | 747             |

<sup>1</sup> – ПДК для рыбохозяйственного водопользования (Нормативы..., 2011);<sup>2</sup> – ПДК для культурно-бытового водопользования (ГН 2.1.5.1315-03 с изменениями ГН 2.1.5.2282-07).

### 1.3. История исследования фитопланктона озер юга Западной Сибири

Степень изученности фитопланктона озер юга Западной Сибири значительно отличается. Фитопланктон малых озер слабо изучен или по нему имеются отрывочные сведения (Скабичевский, 1963; Федоров, 1963 а, б; Ермоловаев, 1964; Чернявская, 1956, 1966). Наиболее полно исследован фитопланктон крупных озер, имеющих значительное хозяйственное и рыбопромысловое значение (Пинчук, 1957; Скабичевский, 1956; Бихтерина, 1963; Ермоловаев, 1964, 1983, 1989; Зенюк, 1968, 1972, 1974 а, 1980; Сафонова, Ермоловаев, 1983).

Водоемы юга Западной Сибири в альгологическом отношении долгое время оставались неизученными. Первые сведения о водорослях озер Барабинской низменности приводятся П.Л. Пирожниковым (1929) и Г.Д. Дулькейтом и соавторами (1935), Н.Н. Воронихиным (1941), сделанных на основании кратковременных посещений. Планктон Ишимской равнины был почти не изучен. Отрывочные сведения о фитопланктоне были получены О.С. Зверевой в 1928 году в ходе инвентаризационных работ в Омском и Славгородском округах Сибирского края (Зверева, 1930; Иоганзен, 1948).

Во второй половине XX века отмечено повышение научного интереса к изучению водоемов и водотоков юга Западно-Сибирского региона. Проводятся комплексные гидробиологические исследования различных озер для получения данных об их биопродуктивности и рыбохозяйственных возможностях в интересах развивающегося народного хозяйства. В связи с этим на ряд крупных озер организовываются экспедиции центральных научных учреждений Западной Сибири. Изучение планктона озер Барабинской системы проводилось в ряде экспедиций организованных Барабинским отделением ВНИОРХ (ставшее позднее Новосибирским отделением СибрыбНИИпроекта, а в настоящее время это Новосибирский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр»), Центральным сибирским ботаническим садом СО АН СССР (г. Новосибирск), Биологическим институтом СО АН СССР (г. Новосибирск), Новоси-

бирским государственным педагогическим институтом и др. (Состояние гидробиологических ..., 1967).

Большой вклад в изучение фитопланктона озер Обь-Иртышского междуречья внесли В.И. Ермолаев (1964, 1983, 1987, 1989, 1991, 1996, 1998 а, б, 2005, 2008, 2010) и Т.А. Сафонова (Сафонова, Ермолаев, 1983). Особое внимание в своих исследованиях уделялось изучению видового состава, структуры и продуктивности фитопланктона. Исследование альгофлоры малых озер проводилось на основе фрагментарных сборов (Ермолаев, 1965, 1989; Куксн, 1973; Сафонова, Ермолаев, 1983).

Всестороннее и глубокое исследование фитопланктона озер Омской области проводилось группой ученых (Т.И. Зенюк, В.Г. Федоров, М.А. Чернявская и др.), возглавляемой известным альгологом А.П. Скабичевским. Основной целью изучения водоемов была оценка санитарного состояния озер по физико-химическим показателям и развитию фитопланктона. Объектами изучения были выбраны различные водоемы Омской области, интенсивно использующиеся в качестве источников водоснабжения для хозяйствственно-бытовых и других нужд (Чернявская, 1956, 1966; Скабичевский, 1963; Федоров, 1963 а, б) или являющиеся крупными рыбопромысловыми озерами (Скабичевский, 1956; Зенюк, 1967, 1968 а, б, 1972, 1974 а, б, 1975, 1980).

Сопоставление данных о фитопланктоне пресных и солоноватых озер, расположенных на юге Западной Сибири: Сартлан, Малый Сартлан, Поликашкино (Якубова, 1953; Ермолаев, 1987, 1989), Чаны, Малые Чаны, Саргуль, Яргуль, Урюм (Воронихин, 1941; Попова, 1964; Сафонова, Ермолаев, 1983), Кривого, Студеного (Ермолаев, 1964, 1965), Елименчик (Куксн, 1973), Щербакуль, Большой Ашикуль, Жалтырь (Федоров, 1963 б), Любинское пойменное озера (Чернявская, 1956), Осиновое, Старинка (Чернявская, 1966), Дикое (Скабичевский, 1963), Салтайм, Тенис (Скабичевский, 1956; Зенюк, 1967), Ик (Халфина, 1964; Зенюк, 1968 а), показало немало сходных черт в структуре и обилии фитопланктона.

В большинстве озер по числу видов чаще всего преобладают хлорококковые, синезеленые (в современном понимании – цианобактерии) и диатомовые водоросли. Преобладание хлорококковых и эвгленовых водорослей характерно для небольших водоемов Омского Прииртышья: озеро Зуево, Большой Ашикуль, озера-пруда в Москаленском районе (Скабичевский, 1963; Федоров, 1963 а, б). Основу видового богатства водоемов юга Западной Сибири составляют зеленые хлорококковые водоросли, что в целом типично для озерных экосистем Западной Сибири. Постоянно отмечались в озерах: *Scenedesmus bijugatus* Kütz.<sup>1</sup>, *S. quadricauda* (Turp.) Bréb., *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh., *Dictyosphaerium pulchellum* Wood, *Tetraedron minimum* (A.Br.) Hansg. Синезеленые водоросли значительно уступали по количеству видов зеленым водорослям, но играли немаловажную роль в формировании видового богатства планктона водоемов. Ведущее значение в сложении состава и структуры фитопланктона принадлежит эвгленовым водорослям. Высокое видовое разнообразие эвгленид было отмечено в мелководных озерах озер Жалтырь, Большой Ашикуль (Федоров, 1963 б). Диатомовые водоросли входили в состав фитопланкtonного комплекса большинства озер, но имели низкое видовое богатство. Мелководные озера юга Западной Сибири быстро прогреваются весной и быстро охлаждаются осенью. Этот фактор обуславливает слабое развитие планкtonных диатомей (Озеро Сартлан..., 2014). Немногочисленные планкtonные диатомовые водоросли представлены видами из родов *Fragilaria*, *Asterionella*, *Aulacoseira*. Остальные отделы водорослей не играют заметной роли в планкtonе озер Омской области.

Регулирующее влияние на развитие фитопланктона оказывает совокупность различных экологических факторов. Мелководные озера юга Западной Сибири имеют неустойчивый, меняющийся по годам уровень воды, что влияет на колебание степени минерализации воды в озерах (Попова, 1964). В.И. Ермолаев (Сафонова, Ермолаев, 1983), указывает на уменьшение таксо-

---

<sup>1</sup> Названия видов приведены в транскрипции авторов

номического разнообразия фитопланктона под действием степени минерализации, повышение которой вызывает сокращение числа видов. В литературе имеются многочисленные данные о факте обеднения видового состава фитопланктона минерализованных озер. Примером может служить водоемы Чановской системы, в которых при минерализации свыше 7,3 мг/дм<sup>3</sup> состав фитопланктона резко уменьшается (Сафонова, Ермолаев, 1983). Пресные водоемы Иртышской равнины имеют богатый и более разнообразный видовой состав фитопланктона.

Общей чертой фитопланктона озер является «цветение» синезеленых водорослей, что является характерным признаком продуктивности эвтрофных вод юга Западной Сибири. Активное «цветение» вызывают потенциально токсичные синезеленые *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend Elenk., *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs. Отрицательные последствия массового развития синезеленых водорослей отмечались в озерах Крутинской системы (Ик, Салтаим, Тенис), Дикое, Сартлан, Малый Сартлан, Чаны, Поликашкино, в водоемах системы реки Карасук, в Любинском пойменном озере (Чернявская, 1956; Скабичевский, 1963; Ермолаев, 1964, 1965, 1998б; Сафонова, Ермолаев, 1983; Зенюк, 1973).

Изучение сезонной и межгодовой динамики крупных озер показало доминирующее развитие синезеленых и зеленых водорослей с мая по октябрь (Зенюк, 1973; Озеро Сартлан..., 2014; Обзор экологического..., 2015).

Оценку эколого-санитарного состояния озер Барабинской низменности определяли по уровню биологической продуктивности водоемов (трофии). Исследования интенсивности фотосинтеза и дыхания фитопланктона проводились в озере Кривое, по этим величинам озеро отнесли к классу наиболее продуктивных высокоэвтрофных озер (Ермолаев, 1964).

Количественные показатели фитопланктона (биомасса) также могут отражать уровень трофии водоема. В качестве показателя биомассы используется содержание хлорофилла в планктоне. Определение пигментных характеристик проводилось в крупных озерах Барабинской низменности. По коли-

чественному содержанию хлорофилла «а» в планктоне озеро Сартлан относится к мезотрофному типу, Малый Сартлан – гиперэвтрофному, а Малые Чаны к водоему эвтрофного типа (Ермолаев, 1989; Яценко-Степанова, 2014; Обзор экологического ..., 2015).

Санитарная оценка изучаемых водоемов Омского Прииртышья проводилась по видам-показателям органического загрязнения воды. Большинство исследованных водоемов имеют слабо выраженные признаки загрязнения. На этот факт указывает преобладание в составе фитопланктона олигобетамезосапробных видов в озерах Осиновое, Старинка, Дикое и в Любинском пойменном озере (Скабичевский, 1963; Чернявская, 1963, 1966). В озерах Щербакуль, Большой Ашикуль, Жалтырь, Сартлан и безымянном озере в Москаленском районе зафиксировано преобладание бета-мезасапробных видов (Федоров, 1963 а, б; Ермолаев, 1989). Олигосапробные виды являются важными компонентами в планктоне озера Осинового и Любинском пойменном озере. Некоторые из них встречаются в большом количестве одновременно с бета-мезосапробными видами или являются доминирующими формами (Чернявская, 1966). Однако, существенной роли в большинстве исследованных водоемов они не играют. Показателей сильного загрязнения (альфа-мезосапробов и полисапробов) почти нет или встречаются единичными экземплярами (Федоров, 1963 а, б).

Впервые исследования фитопланктона озер Крутинской системы были начаты в 1954 году. В сентябре этого года А. П. Скабичевский (1956) изучил видовой состав фитопланктоценоза этих озер. В этот период было обнаружено 34 вида. В фитопланктоне озера господствовали синезеленые водоросли, представленные 15 видами. Главная роль принадлежала *Microcystis aeruginosa*, колонии которой активно вегетировали в этот период. В большом количестве обнаружены также представители нескольких мелкоклеточных видов рода *Synechocystis*, *Gloeocapsa minor* (Kütz.) Hollerb. и нитчатка *Lyngbia limnetica* Lemm. Зеленые водоросли были представлены преимущественно протококковыми (сейчас – хлорококковые) и представляли сравни-

тельно многочисленную группу. Чаще других встречались виды *Pediastrum kawraiskyi* Schmidle, *Tetraëdron minimum*, *Scenedesmus bijugatus* Kütz. Из диатомовых обнаружено всего три вида: истинно-планктонные виды – *Asterionella gracillima* (Hantzsch) Heib. (синоним *A. formosa* Hass.), *Stephanodiscus hantzschii* Grun. и факультативно планктонный *Cymatopleura elliptica* var. *hibernica* (W. Sm.) Hust. Часто в планктоне встречалась *Fragilaria inflata* Pant.

При изучении фитопланктона озера Салтаим А.П. Скабичевский обнаружил новый вид синезеленых водорослей и описал его как *Lyngbia saltaimica* Skabitsch. (Скабичевский, 1956).

Детальное исследование фитопланктона озер Салтаим и Тенис, проводившееся в 1965–1968 годах Сибирским отделением ГосНИОРХ (Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства), позволило выяснить видовой состав, распределение, сезонную и годичную динамику численности и биомассы фитопланктона.

Исследование фитопланктона озер Салтаим и Тенис показало почти одинаковый их таксономический состав. Сходство видового состава двух водоемов объясняется непосредственной связью их через пролив. Постоянные сгонно-нагонные течения позволяют водоемам постоянно обмениваться флорой. Одинаковый гидрологический, гидрохимический режим водоемов, степень застенчивости высшими растениями и характер грунтов, также определяют сходство флористического состава фитопланктона (Зенюк, 1967).

Всего за период исследования в составе фитопланктона озер Салтаим и Тенис найдено 149 ВРФ водорослей, из них хлорококковых – 61, синезеленых – 45, диатомовых – 14, десмидиевых – 7, эвгленовых – 13, золотистые – 2, желто-зеленые – 3, пирофитовые – 3, вольвоксовые – 1. Из всех разновидностей водорослей 127 оказались истинно-планктонными и лишь небольшая часть (15%) – факультативно-планктонными. Качественные различия в таксономическом составе фитопланктона озер были крайне незначительные. Так, только в фитопланктоне озера Салтаим найдены *Kirchneriella obesa*

(West) Schmidle, *Sphaerocystis schröeteri* Chod., *Ankistrodesmus pseudomirabilis* Korsh., *A. falcatus* (Corda) Ralfs, *Diatoma elongatum* (Lyngb.) C. Agardh. И лишь в озере Тенис обнаружены такие формы, как *Ankistrodesmus fusiformis* Corda, *Cymatopleura elliptica* var. *nobilis* (Hantzsch) Hust., *Euglena oxyuris* Schmarda и др. (Зенюк, 1967).

Ведущим компонентом фитопланктона во все сезоны года являлись синезеленые и хлорококковые водоросли. В период открытой воды синезеленые составляли 71–98 % общей численности и 32–81 % общей биомассы, на долю хлорококковых приходилось 2–28 % и 17–59 % соответственно. Диатомовые водоросли занимали третье место по видовому богатству. Среди них отмечены планктонные формы – *Cyclotella* (Kütz.) Bréb. sp., *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz., *Diatoma elongatum*, доннoplanktonные – *Cymatopleura elliptica* var. *nobilis* и донные – *Amphiprora* Ehr. sp., *Gyrosigma* Hass. sp., *Nitzschia* Hass. sp. Остальные отделы водорослей в силу своей малочисленности существенного влияния на формирование численности и биомассы не оказывали (Зенюк, 1973).

Т. И. Зенюк описывала картину санитарного состояния озер Салтаим и Тенис и отмечала многочисленную группу бета-мезосапробов-олигосапробов (14 видов). Значительная группа олигосапробов насчитывает 11 видов. Показатели сильной степени загрязнения – полисапробы и альфа-мезасапробы не обнаружены. Водная толща озер Салтаим и Тенис носила олиго-бета-мезосапробный характер, то есть имела незначительные признаки загрязнения (Зенюк, 1968).

Для озер Салтаим и Тенис было характерно наличие 52 видов-индикаторов определенной степени солености воды. Среди них 82,7% индифферентов, 11,5% галофитов и 5,8 % галофобов (Зенюк, 1980).

Начало глубокому изучению фитопланктона озера Ик положила Н.А. Халфина (1963 б) в 1958 году. В составе фитопланктона обнаружено 54 ВРФ, из которых на долю синезеленых приходилось 18 видов и разновидностей, зеленых – 28, диатомовых – 4, перидиней – 2, эвгленовых – 2. Главными ком-

понентами фитопланктона были синезеленые водоросли, которые вызывали бурное цветение водоема. Особенно большого количества достигали *Anabaena lemmermannii* P. Rich., *Microcystis aeruginosa*, *M. pulverea* (H. C. Wood) Forti, *Gloeotrichia echinulata* P. Rich, *Gomphosphaeria lacustris* Chod., *G. aponina* Kütz. Из диатомовых водорослей главная роль принадлежала *Melosira granulata* (Ehr.) Ralfs (синоним *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Simonsen), *Asterionella formosa* (Халфина, 1963б). Большая часть протококковых, десмидиевых, эвгленовых, пирофитовых водорослей встречались в небольшом количестве и заметной роли в планктоне не играли (Халфина, 1964). Анализ санитарного состояния озера показал наличие показателей слабой степени загрязнения – бета-мезосапробов (9 видов). Олигосапробов насчитывалось 7 видов, альфа-мезосапробов и полисапробов в озере не обнаружено (Халфина, 1963 б).

На протяжении 1965–1968 годов на озере Ик были проведены подробные альгологические исследования, позволяющие выяснить динамику сезонного развития фитопланктона, его горизонтальное и вертикальное распределение. За этот период в фитопланктоне озера зарегистрировано уже 173 ВРФ водорослей, в том числе: синезеленых – 44, хризофитовых – 2, диатомовых – 21, ксантофитовых – 2, пирофитовых – 3, эвгленовых – 13, хлорококковых – 88. Из них 142 таксона относятся к истинно-планктонным организмам и лишь небольшую часть (17,9 %) можно рассматривать как донно-планктонные (Зенинок, 1968, 1974 а, б).

По числу видов в озере Ик ведущее значение имеют зеленые водоросли, которые составляют 51 % от всех встреченных таксонов. Значительно отличаются по видовому богатству синезеленые водоросли (25,4 %). Другие отряды водорослей отличаются невысоким видовым богатством: *Bacillariophyta* (12,1 % от всех встреченных таксонов) *Euglenophyta* (7,6 %), *Chrysophyta* (1,1 %), *Xanthophyta* (1,1 %) и *Pyrrophyta* (1,7 %).

Группа хлорококковых водорослей в количественном отношении значительно уступает синезеленым и диатомовым водорослям. Десмидиевые пред-

ставлены родами *Cosmarium*, *Closterium*, *Staurastrum*, редко встречаются в фитопланктоне (Зенюк, 1974 а).

В подледный период (январь-март) фитопланктон был сравнительно беден по численности особей и по видовому составу, чем в летнее время года. Основную массу в нем составляли синезеленые и диатомовые водоросли. Наибольшим видовым богатством отличались хлорококковые водоросли. Пирофитовые и вольвоксовые водоросли были слабо развиты и их доля в формировании общей численности и биомассы фитопланктона незначительна (Зенюк, 1968).

Т.И. Зенюк проводились исследования вертикального распределения фитопланктона озера Ик, Салтаим и Тенис в течение 1965–1968 годов. Установлено, что вертикальное распределение фитопланктона в озере Ик имеет свои особенности. Было отмечено, что ведущие виды синезеленых водорослей (*Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena spiroides* Kleb., *Gomphosphaeria lacustris* f. *compacta* (Lemm.) Elenk.) в период массового развития преимущественно находились у поверхности озера. Хлорококковые и диатомовые водоросли, распространены в водной толще относительно равномерно. Однако, в период интенсивной вегетации синезеленых водорослей, численность зеленых в поверхностном слое значительно меньше, чем у дна.

В озерах Салтаим и Тенис какой-либо определенной закономерности в распределении синезеленых водорослей по горизонтам не выявлено. Для хлорококковых водорослей в подледный период отмечена довольно четкая приуроченность к придонному горизонту. В период открытой воды распределение этого отдела весьма неравномерно.

Фитопланктон в поверхностном слое прибрежной зоны в количественном отношении беднее центральной части. В подледный период, как и в период открытой воды, придонные слои воды были значительно богаче поверхностных (Зенюк, 1968).

Причины, вызывающие то или иное распределение водорослей в водоеме, очень сложны и связаны не только с физико-химическими особенностями окружающей среды, но и с биологическими приспособлениями самих организмов в водной толще. В один и тот же срок иногда отмечалось преобладание в фитопланктоне одной и той же группы то в поверхностном, то в придонных слоях. Таким образом, фитопланктон трех обследованных озер по вертикали распределен относительно равномерно, что связано с мелководностью их и ветро-волновым режимом (Зенюк, 1974 б).

С 1998 года и по настоящее время изучение фитопланктона озер Омской области проводится на кафедре экологии, природопользования и биологии ФГБОУ ВО ОмГАУ им. П.А. Столыпина под руководством О.П. Баженовой.

С 2006 года начаты регулярные исследования фитопланктона различных озер Омской области. Систематические исследования проводились на озерах Крутинской системы (Салтаим-Тенис), Инберень, Калач (Баженова, Кренц, 2011 а; Кренц, Баженова, 2013; Коржова, 2013). Фрагментарные исследования проводились на озерах из различных физико-географических зон, в том числе степной (Жарылдыколь, Байгунда, Ульжай, Обалыколь), лесостепной (Ик, Петровское, Стеклянное, Батаково, Бутурла, Чингалы) и лесостепной (Щайтан, Щучье, Линево, Данилово) (Ли, Баженова, 2007; Баженова, Кренц, 2010; Баженова, Чуниховская, 2015 а, б; К вопросу..., 2012).

Исследования были посвящены оценке экологического состояния озер, определению их трофического статуса и качества воды по показателям развития фитопланктона. По уровню развития цианобактерий проведена оценка рекреационной ценности разнотипных озер Омской области (К вопросу..., 2012).

Фитопланктон озера Инберень ранее не изучался. Данные многолетних исследований по видовому составу, таксономической структуре, сезонной и межгодовой динамике количественных показателей фитопланктона получены нами впервые.

## Глава 2. Материалы и методы исследований

Материалом для написания диссертации послужили результаты обработки количественных и качественных проб фитопланктона, отобранных автором в 2010–2012 годах на трех озерах Омской области: Салтаим, Тенис, Инберень.

На озере Инберень наблюдения проводились ежемесячно с июня 2010 года по август 2012 года на 6-ти станциях, равномерно расположенных по акватории (Рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – План-схема расположения станций отбора проб фитопланктона на озере Инберень (<https://maps.yandex.ru>).

Качественные и количественные пробы фитопланктона озер Тенис, Салтаим (Рисунок 2.2) отбирали в период максимального прогрева воды (июль, август) в 2010–2012 годах. В ходе исследования было собрано и обработано 186 количественных (Инберень – 137, Тенис – 26, Салтаим – 23) и 35 качественных проб фитопланктона.

Фитопланктон отбирали зачерпыванием из поверхностного слоя воды. Объем количественных проб составлял 0,5 л. Качественные пробы отбирали одновременно с количественными пробами. Пробы консервировали 40 % формалином до появления слабого запаха. Концентрирование проб осуществляли осадочным методом (метод отстаивания проб в сосудах), предложен-



Рисунок 2.2 – План-схема расположения станций отбора проб фитопланктона на озерах Салтайм и Тенис (<https://maps.yandex.ru>).

ным Р.Г. Гринбергом в 1915 г. и модифицированным П.И. Усачевым (Садчиков, 2003). Пробы фитопланктона обрабатывали общепринятыми методами (Абакумов, 1977; Федоров, 1979; Методические рекомендации..., 1984; Методы изучения..., 2003;). Подсчет количества клеток проводили в камере Го-ряева в двух повторностях на световом микроскопе Микмед-1. Биомассу фитопланктона определяли стандартным счетно-объемным методом (Кольцова, 1970; К методике..., 1978; Федоров, 1979).

Для пересчета количества клеток водорослей и цианобактерий на 1 л использовали математическую формулу (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  $1 \text{ см}^3$ ;

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

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

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

$V$  – первоначальный объем отобранный пробы ( $\text{см}^3$ );

$v$  – объем сгущенной пробы ( $\text{см}^3$ ).

Для определения видов диатомовых водорослей использовали постоянные препараты. Освобождение клеток диатомей от органического материала проводили путем холодного сжигания свежеприготовленной хромовой смесью. Полученный материал центрифугировали и промывали дистиллированной водой с образованием прозрачного осадка. Очищенный диатомовый материал помещали в анилин-формальдегидную смолу А.А. Эльяшева (1957). Микрокопирование готовых постоянных препаратов проводили с использованием масляной иммерсии ( $\times 1350$ ) на световом микроскопе Микмед-1 (Руководство..., 1983). Всего было обработано 50 постоянных препаратов диатомовых водорослей. Некоторые виды диатомей идентифицировали по данным сканирующей электронной микроскопии, проведенной на микроскопе Hitachi S3400N в Институте водных и экологических проблем СО РАН (г. Барнаул).

Идентификацию видов проводили по современным отечественным и зарубежным определителям, монографиям и систематическим сводкам: цианобактерии (Голлербах и др, 1953; Komárek, Anagnostidis, 1998, 2005), эвгленовые (Попова, 1955; Сафонова, 1965; Попова, 1966, 1976; Сафонова, 1987), зеленые (Коршиков, 1953; Дедусенко-Щеголева и др, 1959; Chlorophyta..., 1983; Мошкова, Голлербах, 1986; Царенко, 1990; Tsarenko et all, 2006), динофитовые (Dinophyceae..., 1990; Popovský, 1990), криптофитовые (Киселев, 1954), золотистые (Матвиенко, 1954; Матвієнко, 1965; Starmach, 1985), диатомовые (Определитель пресноводных..., 1951; Прошкина-Лавренко, 1953; Диатомовые..., 1974, 1988, 1992, 2002; Krammer, Lange-Bertalot 1986, 1988, 1991 а, 1991 б; Генкал, Корнева, 1990; Генкал, Вехов, 2007; Генкал, Трифонова, 2009), желтозеленые (Дедусенко-Щеголева, Голлербах, 1962), стрептофитовые (Паламарь-Мордвинцева, 1982).

При создании таксономического списка использована классификация водорослей и цианобактерий, принятая в справочнике «Водоросли» (1989), с учетом последних ревизий (Chrysophyceae..., 1985; Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991 a, 1991 b; Генкал, Корнева, 1990; Komárek, Anagnostidis, 1998, 2005; Tsarenko et all, 2006; Генкал, Вехов, 2007; Генкал, Трифонова, 2009). Для уточнения таксономической принадлежности и актуальности названия водорослей и цианобактерий использовали базу данных интернет-ресурса.

Установление новых для Омского Прииртышья видов водорослей и цианобактерий осуществляли путем сравнения наших данных с данными, полученными в середине XX века группой альгологов под руководством А.П. Скабичевского (Водоросли реки..., 1963), с монографией Т.А. Сафоновой (1987) и с современными сведениями С.Ф. Лихачева (1997 а, б), О.П. Баженовой (2005), Н.Н. Барсуковой (2011), О.А. Коноваловой (2011), Л.В. Коржовой (2013), И.Ю. Игошкиной (2014 а).

Для водных объектов, подверженных эвтрофированию, доминирующие виды рекомендовано выделять по численности (Михеева, 1992). В состав доминирующего комплекса включали виды, численность которых составляла не меньше 10 % от общей численности фитопланктона (Корнева, 2009). При этом учитывали их частоту встречаемости, частоту и порядок доминирования.

Под частотой встречаемости понимали отношение числа проб, в которых был отмечен вид, к общему числу проанализированных проб (Словарь ботанических..., 1984).

Для характеристики частоты доминирования (DF) использовали показатель, введенный де Фризом (Макаревич, 1966) и дополненный О. М. Кожевой (1970):

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

D – число проб, в которых вид доминировал;

F – общее число обработанных проб.

Порядок доминирования рассчитывали по формуле (3) (Горбулин, 2012):

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

DF – частота доминирования;

pF – частота встречаемости.

Для оценки биоразнообразия фитопланктона исследуемых озер использовали следующие индексы:

- индекс видового богатства Маргалефа (d) (Мэгарран, 1992; Шитиков и др., 2003):

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

s – число выявленных видов;

N – общее число особей всех s видов;

- индекс видового разнообразия Шеннона (H) (Бигон и др., 1989; Мэгарран, 1992):

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

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

Вычисляли также индекс выравненности Пиелу (E) (Мэгарран, 1992):

$$E = H / \log S, \text{ где} \quad (6)$$

H – индекс Шеннона;

S – число выявленных видов.

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

$$D = \sum |(n_i \times (n_i - 1)) / (N \times (N - 1))|,$$

где (6)  $n_i$  – число особей i-го вида,

N – общее число особей.

Анализ таксономической структуры фитопланктона проводили по общепринятым показателям, индексам и коэффициентам.

Пропорции флоры приняты как соотношение – среднее количество семейств принятное за единицу : среднее количество родов в семействе : среднее количество видов в семействе : среднее количество внутривидовых таксонов

(включая номенклатурный тип вида) в семействе. Коэффициент родовой насыщенности – отношение числа видов (или ВРФ) к числу родов (Толмачев, 1974, Шмидт, 1980). Для определения видовой насыщенности фитопланктона использовалась зависимость Виллиса (Wilis, 1922, 1949, цит. по: Баринова и др., 2006).

При анализе сходства видового состава водорослей и цианобактерий исследуемых озер использовали коэффициент флористического сходства Чекановского–Сёренсена ( $K_{ч-с}$ ) (Шмидт, 1980; Мэгарран, 1992):

$$K_{ч-с} = 2 c / (a + b), \text{ где} \quad (7)$$

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

с – число общих для сравниваемых флор видов.

Для оценки качества воды рассчитывали индекс сапробности по Пантле и Букку (Шитиков и др., 2003). Для вычисления индекса учитывается сапробность отдельных видов-индикаторов величины, которых взяты из списка показательных организмов (Макрушин, 1974; Индикаторы сапробности, 1977; Баринова и др., 2000, 2006):

$$S = \sum n_i \times h_i \times J_i / \sum h_i \times J_i, \text{ где} \quad (8)$$

$h_i$  – численность вида;

$n_i$  – сапробная валентность организма;

$J_i$  – индикаторный вес.

Экологическая характеристика водорослей и цианобактерий по отношению к солености воды дана по системе галобности согласно классификации Р. Кольбе (Прошкина-Лавренко, 1953). Характеристика водорослей и цианобактерий по отношению к активной реакции среды (pH) составлена с использованием шкалы, разработанной Ф. Хустедтом, с учетом современных сведений (Баринова и др., 2006). Описание географии распространения и местообитания идентифицированных видов дано с использованием указанных определителей и современных сводок (Трифонова, 1979; Баринова и др., 2000, 2006).

Одновременно с отбором проб фитопланктона один раз в сезон проводили забор воды для гидрохимического анализа и измеряли некоторые физические показатели (температура воды, прозрачность по диску Секки). Определяли содержание следующих показателей: гидрокарбонатов, сульфатов, кальция, магния, азота нитратного, нитритного, аммонийного, хлоридов, сумму кальция и натрия, активную реакцию воды (рН), сумму ионов, ХПК, БПК<sub>5</sub>, общую жесткость, общий фосфор, минерализацию. Химический анализ воды проводился на базе аккредитованной лаборатории ФГБУ «Объ-Иртышское УГМС». Гидрохимическая характеристика исследуемых озер дана согласно классификации О.А. Алекина (1970). Класс и категорию качества воды, трофический статус водоемов определяли согласно эколого-санитарной классификации поверхностных вод суши (Комплексная экологическая..., 1993).

Статистическую обработку данных (Лакин, 1980) и создание рисунков проводили в программе Microsoft Excel.

## Глава 3. Фитопланктон озер лесостепной зоны Омского Прииртышья

### 3.1. Фитопланктон озерной системы Салтаим-Тенис

#### 3.1.1. Таксономический состав и структура фитопланктона озера Салтаим

Необходимым условием нормального функционирования всех экосистем является высокий уровень их биоразнообразия. Оценить степень биоразнообразия и определить основные свойства флоры можно с помощью таксономического анализа видового состава. Основу качественной характеристики флоры составляют показатели систематического разнообразия и эколого-географическая характеристика видов, формирующих биоту. К упомянутым показателям систематического разнообразия относят среднее число видов в семействе, родов в семействе и видов в роде или «пропорции флоры» (Толмачев, 1974). Кроме того, при анализе систематической структуры принято оценивать долю и порядок расположения ведущих таксонов различного ранга. Эколого-географическая структура биоты отражает комплекс почвенно-климатических факторов окружающей среды и состояние компонентов флоры, испытывающих природное и антропогенное воздействие (Сытник, Вассер, 1992; Лебедева, Криволуцкий, 2002).

Критерием достаточности списка видов для анализа таксономического состава и структуры является соблюдение зависимости Виллиса между распределением числа видов (с учетом ВРФ) и родов. Как известно, в хорошо изученных флорах и фаунах распределение числа видов по числу родов выражается в виде гиперболы (в логарифмических координатах – прямой). Закономерное распределение говорит о полноте выявленного разнообразия фитопланктона (Поздняков, 2005; Баринова и др., 2006; Еремкина, Ярушина, 2009).

Для фитопланктона озера Салтаим полученная кривая по форме близка к гиперболе и подчиняется распределению Виллиса, коэффициент сходства

( $R^2$ ) реального распределения имеет достаточно высокое значение – 0,80 (Рисунок 3.1).

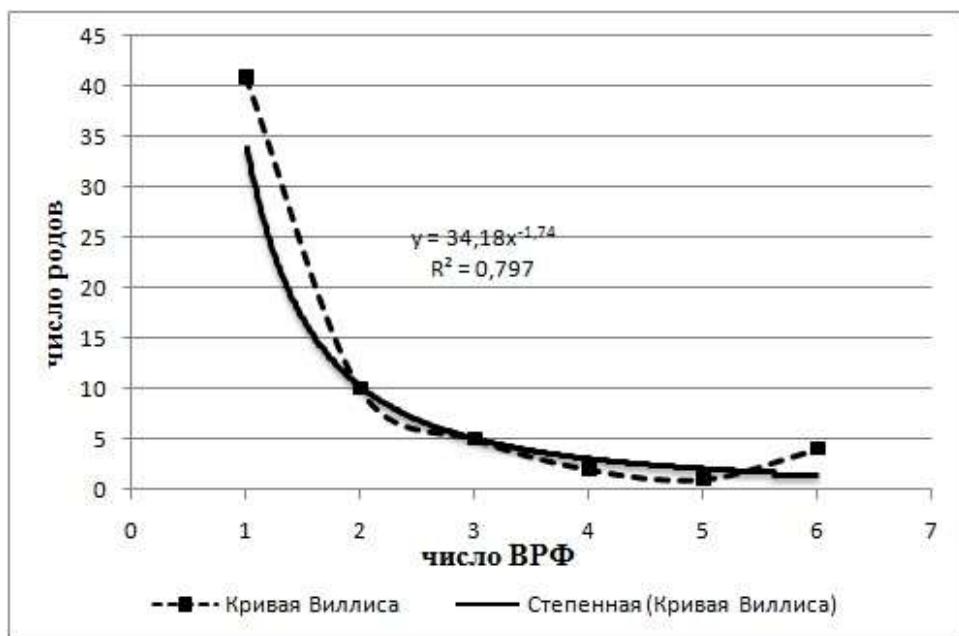


Рисунок 3.1 – Зависимость Виллиса для фитопланктона озера Салтайм, 2010–2012 годы.

Исходя из вышесказанного, фитопланктон озера Салтайм можно характеризовать с позиций системного анализа, включая таксономический состав, видовое богатство и его динамику

В фитопланктоне озера Салтайм идентифицировано 106 видов и 107 видовых и внутривидовых таксонов, включая номенклатурный тип вида, относящихся к 7 отделам, 10 классам, 14 порядкам, 28 семействам, 61 роду, в том числе: Cyanobacteria – 38, Euglenophyta – 3, Dinophyta – 1, Cryptophyta – 1, Bacillariophyta – 8, Chlorophyta – 51, Streptophyta – 5 ВРФ (Рисунок 3.2).

Основу видового богатства фитопланктона исследуемого водоема формируют отделы Cyanobacteria и Chlorophyta, составляющие в совокупности 83,20 % от общего числа идентифицированных видов. Остальные отделы в таксономической структуре представлены небольшим числом видов, на их долю приходится 16,80 % от общего числа идентифицированных ВРФ.

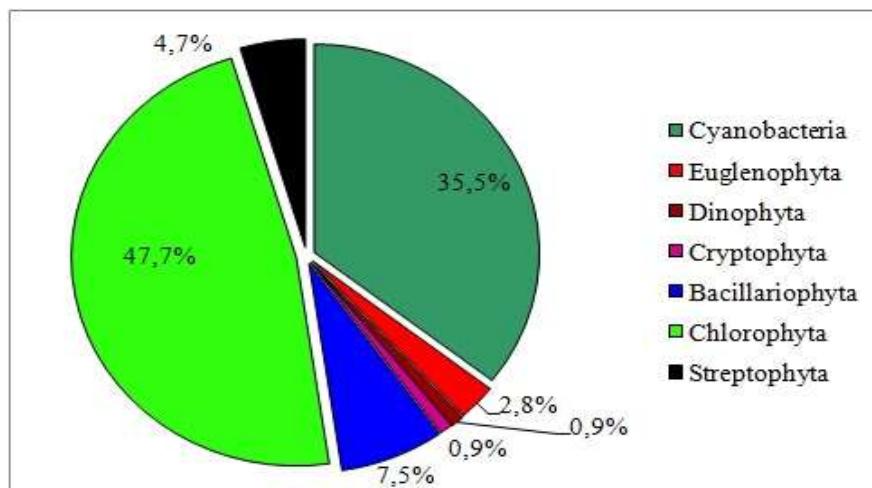


Рисунок 3.2 – Таксономическая структура фитопланктона озера Салтайм, 2010–2012 годы

Первые систематические исследования фитопланктона озера Салтайм были проведены в середине XX века (1965–1968 годы) Т.И. Зенюк (1967, 1972, 1975, 1980). Т.И. Зенюк приведены обобщенные сведения о видовом составе фитопланктона двух озер – Салтайм и Тенис (Рисунок 3.3).

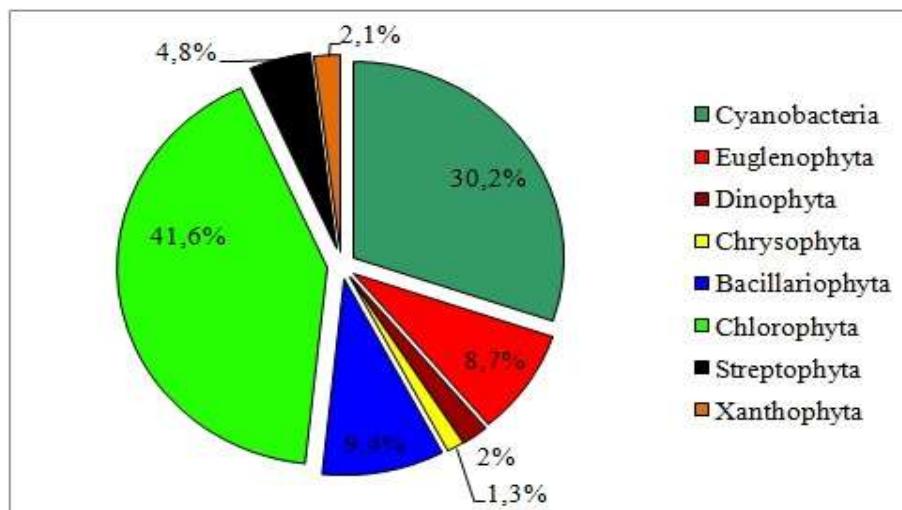


Рисунок 3.3 – Таксономическая структура фитопланктона озер Салтайм и Тенис, 1965–1968 годы (Зенюк, 1972)

Это указывает, что Т.И. Зенюк рассматривала эти водоемы как единую озерную систему с точки зрения общности видового состава и обилия фитопланктона. Для корректности сравнения данных сведения Т.И. Зенюк о видовом составе фитопланктона озер Салтайм и Тенис переработаны нами в соответствии с современными представлениями о систематике водорослей и цианобактерий.

В 1965–1968 годы наиболее богатыми в видовом отношении были цианобактерии и зеленые водоросли, в совокупности составлявшие 71,8 % от общего числа выявленных видов. Остальные отделы характеризовались низким видовым богатством и составляли 28,2 % от общего числа видов.

Таким образом, в настоящее время таксономическая структура фитопланктона озер Салтаим и Тенис сохранила свои основные черты. Сравнение наших данных по фитопланктону с данными Т.И. Зенюк показало незначительные различия в видовом составе. Например, в составе современного фитопланктона нами найдена криптомонада *Chroomonas acuta*.

Согласно концепции экологических модификаций В.А. Абакумова (1991), относительное постоянство видового богатства, рассматриваемого как общее число ВРФ (Бродский, 2007) и таксономической структуры фитопланктона свидетельствует о том, что экосистема озер Салтаим и Тенис находится в достаточно устойчивом состоянии экологической модуляции. Экологическая модуляция – наиболее распространенное направление метаболического прогресса, не приводящее, как правило, к глубоким изменениям интенсивности метаболизма биоценозов, она выражается в смене доминантных видов, в изменении состава руководящих комплексов, в общем изменении видового состава биоценозов и т. п. (Абакумов, 1991).

Важными показателями таксономического разнообразия являются пропорции флоры и родовая насыщенность видовыми и внутривидовыми таксонами или родовой коэффициент (Шкундина, 2015). Известно, что повышенные значения этих показателей характерны для более богатых в видовом отношении флор (Шмидт, 1984).

В пропорциях флоры фитопланктона озера Салтаим наибольшее насыщение семейств родами характерно для отделов Cyanobacteria (2,9), Chlorophyta (2,3) и Euglenophyta (2,0). Наименьшее количество родов, входящих в одно семейство, отмечено у отделов Dinophyta (1,0) и Cryptophyta (1,0). Высокой насыщенностью семейств видовыми и внутривидовыми таксонами отличаются Chlorophyta (5), Cyanobacteria (4,8) и Euglenophyta (3).

Высокое значение родового коэффициента отмечено для отделов Chlorophyta, Cyanobacteria, Streptophyta, Euglenophyta, для которых он варьируется от 1,5 до 2,2 (Таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Таксономический состав, пропорции флоры и родовая насыщенность фитопланктона озера Салтаим

| Отдел           | Количество |          |          |       |       |                              | Пропорции флоры | Родовая насыщенность таксонами |
|-----------------|------------|----------|----------|-------|-------|------------------------------|-----------------|--------------------------------|
|                 | классов    | порядков | семейств | родов | видов | видов, разновидностей и форм |                 |                                |
| Cyanobacteria   | 1          | 3        | 8        | 23    | 38    | 38                           | 1:2,9:4,8:4,8   | 1,7                            |
| Euglenophyta    | 1          | 1        | 1        | 2     | 3     | 3                            | 1:2:3:3         | 1,5                            |
| Dinophyta       | 1          | 1        | 1        | 1     | 1     | 1                            | 1:1:1:1         | 1                              |
| Cryptophyta     | 1          | 1        | 1        | 1     | 1     | 1                            | 1:1:1:1         | 1                              |
| Bacillariophyta | 2          | 3        | 5        | 8     | 8     | 8                            | 1:1,6:1,6:1,6   | 1                              |
| Chlorophyta     | 3          | 4        | 10       | 23    | 50    | 51                           | 1:2,3:5:5,1     | 2,2                            |
| Streptophyta    | 1          | 1        | 2        | 3     | 5     | 5                            | 1:1,5:2,5:2,5   | 1,7                            |
| Всего           | 10         | 14       | 28       | 61    | 106   | 107                          | 1:2,2:3,8:3,8   | 1,8                            |
|                 |            |          |          |       |       |                              | видовыми        | видовыми и внутривидовыми      |

Важнейшей характеристикой таксономического состава является анализ систематической структуры флоры (т. н. флористический анализ), который показывает распределение видов между систематическими категориями высших рангов, свойственное конкретной флоре (Шмидт, 1980). В систематической структуре флоры обычно главную роль играют 10–15 семейств, которые формируют головную часть флористического спектра и определяют «лицо» флоры (Толмачев, 1974).

Идентифицированные в фитопланктоне озера Салтаим водоросли и цианобактерии относятся к десяти классам, которые содержат 106 видовых и 107 внутривидовых таксонов, включая номенклатурный тип вида (Таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Таксономический спектр ведущих классов, порядков, семейств, родов фитопланктона озера Салтаим и их ранговые места (в скобках)

| Класс                             | Количество |          | Порядок                           | Количество |          |
|-----------------------------------|------------|----------|-----------------------------------|------------|----------|
|                                   | видов      | ВРФ      |                                   | видов      | ВРФ      |
| Cyanophyceae                      | 38 (1)     | 38 (1)   | Sphaeropleales                    | 33 (1)     | 34 (1)   |
| Chlorophyceae                     | 35 (2)     | 36 (2)   | Chroococcales                     | 26 (2)     | 26 (2)   |
| Trebouxiophyceae                  | 14 (3)     | 14 (3)   | Chlorellales                      | 14 (3)     | 14 (3)   |
| Pennatophyceae                    | 7 (4)      | 7 (4)    | Oscillatoriaceae                  | 10 (4)     | 10 (4)   |
| Conjugatophyceae                  | 5 (5)      | 5 (5)    | Desmidiales                       | 5 (5)      | 5 (5)    |
| Euglenophyceae                    | 3 (6)      | 3 (6)    | Raphales                          | 4 (6)      | 4 (6)    |
| Dinophyceae                       | 1 (7–10)   | 1 (7–10) | Euglenales                        | 3 (7–8)    | 3 (7–8)  |
| Ulvophyceae                       | 1 (7–10)   | 1 (7–10) | Araphales                         | 3 (7–8)    | 3 (7–8)  |
| Cryptophyceae                     | 1 (7–10)   | 1 (7–10) | Nostocales                        | 2 (9–10)   | 2 (9–10) |
| Centrophyceae                     | 1 (7–10)   | 1 (7–10) | Chlamydomonadales                 | 2 (9–10)   | 2 (9–10) |
| Всего                             | 106        | 107      | Всего                             | 102        | 103      |
| % таксонов соответствующего ранга | 100        | 100      | % таксонов соответствующего ранга | 95,23      | 95,26    |
| Семейство                         | Количество |          | Род                               | Количество |          |
|                                   | видов      | ВРФ      |                                   | видов      | ВРФ      |
| Scenedesmaceae                    | 24 (1)     | 25 (1)   | <i>Scenedesmus</i>                | 6 (1–4)    | 7 (1)    |
| Merismopediaceae                  | 12 (2)     | 12 (2)   | <i>Oocystis</i>                   | 6 (1–4)    | 6 (2–4)  |
| Oocystaceae                       | 10 (3)     | 10 (3)   | <i>Desmodesmus</i>                | 6 (1–4)    | 6 (2–4)  |
| Chroococcaceae                    | 7 (4)      | 7 (4)    | <i>Chroococcus</i>                | 6 (1–4)    | 6 (2–4)  |
| Pseudanabaenaceae                 | 6 (5)      | 6 (5)    | <i>Coelastrum</i>                 | 4 (5)      | 4 (5)    |
| Synechococcaceae                  | 4 (6–8)    | 4 (6–8)  | <i>Planktolyngbya</i>             | 3 (6–11)   | 3 (6–11) |
| Selenastraceae                    | 4 (6–8)    | 4 (6–8)  | <i>Monoraphidium</i>              | 3 (6–11)   | 3 (6–11) |
| Hydrodictyaceae                   | 4 (6–8)    | 4 (6–8)  | <i>Microcystis</i>                | 3 (6–11)   | 3 (6–11) |
| Euglenaceae                       | 3 (9–13)   | 3 (9–13) | <i>Aphanocapsa</i>                | 3 (6–11)   | 3 (6–11) |
| Fragilariaceae                    | 3 (9–13)   | 3 (9–13) | <i>Acutodesmus</i>                | 3 (6–11)   | 3 (6–11) |
| Desmidiaceae                      | 3 (9–13)   | 3 (9–13) | <i>Merismopedia</i>               | 3 (6–11)   | 3 (6–11) |
| Microcystaceae                    | 3 (9–13)   | 3 (9–13) | –                                 | –          | –        |
| Oscillatoriaceae                  | 3 (9–13)   | 3 (9–13) | –                                 | –          | –        |
| Всего                             | 86         | 87       | Всего                             | 46         | 47       |
| % таксонов соответствующего ранга | 81,13      | 81,31    | % таксонов соответствующего ранга | 43,39      | 43,93    |

Наибольшим видовым богатством на уровне классов отличаются цианобактерии (класс Cyanophyceae) и зеленые водоросли (класс Chlorophyceae), содержащие около 69 % выявленных ВРФ. Представители оставшихся восьми классов (Trebouxiophyceae, Pennatophyceae, Conjugatophyceae, Euglenophyceae, Dinophyceae, Ulvophyceae, Cryptophyceae, Centrophyceae) включали в себя значительно меньшее количество ВРФ.

Десять ведущих порядков, объединяющих 103 ВРФ, составляют 95,26 % от общего числа таксонов соответствующего ранга. Первые три места по числу видов принадлежат порядкам зеленых водорослей (Sphaeropleales, Chlorellales) и цианобактерий (Chroococcales).

Наиболее четко структуру видового богатства можно проследить на уровне семейств, которые формируют основную часть флористического спектра и определяют характер флоры (Гуламанова, 2008). Ведущие семейства в таксономическом спектре фитопланктона включают 87 ВРФ и составляют 81,31 % от общего числа таксонов соответствующего ранга. Первые три ранговых места занимают семейства зеленых водорослей (Scenedesmaceae, Oocystaceae) и цианобактерий (Merismopediaceae). Представители других отделов значительно уступают им по количеству видов и включают от 3 до 7 ВРФ.

Десять ведущих родов также составляют представители цианобактерий и зеленых водорослей. На их долю приходится 43,39 % видовых и 43,93 % внутривидовых таксона. Наибольшее количество видов насчитывают роды *Scenedesmus* (7 ВРФ), *Oocystis* (6), *Desmodesmus* (6), *Chroococcus* (6), *Coelastrum* (4). Равное количество ВРФ содержат роды *Planktolyngbya*, *Monoraphidium*, *Microcystis*, *Aphanocapsa*, *Acutodesmus*, *Merismopedia*.

Таким образом, на всех уровнях таксономической структуры фитопланктона озера Салтаим лидирующие позиции занимают зеленые водоросли и цианобактерии.

Большинство ВРФ зеленых водорослей (отдела Chlorophyta) относится к классам Chlorophyceae (36 ВРФ) и Trebouxiophyceae (14 ВРФ), которые слагают представители 10 семейств. Наибольшим видовым богатством отличаются семейства Scenedesmaceae (25 ВРФ) и Oocystaceae (10 ВРФ). Другие семейства зеленых водорослей имели значительно меньшее количество видов.

На втором месте по видовому богатству находятся цианобактерии. Среди них наибольшим богатством видового состава отличаются семейства Merismopediaceae (12 ВРФ) и Chroococcaceae (7 ВРФ). По видовому составу

наиболее разнообразен род *Chroococcus* (6 ВРФ). Мелкоклеточные виды цианобактерий, такие, как *Aphanocapsa holsatica* и *Chroococcus minor* достигали высокого обилия в середине лета, когда их численность составляла десятки миллиардов клеток в литре. Из признанных для Омского Прииртышья индикаторов эвтрофирования (Баженова, 2005) в водоёме обнаружены *Aphanocapsa holsatica*, *Merismopedia tenuissima*, *Planktolyngbya limnetica*.

В фитопланктоне озера Салтайм обнаружено 5 потенциально токсичных видов цианобактерий: *Microcystis aeruginosa*, *M. wesenbergii*, *M. viridis*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Coelosphaerium kuetzingianum*. Уровень вегетации этих видов не превышает допустимый показатель для рекреационных водоёмов (20 млн кл./л) (Toxic Cyanobacteria..., 1999) и не представляет опасности для жизнедеятельности других гидробионтов и здоровья человека.

В 1954 году А. П. Скабичевским в составе планктонных цианобактерий озера Салтайм был выделен новый вид *Lyngbya saltaimica* (Скабичевский, 1956). Отличительной особенностью *Lyngbya saltaimica* от остальных видов этого рода было наличие толстых поперечных стенок и более широкий изгиб спирали (Рисунок 3.4).

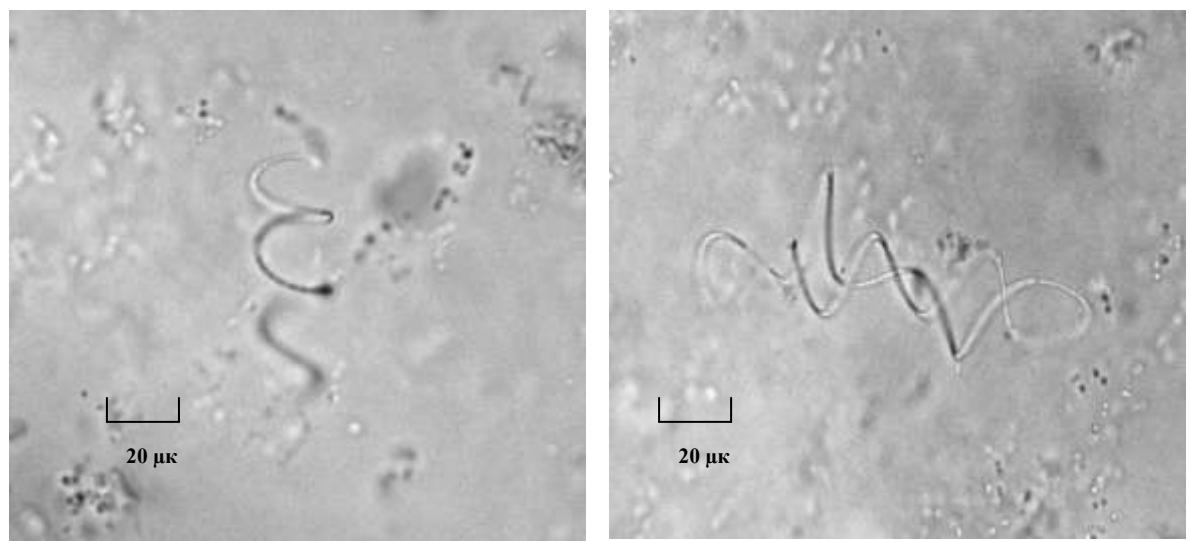


Рисунок 3.4 – Трихомы *Lyngbya saltaimica* Skabitch. из планктона озерной системы Салтайм-Тенис: а) трихомы в виде правильной спирали; б) неправильно изогнутая форма трихома

Этот вид постоянно входит в состав доминирующего комплекса фитопланктона озер Салтаим и Тенис, его численность в период наших исследований колебалась от 14,74 тыс. кл./л до 2406 млн кл./л, достигая уровня «цветения». Размерные характеристики и морфология *Lyngbya saltaimica*, идентифицированной нами в 2009–2012 годах, полностью совпадают с данными А.П. Скабичевского (Цианопрокариоты из планктона..., 2011; Суанопрокариота в планктоне..., 2014; Баженова, 2015 в).

Диатомовые водоросли в планктоне озера Салтаим занимают третье место по видовому богатству и составляют всего 7,3 % от общего числа идентифицированных ВРФ. Среди них ведущая роль принадлежит классу *Pennatophyceae* (7 ВРФ), и лишь один вид (*Handmannia comta*) относится к классу *Centrophyceae*. Пеннатные диатомеи в фитопланктоне озера представлены в основном случайно-планктонными видами родов *Fragilariforma*, *Staurosirella*, *Cocconeis*, *Fragilaria*, *Navicula*, *Gyrosigma*, *Encyonema* (Баженова, 2013).

Из эвгленовых водорослей в планктоне озера Салтаим найдено всего три ВРФ. Они являются представителями класса *Euglenophyceae* и относятся к родам *Euglena* (2) и *Lepocinclis* (1).

Низким видовым богатством отличались отделы криптофитовых и динофитовых водорослей. Большой роли в формировании общей численности фитопланктона озера Салтаим эти отделы не играют. Криптомонады представлены одним видом *Chroomonas acuta*. Из динофитовых найден *Peridinium* sp.

При определении характера флоры преобладающий комплекс видов ставится на последнее место (Ярошенко, 1969). Таким образом, фитопланктон озера Салтаим по таксономическому составу имеет характерный для высокоэвтрофных озер лесостепной зоны Западной Сибири в целом (Ермолов, 1964, 1965, 1987, 1991, 1998 б) и Омского Прииртышья в частности (Оценка состояния..., 2009; Баженова, Кренц, 2011 а, 2012; К вопросу о рекреационных..., 2012; Экологическое состояние..., 2012; Герман, 2012; Кренц,

Баженова, 2013) ярко выраженный цианобактериально-хлорофитный характер.

### 3.1.2. Таксономический состав и структура фитопланктона озера Тенис

Кривая Виллиса, построенная для фитопланктона озера Тенис, близка по форме к линии тренда, коэффициент сходства ( $R^2$ ) реального распределения имеет высокое значение – 0,85 (Рисунок 3.5).

Такое распределение показывает достаточную полноту выявленного разнообразия фитопланктона, что дает нам основание достоверно анализировать его таксономический состав и видовое богатство.

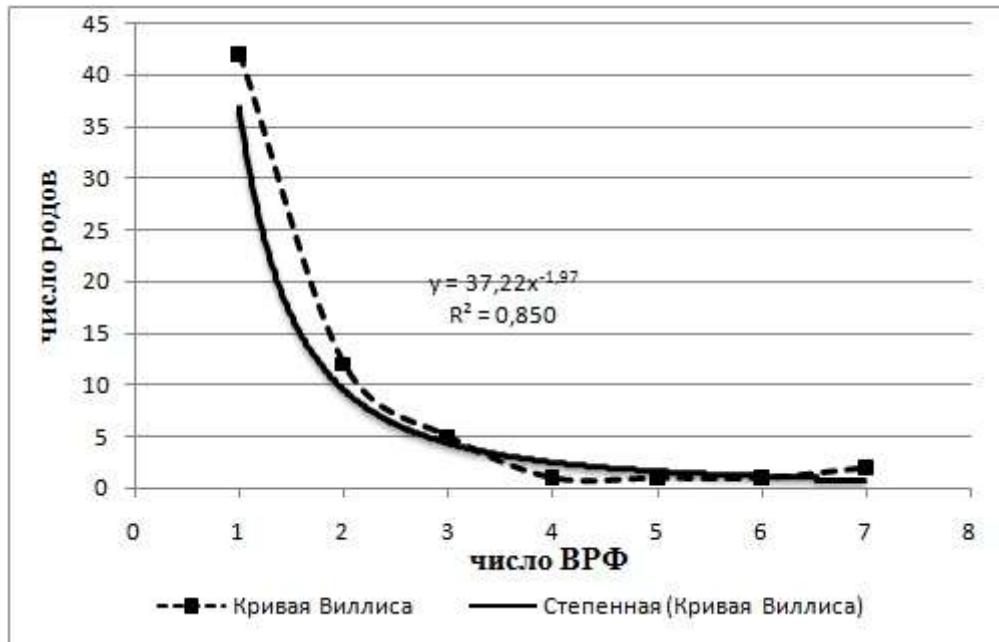


Рисунок 3.5 –Зависимость Виллиса для фитопланктона озера Тенис, 2010–2012 годы

В фитопланктоне озера Тенис идентифицировано 108 видов и 109 внутривидовых таксонов, включая номенклатурный тип вида, относящихся к 8 отделам, 11 классам, 16 порядкам, 30 семействам, 67 родам, в том числе:

Cyanobacteria – 35, Euglenophyta – 4, Dinophyta – 2, Cryptophyta – 1, Chrysophyta – 2, Bacillariophyta – 10, Chlorophyta – 52, Streptophyta – 3 ВРФ.

Таксономическая структура фитопланктона озера Тенис имеет ярко выраженные общие черты с фитопланктом озера Салтаим. Ведущее место в таксономической структуре фитопланктона озера Тенис также принадлежит отделам Chlorophyta и Cyanobacteria, на долю которых в совокупности приходится 79,8 % от общего числа ВРФ. Водоросли других отделов составляют 20,2 % от общего числа идентифицированных ВРФ (Рисунок 3.6).

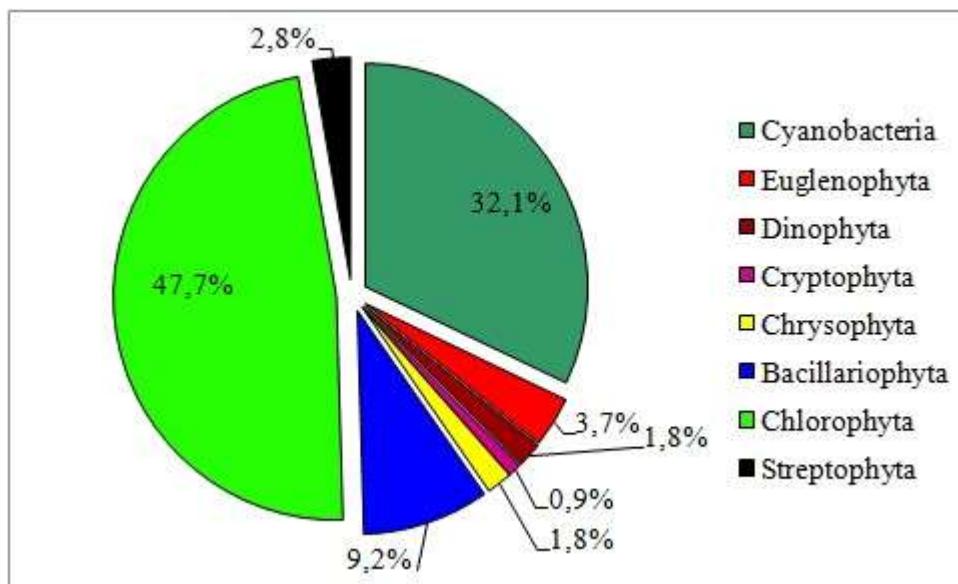


Рисунок 3.6 – Таксономическая структура фитопланктона озера Тенис, 2010–2012 годы

Анализ пропорций фитопланктона озера Тенис показал, что наибольшее количество родов, входящих в одно семейство, характерно для отделов Cyanobacteria и Chlorophyta. Для отделов Chlorophyta и Cyanobacteria отмечены также высокие значения насыщенности семейств видовыми и внутривидовыми таксонами. Высокие значения родового коэффициента отмечены у трех отделов – Chlorophyta, Cyanobacteria, Euglenophyta (Таблица 3.3).

Анализ таксономического спектра ведущих таксонов показал, что на уровне всех систематических групп фитопланктона озера Тенис первые места по видовому богатству занимают зеленые водоросли и цианобактерии. Наиболее разнообразен таксономический спектр фитопланктона озера Тенис на уровне классов – в него входят кроме зеленых водорослей и цианобактерий

Таблица 3.3 – Таксономический состав, пропорции флоры и родовая насыщенность фитопланктона озера Тенис

| Отдел           | Количество |          |          |       |       |                             | Пропорции флоры | Родовая насыщенность таксонами |                           |
|-----------------|------------|----------|----------|-------|-------|-----------------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------|
|                 | классов    | порядков | семейств | родов | видов | видов, видовидностей и форм |                 | видовыми                       | видовыми и внутривидовыми |
| Cyanobacteria   | 1          | 3        | 7        | 22    | 35    | 35                          | 1:3,1:5:5       | 1,6                            | 1,6                       |
| Euglenophyta    | 1          | 1        | 1        | 4     | 4     | 4                           | 1:4:4:4         | 1                              | 1                         |
| Dinophyta       | 1          | 2        | 2        | 2     | 2     | 2                           | 1:1:1:1         | 1                              | 1                         |
| Cryptophyta     | 1          | 1        | 1        | 1     | 1     | 1                           | 1:1:1:1         | 1                              | 1                         |
| Chrysophyta     | 1          | 1        | 2        | 2     | 2     | 2                           | 1:1:1:1         | 1                              | 1                         |
| Bacillariophyta | 2          | 3        | 6        | 10    | 10    | 10                          | 1:1,7:1,7:1,7   | 1                              | 1                         |
| Chlorophyta     | 3          | 4        | 9        | 23    | 51    | 52                          | 1:2,6:5,7:5,8   | 2,2                            | 2,3                       |
| Streptophyta    | 1          | 1        | 2        | 3     | 3     | 3                           | 1:1,5:1,5:1,5   | 1                              | 1                         |
| Всего           | 11         | 16       | 30       | 67    | 108   | 109                         | 1:2,2:3,6:3,6   | 1,6                            | 1,6                       |

эвгленовые, диатомовые, криптофитовые, золотистые, динофитовые и стрептофитовые водоросли. Далее, на уровнях порядков и семейств таксономический спектр фитопланктона постепенно обедняется и на уровне родов его формируют только зеленые водоросли и цианобактерии.

Ведущая роль в структуре фитопланктона озера Тенис принадлежит зеленым водорослям, которые насчитывают 52 ВРФ. Этот отдел формируют классы Chlorophyceae и Trebouxiophyceae, представленные порядками Chlorellales, Sphaeropleales и Chlamydomonadales (Таблица 3.4).

Высоким видовым богатством отличаются семейства Scenedesmaceae (24 ВРФ) и Oocystaceae (11 ВРФ). Наибольшее значение имеют роды *Scenedesmus*, *Oocystis*, *Desmodesmus*, которые насчитывают в своем составе от 6 до 8 ВРФ.

Таблица 3.4 – Таксономический спектр ведущих классов, порядков, семейств, родов фитопланктона озера Тенис и их ранговые места (в скобках)

| Класс                             | Количество |          | Порядок                           | Количество |          |
|-----------------------------------|------------|----------|-----------------------------------|------------|----------|
|                                   | видов      | ВРФ      |                                   | видов      | ВРФ      |
| Cyanophyceae                      | 35 (1)     | 35 (1–2) | Sphaeropleales                    | 32 (1)     | 33 (1)   |
| Chlorophyceae                     | 34 (2)     | 35 (1–2) | Chroococcales                     | 25 (2)     | 25(2)    |
| Trebouxiophyceae                  | 16 (3)     | 16 (3)   | Chlorellales                      | 16 (3)     | 16 (3)   |
| Pennatophyceae                    | 9 (4)      | 9 (4)    | Oscillatoriales                   | 8 (4)      | 8(4)     |
| Euglenophyceae                    | 4 (5)      | 4 (5)    | Raphales                          | 5 (5)      | 5(5)     |
| Conjugatophyceae                  | 3 (6)      | 3 (6)    | Euglenales                        | 4 (6–7)    | 4 (6–7)  |
| Chrysophyceae                     | 2 (7–8)    | 2 (7–8)  | Araphales                         | 4 (6–7)    | 4 (6–7)  |
| Dinophyceae                       | 2 (7–8)    | 2 (7–8)  | Desmidiales                       | 3 (8)      | 3 (8)    |
| Ulvophyceae                       | 1 (9–11)   | 1 (9–11) | Nostocales                        | 2 (9–11)   | 2 (9–11) |
| Cryptophyceae                     | 1 (9–11)   | 1 (9–11) | Chlamydomonadales                 | 2 (9–11)   | 2 (9–11) |
| Centrophyceae                     | 1 (9–11)   | 1 (9–11) | Ochromonadales                    | 2 (9–11)   | 2 (9–11) |
| Всего                             | 108        | 109      | Всего                             | 103        | 104      |
| % таксонов соответствующего ранга | 100        | 100      | % таксонов соответствующего ранга | 95,37      | 95,41    |
| Семейство                         | Количество |          | Род                               | Количество |          |
|                                   | видов      | ВРФ      |                                   | видов      | ВРФ      |
| Scenedesmaceae                    | 23 (1)     | 24 (1)   | <i>Scenedesmus</i>                | 7 (1–2)    | 8 (1)    |
| Oocystaceae                       | 11 (2–3)   | 11 (2–3) | <i>Oocystis</i>                   | 7 (1–2)    | 7 (2)    |
| Merismopediaceae                  | 11 (2–3)   | 11 (2–3) | <i>Desmodesmus</i>                | 6 (3)      | 6 (3)    |
| Pseudanabaenaceae                 | 6 (4–5)    | 6 (4–5)  | <i>Planktolyngbya</i>             | 4 (4–5)    | 4 (4–5)  |
| Synechococcaceae                  | 6 (4–5)    | 6 (4–5)  | <i>Chroococcus</i>                | 4 (4–5)    | 4(4–5)   |
| Chroococcaceae                    | 5 (6–7)    | 5 (6–7)  | <i>Coelastrum</i>                 | 3 (6–10)   | 3 (6–10) |
| Selenastraceae                    | 5 (6–7)    | 5 (6–7)  | <i>Monoraphidium</i>              | 3 (6–10)   | 3 (6–10) |
| Hydrodictyaceae                   | 4 (8–10)   | 4 (8–10) | <i>Microcystis</i>                | 3 (6–10)   | 3 (6–10) |
| Fragilariaceae                    | 4 (8–10)   | 4 (8–10) | <i>Aphanocapsa</i>                | 3 (6–10)   | 3 (6–10) |
| Euglenaceae                       | 4 (8–10)   | 4(8–10)  | <i>Acutodesmus</i>                | 3 (6–10)   | 3 (6–10) |
| Всего                             | 79         | 80       | Всего                             | 43         | 44       |
| % таксонов соответствующего ранга | 73,15      | 73,39    | % таксонов соответствующего ранга | 39,81      | 40,37    |

Ведущую роль после зеленых водорослей в формировании видового богатства играют цианобактерии. Они представлены видами из порядков Chroococcales, Oscillatoriales и Nostocales. Порядок Chroococcales формируют представители семейств Merismopediaceae, Synechococcaceae, Chroococcaceae, Microcystaceae. Наиболее богаты в видовом отношении роды *Chroococcus* и *Planktolyngbya*, насчитывающие по 4 ВРФ. Среди цианобактерий найдены новые для Омского Прииртышья виды – *Microcystis viridis* и *Woronichinia ruzickae*. Группу потенциально токсичных цианобактерий формировали те же виды, что и в фитопланктоне озера Салтайм.

Диатомовые водоросли занимают небольшую долю в таксономической структуре фитопланктона озера Тенис и представлены классами *Centrophyceae* и *Pennatophyceae* (Баженова, Едомина, Кренц, 2013). Из центральных водорослей найден один вид *Handmannia comta* (порядок *Thalassiosirales*) (Рисунок 3.7).

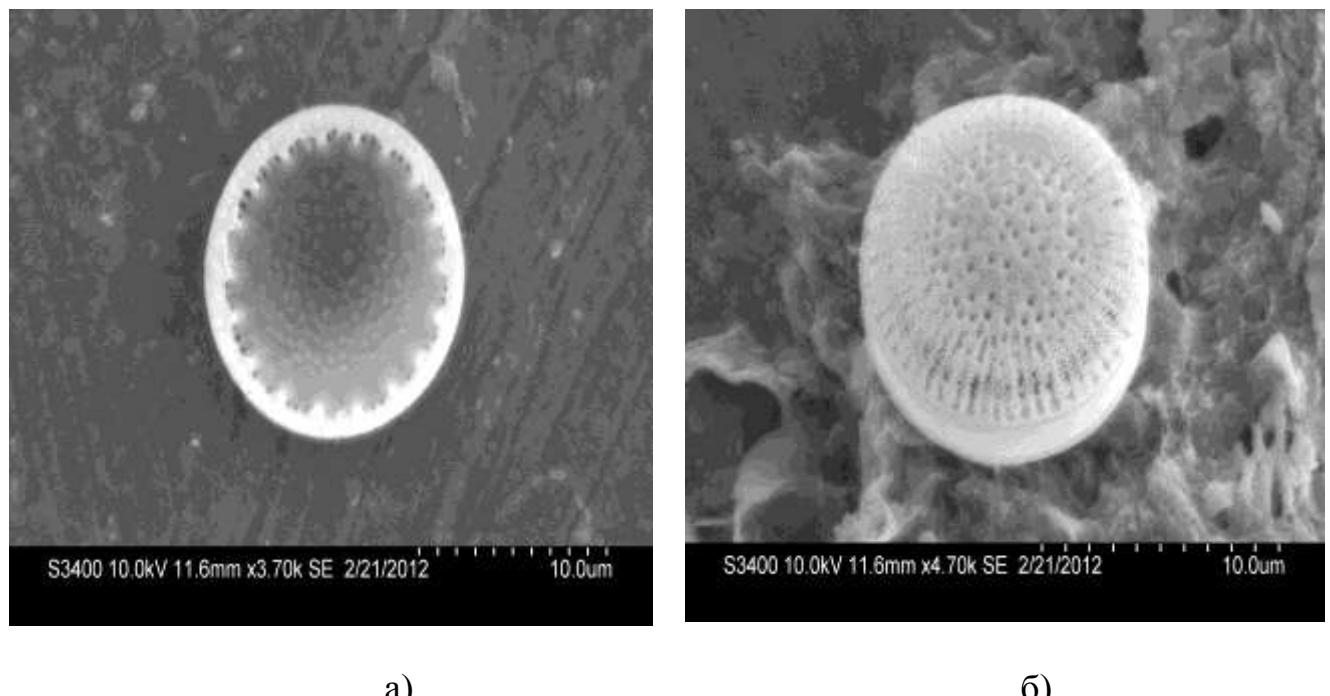


Рисунок 3.7 – *Handmannia comta*: а) внутренняя поверхность створки; б) наружная поверхность створки

Наиболее разнообразно из отдела *Bacillariophyta* в фитопланктоне озера Тенис представлены пеннатные диатомеи, в составе которых идентифицированы виды из порядков *Araphales* и *Raphales*.

Порядок *Araphales* представлен 4 ВРФ (*Fragilaria pinnata* var. *lancettula*, *Fragilariforma virescens*, *Staurosira construens*, *Staurosirella pinnata*) из семейства *Fragiliaceae*. Из порядка *Raphales* идентифицировано 5 ВРФ из семейств *Naviculaceae* (2) (Рисунок 3.8), *Achnantaceae* (1), *Cymbellaceae* (1), *Gomphonemataceae* (1).

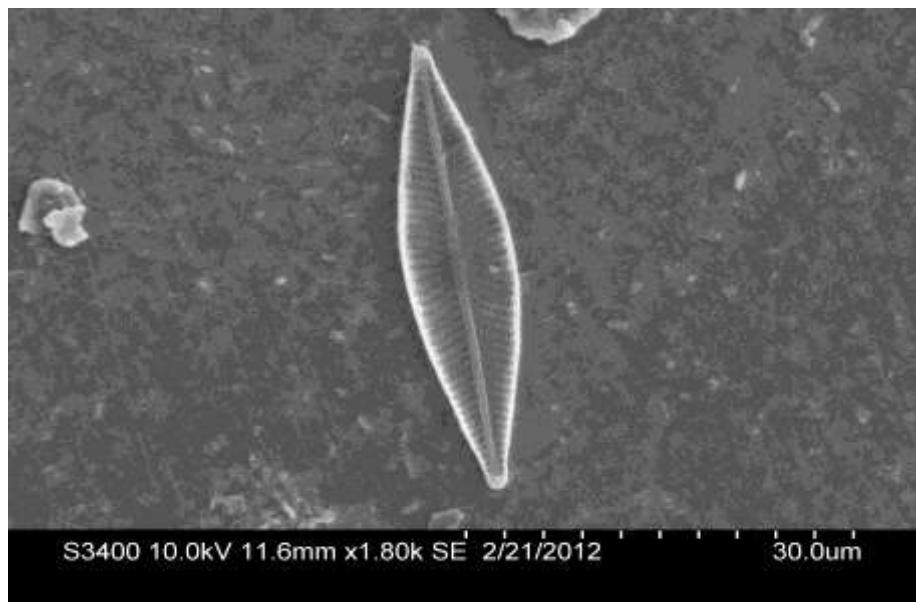


Рисунок 3.8 – *Navicula radiososa*: наружная поверхность створки

Эвгленовые водоросли представлены одним классом Euglenophyceae и не отличаются разнообразием видового состава (4 ВРФ). В составе этого отдела обнаружено 4 рода (*Euglena*, *Lepocinclis*, *Phacus*, *Trachelomonas*), включающие по одному виду.

Низким видовым богатством в фитопланктоне озера Тенис характеризуются также отделы Streptophyta, Chrysophyta, Dinophyta, Cryptophyta.

Стрептофитовые водоросли представлены классом Conjugatophyceae, порядком Desmidiales и двумя семействами (Closteriaceae и Desmidiaceae). Семейство Closteriaceae включает 1 ВРФ – *Closterium acutum* var. *linea*. Семейство Desmidiaceae представлено родами *Cosmarium* и *Staurastrum*.

В составе золотистых водорослей идентифицировано всего 2 вида из класса Chrysophyceae, порядка Ochromonadales, родов *Dinobryon* и *Mallomonas*.

Динофитовые водоросли представлены классом Dinophyceae. Из порядка Gonyaulacales семейства Ceratiaceae нами встречен один вид – *Ceratium hirundinella*. Порядок Peridiniales семейство Peridiniaceae представлен родом *Peridinium*. Из-за сложности определения этот вид идентифицирован до рода, поэтому, возможно, видовое богатство перидиней в планктоне озера выше.

Участие в сложении таксономического состава фитопланктона криптофитовых водорослей незначительно. В планктоне найден только один вид *Chroomonas acuta*, обычный для многих мелководных эвтрофных водоемов Омского Прииртышья (Экологическое состояние..., 2012; Герман, 2012; Коновалова, 2012).

По таксономическому составу фитопланктон озера Тенис имеет цианобактериально-хлорофитный характер.

Проведенные исследования показали, что фитопланктон озер Салтаим и Тенис богат и разнообразен. Общее для этих водоемов количество идентифицированных видов составляет 128 ВРФ, из них Cyanobacteria – 42, Euglenophyta – 6, Dinophyta – 2, Cryptophyta – 1, Chrysophyta – 2, Bacillariophyta – 12, Chlorophyta – 58, Streptophyta – 5.

Несмотря на практически равное видовое богатство, в видовом составе этих водоемов отмечены некоторые качественные различия. Так, только в фитопланктоне озера Тенис обнаружены 19 ВРФ: *Aphanethece subachroa*, *Synechococcus elongatus*, *Microcystis viridis*, *Euglena limnophila*, *Phacus pleuronectes*, *Trachelomonas volvocina*, *Ceratium hirundinella*, *Dinobryon divergens*, *Mallomonas* sp., *Fragilaria pinnata* var. *lancettula*, *Staurosira construens*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Gomphonema olivaceum*, *Hegewaldia parvula*, *Nephrochlamys subsolitaria*, *Oocystis* sp., *Monoraphidium irregulare*, *Pseudokirchneriella danubiana*, *Scenedesmus apiculatus* (Приложение 1).

Только в фитопланктоне озера Салтаим найдены, в свою очередь, 18 ВРФ: *Merismopedia punctata*, *Microcystis flos-aquae*, *Chroococcus plancticus*, *Ch. turgidus*, *Spirulina subsalsa*, *Phormidium ambiguum*, *Oscillatoria tenuis*, *Euglena oblonga*, *E. spirogyra* var. *laticlavius*, *Fragilaria amphicephaloidea*, *Surirella minuta*, *Franceia ovalis*, *Coenococcus plancticus*, *Monoraphidium minutum*, *Coelastrum pseudomicroporum*, *Tetradesmus obliquus*, *Closterium* sp., *Cosmarium abbreviatum* (см. Приложение 1).

Для оценки степени сходства видового состава фитопланктона озер Тенис и Салтаим рассчитан коэффициент Чекановского-Серенсена. Сравнительный анализ общности видового состава озер Тенис и Салтаим показал, что фитопланктон водоемов имеет высокое флористическое сходство, значение коэффициента Чекановского-Серенсена составляет 0,79.

Таким образом, таксономическая структура фитопланктона озер Салтаим и Тенис имеет общие закономерности распределения ранговых мест видов и ВРФ на уровнях классов, порядков, семейств и родов. Сходный видовой состав и таксономическая структура, единый цианобактериально-хлорофитный характер фитопланктона озер позволяют рассматривать их как единую озерную систему Салтаим-Тенис. К этой точке зрения склоняют также одинаковые морфометрические параметры озер, наличие широкой (2 км) протоки между ними, позволяющей свободно обмениваться водными массами, единый термический и ледовый режимы и гидрохимические показатели (Иоганзен, 1935; Тарасевич, 1965; Зенюк, 1972).

Учитывая вышесказанное, в дальнейшем мы будем рассматривать структурные и количественные показатели фитопланктона озер Салтаим и Тенис в составе единой озерной системы.

### **3.1.3. Доминирующие комплексы фитопланктона озерной системы Салтаим-Тенис**

Как установлено многочисленными исследованиями (Трифонова, 1979; Михеева, 1992; Баженова, 2005; Баринова, 2006; Корнева, 2009), большинство видов, входящих в состав фитопланктона водоемов, не играют заметной роли в формировании его общей численности и биомассы. Только некоторые виды, так называемые доминанты, определяют продуктивность водоема в целом и качество его воды. Поэтому важной составляющей при исследовании фитопланктона водоемов является, прежде всего, выделение комплекса доминирующих видов и их анализ (Баринова, 2006).

Особенное внимание при выделении доминирующих видов уделяется их количественному развитию. При выделении доминантов в планктоне водоемов, подверженных эвтрофированию, а в озерной системе Салтайм-Тенис эвтрофирование ярко выражено, главным показателем является, как считает Т.М. Михеева (1992), именно численность. Критерием для установления доминирования принято считать относительную долю вида в формировании общей численности фитопланктона не менее 10 % (Корнева, 2009). Но наш опыт показывает, что включение в список доминантов всех видов, достигающих в какой-либо пробе 10 % от общей численности фитопланктона, приводит к формализации списка и его непомерному расширению. Неоспоримое значение при выделении доминирующего комплекса видов имеет сравнение частоты встречаемости и порядка доминирования видов (Кожова, 1970; Горбулин, 2012). Только сочетание всех указанных критериев при выделении видов-доминантов позволяет, как мы считаем, более корректно составить список доминирующих видов.

Характерной чертой фитопланктона озерной системы Салтайм-Тенис является абсолютное (100 %) доминирование по численности различных видов цианобактерий. Основным компонентом доминирующего комплекса фитопланктона озерной системы являются цианобактерии порядков Chroococcales и Oscillatoriaceae. В озере Тенис доминирующий комплекс фитопланктона составляют четыре вида, относящихся к порядкам Chroococcales и Oscillatoriaceae (Таблица 3.5).

Постоянными членами доминирующего комплекса весь период открытой воды являются *Lyngbya saltaimica* и *Romeria* sp.. Наиболее богат по числу видов-доминантов летний сезон, когда для вегетации цианобактерий устанавливаются оптимальные условия.

По частоте встречаемости и порядку доминирования первое место в составе доминирующего комплекса занимает *Lyngbya saltaimica*, имеющая максимальные значения этих показателей. Этот вид является постоянным компонентом доминирующего комплекса фитопланктона озера Тенис и летом дос-

Таблица 3.5 – Состав доминирующего комплекса фитопланктона озера Тенис, выделенный только с учетом 10 % критерия численности

| Вид  | Весна | Лето | Осень | Частота встречаемости (pF) | Частота доминирования (DF) | Порядок доминирования (Dt) |
|--|-------|------|-------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| отдел Cyanobacteria<br>класс Cyanophyceae<br>порядок Chroococcales |       |      |       |                            |                            |                            |
| <i>Aphanocapsa holsatica</i>                                       |       |      |       |                            |                            |                            |
| – + – 80,8 46,2 57,2   |       |      |       |                            |                            |                            |
| <i>Chroococcus minimus</i>   |       |      |       |                            |                            |                            |
| – + – 50,0 23,1 46,2   |       |      |       |                            |                            |                            |
| порядок Oscillatoriales  |       |      |       |                            |                            |                            |
| <i>Romeria</i> sp.   |       |      |       |                            |                            |                            |
| + + + 76,9 23,1 30,0   |       |      |       |                            |                            |                            |
| <i>Planktolyngbya circumcreta</i>                                  |       |      |       |                            |                            |                            |
| – – + 96,2 3,8 3,9   |       |      |       |                            |                            |                            |
| <i>Lyngbya saltaimica</i>  |       |      |       |                            |                            |                            |
| + + + 92,3 100,0 100,0   |       |      |       |                            |                            |                            |

тигает уровня «цветения». Максимальная численность этого вида отмечена в августе 2010 года и составляла 2406 млн кл./л.

Максимальное значение частоты встречаемости и низкий показатель порядка доминирования, говорит о том, что вид, являясь постоянным компонентом фитопланктона, редко выходит на доминирующие позиции. Такие показатели характерны только для *Planktolyngbya circumcreta* (pF=96,2; Dt=3,9). Часто встречается в составе летнего доминирующего комплекса (pF=80,8) и имеет среднее значение порядка доминирования (Dt=57,2) *Aphanocapsa holsatica*.

В составе доминирующего комплекса фитопланктона озера Салтайм было установлено девять видов цианобактерий (Таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Состав доминирующего комплекса фитопланктона озера Салтайм, выделенный только с учетом 10 % критерия численности

| Вид  | Зима | Лето | Частота встречаемости (pF) | Частота доминирования (DF) | Порядок доминирования (Dt) |
|--|------|------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| отдел Cyanobacteria<br>класс Cyanophyceae<br>порядок Chroococcales |      |      |                            |                            |                            |
|  |      |      |                            |                            |                            |
| <i>Aphanothece</i> sp.   | –    | +    | 30,4                       | 4,3                        | 14,1                       |
| <i>Anathece clathrata</i>  | –    | +    | 4,3                        | 4,3                        | 100,0                      |
| <i>Aphanocapsa holsatica</i>                                       | –    | +    | 73,9                       | 65,2                       | 88,2                       |
| <i>Merismopedia minima</i>   | –    | +    | 60,9                       | 4,3                        | 7,1                        |

продолжение таблицы 3.6

| Вид                          | Зима | Лето | Частота встречаемости (pF) | Частота доминирования (DF) | Порядок доминирования (Dt) |
|------------------------------|------|------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <i>Woronichinia compacta</i> | —    | +    | 60,9                       | 4,3                        | 7,1                        |
| <i>Chroococcus minimus</i>   | —    | +    | 52,2                       | 21,7                       | 41,6                       |
| порядок Oscillatoriales      |      |      |                            |                            |                            |
| <i>Romeria</i> sp.           | +    | —    | 82,6                       | 17,4                       | 21,1                       |
| <i>Lyngbya saltaimica</i>    | +    | +    | 82,6                       | 73,9                       | 89,5                       |
| <i>Phormidium ambiguum</i>   | +    | —    | 4,3                        | 4,3                        | 100,0                      |

Из видов-доминантов только *Lyngbya saltaimica* и *Aphanocapsa holsatica* имеют наиболее высокие показатели частоты встречаемости и порядка доминирования и определяют основной фон летнего фитопланктона. *Lyngbya saltaimica* входит в доминирующий комплекс в течение всего периода открытой воды. Несмотря на высокое значение частоты встречаемости (pF=60,9), *Woronichinia compacta* и *Merismopedia minima* редко выходят на доминирующие позиции (Dt=7,1), при этом являясь постоянным компонентом фитопланктона озера Салтаим. Два вида из комплекса (*Anathece clathrata*, *Phormidium ambiguum*) имеют низкое значение частоты встречаемости и высокое значение порядка доминирования (pF=4,3, Dt=100), что свидетельствует о случайном характере доминирования. *Aphanathece* sp., *Chroococcus minimus*, *Romeria* sp. часто встречаются в составе доминирующего комплекса (pF 30,4–82,6) и имеют среднюю величину порядка доминирования (Dt 14,1–41,6).

Как и в озере Тенис, видовой состав доминирующего комплекса фитопланктона в озере Салтаим наиболее богат летом, когда его состав формируют семь видов цианобактерий. Из них четыре вида имеют очень низкие показатели частоты и порядка доминирования – *Aphanathece* sp., *Anathece clathrata*, *Merismopedia minima* и *Woronichinia compacta*. Более высокую частоту доминирования (21,7) имеет *Chroococcus minimus*.

Таким образом, общими для доминирующего комплекса фитопланктона озер Салтаим и Тенис являются четыре вида цианобактерий: *Lyngbya saltaimica*, *Aphanocapsa holsatica*, *Chroococcus minimus* и *Romeria* sp. Максимальные значения частоты и порядка доминирования характерны для двух из

них – *Lyngbya saltaimica* и *Aphanocapsa holsatica*. Эти виды формируют основную долю численности фитопланктона озер, как летом, так и зимой, определяя характерный облик их фитопланктона.

На основании вышесказанного, представляется целесообразно формировать список доминирующих видов с учетом порядка доминирования, частоты встречаемости и частоты доминирования, что позволяет более точно определить роль вида в формировании численности фитопланктона. Виды, имеющие низкие значения частоты встречаемости ( $pF$  1–20) и частоты доминирования ( $DF < 10$ ) при низких значениях порядка доминирования ( $Dt < 10$ ) имеют случайный характер доминирования, поэтому целесообразно эти виды не включать в доминирующий комплекс.

С учетом указанных нами критериев состав доминирующего комплекса фитопланктона озерной системы Салтаим-Тенис будет иметь следующий вид (Таблица 3.7).

Таблица 3.7 – Состав доминирующего комплекса фитопланктона озерной системы Салтаим-Тенис с учетом предложенных критериев

| Вид  | Зима | Лето | Осень | Частота встречаемости ( $pF$ ) | Частота доминирования ( $DF$ ) | Порядок доминирования ( $Dt$ ) |
|--|------|------|-------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| отдел Cyanobacteria<br>класс Cyanophyceae<br>порядок Chroococcales |      |      |       |                                |                                |                                |
| <i>Aphanocapsa holsatica</i>                                       | –    | +    | –     | 77,4                           | 55,7                           | 72,7                           |
| <i>Chroococcus minimus</i>   | –    | +    | –     | 51,1                           | 44,8                           | 43,9                           |
| порядок Oscillatoriales  |      |      |       |                                |                                |                                |
| <i>Romeria</i> sp.   | +    | +    | +     | 79,8                           | 20,3                           | 25,6                           |
| <i>Lyngbia saltaimica</i>  | +    | +    | +     | 87,5                           | 87,0                           | 98,8                           |

Состав доминирующего комплекса полностью отражает как особенности фитопланктона, так и экологическое состояние этих реликтовых озер, находящихся в стадии «цветения» воды. Полученные данные позволяют делать вывод о высоком уровне сходства доминирующего комплекса фитопланктона исследованных озер, что дает дополнительное основание рассматривать их как единую озерную систему Салтаим-Тенис.

### 3.1.4. Эколого-географическая характеристика водорослей и цианобактерий

Эколого-географический анализ водорослей и цианобактерий озерной системы Салтаим-Тенис проведен по общепринятым показателям: географической приуроченности, местообитанию, отношению к солености и активной реакции водной среды.

Сведения о географической приуроченности известны для 96 ВРФ водорослей и цианобактерий, найденных в фитопланктоне озерной системы, что составляет 75,0 % от общего количества идентифицированных ВРФ (Рисунок 3.9, Приложение 2).

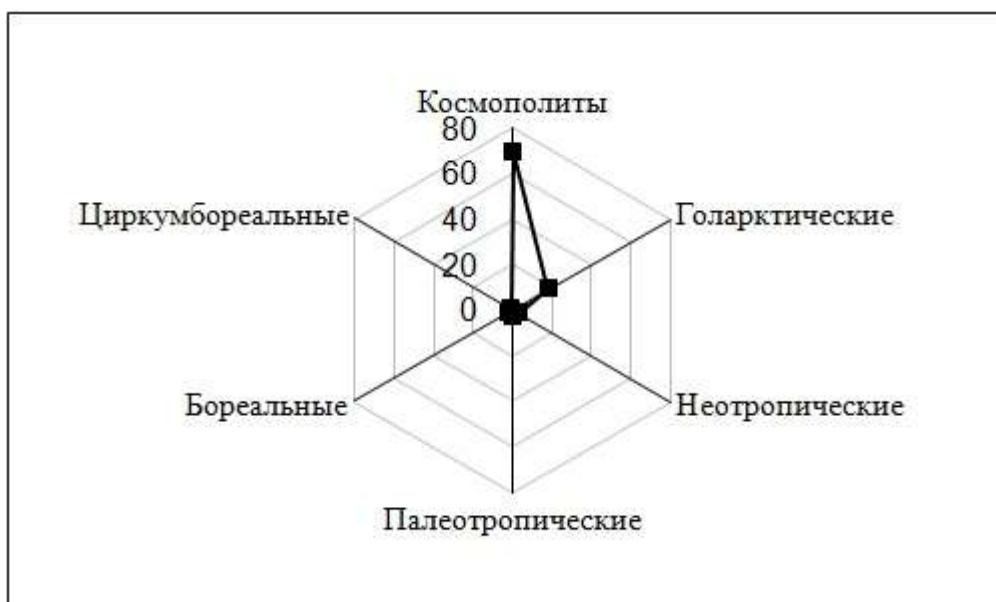


Рисунок 3.9 – Географическая приуроченность водорослей и цианобактерий из планктона озерной системы Салтаим-Тенис (по осям – количество ВРФ).

Большинство идентифицированных ВРФ относятся к группе космополитов, 69 ВРФ или 74,87 % от общего числа ВРФ с известной географической приуроченностью. К их числу относится доминант летнего сезона *Aphanocapsa holsatica*. Значительного уровня вегетации (от 1 до 100 тыс. кл./л) достигают также космополиты *Anatheece clathrata* и *Phormidium ambiguum*.

К обитателям Голарктики относится меньшее количество ВРФ (18), на их долю приходится 18,75 % от общего количества видов с известной географической приуроченностью. Высокого обилия среди голарктических видов достигают мелкоклеточные цианобактерии *Chroococcus minimus*, *Ch. dispersus*, *Merismopedia minima*.

Другие группы водорослей и цианобактерий по географической приуроченности составляют небольшую долю. Число палеотропических видов насчитывает 3 ВРФ (3,13 %). Они представлены *Chroococcus dispersus* и *Lemmermannia komarekii*. В фитопланктоне озера Тенис обнаружен палеотропический вид *Scenedesmus apiculatus*, в Салтаиме – *Euglena oblonga*.

Небольшую группу образуют неотропические виды, представленные зелеными водорослями *Desmodesmus spinosus*, *Raphidocelis subcapitata*, *Coelastrum pseudomicroporum*. Высокого обилия летом в фитопланктоне озерной системы достигает бореальный вид *Rhabdoderma lineare*. Для фитопланктона озера Тенис характерным представителем бореалов является *Fragilaria pinnata* var. *lancettula*. Редко встречается циркумбореальный вид *Phacus limnophilus*.

Преобладание космополитных видов водорослей и цианобактерий характерно для большинства обследованных водных объектов Омского Прииртышья (Баженова, 2005; Герман, 2012; Игошкина, 2014 а) и других регионов (Михеева, 1992; Баженова, 2009; Корнева, 2009), что связано не только с географическим положением водных объектов, но и с высокой степенью их эвтрофирования.

Анализ видового состава фитопланктона по принадлежности к определенному местообитанию показал господство планктонных видов водорослей и цианобактерий. На их долю приходится до 50 % от общего количества идентифицированных видов с известным местообитанием (Рисунок 3.10, Приложение 2).

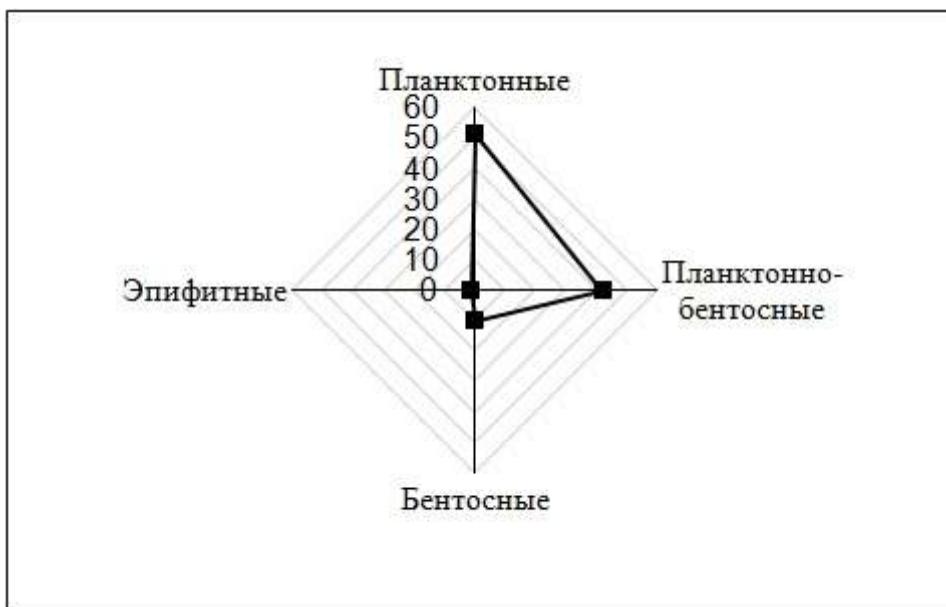


Рисунок 3.10 – Распределение водорослей и цианобактерий из планктона озерной системы Салтаим-Тенис по отношению к местообитанию (по осям – количество ВРФ)

В состав доминирующего комплекса фитопланктона озерной системы из числа планктонных видов входят мелкоклеточные цианобактерии *Aphanocapsa holsatica* и *Anatheece clathrata*.

Экологическая группа планктонно-бентосных водорослей и цианобактерий встречается в разные сезоны года. В озерной системе таких видов насчитывается 42 ВРФ, что составляет около 40,39 % от общего числа ВРФ с известным местообитанием. Высокого обилия достигают *Planktolyngbya limnetica*, *Merismopedia tenuissima*, *Fragilariforma virescens*, *Tetraëdron minimum*, *Mucidospaerium pulchellum*, *Oocystis lacustris*, *Lemmermannia komarekii*. Специфическими для озера Салтаим планктонно-бентосными видами, достигающими высокой численности являются *Merismopedia punctata* (200–1200 тыс. кл./л) и *Crucigenia tetrapedia* (600–3200 тыс. кл./л).

Типичные обитатели бентоса немногочисленны (10 ВРФ) и составляют 9,61 % от общего количества ВРФ с известным местообитанием. Эпифиты представлены одним видом цианобактерий *Aphanathece subachroa*, найденной в озере Тенис.

По отношению к солености воды в фитопланктоне озерной системы преобладают виды-индифференты, живущие в широком спектре солености воды. Эта группа насчитывает 36 ВРФ, что составляет 73,47 % от общего количества ВРФ с известным отношение к солености воды (Рисунок 3.11, Приложение 2).

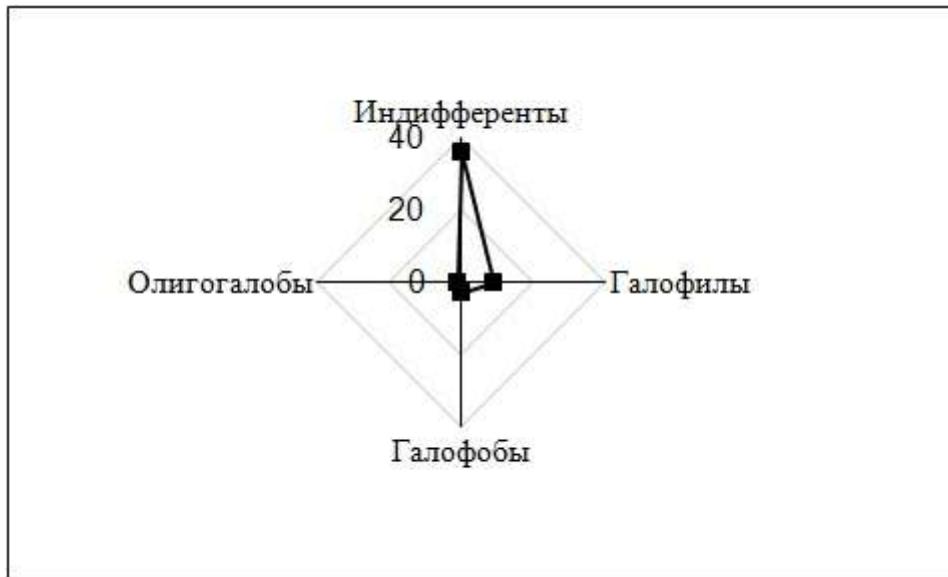


Рисунок 3.11 – Распределение водорослей и цианобактерий из планктона озерной системы Салтайм-Тенис по отношению к солености воды (по осям – количество ВРФ)

К индифферентам относятся массовые виды зеленых водорослей (*Pseudopediastrum boryanum*, *Tetraëdron minimum*, *Micodosphaerium pulchellum*), цианобактерия *Aphanocapsa delicatissima*, диатомея *Fragilariforma virescens* и др.

Галофилов в фитопланктоне озерной системы насчитывается 9 ВРФ. В состав доминирующего комплекса галофилы не входят, но достигают значительной численности летом (*Gomphosphaeria aponina*, *Microcystis aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aqua*, *Merismopedia tenuissima*, *Oocystis lacustris*).

Галофобы, ввиду малого их количества (3 ВРФ), заметной роли в составе фитопланктона озерной системы не играют. Олигогалобы представлены одним видом: пеннатной диатомеей *Encyonema ventricosum*.

Анализ распределения водорослей и цианобактерий по отношению к активной реакции водной среды выявил преобладание в составе фитопланктона озерной системы видов-индифферентов, способных развиваться при кислой и щелочной реакции воды. Доля индифферентов в озерной системе составляет 62,07 % (18 ВРФ) (Рисунок 3.12, приложение 2). К ним принадлежат виды, достигающие значительной численности: *Fragilariforma virescens*, *Pseudopediastrum boryanum*, *Mucidosphaerium pulchellum*. В фитопланктона озера Салтаим распространены такие индифференты, как *Phormidium ambiguum*, *Merismopedia punctata*, *Coelastrum microporum*, *Crucigenia tetrapedia*.

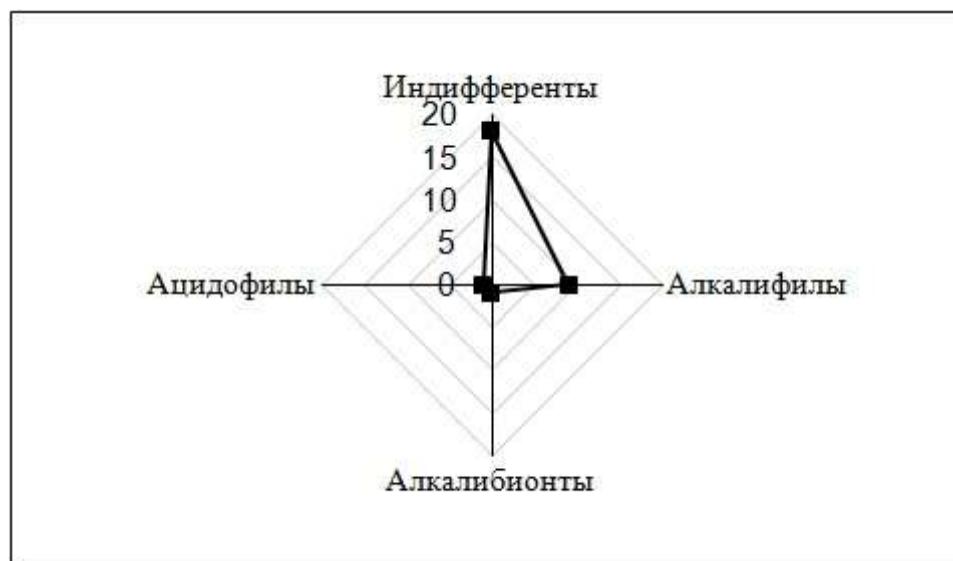


Рисунок 3.12 – Распределение водорослей и цианобактерий из планктона озерной системы Салтаим-Тенис по отношению к активной реакции воды (по осям – количество ВРФ)

Относительно невелика доля алкалифилов (до 31,03 %). К этой группе принадлежат цианобактерии *Aphanizomenon flos-aquae* и *Gomphosphaeria aponina*, которые летом достигают высокого обилия.

Мелкоклеточная цианобактерия *Aphanocapsa grevillei* относится в группе ацидофилов. Алкалибионты представлены в озере Тенис пеннатной диатомеей *Fragilaria pinnata* var. *lancettula*.

Таким образом, в составе фитопланктона озерной системы Салтаим-Тенис отмечено преобладание планктонных космополитных видов, по отношению к солености и активной реакции воды развиваются преимущественно индифферентные виды.

### 3.3. Фитопланктон озера Инберень

#### 3.3.1. Таксономический состав и структура фитопланктона озера Инберень

Закономерное распределение родов по количеству видов, описываемое правилом Виллиса, определяет достаточную изученность таксономического состава фитопланктона озера Инберень. Полученная кривая по форме близка к линии тренда, коэффициент сходства ( $R^2$ ) реального распределения имеет высокое значение – 0,92 (Рисунок 3.13).

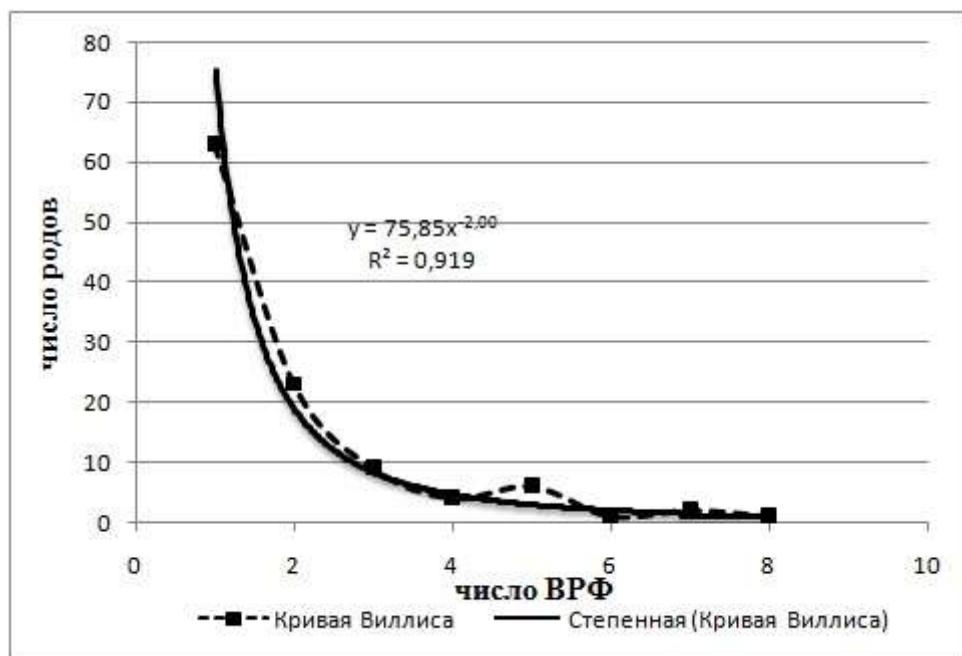


Рисунок 3.13 –Зависимость Виллиса для фитопланктона озера Инберень, 2010–2012 годы

В фитопланктоне озера Инберень найдено 209 видов и 216 видовых и внутривидовых таксонов, включая номенклатурный тип вида, относящихся к 9 отделам, 13 классам, 23 порядкам, 45 семействам, 109 родам, в том числе: Cyanobacteria – 41, Euglenophyta – 27, Dinophyta – 4, Cryptophyta – 1,

Chrysophyta – 9, Bacillariophyta – 22, Xanthophyta – 5, Chlorophyta – 103, Streptophyta – 5 ВРФ (Рисунок 3.14).

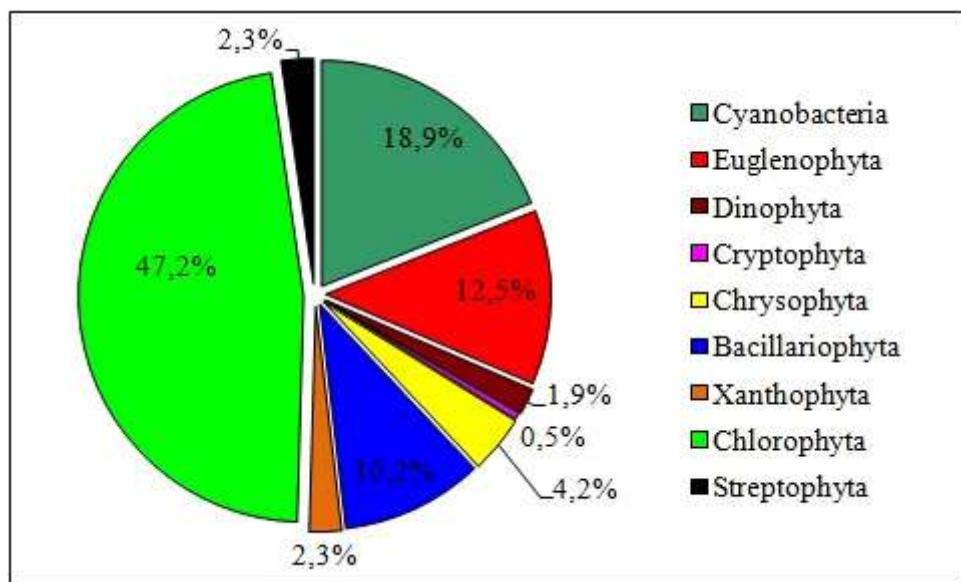


Рисунок 3.14 – Таксономическая структура фитопланктона озера Инберень, 2010–2012 годы

Высоким видовым богатством отличаются зеленые водоросли (отдел Chlorophyta), занимающие ведущее место в таксономической структуре фитопланктона озера и включающие 47,2 % от общего числа выявленных таксонов. Значительная доля в сложении видового состава принадлежит цианобактериям (18,9 %). Эвгленовые и диатомовые водоросли формируют по 12,5 и 10,2 % общего видового богатства фитопланктона соответственно. Невысокое видовое богатство характерно для хризофитовых, динофитовых, желто-зеленых, стрептофитовых и криптофитовых водорослей, на их долю в совокупности приходится 11,2 % от общего числа идентифицированных ВРФ.

Анализ пропорций флоры показал, что наибольшее количество родов, входящих в одно семейство, характерно для отдела Euglenophyta (8,0), существенно меньше для Chlorophyta (3,5) и Cyanobacteria (2,5). Значение пропорций флоры для остальных отделов водорослей ниже 2 единиц (Таблица 3.8).

Для фитопланктона озера Инберень получено низкое значение среднего родового коэффициента (1,9), что указывает на значительную долю в его составе монотипных видов (26 %). Наибольшее насыщение родов видовыми

и внутривидовыми таксонами наблюдается у отделов Euglenophyta, Chlorophyta, Cyanobacteria, наименьшее – у отдела Cryptophyta.

Таблица 3.8 – Таксономический состав, пропорции флоры и родовая насыщенность фитопланктона озера Инберень

| Отдел           | Количество |          |          |       |       |                              | Пропорции флоры | Родовая насыщенность таксонами |                           |
|-----------------|------------|----------|----------|-------|-------|------------------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------|
|                 | классов    | порядков | семейств | родов | видов | видов, разновидностей и форм |                 | видовыми                       | видовыми и внутривидовыми |
| Cyanobacteria   | 1          | 3        | 8        | 20    | 41    | 41                           | 1:2,5:5,1:5,1   | 2,1                            | 2,1                       |
| Euglenophyta    | 1          | 1        | 1        | 8     | 24    | 27                           | 1:8:24:27       | 3,0                            | 3,4                       |
| Dinophyta       | 1          | 3        | 3        | 3     | 4     | 4                            | 1:1:1,3:1,3     | 1,3                            | 1,3                       |
| Cryptophyta     | 1          | 1        | 1        | 1     | 1     | 1                            | 1:1:1:1         | 1                              | 1                         |
| Chrysophyta     | 1          | 1        | 1        | 4     | 9     | 9                            | 1:4:9:9         | 2,3                            | 2,3                       |
| Bacillariophyta | 3          | 4        | 10       | 16    | 20    | 22                           | 1:1,6:2:2,2     | 1,3                            | 1,4                       |
| Xanthophyta     | 1          | 4        | 4        | 4     | 5     | 5                            | 1:1:1,3:1,3     | 1,3                            | 1,3                       |
| Chlorophyta     | 3          | 4        | 14       | 49    | 101   | 103                          | 1:3,5:7,2:7,4   | 2,1                            | 2,1                       |
| Streptophyta    | 1          | 2        | 3        | 4     | 5     | 5                            | 1:1,3:1,7:1,7   | 1,3                            | 1,3                       |
| Всего           | 13         | 23       | 45       | 109   | 209   | 216                          | 1:2,4:4,6:4,8   | 1,9                            | 2,0                       |

На уровне классов состав фитопланктона слагается очень разнообразно, ведущую роль (1–5 места) играют зеленые, эвгленовые, диатомовые водоросли и цианобактерии (Таблица 3.9).

Девять ведущих порядков (четыре порядка водорослей – Desmidiales, Peridiniales, Ochromonadales – занимают одновременно 10–13 места, поэтому не включены в число ведущих) формируют 87,96 % от общего числа ВРФ. В головной части спектра располагаются зеленые водоросли (порядки Sphaeropleales и Chlorellales), в совокупности включающие около половины ВРФ на этом уровне (92 ВРФ или 42,59%). Активное участие в формировании видового состава фитопланктона на уровне порядков принимают цианобактерии (39 ВРФ) и эвгленовые водоросли (27 ВРФ).

Таблица 3.9 – Таксономический спектр ведущих классов, порядков, семейств, родов фитопланктона озера Инберень и их ранговые места (в скобках)

| Класс   | Количество |           | Порядок   | Количество |          |
|---|------------|-----------|---|------------|----------|
|   | видов      | ВРФ       |   | видов      | ВРФ      |
| Chlorophyceae                                     | 69 (1)     | 70 (1)    | Sphaeropleales                                    | 61 (1)     | 62 (1)   |
| Cyanophyceae                                      | 41 (2)     | 41 (2)    | Chlorellales                                      | 29 (2)     | 30 (2)   |
| Trebouxiophyceae                                  | 29 (3)     | 30 (3)    | Chroococcales                                     | 28 (3)     | 28 (3)   |
| Euglenophyceae                                    | 24 (4)     | 27 (4)    | Euglenales  | 24 (4)     | 27 (4)   |
| Pennatophyceae                                    | 18 (5)     | 20 (5)    | Raphales  | 13 (5)     | 15 (5)   |
| Chrysophyceae                                     | 9 (6)      | 9 (6)     | Oscillatoriaceae                                  | 11 (6)     | 11 (6)   |
| Conjugatophyceae                                  | 5 (7)      | 5 (7)     | Chlamydomonadales                                 | 7 (7)      | 7 (7)    |
| Heterococcophyceae                                | 4 (8–9)    | 4 (8–9)   | Chromulinales                                     | 5 (8–9)    | 5 (8–9)  |
| Dinophyceae                                       | 4 (8–9)    | 4 (8–9)   | Araphales   | 5 (8–9)    | 5 (8–9)  |
| Ulvophyceae                                       | 2 (10–11)  | 2 (10–11) | –   | –          | –        |
| Centrophyceae                                     | 2 (10–11)  | 2 (10–11) | –   | –          | –        |
| Всего   | 207        | 214       | Всего   | 183        | 190      |
| % от общего числа таксонов соответствующего ранга | 99,04      | 99,07     | % от общего числа таксонов соответствующего ранга | 87,56      | 87,96    |
| Семейство   | Количество |           | Род   | Количество |          |
|   | видов      | ВРФ       |   | видов      | ВРФ      |
| Scenedesmaceae                                    | 29 (1)     | 30 (1)    | <i>Trachelomonas</i>                              | 8 (1)      | 10 (1)   |
| Euglenaceae                                       | 24 (2)     | 27 (2)    | <i>Monoraphidium</i>                              | 7 (2–3)    | 7 (2–4)  |
| Selenastraceae                                    | 19 (3)     | 19 (3)    | <i>Desmodesmus</i>                                | 7 (2–3)    | 7 (2–4)  |
| Oocystaceae                                       | 17 (4)     | 17 (4)    | <i>Scenedesmus</i>                                | 6 (4–5)    | 7 (2–4)  |
| Merismopediaceae                                  | 15 (5)     | 15 (5)    | <i>Oocystis</i>                                   | 6 (4–5)    | 6 (5)    |
| Chlorellaceae                                     | 11 (6)     | 12 (6)    | <i>Phacus</i>                                     | 5 (6–10)   | 5 (6–10) |
| Pseudanabaenaceae                                 | 8 (7)      | 8 (7)     | <i>Aphanocapsa</i>                                | 5 (6–10)   | 5 (6–10) |
| Hydrodictyaceae                                   | 7 (8)      | 7 (8)     | <i>Merismopedia</i>                               | 5 (6–10)   | 5 (6–10) |
| Chroococcaceae                                    | 6 (9)      | 6 (9)     | <i>Chroococcus</i>                                | 5 (6–10)   | 5 (6–10) |
| Chrysococcaceae                                   | 5 (10–11)  | 5 (10–11) | <i>Euglena</i>                                    | 5 (6–10)   | 5 (6–10) |
| Characiaceae                                      | 5 (10–11)  | 5 (10–11) | –   | –          | –        |
| Всего   | 146        | 151       | Всего   | 59         | 62       |
| % от общего числа таксонов соответствующего ранга | 69,86      | 69,91     | % от общего числа таксонов соответствующего ранга | 28,23      | 28,70    |

На уровне семейств максимальное число ранговых мест принадлежит зеленым водорослям, формирующими 59,60 % от общего числа найденных ВРФ. Второе ранговое место в списке ведущих семейств занимают эвгленовые водоросли, а цианобактерии спустились ниже – на 5, 7, 9 места.

Спектр ведущих родов слагают представители эвгленовых, зеленых водорослей и цианобактерий. Первое место занимают эвгленовые водоросли, а следующие четыре места – зеленые водоросли. Цианобактерии занимают низкие ранговые места.

Таким образом, анализ таксономической структуры показал высокое видовое разнообразие фитопланктона озера Инберень. Отличительной чертой фитопланктона озера Инберень от других исследованных нами водоемов, является то, что на всех уровнях в головную часть таксономического спектра вошли эвгленовые водоросли. Активное участие эвгленовых водорослей в формировании таксономического спектра говорит о высоком уровне загрязнения водоема органическими веществами. Заметное участие в формировании видового богатства на уровне классов и порядков принадлежит диатомовым водорослям, затем этот отдел выпадает из таксономического спектра.

Наибольшее видовое богатство фитопланктона озера Инберень формируют зеленые водоросли. Они развиваются во все сезоны года, достигая максимального обилия летом. Отдел Chlorophyta в планктоне водоема слагают представители трех классов – Trebouxiophyceae, Chlorophyceae, Ulvophyceae и пяти порядков – Chlorellales, Chlamydomonadales, Volvocales, Sphaeropleales, Ulotrichales. Высокое таксономическое разнообразие отмечено для порядков Sphaeropleales и Chlorellales, значительное место в них занимают семейства Scenedesmaceae, Selenastraceae, Oocystaceae, Chlorellaceae. По числу ВРФ лидирующие места занимают роды *Desmodesmus* (7 ВРФ), *Scenedesmus* (7 ВРФ), *Oocystis* (6 ВРФ).

Второе место по видовому богатству занимают цианобактерии, формируя 18,98 % от общего количества найденных ВРФ. Цианобактерии вегетируют в планктоне озера в течение всего периода открытой воды, они представлены одним классом Cyanophyceae и тремя порядками Oscillatoriales, Chroococcales, Nostocales. На уровне порядков первое место по числу ВРФ занимает Chroococcales (30 ВРФ), затем Oscillatoriales (11 ВРФ) и Nostocales (2 ВРФ). Наибольшим видовым богатством отличаются семейства

Merismopediaceae (15 ВРФ), Pseudanabaenaceae (8 ВРФ), Chroococcaceae (6 ВРФ). На уровне родов наиболее разнообразно были представлены *Aphanocapsa*, *Merismopedia*, *Chroococcus*, включающие по 5 ВРФ.

В составе цианобактерий обнаружены потенциально токсичные виды. Уже в июне, с повышением температуры воды, начинает развиваться *Anabaena flos-aquae*, в июле к ней присоединяются *Aphanizomenon flos-aquae* и различные виды рода *Microcystis* (*M. aeruginosa*, *M. wesenbergii*, *M. flos-aquae*). Однако, численность потенциально токсичных цианобактерий в фитопланктоне озера Инберень значительно меньше, чем это допустимо для рекреационных водоемов (20 млн кл./л) (Toxic Cyanobacteria..., 1999).

Видовое богатство эвгленовых водорослей ниже, чем представителей зеленых и цианобактерий и составляет 12,50 % от общего количества идентифицированных ВРФ. Как известно, пойменные озера, расположенные в местах выпаса скота, обитания водоплавающих птиц, значительно обогащены биогенными и органическими веществами. В таких водоемах обычно наблюдается значительное разнообразие эвгленовых водорослей (Сафонова, 1987).

Эвгленовые водоросли в планктоне озера Инберень представлены одним классом Euglenophyceae, включающим порядок Euglenales и семейство Euglenaceae. Лидирующее положение занимает род *Trachelomonas*, в котором идентифицировано 10 ВРФ.

Диатомовые водоросли в планктоне озера Инберень на 90 % были представлены классом Pennatophyceae (20 ВРФ). Наибольшим разнообразием видов в этом классе характеризуется порядок Raphales, который представлен случайно планктонными видами из семейств Naviculaceae, Cymbellaceae, Epithemiaceae, Nitzschiaeae. Из порядка Araphales идентифицировано 5 ВРФ, обитающих как в бентосе, так и в планктоне (*Fragilaria capucina*, *F. acus*, *Staurosirella pinnata*, *Ulnaria ulna*).

Из класса Centrophyceae идентифицировано 2 вида: *Aulacoseira granulata* (Рисунок 3.15), встречающийся в озере в период открытой воды, и

*Handmannia comta*, не достигающий значительного обилия, но являющийся постоянным компонентом планктона.

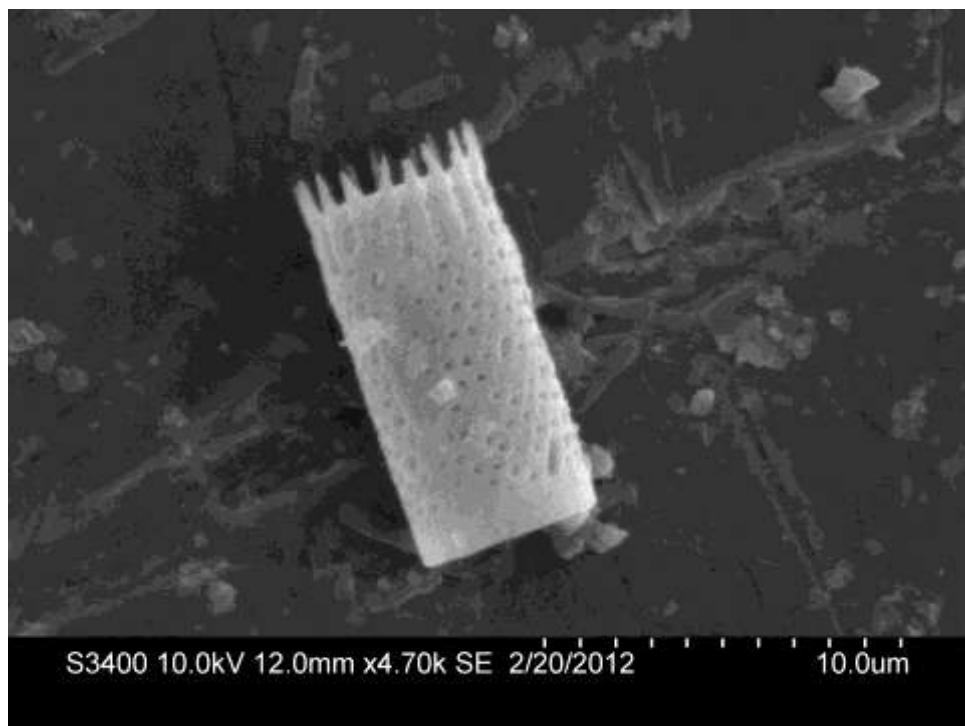


Рисунок 3.15 – *Aulacoseira granulata*: наружная поверхность створки

Остальные отделы водорослей представлены небольшим числом видов и большой роли в формировании видового богатства фитопланктона озера Инберень не играют.

Золотистые водоросли встречаются в фитопланктоне озера на протяжении всего периода открытой воды, но их активное развитие приурочено к осени. Наиболее разнообразно представлен порядок Chromulinales (5 ВРФ), который формируют представители родов *Chrysococcus* и *Kephryion*, входящие в семейство Chrysococcaceae. В состав порядка Ochromonadales входят два семейства – Dinobryonaceae и Synuraceae и три рода: *Dinobryon* (1 ВРФ), *Pseudokephryion* (2 ВРФ), *Mallomonas* (1 ВРФ).

Стептофитовые и желтозеленые водоросли в планктоне озера представлены 5 ВРФ. Стрептофитовые водоросли представлены одним классом – Conjugatophyceae, включающим два порядка Desmidiales и Zygnematales. Десмидиевые водоросли представлены видами из родов *Closterium* (3 ВРФ) и

*Staurastrum* (1 ВРФ), отличающимися значительными размерами клеток. Из числа зигнемовых водорослей в фитопланктоне озера Инберень найдена *Spirogyra sp.*

Большинство идентифицированных видов желтозеленых водорослей (отдел Xanthophyta) являются постоянным компонентом планктона озера в период открытой воды и представлены родами *Centrictractus* (2 ВРФ), *Tribonema* (2 ВРФ), *Goniochloris* (2 ВРФ) и *Ophiocytium* (1 ВРФ).

Динофитовые водоросли в фитопланктоне озера представлены крупноклеточными видами из родов *Ceratium* (2 ВРФ), *Peridinium* (1 ВРФ), *Gymnodinium* (1 ВРФ). Большой роли в формировании общей численности фитопланктона озера Инберень они не играют, из-за сравнительно крупных размеров клеток их роль более заметна в создании биомассы.

В летнем фитопланктоне озера идентифицирован один вид криптомонад *Chroomonas acuta*.

По таксономическому составу фитопланктон озера Инберень имеет цианобактериально-хлорофитный характер.

Сравнение видового состава фитопланктона озера Инберень и других обследованных озер существенно различается, значения коэффициента Чекановского-Сёренсена ниже среднего и варьируют в пределах 0,43–0,48. Основной причиной различия видового состава фитопланктона является, главным образом, происхождение обследованных озер. Так, озера Салтайм и Тенис являются крупными по площади реликтовыми озерами, а Инберень – очень малое старичное озеро. Именно в старичных водоемах Омского Прииртышья отмечено высокое видовое богатство фитопланктона (Баженова, Чуниховская, 2015 а, б).

### **3.3.2. Доминирующий комплекс**

Формирование списка доминирующего комплекса фитопланктона озера Инберень проводили по критериям, изложенным выше (см. раздел 3.1.3). Со-

став доминирующего комплекса фитопланктона озера включает 5 видов водорослей и цианобактерий. Главную роль в доминирующем комплексе играют цианобактерии (4 вида), к зеленым водорослям относится 1 вид (Таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Состав доминирующего комплекса фитопланктона озера Инберень, 2010–2012 гг.

| Вид  | Весна | Лето | Осень | Зима | Частота встречаемости (pF) | Частота доминирования (DF) | Порядок доминирования (Dt) |
|--|-------|------|-------|------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| отдел Cyanobacteria<br>класс Cyanophyceae<br>порядок Chroococcales |       |      |       |      |                            |                            |                            |
| <i>Aphanocapsa holsatica</i>                                       |       |      |       |      |                            |                            |                            |
| +  |       |      |       |      |                            |                            |                            |
| <i>A. delicatissima</i>  | +     | +    | +     | +    | 24,8                       | 11,0                       | 44,4                       |
| <i>Merismopedia minima</i>   | +     | +    | +     | +    | 79,5                       | 24,1                       | 30,3                       |
| порядок Oscillatoriales  |       |      |       |      |                            |                            |                            |
| <i>Planktolyngbya limnetica</i>                                    | +     | –    | +     | +    | 65,0                       | 20,4                       | 31,4                       |
| Отдел Chlorophyta<br>класс Chlorophyceae<br>порядок Sphaeropleales |       |      |       |      |                            |                            |                            |
| <i>Monoraphidium griffithii</i>                                    | –     | –    | –     | +    | 87,6                       | 10,9                       | 12,4                       |

Комплекс видов, доминирующих на протяжении всех сезонов года составляют цианобактерии *Aphanocapsa holsatica*, *A. delicatissima*, *Merismopedia minima*. Из них только *Aphanocapsa holsatica* имел высокую частоту встречаемости ( $pF > 50$ ) и высокое значение порядка доминирования ( $Dt > 50$ ), то есть, очень часто занимал первые места по численности, как в период открытой воды, так и в зимнее время года.

Летний доминирующий комплекс фитопланктона озера Инберень слагают цианобактерии *Aphanocapsa holsatica*, *A. delicatissima*, *Merismopedia minima*. Частота встречаемости этих видов варьируется от средних (24,8) до высоких (79,5) значений. Весной и осенью, в составе доминирующего комплекса отмечена нитчатка *Planktolyngbya limnetica*.

Зимний доминирующий комплекс формируют цианобактерии (4 вида) и зеленые водоросли (1 вид). Зеленая водоросль *Monoraphidium griffithii* доминирует только зимой. Большинство видов-доминантов имеют высокое

значение частоты встречаемости ( $pF > 50$ ), но порядок их доминирования не-высокий ( $Dt < 50$ ), из этого следует, что эти виды, являясь постоянным компонентом планктона, редко выходят на доминирующие позиции. К таким видам относятся *Merismopedia minima*, *Planktolyngbya limnetica* и *Monoraphidium griffithii*.

Таким образом, в составе видов-доминантов фитопланктона озера Инберень отмечено преобладание цианобактерий, что является характерной чертой доминирующего комплекса всех обследованных озер.

### **3.3.3. Эколого-географическая характеристика водорослей и цианобактерий**

Анализ фитопланктона озера Инберень показал высокое разнообразие слагающих его ВРФ по географической приуроченности – от голарктических до средиземноморских (Приложение 3).

Большинство обнаруженных водорослей и цианобактерий (119 ВРФ или 76,29 % от общего количества ВРФ с известной географической приуроченностью) относится к широко распространенным видам – космополитам, что типично для водоемов умеренной зоны (Рисунок 3.16). Среди них наибольшего обилия достигают: *Aphanocapsa holsatica*, *A. delicatissima*, *Microcystis aeruginosa*, *Merismopedia tenuissima*, *Coelastrum microporum*, *Crucigenia tetrapedia*, *Pediastrum boryanum*, *Monoraphidium griffithii*, *M. contortum*, *M. arcuatum*, *Tetraëdron minimum*, *Scenedesmus armatus* var. *armatus*, *S. quadricauda* и некоторые другие виды.

Голарктическими являются 24 ВРФ или 15,39 % от общего количества ВРФ с известной географической приуроченностью. Значительного обилия достигают и входят в состав доминирующего комплекса голарктические виды цианобактерий (*Chroococcus dispersus*, *Merismopedia minima*) и зеленых (*Lemmermannia komarekii*, *Desmodesmus spinosus*) водорослей.



Рисунок 3.16 – Географическая приуроченность водорослей и цианобактерий из планктона озера Инберень (по осям – количество ВРФ)

Палеотропические виды представлены 4 ВРФ (2,56 %), неотропические – 3 ВРФ (1,92 %). К палеотропическим видам, входящим в состав доминирующего комплекса относятся *Chroococcus dispersus*, *Lemmermannia komarekii*. Из группы неотропических в состав доминирующего комплекса входил *Desmodesmus spinosus*.

Несколько ВРФ относятся к бореальным (зеленая водоросль – *Raphidocelis sigmoidea* и эвгленовая – *Monomorphina pyrum*) и средиземноморским видам (эвгленовая водоросль – *Phacus striatus* и зеленая – *Raphidocelis sigmoidea*).

Одним видом представлены циркумбореальные (*Phacus limnophilus*) и голантарктические виды (*Monomorphidium komarkovae*). Заметной роли в формировании обилия фитопланктона они не играют.

Установленное разнообразие ВРФ с разной географической приуроченностью и преобладание в их составе космополитов характерно для многих эвтрофных водоемов и водотоков Омской области (Баженова, 2005; Барсукова, 2011; Коновалова, 2011; Коржова, 2013; Игошкина, 2014 б).

Приуроченность к местообитанию известна для 164 ВРФ, что составляет 75,93 % от общего количества идентифицированных видов. Наиболее многочисленной группой являются планктонно-бентосные виды (82 ВРФ или 50 % от общего числа видов, для которых известно отношение к местообитанию), они встречаются круглый год и составляют основу численности и биомассы фитопланктона озера Инберень (Рисунок 3.17, Приложение 3).

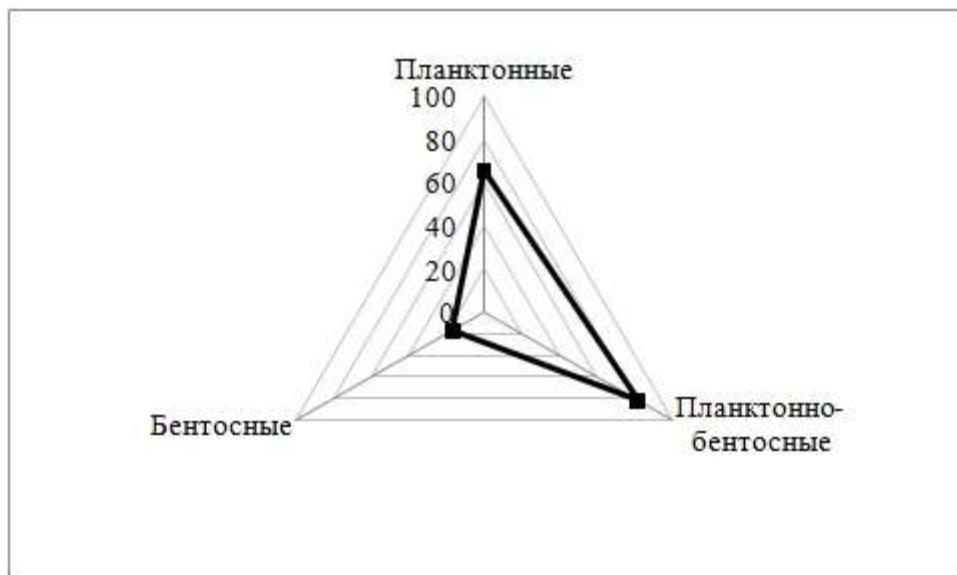


Рисунок 3.17 – Распределение водорослей и цианобактерий из планктона озера Инберень по отношению к местообитанию (по осям – количество ВРФ)

К экологической группе обитателей планктона относятся 65 ВРФ, что составляет 39,63 % от общего числа видов, для которых известно отношение к местообитанию. Из них входят в состав доминирующего комплекса и достигают высокого обилия *Planktolyngbya limnetica*, *Aphanocapsa incerta*, *Merismopedia tenuissima*, *Tetraëdron minimum*, *Monoraphidium griffithii*, *Oocystis submarina*, *Crucigenia tetrapedia*.

Небольшую группу образуют бентосные виды водорослей и цианобактерий (17 ВРФ или 10,37 %). Высокие показатели обилия отмечены для бентосной диатомеи *Staurosirella pinnata*, которая постоянно встречается в планктоне озера в период открытой воды.

Таким образом, преобладание в составе фитопланктона озера Инберень планктонно-бентосных ВРФ обусловлено малой глубиной водоема, при ко-

торой происходит интенсивное перемешивание водной толщи, сопровождающееся поступлением в нее обитателей бентоса (Диатомовые..., 1974; Палагушкина и др., 2002).

По отношению к солености воды в фитопланктоне озера Инберень преобладают индифференты (Рисунок 3.18, Приложение 3). Однако, как считает Т.А Сафонова (1983), «сам по себе факт преобладания индифферентов не имеет индикационного значения».

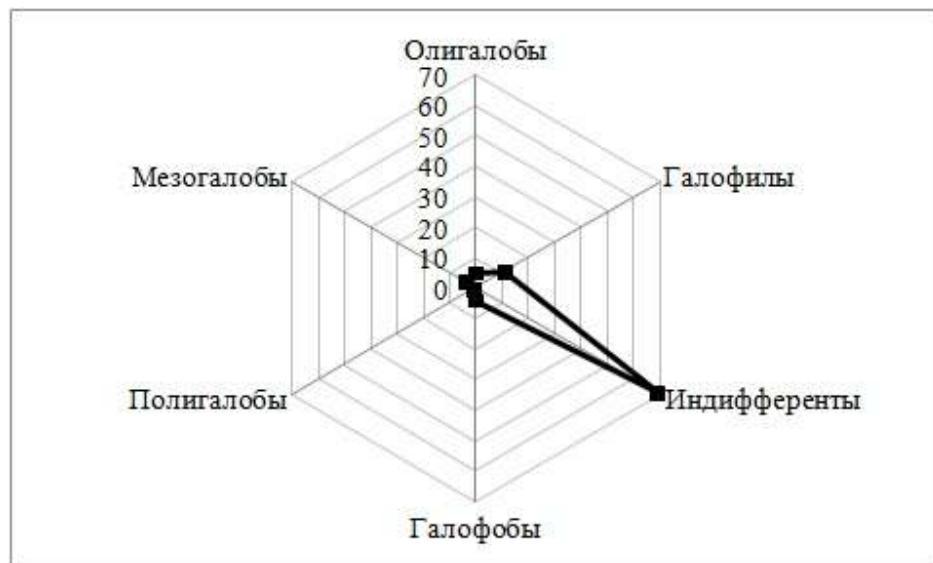


Рисунок 3.18 – Распределение водорослей и цианобактерий из планктона озера Инберень по отношению к солености воды (по осям – количество ВРФ)

Индифференты насчитывают 69 ВРФ, что составляет 73,40 % от общего числа ВРФ, для которых известно отношение к солености воды. В доминирующий комплекс фитопланктона озера Инберень входили индифферентные виды: *Aphanocapsa holsatica*, *A. delicatissima*, *Dolichospermum spiroides*, *Trachelomonas volvocina*, *Mucidospaerium pulchellum*, *Coelastrum microporum*, *Scenedesmus quadricauda*.

Галофилы представлены небольшим числом ВРФ (11) и формируют 11,70 % от общего числа видов с известным отношением к минерализации воды. В состав доминирующего комплекса фитопланктона озера Инберень входят галофилы представленные цианобактериями *Microcystis aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Merismopedia tenuissima*, *Anathece clathrata*.

Олигогалобы представлены 5 ВРФ. Они не формируют высокой численности, хотя постоянно встречаются в составе фитопланктона в разные сезоны года. К олигогалобам относятся *Euglena gracilis*, *Kephrion rubriclaustri*, *Encyonema ventricosum*, *Treubaria setigera*.

Доля участия галофобов и мезогалобов в видовом составе фитопланктона озера Инберень незначительна и не превышает 4,26 % от общего количества видов с известным отношением к солености воды. Мезогалобы представлены только эвгленовыми водорослями (*Euglena pisciformis*, *E. viridis*, *Euglenaformis proxima*, *Euglenaria caudata*). Галофобы встречались редко, лишь *Aphanocapsa grevillei* входила в состав доминирующего комплекса в летом. Один вид (*Spirulina major*) относится к группе полигалобов.

Такое распределение водорослей и цианобактерий по группам галобности указывает на невысокую степень минерализации озера Инберень.

Важным экологическим фактором, регулирующим рост и размножение водорослей и цианобактерий в водоемах и водотоках является активная реакция воды – pH. Подавляющее большинство видов, для которых известно отношение к pH, относится к индифферентам (28 ВРФ или 58,33 % от общего количества видов с известным отношением к pH воды) (Рисунок 3.19, Приложение 3).

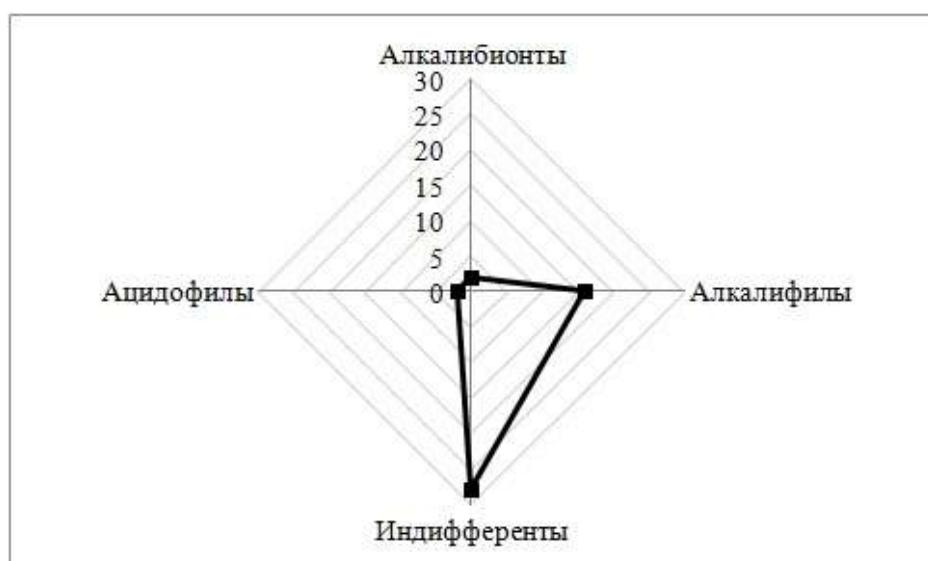


Рисунок 3.19 – Распределение водорослей и цианобактерий озера Инберень по отношению к активной реакции воды (по осям – количество ВРФ)

Среди индифферентов имеются виды, входящие в состав доминирующего комплекса в разные сезоны года: *Trachelomonas volvocina*, *Lepocinclis acus*, *Phacus striatus*, *Dinobryon divergens* var. *divergens*, *Pseudopediastrum boryanum*, *Coelastrum microporum*, *Scenedesmus quadricauda*, *Crucigenia tetrapedia*.

Алкалифилы составляют небольшую экологическую группу организмов в планктоне озера (16 ВРФ или 33,33 % от общего количества видов с известным отношением к рН воды). Они встречены среди пеннатных и центрических диатомовых водорослей. Только один алкалифил – *Euglena pisciformis* принадлежит к эвгленовым водорослям.

Небольшим числом ВРФ (по 2 ВРФ) представлены ацидофилы и алкалибионты, на их долю в совокупности приходится 8,32 % от общего числа видов с известным отношением к рН воды. Группу ацидофилов формируют *Aphanocapsa grevillei* и *Crucigenia quadrata*. Алкалибионты представлены *Encyonema prostratum* и *Epithemia adnata*.

Большая доля индифферентов и алкалифила в составе фитопланктона озера Инберень указывает на значительное колебание активной реакции водной среды. Значение рН меняется от нейтральной до сильнощелочной в разные сезоны года.

Таким образом, преобладание в составе фитопланктона озера Инберень определенных экологических групп водорослей и цианобактерий отражает географическое положение исследуемого водоема и сложившиеся в нем экологические условия. По географической приуроченности преобладают космополиты, по местообитанию – планктонно-бентосные ВРФ. Поскольку водоем пресный и с нейтральной реакцией воды, в нем преобладают индифферентные по отношению к солености и активной реакции воды ВРФ.

## Глава 4. Сезонная и межгодовая динамика фитопланктона обследованных озер

### 4.1. Озеро Инберень

Для оценки биоценотической роли видов различных организмов обычно пользуются их количественными показателями (Баканов, 1987). Известно, что в сезонной динамике численности и биомассы фитопланктона выделяют четыре периода, определяемые гидролого-климатическими условиями. Эти периоды соответствуют зиме, весне, лету и осени (Кожова, 1970; Садчиков, 2003). Существует мнение (Sommer, 1989), что до сих пор нет четкого представления о механизмах сезонной периодичности и причин смены видов в фитопланктона. Отмечено, что на развитие фитопланктона влияют разнообразные физические, биохимические, биологические факторы (Гусева, 1952; Охапкин, 2010).

Максимальные показатели численности фитопланктона в озере Инберень зафиксированы летом. Пики численности отмечаются в период максимальных температур воздуха и воды и связаны с интенсивной вегетацией цианобактерий (Рисунок 4.1).

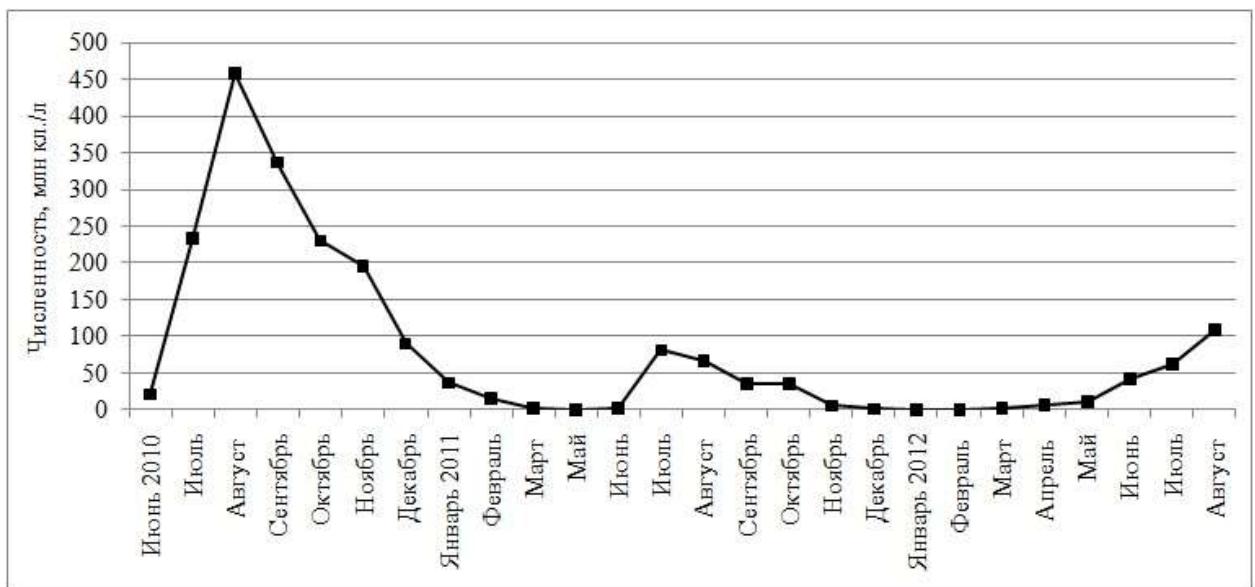


Рисунок 4.1 – Сезонная и межгодовая динамика численности фитопланктона озера Инберень, 2010–2012 годы

В динамике биомассы фитопланктона наиболее выражены летние и осенние пики, обусловленные развитием зеленых, диатомовых и эвгленовых водорослей (Рисунок 4.2) (Кренц, Баженова, 2013).

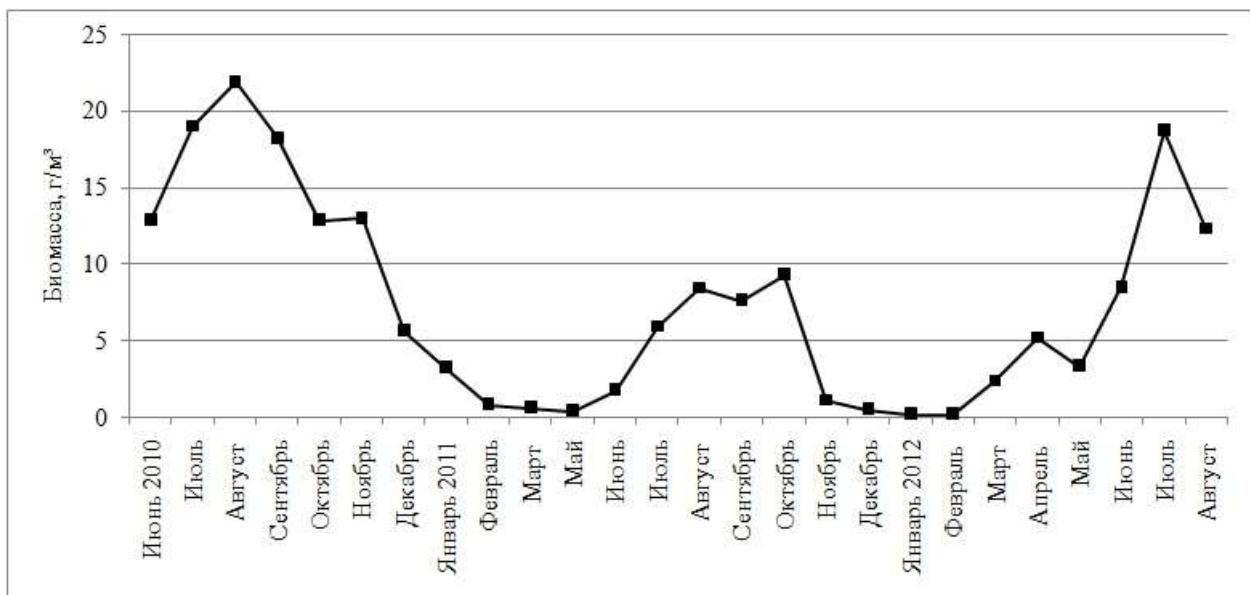


Рисунок 4.2 – Сезонная и межгодовая динамика биомассы фитопланктона озера Инберень, 2010–2012 годы

Как известно, максимальное развитие зеленых водорослей и цианобактерий в планктоне водоемов юга Сибири происходит в период наилучшего прогрева воды, т.е. летом (Науменко, 1993; Баженова, 2005; Романов, 2006).

В начале лета 2010 года облик фитопланктона озера Инберень определяют зеленые водоросли, формирующие 91,0 % общей численности и 94,41 % общей биомассы (Таблица 4.1). Максимальных значений численности достигают хлорококковые водоросли *Coelastrum microporum* (14,4 млн кл./л) и *Crucigenia tetrapedia* (13,4 млн кл./л). В июле, на фоне значительного падения обилия зеленых водорослей, отмечено возрастание численности мелкоклеточных цианобактерий. В августе фиксируется пик максимального значения количественных показателей обилия за весь период исследований (средняя численность водорослей и цианобактерий составляет  $458,20 \pm 54,38$  млн кл./л, средняя биомасса –  $21,91 \pm 3,86$  г/м<sup>3</sup>).

Таблица 4.1 – Численность и биомасса фитопланктона озера Инберень,  
2010–2012 годы

| Сезон, год     | Общая численность,<br>млн кл./л<br>пределы колебаний | Общая биомасса, г/м <sup>3</sup><br>пределы колебаний | Численность, %<br>биомасса, % |                      |                       |                       |                       |
|----------------|--|---|-------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                |  |   | Cyano-bacteria                | Bacillariophyta      | Euglenophyta          | Chlorophyta           | Прочие                |
| Лето 2010      | <u>237,92±218,32</u><br>21,62–458,20                 | <u>17,94±4,60</u><br>12,89–21,91                      | <u>46,31</u><br>5,42          | <u>2,28</u><br>7,76  | <u>0,12</u><br>3,91   | <u>51,23</u><br>82,06 | <u>0,06</u><br>0,85   |
| Осень 2010     | <u>254,38±73,33</u><br>195,96–336,67                 | <u>14,67±3,05</u><br>12,84–18,20                      | <u>75,93</u><br>8,87          | <u>1,36</u><br>6,12  | <u>0,14</u><br>5,66   | <u>22,40</u><br>76,74 | <u>0,17</u><br>2,61   |
| Зима 2010–2011 | <u>48,04±38,64</u><br>15,79–90,86                    | <u>3,21±2,40</u><br>5,60–12,98                        | <u>69,64</u><br>14,75         | <u>0,18</u><br>1,14  | <u>0,19</u><br>4,40   | <u>29,41</u><br>76,00 | <u>0,58</u><br>3,71   |
| Весна 2011     | <u>2,54±1,70</u><br>1,33–3,74                        | <u>0,49±0,12</u><br>0,40–0,57                         | <u>17,25</u><br>2,49          | <u>1,14</u><br>1,34  | <u>4,69</u><br>24,49  | <u>74,46</u><br>68,14 | <u>2,46</u><br>3,54   |
| Лето 2011      | <u>50,50±41,97</u><br>2,82–81,84                     | <u>5,33±3,39</u><br>1,69–8,41                         | <u>75,36</u><br>29,46         | <u>2,52</u><br>10,14 | <u>0,41</u><br>7,50   | <u>20,25</u><br>40,94 | <u>1,46</u><br>11,96  |
| Осень 2011     | <u>26,15±17,34</u><br>6,14–36,74                     | <u>6,00±4,34</u><br>1,07–9,28                         | <u>44,49</u><br>6,82          | <u>1,34</u><br>3,02  | <u>5,82</u><br>9,51   | <u>46,33</u><br>75,82 | <u>2,02</u><br>4,83   |
| Зима 2011–2012 | <u>1,11±0,79</u><br>0,44–1,99                        | <u>0,25±0,19</u><br>0,11–0,47                         | <u>37,66</u><br>6,83          | <u>0,32</u><br>0,42  | <u>12,15</u><br>49,36 | <u>48,01</u><br>38,37 | <u>1,86</u><br>5,02   |
| Весна 2012     | <u>7,45±5,14</u><br>2,32–12,61                       | <u>3,57±1,38</u><br>2,34–5,17                         | <u>42,78</u><br>3,92          | <u>4,86</u><br>21,58 | <u>7,26</u><br>20,00  | <u>24,54</u><br>29,98 | <u>20,56</u><br>24,52 |
| Лето 2012      | <u>71,54±34,54</u><br>41,62–109,33                   | <u>13,16±5,17</u><br>8,49–18,72                       | <u>76,76</u><br>37,93         | <u>0,66</u><br>3,76  | <u>0,21</u><br>1,83   | <u>22,25</u><br>53,80 | <u>0,12</u><br>2,68   |

Высокие показатели численности в этот период обусловлены активной вегетацией мелкоклеточных колониальных цианобактерий (*Aphanocapsa* sp., *A. delicatissima*, *Microcystis aeruginosa*, *Merismopedia minima*), которые доминируют в летнем фитопланктоне. Всего на долю цианобактерий приходится 85,02 % общей численности. Ведущая роль в образовании общей биомассы принадлежит зеленым водорослям, которые формируют от 65,79 до 94,41 % на протяжении всего лета. В составе фитопланктона, помимо преобладающих зеленых водорослей и цианобактерий, вегетируют диатомовые, эвгленовые, хризофитовые, динофитовые и желтозеленые водоросли.

Осенью 2010 года показатели численности фитопланктона значительно выше, чем летом. Это связано с продолжающейся вегетацией цианобактерий, которые формируют от 80,5 % (в сентябре) до 70,5 % (в ноябре) сохраняя лидирующие позиции по этому показателю до марта 2011 года. Среди них доминируют *Merismopedia minima*, *Planktolyngbya limnetica*. В образовании

численности и биомассы фитопланктона также велико значение зеленых водорослей, доля которых в численности варьирует от 17,93 до 27,30 %, а в биомассе достигает 76,74 %. Роль других отделов водорослей в осеннем планктоне 2010 года была незначительна.

Зимний сезон 2010–2010 г. в озере Инберень начинается в конце ноября и заканчивается в конце марта, в это время отмечается значительное падение обилия фитопланктона. В подледном фитопланктоне отмечены цианобактерии и зеленые водоросли, создающие соответственно 69,64 % и 29,41 % общей численности. Зимой доминируют цианобактерии *Aphanocapsa holsatica*, *A. delicatissima*, *Merismopedia minima*, *Planktolyngbya limnetica*.

Вегетация цианобактерий подо льдом в водоемах разного типа отмечена и другими исследователями, например, в мелководных озерах Омского Прииртышья Калач и Соленое (Коновалова, 2011; Коржова, 2013) и в глубоководном озере Телецком (Митрофанова, 2002). В фитопланктоне озера Калач цианобактерии в зимний период формируют от 22 до 77 % общей численности, а в озере Соленом – от 31 до 68 % общей численности.

В сложении биомассы ведущая роль принадлежала зеленым водорослям (76 % общей биомассы фитопланктона). Виды, активно развивающиеся зимой, представлены зелеными (*Tetraëdron minimum*, *Lemmermannia komarekii*, *Siderocelis sphaerica*) и эвгленовыми (*Trachelomonas volvocina*) водорослями. Постоянным компонентом зимнего планктона были хризофитовые водоросли *Chrysococcus biporus* и *Kephrion rubri-claustri*. Другие отделы водорослей в зимнем планктоне развивались слабо.

Весна 2011 года характеризуется низкими количественными показателями развития фитопланктона по сравнению с предыдущим сезоном. Численность фитопланктона колебалась в пределах 1,33–3,74 млн кл./л, а биомасса – 0,40–0,57 г/м<sup>3</sup>, в среднем за весенний сезон составляя  $2,54 \pm 1,70$  млн кл./л и  $0,49 \pm 0,12$  г/м<sup>3</sup>. С марта 2011 года обилие цианобактерий снижается, достигая наименьших значений в мае. На фоне падения численности и биомассы цианобактерий отмечена высокая доля участия зеленых водорослей,

которые формируют 74,46 % от общей численности и 68,14 % общей биомассы. Среди них доминировал *Monoraphidium griffithii*. Наряду с зелеными водорослями заметное участие в создание общей биомассы принимают крупноклеточные виды эвгленовых водорослей, но их численность весьма невелика (0,075 млн кл./л). Отмечено присутствие криптомонад.

Летом характер фитопланктона существенно меняется, показатели его развития возрастают (см. Таблица 4.1). В июле 2011 года зафиксирован пик численности фитопланктона, вызванный «цветением» *Aphanocapsa* sp. Развитие мелкоклеточных колониальных (*Merismopedia minima*, *Aphanocapsa* sp., *A. holsatica*) и нитчатых безгетероцистных видов (*Planktolyngbya limnetica*, *Aphanizomenon flos-aquae*) увеличивает летние показатели биомассы, по сравнению с весенними, в 5 раз. Обилие зеленых водорослей снижается, доля их участия в формировании общей численности составляет около 20 %, общей биомассы – 40,94 %. Существенный вклад в образование общей биомассы в конце летнего сезона вносили виды зеленых (*Paradoxia multiseta*, *Ankyra ancora* f. *issajevii*, *Oocystis borgei*, *Desmodesmus communis*) и эвгленовых (*Euglena viridis*, *Euglenaria caudata*, *Traheomonas planctonica*, *T. intermedia* f. *intermedia*) водорослей. В июне отмечено увеличение численности диатомовых водорослей, за счет интенсивной вегетации *Staurosirella pinnata*. В августе отмечен подъем биомассы за счет крупноклеточных случайно-планктонных диатомей (*Cymbella ventricosa*, *Navicula* sp., *Amphora ovalis*), которые формировали до 14,87 % общей биомассы летом. Другие отделы водорослей имели подчиненное значение.

Численность фитопланктона осенью 2011 года снижается в 2 раза по сравнению с летним сезоном. Средние за осенний сезон показатели численности составили  $26,15 \pm 17,34$  млн кл./л, биомассы –  $6,00 \pm 4,34$  г/м<sup>3</sup>. Уменьшение общей численности фитопланктона связано с завершением периода активной вегетации мелкоклеточных цианобактерий. В этот период в формировании общей численности в равной доли вносят цианобактерии и зеленые водоросли. Доминирующий комплекс представлен видами *Aphanocapsa*

*holsatica*, *Planktolyngbya limnetica*. В сентябре 2011 года на фоне снижения роли цианобактерий наблюдается активное развитие эвгленовых водорослей, формирующих 16,15 % общей биомассы. К концу осеннего сезона численность эвгленид постепенно снижается. Общую биомассу осеннего фитопланктона озера формировали в основном зеленые водоросли (75,82 %). Эвгленовые водоросли наряду с зелеными и цианобактериями участвовали в создании общей биомассы фитопланктона, формируя 9,51 %. В октябре 2011 года зафиксирован небольшой подъем общей биомассы (9,28 г/м<sup>3</sup>) вызванный вегетацией *Dinobryon divergens*.

Зима 2011–2012 гг. отличалась более низкими количественными показателями фитопланктона по сравнению с зимой 2010–2011 годов (см. Таблица 4.1). Основу численности по-прежнему создавали цианобактерии и зеленые водоросли. Среди них доминировали *Merismopedia minima*, *Planktolyngbya limnetica*, *Monoraphidium griffithi*. К концу подледного периода наблюдается значительное увеличение доли эвгленовых водорослей в сложении общей численности фитопланктона. В это время обильно развивался *Trachelomonas volvocina* (100 тыс. кл./л). Главную роль в формировании общей биомассы играют зеленые и эвгленовые водоросли (*Trachelomonas volvocina*, *Lemmermannia komarekii*, *Tetraëdron minimum*, *Scenedesmus quadricauda*, *Monoraphidium griffithii*, *M. contortum*, *Chlorococcum sp.*). Остальные отделы водорослей и цианобактерий в создании общей биомассы фитопланктона озера играли незначительную роль.

Весной 2012 года, после распаления льда, наблюдается подъем численности и биомассы и значительное возрастание видового богатства фитопланктона. Облик фитопланктона в начале весны определяли динофитовые и криптофитовые водоросли, формируя соответственно 38,52 % и 18,71 % общей численности. В середине апреля начинается интенсивное развитие цианобактерий (75,68 % от общей численности). Среди них наиболее многочисленными являлись виды родов *Planktolyngbya*, *Oscillatoria* и *Aphanocapsa holsatica*. В мае отмечена максимальная численность диатомовых водорослей

(1,1 млн кл./л.). Незначительное участие в формировании общей численности весеннего фитопланктона принимают золотистые и желтозеленые водоросли.

Весенний пик биомассы в 2012 году приходится на апрель и обусловлен развитием эвгленовых (*Trachelomonas intermedia* f. *intermedia*, *T. volvocina*) и диатомовых (*Cymbella ventricosa*, *Amphora ovalis*) водорослей. Значительную долю общей биомассы фитопланктона (17,47 %) весной формирует крупноклеточная динофитовая водоросль *Peridinium* sp. Основной вклад в биомассу фитопланктона (29,98 %) вносят зеленые водоросли. Роль других отделов в формировании биомассы менее значима.

Летний фитопланктон 2012 года характеризуется высокими количественными показателями, по сравнению с летним сезоном 2011 года, но существенно ниже, чем летом 2010 г (см. Таблица 4.1). Средняя численность фитопланктона составляла  $71,54 \pm 34,54$  млн кл./л, средняя биомасса –  $13,16 \pm 5,17$  г/м<sup>3</sup>. В июне отмечено увеличение численности цианобактерий (26 млн кл./л), которые лидируют в течение всего лета, достигая максимальной вегетации в августе. На фоне интенсивного развития цианобактерий, вклад в летнюю численность зеленых водорослей снижается и составляет в среднем 22,25 %. Численность диатомовых, эвгленовых, динофитовых и желтозеленых водорослей в летнем фитопланктоне незначительна.

Главная роль в формировании биомассы фитопланктона принадлежала зеленым водорослям (53,80 %), значительную долю биомассы формировали цианобактерии (37,93 %). В июле отмечено «цветение» *Aphanizomenon flos-aquae*, численность которого достигала 107 млн кл./л. Заметно уменьшилось обилие диатомовых, динофитовых и эвгленовых водорослей, их общая доля в сложении летней биомассы в среднем составляла 8,19 %. Незначительный вклад в формировании общей биомассы вносили желтозеленые водоросли.

Таким образом, обилие фитопланктона в озере Инберень возрастает от весны к осени, а межгодовые его колебания выражены весьма значительно (Рисунок 4.3, 4.4).

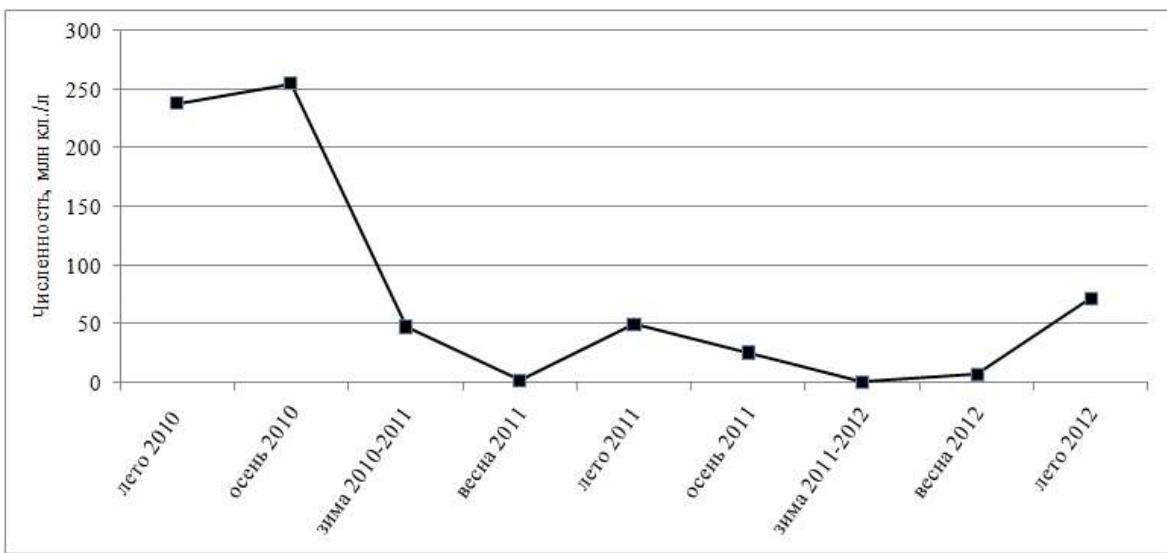


Рисунок 4.3 – Межгодовая динамика численности фитопланктона озера Инберень, 2010–2012 годы

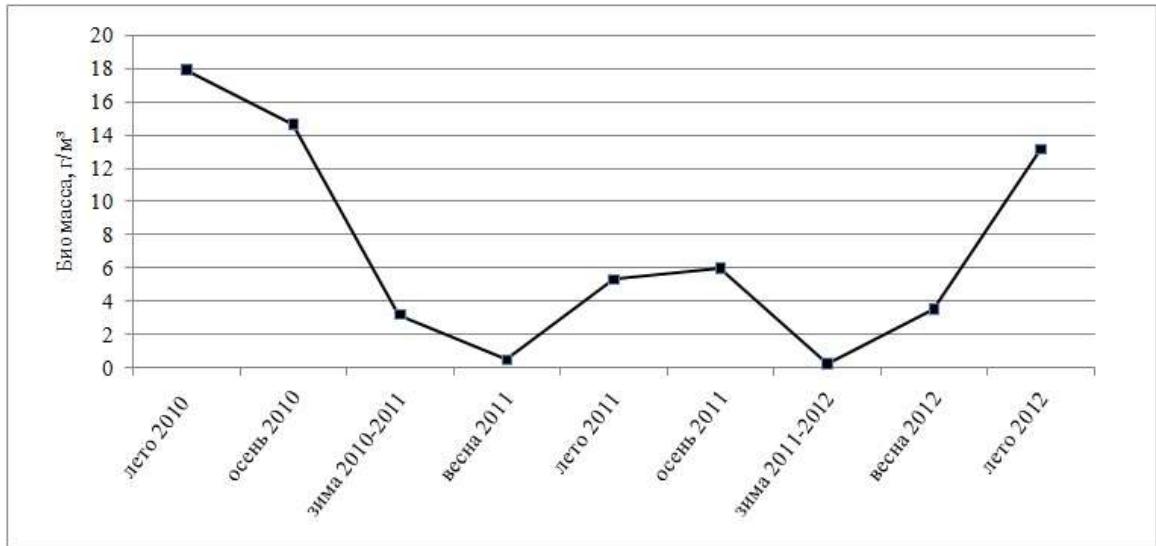


Рисунок 4.4 – Межгодовая динамика биомассы фитопланктона озера Инберень, 2010–2012 годы

Высокими показателями численности и биомассы летнего фитопланктона характеризуется 2010 год, низкий уровень обилия фитопланктона в период открытой воды отмечен в 2011 году.

Таким образом, для сезонной и межгодовой динамики фитопланктона озера Инберень характерны следующие особенности:

- максимальные значения общей численности отмечаются летом и обусловлены активной вегетацией цианобактерий;

– летне-осенние пики биомассы обусловлены интенсивным развитием зеленых водорослей.

#### 4.2. Озерная система Салтаим-Тенис

Обилие летнего фитопланктона озерной системы Салтаим-Тенис очень высокое и в межгодовом аспекте колеблется в значительных пределах (Баженова, Кренц, 2011 а; Баженова, Кренц, 2012).

Максимальные показатели обилия фитопланктона озера Салтаим отмечены в августе 2010 года (Таблица 4.2, Рисунок 4.5).

Таблица 4.2 – Численность и биомасса летнего фитопланктона

озера Салтаим, 2010–2012 годы

| Время отбора   | Общая численность, <u>млн кл./л</u><br>пределы колебаний | Общая биомасса, <u>г/м<sup>3</sup></u><br>пределы колебаний | Численность, % биомасса, % |                      |                      |                      |
|----------------|--|---|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                |  |   | Cyano-bacteria             | Bacillario-phyta     | Chlorophyta          | Прочие               |
| август 2010 г. | <u>2586,67±937,44</u><br>1153,33–3665,90                 | <u>18,03±4,94</u><br>9,36–21,41                             | <u>99,49</u><br>55,45      | <u>0,12</u><br>14,68 | <u>0,39</u><br>29,41 | <u>0,001</u><br>0,46 |
| июнь 2011 г.   | <u>466,37±182,41</u><br>335,90–786,05                    | <u>7,36±4,08</u><br>4,76–14,52                              | <u>97,57</u><br>32,21      | <u>0,26</u><br>17,16 | <u>2,16</u><br>50,49 | <u>0,01</u><br>0,14  |
| август 2011 г. | <u>2456,25±352,79</u><br>2057,90–2870,65                 | <u>12,98±1,07</u><br>11,80–14,38                            | <u>99,42</u><br>47,73      | <u>0,08</u><br>13,35 | <u>0,50</u><br>34,60 | <u>0,001</u><br>4,32 |
| август 2012 г. | <u>609,12±908,78</u><br>71,68–1968,40                    | <u>6,25±6,05</u><br>2,02–15,18                              | <u>99,18</u><br>44,94      | <u>0,10</u><br>5,22  | <u>0,71</u><br>39,99 | <u>0,01</u><br>9,85  |

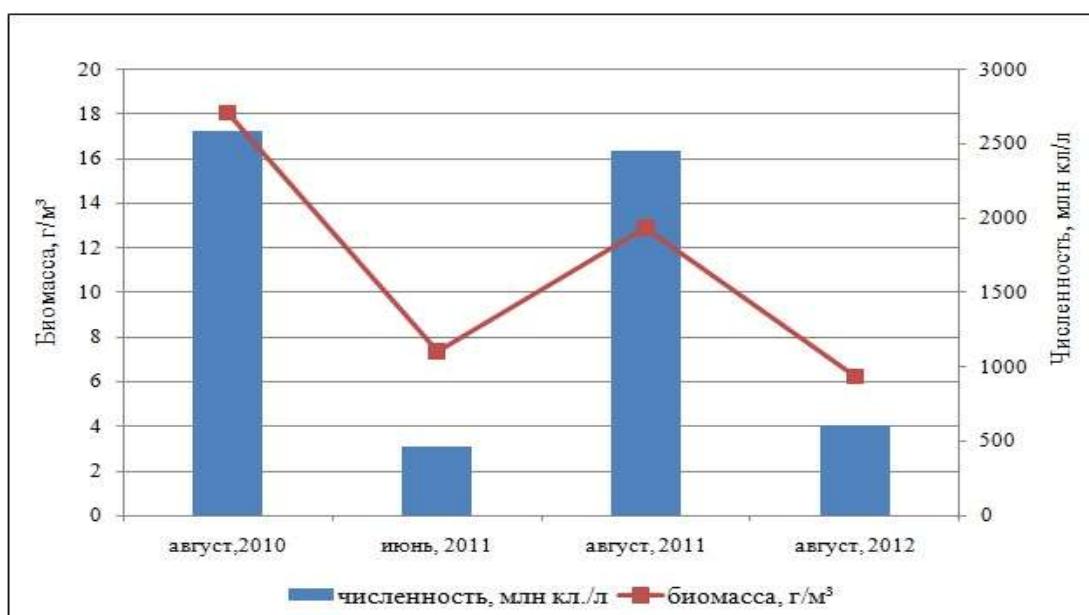


Рисунок 4.5 – Численность и биомасса летнего фитопланктона озера Салтаим, 2010–2012 годы

В озере Тенис максимальная численность фитопланктона отмечена в августе 2010 года, а максимальная биомасса ( $21,48 \pm 6,20$  г/м<sup>3</sup>) – в июне 2011 года, при минимальных показателях численности (Таблица 4.3, Рисунок 4.6).

Таблица 4.3 – Численность и биомасса летнего фитопланктона

озера Тенис, 2010–2012 годы

| Время отбора   | Общая численность, <u>млн кл./л</u><br>пределы колебаний | Общая биомасса, г/м <sup>3</sup><br>пределы колебаний | Численность, %<br>биомасса, % |                      |                      |                       |
|----------------|--|---|-------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
|                |  |   | Cyano-bacteria                | Bacillario-phyta     | Chloro-phyta         | Прочие                |
| август 2010 г. | <u>3246,96 ± 432,35</u><br>2745,70–3933,80               | <u>17,17 ± 3,05</u><br>13,41–20,16                    | <u>99,61</u><br>61,86         | <u>0,08</u><br>9,23  | <u>0,31</u><br>28,70 | <u>0,001</u><br>0,21  |
| июнь 2011 г.   | <u>602,83 ± 127,87</u><br>491,25–783,50                  | <u>21,48 ± 6,20</u><br>17,99–30,87                    | <u>95,95</u><br>30,69         | <u>1,34</u><br>20,00 | <u>2,70</u><br>48,65 | <u>0,01</u><br>0,66   |
| август 2012 г. | <u>1727,82 ± 221,46</u><br>1523,25–2075,90               | <u>11,84 ± 3,04</u><br>9,21–15,18                     | <u>99,43</u><br>59,27         | <u>0,17</u><br>8,54  | <u>0,40</u><br>31,15 | <u>0,0004</u><br>1,04 |

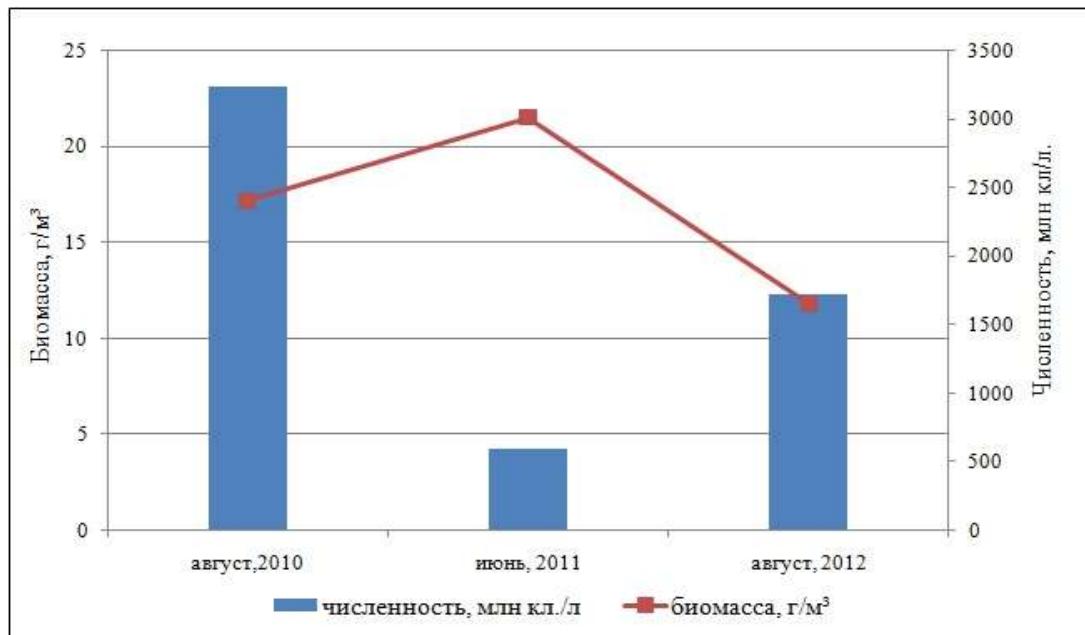


Рисунок 4.6 – Численность и биомасса летнего фитопланктона озера Тенис, 2010–2012 годы

При сравнении полученных нами показателей с данными предыдущих лет исследований (Зенюк, 1974) обилие летнего фитопланктона в озерной системе Салтайм-Тенис существенно повысилось – до 30 раз. В период исследований 1965–1968 годов численность фитопланктона в озере Салтайм в июле–августе колебалась в пределах 164,30–575,3 млн кл./л, а в озере Тенис –

от 199,8 до 900 млн кл./л. Отсутствие в работе Т.И. Зенюк точных указаний о методике подсчета численности нитчатых цианобактерий не дает уверенности в правильности сделанных выводов о возрастании численности фитопланктона. В своих исследованиях мы проводили подсчет клеток в трихомах нитчатых цианобактерий, исходя из ранее рассчитанного среднего числа клеток в трихоме, причем было проведено не менее 100 измерений для каждого вида нитчатых цианобактерий. Обычно в таких случаях большинство альгологов подсчитывают общую численность трихомов, не переводя этот показатель в количество клеток. Вероятно, по этой причине так отличаются показатели численности фитопланктона в 1965–1968 годов и 2010–2012 годов.

Сравнение показателей биомассы фитопланктона в 1965–1968 годов и 2010–2012 годов не выявило таких резких различий. В озере Салтайм по нашим данным многолетние колебания биомассы укладывались в пределах 6,25–18,03 г/м<sup>3</sup>, а по данным Т.И. Зенюк (1974) эти пределы составляли 4,22–9,26 г/м<sup>3</sup>, то есть были того же порядка. В озере Тенис, по данным Т.И. Зенюк (1974), пределы колебания биомассы составили 4,26–9,34 г/м<sup>3</sup>, а по нашим данным, были в два раза выше (см. Таблицы 4.2, 4.3). Учитывая некоторые изменения структуры фитопланктона в 2010–2012 годах, например, возрастание относительной доли в формировании биомассы диатомовых и зеленых водорослей, такое возрастание биомассы вполне объяснимо.

Основу численности фитопланктона озера Салтайм в 2010–2012 годах как и 60-е годы XX века, формируют цианобактерии, относительная доля которых в фитопланктоне озер колеблется в пределах 97,57–99,49 %. Высокое развитие цианобактерий обусловлено вегетацией *Lyngbia saltaimica* достигающей уровня «цветения». Численность этого вида в период исследований колеблется от 26,33 до 2406,60 млн кл./л. Кроме *Lyngbia saltaimica* высокую численность создают и другие цианобактерии – *Aphanocapsa holsatica* (104–2308 млн кл./л) и *Chroococcus minimus* (0,5–1071,30 млн кл./л). Цианобактерии создают и значительную долю биомассы фитопланктона в озере Салтайм от 32,21 до 55,45 %. Высокая доля в создании биомассы цианобактериями

принадлежит *Lyngbia saltaimica*, в отдельных пробах формирующей до 77 % общей биомассы этого отдела. Максимальные значения показателя продуктивности *Lyngbia saltaimica* достигают 9,2 г/м<sup>3</sup>.

Как известно, при умеренном «цветении» воды (10–100 г/м<sup>3</sup>) фитопланктон играет положительную роль, на стадии интенсивного «цветения», а при биомассе фитопланктона свыше 500 г/м<sup>3</sup> (массовое «цветение») наступает ухудшение всех санитарно-биологических показателей водоёмов (Топачевский, 1975). Таким образом, показатели биомассы фитопланктона озера Салтаим соответствуют переходному этапу от начальной к умеренной стадии «цветения».

Зеленые водоросли (отдел Chlorophyta) в фитопланктоне озера Салтаим представлены в основном порядком Chlorococcales, среди них высока доля видов с относительно крупными клетками из родов *Pediastrum*, *Scenedesmus* и др. Поэтому, несмотря на низкую численность, зеленые водоросли формируют значительную долю общей биомассы в начале лета (50,49 %). Доля диатомовых водорослей в создании общей биомассы варьировала от 5,22 до 17,16 % и формировалась главным образом за счет случайно-планкtonных видов из родов *Navicula*, *Synedra*, *Pinnularia*, *Gyrosigma*, *Amphora*, *Cymbella*, *Cocconeis* и истинно планкtonного вида *Handmannia comta* (Баженова, Кренц, 2011).

Отмечено низкое обилие динофитовых, эвгленовых и криптофитовых водорослей, которые играли незначительную роль в создании общей численности и биомассы фитопланктона в исследуемый период.

В 2012 году в озере Салтаим были отобраны пробы зимнего фитопланктона. Уровень вегетации фитопланктона невысокий. Роль цианобактерий в зимнем фитопланктоне не изменилась, они по-прежнему создают основу численности (99,34 %) и биомассы (69,49 %) фитопланктона озера Салтаим. Доля зеленых и диатомовых водорослей в создании биомассы фитопланктона снизилась. Эвгленовая водоросль *Euglena oblonga*, обладая значительным размером клетки, создает 15,18 % общей биомассы фитопланктона.

Постоянным компонентом зимнего фитопланктона является *Chroomonas acuta*. Развитие этой криптомонады в условиях, неблагоприятных для фотосинтеза, можно объяснить большим количеством легко усвояемой низкомолекулярной органической пищи для миксотрофных видов криптофитовых, образующейся при разложении цианобактерий (Корнева, 2009).

Таким образом, в летнем фитопланктоне озера Салтаим абсолютное доминирование по численности принадлежат цианобактериям. Основную долю биомассы в начале лета формируют зеленые водоросли, однако, по мере продолжения летнего сезона, доля в формировании биомассы в равных пропорциях распределяется между зелеными водорослями и цианобактериями. Несмотря на небольшую численность, значительное участие в формировании общей биомассы, благодаря крупным размерам клеток, принадлежит диатомовым водорослям. Участие динофитовых, криптофитовых и эвгленовых водорослей в фитопланктоне озера Салтаим незначительно.

Исследования фитопланктона озера Тенис проводили одновременно с озером Салтаим. Следует отметить, что принципиальных отличий в структуре фитопланктона этих озер нет. Исключение составляет тот факт, что в фитопланктоне озера Тенис найден представитель золотистых водорослей (*Dinobryon divergens*), но значительной роли в формировании обилия фитопланктона этот вид не играет. Преобладание цианобактерий, присущее летнему фитопланктону озера Салтаим, характерно и для озера Тенис. Уровень развития фитопланктона в этих озерах одинаков (см. Таблица 4.3, Рисунок 4.6).

Таким образом, динамика летнего фитопланктона озерной системы Салтаим-Тенис имеет характерные особенности:

- высокие показатели численности и биомассы;
- абсолютное доминирование по численности цианобактерий.

Для оценки различий количественных показателей фитопланктона между озерами рассчитан U-критерий Манна-Уитни. Для формирования выборки взяты значения численности и биомассы в одинаково сравниваемый

период времени. В биологических исследованиях считают достаточным 5 % уровень значимости (Лакин, 1990). Расчеты показали, что значимые различия по численности фитопланктона наблюдаются между озерами Инберень – Тенис, Инберень – Салтайм.

Различия в численности незначимы для озер Салтайм – Тенис, что в очередной раз подтверждает наш вывод о том, что эти озера следует считать единой озерной системой. По биомассе фитопланктона статистически значимых различий для озерной системы Салтайм-Тенис, как и для остальных пар водоемов, не установлено.

С нашей точки зрения, полученные выводы еще раз подтверждают мнение Т.М. Михеевой (1992) о том, что для водных объектов высокой степени эвтрофирования наибольшее значение имеют данные о численности фитопланктона.

## Глава 5. Экологическое состояние и оценка качества воды обследованных озер

### 5.1. Сапробность воды

Высокое антропогенное влияние на водные экосистемы, приводит к изменениям геохимических циклов в водоемах и водотоках и на их водо-сборной территории. Загрязнение водной среды приводит к таким негативным последствиям, как появление токсичных компонентов, эвтрофирование, что в итоге ухудшает свойства и качество воды (Хубларян, Моисеенко 2009). Оценить качество воды в водоемах можно разными способами – химическими и биологическими. Одним из самых распространенных биологических методов оценки экологического состояния водных объектов является сапробиологический анализ, базированный на системе сапробности. Даная система основана на оценке типа водоема в зависимости от соотношения обилия отдельных видов показательных организмов. Авторами системы, разработанной в начале XX века, являются английские ученые Р. Кольквитц и М. Марссон. В зависимости от содержания загрязненных органических веществ, водоемы и водотоки были ими разделены на зоны сапробности (Шитиков и др, 2003; Система оценки..., 2006). При применении системы Кольквитца-Марссона необходимо использовать списки видов-индикаторов определенных зон сапробности. В настоящее время, наиболее часто используют списки разработанные для водоемов и водотоков различных зон (Макрушин, 1974; Унифицированные методы..., 1976; Баринова и др, 2000, 2006).

**Озеро Инберень.** В фитопланктоне озера Инберень найден 141 ВРФ с известной сапробиологической характеристикой, что составляет 65,28 % от общего числа идентифицированных видов. Высокая доля показательных организмов позволяет корректно оценить сапробность воды озера. В составе фитопланктона выявлены индикаторы широкого спектра зон сапробности: от ксено-олигосапробных до полисапробных (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Распределение индикаторов (число ВРФ) из фитопланктона озера Инберень по систематическим отделам и зонам сапробности

| Отдел   | Зоны сапробности |     |     |             |      |      |             |     |     |     |     |     | Всего |
|---|------------------|-----|-----|-------------|------|------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
|   | χ-о              | χ-β | о   | о-β,<br>β-о | о-α  | β    | β-α,<br>α-β | α   | р   | α-р | и   |     |       |
| Cyanobacteria                                   | 1                | –   | 2   | 10          | 5    | 6    | 1           | –   | –   | –   | –   | –   | 25    |
| Euglenophyta                                    | –                | 1   | 1   | 2           | –    | 8    | 3           | –   | 1   | 1   | 1   | 1   | 18    |
| Dinophyta                                       | –                | –   | 1   | –           | –    | –    | –           | –   | –   | –   | –   | –   | 1     |
| Cryptophyta                                     | –                | –   | –   | –           | –    | 1    | –           | –   | –   | –   | –   | –   | 1     |
| Chrysophyta                                     | –                | –   | 2   | 2           | 1    | –    | –           | –   | –   | –   | –   | –   | 5     |
| Bacillariophyta                                 | 1                | 1   | 2   | 4           | 5    | 1    | 4           | –   | –   | –   | –   | –   | 18    |
| Xanthophyta                                     | –                | –   | 2   | –           | –    | 1    | –           | –   | –   | –   | –   | –   | 3     |
| Chlorophyta                                     | –                | –   | 1   | 14          | 17   | 36   | 1           | 1   | –   | –   | –   | –   | 70    |
| Всего   | 2                | 2   | 11  | 32          | 28   | 53   | 9           | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 141   |
| Доля от общего числа индикаторов сапробности, % | 1,4              | 1,4 | 7,8 | 22,7        | 19,9 | 37,6 | 6,4         | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 100   |

Условные обозначения зон сапробности: χ-о – ксено-олигосапробная; χ-β – ксено-бета-сапробная; 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; и – изосапробная зона.

Большинство ВРФ с известной сапробиологической характеристикой составляют группу индикаторов загрязненных и грязных вод (β, β-α, α-β, α, р, α-р). Эти ВРФ формируют 46,1 % от общего числа индикаторов сапробности. Виды с широкой степенью толерантности к содержанию органических веществ (χ-β, о-β, β-о и о-α) в совокупности объединяют 44 % от общего числа ВРФ с известной сапробиологической характеристикой. Эти ВРФ способны развиваться как в чистых, так и в загрязненных органическими веществами водах. Как известно (Одум, 1986), чем выше доля широкотолерантных видов, тем выше устойчивость экосистемы.

В небольшом количестве, составляя лишь 13 %, встречается группа видов-индикаторов чистых вод (χ, о, χ-о). Преобладание в составе фитопланктона озера Инберень индикаторов грязных вод говорит о высоком загрязнении водоема органическими веществами. Значительное количество широкотолерантных видов указывает на высокий потенциал самоочищаю-

щей способности водоема, что значительно повышает устойчивость его экосистемы.

На уровне систематических групп наибольшее количество индикаторов сапробности относится к зеленым (отдел Chlorophyta) водорослям (49,6 % от общего числа индикаторов). Меньшим количеством представлены цианобактерии (17,7 %), эвгленовые (12,8 %) и диатомовые (12,8 %) водоросли. Преобладание зеленых водорослей в составе индикаторов отражает их ведущее положение в таксономической структуре фитопланктона озера Инберень. Незначительное участие золотистых, желтозеленых, динофитовых и криптофитовых водорослей, которые формируют от 0,7 до 3,6 % от общего количества индикаторов сапробности также связано с их положением в структуре фитопланктона озера.

За период исследования индекс сапробности воды озера Инберень колебался в пределах 1,0–2,92, в среднем составляя  $1,84 \pm 0,25$  (Таблица 5.2).

Таблица 5.2 –Индекс сапробности воды озера Инберень, 2010–2012 годы

| Сезон                            | Среднее значение индекса | Пределы колебания |
|----------------------------------|--------------------------|-------------------|
| 2010 год                         |                          |                   |
| лето                             | $1,82 \pm 0,13$          | 1,58–1,97         |
| осень                            | $1,64 \pm 0,3$           | 1,0–2,64          |
| зима                             | $1,61 \pm 0,14$          | 1,39–2,01         |
| 2011 год                         |                          |                   |
| весна                            | $1,88 \pm 0,27$          | 1,47–2,41         |
| лето                             | $1,86 \pm 0,24$          | 1,46–2,16         |
| осень                            | $1,86 \pm 0,13$          | 2,0–1,50          |
| зима                             | $2,02 \pm 0,33$          | 2,92–1,83         |
| 2012 год                         |                          |                   |
| весна                            | $2,04 \pm 0,57$          | 1,41–3,47         |
| лето                             | $1,83 \pm 0,15$          | 1,60–2,19         |
| В среднем за период исследования | $1,84 \pm 0,25$          | 1,0–2,92          |

Динамика индекса сапробности в течение периода исследования варьирует в сезонном и межгодовом аспектах (Рисунок 5.1).

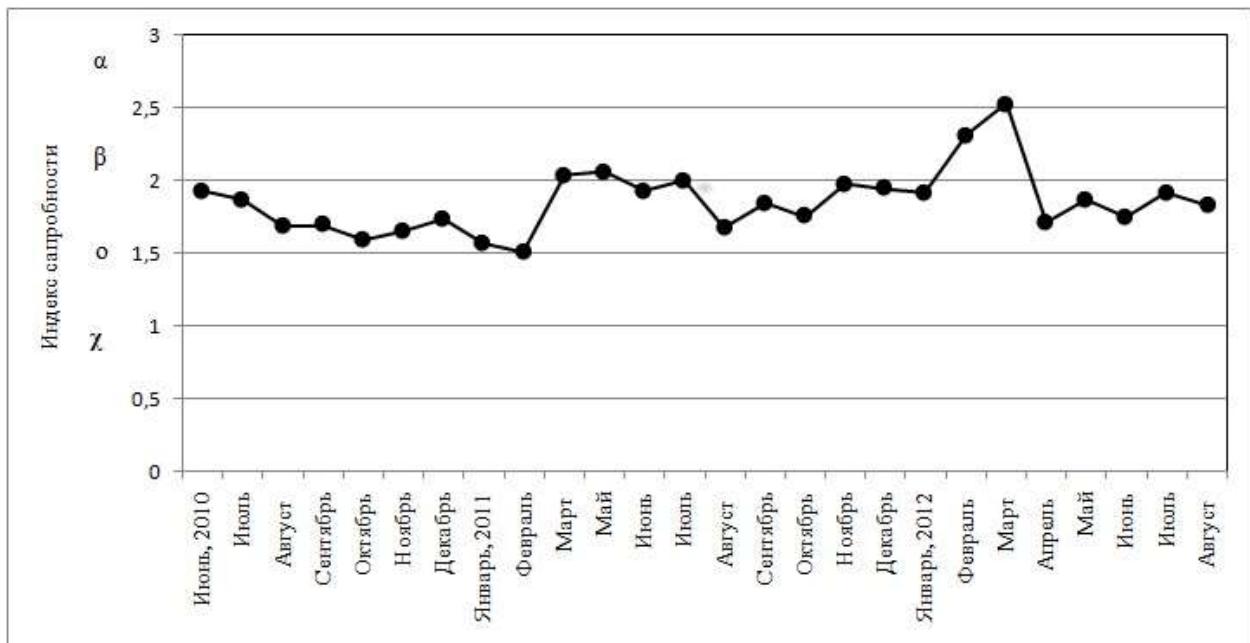


Рисунок 5.1 – Динамика индекса сапробности воды озера Инберень в 2010–2012 годы

Высокое значение индекса сапробности отмечается зимой и весной. Зимой происходит отмирание и медленное разложение подводной высшей растительности, которой так богато озеро, что обуславливает накопление в этот период органических веществ и низкую обеспеченность кислородом. Весной, в период снеготаяния, происходит активное поступление органических веществ с водосборной территории озера Инберень (см. Таблицу 1.1). Все эти факторы обуславливают высокие показатели сапробности в зимне-весенний период.

Зимой в фитопланктоне озера преобладают зеленые водоросли (*Monoraphidium arcuatum*, *M. contortum*, *M. griffithii* и др.), имеющие высокий индикаторный вес и сапробную валентность. В летний сезон отмечается активная вегетация цианобактерий с низкими значениями индикаторного веса и сапробной валентности (*Aphanocapsa holsatica*, *Planktolyngbya limnetica*) (Баринова, 2006). В целом это отражает приспособление фитопланктоценоза к условиям среды в водоеме и формирует самоочищающую способность водоема.

Пределы колебания индекса сапробности воды озера Инберень значительны – от олигосапробной до  $\alpha$ -мезосапробной зоны, что говорит о разном

уровне содержания органических веществ в сезонном и межгодовом аспектах. Низкие значения индекса сапробности в 2010 году по сравнению с 2011 и 2012 годами, мы связываем с более низкой водностью этого года (см. Рисунок 1.2), поэтому поступление органических веществ с водосборной территории не достигало уровня многоводных годов.

**Озерная система Салтаим-Тенис.** В фитопланктоне озерной системы Салтаим-Тенис найден 81 ВРФ, являющихся индикаторами сапробности, что составляет 64,84 % от общего числа идентифицированных ВРФ (Таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Распределение индикаторов (число ВРФ) из фитопланктона озерной системы Салтаим-Тенис по систематическим отделам и зонам

сапробности

| Отдел   | Зоны сапробности |                 |              |            |  |                   |         |                |     | Всего |
|---|------------------|-----------------|--------------|------------|--|-------------------|---------|----------------|-----|-------|
|   | $\chi$           | $\text{o}-\chi$ | $\chi-\beta$ | $\text{o}$ | $\text{o}-\beta$ ,<br>$\beta-\text{o}$ | $\text{o}-\alpha$ | $\beta$ | $\beta-\alpha$ |     |       |
| Cyanobacteria                                   | 1                | –               | 1            | 4          | 10                                     | 5                 | 4       | 2              | 27  |       |
| Euglenophyta                                    | –                | –               | –            | –          | 1                                      | –                 | 3       | 1              | 5   |       |
| Dinophyta                                       | –                | –               | –            | 1          | –                                      | –                 | –       | –              | 1   |       |
| Cryptophyta                                     | –                | –               | –            | –          | –                                      | –                 | 1       | –              | 1   |       |
| Chrysophyta                                     | –                | –               | –            | –          | –                                      | 1                 | –       | –              | 1   |       |
| Bacillariophyta                                 | 1                | 1               | –            | 4          | 1                                      | 2                 | –       | 2              | 11  |       |
| Chlorophyta                                     | –                | –               | –            | –          | 9                                      | 9                 | 19      | –              | 37  |       |
| Всего   | 2                | 1               | 1            | 9          | 21                                     | 17                | 27      | 5              | 83  |       |
| Доля от общего числа индикаторов сапробности, % | 2,4              | 1,2             | 1,2          | 10,8       | 25,2                                   | 20,5              | 32,5    | 6,2            | 100 |       |

Условные обозначения зон сапробности:  $\chi$  – ксеносапробная;  $\text{o}-\chi$  – олигоксеносапробная;  $\chi-\beta$  – ксено-бета-мезосапробная;  $\text{o}$  – олигосапробная;  $\text{o}-\beta$  – олиго-бета-мезосапробная;  $\beta-\text{o}$  – бета-олигосапробная;  $\text{o}-\alpha$  – олиго-альфа-мезосапробная;  $\beta$  – бета-мезосапробная;  $\beta-\alpha$  – бета-альфа-мезосапробная зона.

Большинство показательных ВРФ относится к  $\beta$ -мезосапробионтам. Эта группа относится к индикаторам умеренного загрязнения органическими веществами и составляет 32,5 % от общего числа видов с известной сапробиологической характеристикой. Около половины ВРФ (46,9 % от общего числа видов с известной сапробиологической характеристикой) прихо-

дится на долю индикаторов переходных зон ( $\alpha$ - $\beta$ ,  $\beta$ - $\alpha$ ,  $\alpha$ - $\alpha$ ,  $\chi$ - $\beta$ ). Как и в фитопланктоне озера Инберень, преобладание широкотолерантных видов указывает на устойчивость экосистемы водоемов. Небольшая доля индикаторов (14,4 %) относится к обитателям чистых вод.

Наибольшее число индикаторов сапробыности относится к представителям отдела Chlorophyta (44,6 % от общего количества ВРФ с известной сапробиологической характеристикой). Цианобактерии составляют 32,5 % индикаторов сапробыности, а диатомовые водоросли – 13,3 %. На долю остальных отделов водорослей приходится значительно меньше индикаторов сапробыности: от 6,2 до 1,2 % от общего количества ВРФ с известной сапробиологической характеристикой.

Летом индекс сапробыности воды в озерной системе Салтаим-Тенис варьирует в узких пределах от 1,34 до 1,81, в среднем составляя  $1,39 \pm 0,09$ . Пределы колебания индекса в целом соответствуют изменениям от олигосапробной до  $\beta$ -мезосапробной зоны (Таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Индекс сапробыности воды озерной системы  
Салтаим-Тенис летом 2010–2012 годы

| Месяц     | Среднее значение индекса | Пределы колебания |
|-----------|--------------------------|-------------------|
| 2010 год  |                          |                   |
| август    | $1,41 \pm 0,04$          | 1,34–1,46         |
| 2011 год  |                          |                   |
| июнь      | $1,35 \pm 0,13$          | 1,25–1,56         |
| август    | $1,30 \pm 0,02$          | 1,28–1,32         |
| 2012 год  |                          |                   |
| август    | $1,51 \pm 0,2$           | 1,34–1,81         |
| в среднем | $1,39 \pm 0,09$          | 1,34–1,81         |

Летом в фитопланктоне озерной системы доминируют цианобактерии имеющие низкое значение индикаторного веса и сапробной валентности – *Aphanocapsa holsatica*, *Planktolyngbya limnetica*.

При исследовании фитопланктона озерной системы Салтаим-Тенис в середине XX века Т. И. Зенюк привела характеристику сапробного состояния

водоемов. Исследователь отмечает преобладание в составе указанных водоемов индикаторов олигосапробной и  $\beta$ -мезосапробной зон. В отличие от наших данных, показатели сильной степени загрязненности вод – полисапробионты и  $\alpha$ -мезосапробионты, в планктоне водоемов не отмечались (Зенюк, 1967). Как мы считаем, это связано не с изменением сапробного состояния водоемов, а с пересмотром сапробиологических характеристик многих видов водорослей и цианобактерий, произошедшее в последнее время. О стабильности сапробного состояния вод озерной системы с середины XX века косвенно свидетельствуют неизменившиеся структура, обилие и доминантный комплекс фитопланктона водоемов.

При сравнении сапробного состояния исследуемых озер отмечены общие закономерности. В фитопланктоне озер Инберень и озерной системе Салтаим-Тенис большинство индикаторов относятся в  $\beta$ -мезосапробионтам. Наибольшее число индикаторных видов относятся к зеленым водорослям, что отражает их ведущее положение в таксономической структуре фитопланктона исследуемых водоемов.

## 5.2. Трофический статус и качество воды

При оценке эколого-санитарного состояния водных объектов необходимо обязательно учитывать трофический статус водоемов. Трофический тип или трофический статус водного объекта – это многомерная характеристика, по химическим, биологическим и физическим показателям уровню его биологической продуктивности (Науменко, 2007).

В настоящее время оценку качества воды обычно определяют согласно комплексной экологической классификации качества поверхностных вод суши, которая учитывает гидрохимические и гидробиологические показатели воды (Комплексная экологическая..., 1993).

Биологическая оценка трофности водоема проводится, в том числе, и с учетом структурного показателя состояния водных экосистем – биомассы.

(Шитиков и др., 2003). По мнению И. С. Трифоновой (1990), при определении трофического статуса водоемов необходимо учитывать средние за сезон показатели биомассы.

**Озеро Инберень** относится к типичным стариичным озером, для которых, в целом, характерен высокий уровень продуктивности фитопланктона (Таблица 5.7).

Трофический статус озера Инберень летом 2010 и 2012 годов соответствовал политрофной категории вод. Высокая категория трофности обусловлена значительной биомассой, которую в это время формируют крупноклеточные зеленые водоросли. Летом 2011 года наблюдается значительное уменьшение показателей биомассы фитопланктона, озеро в это время относится к эвтрофной категории.

Осенью 2010 и 2011 годов трофический статус озера сохраняется на высоком уровне, что обусловлено интенсивным развитием фитопланктона.

Зимние сезоны 2010–2011 годов и 2011–2012 годов значительно различаются между собой. Зимой 2010–2011 годов в связи с высоким обилием фитопланктона в последний месяц перед ледоставом отмечен высокий трофический статус, соответствующий эвтрофному уровню. Слабое развитие подледного фитопланктона зимой 2011–2012 годов снизило трофность исследуемого водоема до олиготрофного уровня.

Биомассу фитопланктона весной 2012 года формировали крупноклеточные диатомовые, эвгленовые, зеленые и динофитовые водоросли. Значительный подъем биомассы фитопланктона в этот сезон увеличивает трофический статус по сравнению с весной 2011 года, когда озеро Инберень относилось к олиготрофному водоему.

За период исследования класс качества воды в озере Инберень изменился в широких пределах: от 2 класса «чистая» весной до 4 класса «загрязненная» летом и осенью.

**Озерная система Салтайм-Тенис** в летний сезон имеет высокий уровень трофности.

Таблица 5.7 – Качество воды и трофический статус озера Инберень в 2010–2012 годы

| Сезон              | Биомасса фитопланктона, г/м <sup>3</sup> | Качество воды                  |                            | Трофический статус |                   |
|--------------------|--|--------------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|
|                    |  | класс                          | разряд                     | категория          | разряд            |
| Лето 2010г.        | 17,94±4,60                               | 4 – загрязненная               | 4б – сильно загрязненная   | политрофная        | политрофная       |
| Осень 2010 г.      | 14,67±3,05                               | 4 – загрязненная               | 4б – сильно загрязненная   | политрофная        | политрофная       |
| Зима 2010–2011 гг. | 3,21±2,40                                | 3 – удовлетворительной чистоты | 3б – слабо загрязненная    | эвтрофная          | эвтрофная         |
| Весна 2011 г.      | 0,49±0,12                                | 2 – чистая                     | 2а – очень чистая          | олиготрофная       | олиго-мезотрофная |
| Лето 2011г.        | 5,33±3,39                                | 4 – загрязненная               | 4а – умеренно загрязненная | эвтрофная          | эв-политрофная    |
| Осень 2011 г.      | 6,00±4,34                                | 4 – загрязненная               | 4а – умеренно загрязненная | эвтрофная          | эв-политрофная    |
| Зима 2011–2012 гг. | 0,25±0,19                                | 2 – чистая                     | 2а – очень чистая          | олиготрофная       | олиго-мезотрофная |
| Весна 2012 г.      | 3,57±1,38                                | 3 – удовлетворительной чистоты | 3б – слабо загрязненная    | эвтрофная          | эвтрофная         |
| Лето 2012 г.       | 13,16±5,17                               | 4 – загрязненная               | 4б – сильно загрязненная   | политрофная        | политрофная       |

Озеро Салтаим в августе 2010 и 2011 годов относится к политрофной категории вод (Таблица 5.8). В июне 2011 года и в августе 2012 года уровень биомассы фитопланктона соответствовал эвтрофной категории. Озеро Тенис также имеет высокий трофический уровень – политрофный.

Таблица 5.8 – Качество воды и трофический статус озерной системы

Салтаим-Тенис, 2010–2012 годы

| Сезон           | Биомасса фитопланктона, г/м <sup>3</sup> | Качество воды |                            | Трофический статус |                |
|-----------------|--|---------------|----------------------------|--------------------|----------------|
|                 |  | класс         | разряд                     | категория          | разряд         |
| озеро Салтаим   |  |               |                            |                    |                |
| Август 2010 г.  | 18,03±4,94                               | загрязненная  | 4б – сильно загрязненная   | политрофная        | политрофная    |
| Июнь 2011 г.    | 7,36±4,08                                | загрязненная  | 4а – умеренно загрязненная | эвтрофная          | эв-политрофная |
| Август, 2011 г. | 12,98±1,07                               | загрязненная  | 4б – сильно загрязненная   | политрофная        | политрофная    |
| Август, 2012 г. | 6,25±6,05                                | загрязненная  | 4а – умеренно загрязненная | эвтрофная          | эв-политрофная |
| озеро Тенис     |  |               |                            |                    |                |
| Август, 2010 г. | 17,13±2,78                               | загрязненная  | 4б – сильно загрязненная   | политрофная        | политрофная    |
| Июнь, 2011 г.   | 21,38±7,13                               | загрязненная  | 4б – сильно загрязненная   | политрофная        | политрофная    |
| Август, 2012 г. | 11,64±3,28                               | загрязненная  | 4б – сильно загрязненная   | политрофная        | политрофная    |

Степень чистоты воды в обследованных озерах различается. Воды озерной системы Салтаим-Тенис «загрязненные», относятся к 4 классу качества воды.

Таким образом, высокий уровень продуктивности старицкого озера Инберень и реликтового водоема Салтаим-Тенис обусловлен их происхождением. Водоемы с высоким трофическим статусом легко переходят в категорию гипертрофных, поэтому их состояние необходимо отслеживать в биомониторинге (Баженова, Кренц 2011 б; Экологическое состояние..., 2012).

### 5.3. Индексы биоразнообразия фитопланктона

Проблема сохранения биоразнообразия в настоящее время приобрела глобальное значение и является центральным вопросом в экологических исследованиях. Само понятие «биоразнообразие» закреплено в «Конвенции о биологическом разнообразии» (1992) и определяется 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». Биоразнообразие тесно связано с устойчивостью экосистем, считается, что чем выше биоразнообразие, тем устойчивее экосистема (Одум, 1986).

Биоразнообразие трактуется довольно широко, но в научном плане этот термин относят к таким фундаментальным понятиям как гены, особи и экосистемы. Ю. Одум (1986) в сообществах выделяет три типа разнообразия: видовое, структурное и генетическое. Видовой уровень разнообразия обычно рассматривается как базовый, центральный, а вид является опорной единицей учета биоразнообразия (Лебедева, Криволуцкий, 2002). Уровни биоразнообразия, основанные на количественных характеристиках видов, подразделяются на (Баринова, 2006):

- таксономическое (альфа-разнообразие);
- фитоценотическое (бета-разнообразие);
- биогеографическое (гамма-разнообразие).

Гамма-разнообразие учитывает число видов в пределах крупных регионов и/или биогеографических областях. Бета-разнообразие характеризует степень сходства или различия видового состава различных сообществ. Это разнообразие используется также для оценки общего разнообразия местообитаний данной территории. Один из самых важных элементов биоразнообразия, разнообразие видов в изучаемом сообществе (альфа-разнообразие) (Шитиков и др., 2003; Пузнецките, Марушкина, 2005).

Для анализа видового разнообразия сообщества применяются различные индексы (Мэггаран, 1992). В настоящее время существует более 20 индексов, связанных с биоразнообразием, значения некоторых из них коррелируют друг с другом. До сих пор нет общепринятого мнения, какая из мер разнообразия лучше. Поэтому выбор показателей для измерения разнообразия в сообществах обычно определяется исследователем после оценки степени корректности применяемых индексов для конкретного сообщества.

Оценить разнообразие ограниченного в пространстве и во времени сообщества, для которого известно точное количество составляющих его видов можно с помощью видового богатства. Наиболее простым показателем, отражающим уровень видового богатства, является индекс Маргалефа. Чем выше значение этого индекса, тем большим видовым богатством характеризуется данная территория (Лебедева, Криволуцкий, 2002; Шитиков и др., 2003).

**Озеро Инберень.** Индекс Маргалефа для фитопланктона озера Инберень в сезонном и межгодовом аспектах колеблется в широких пределах: от 1,85 до 5,08 (Рисунок 5.2).

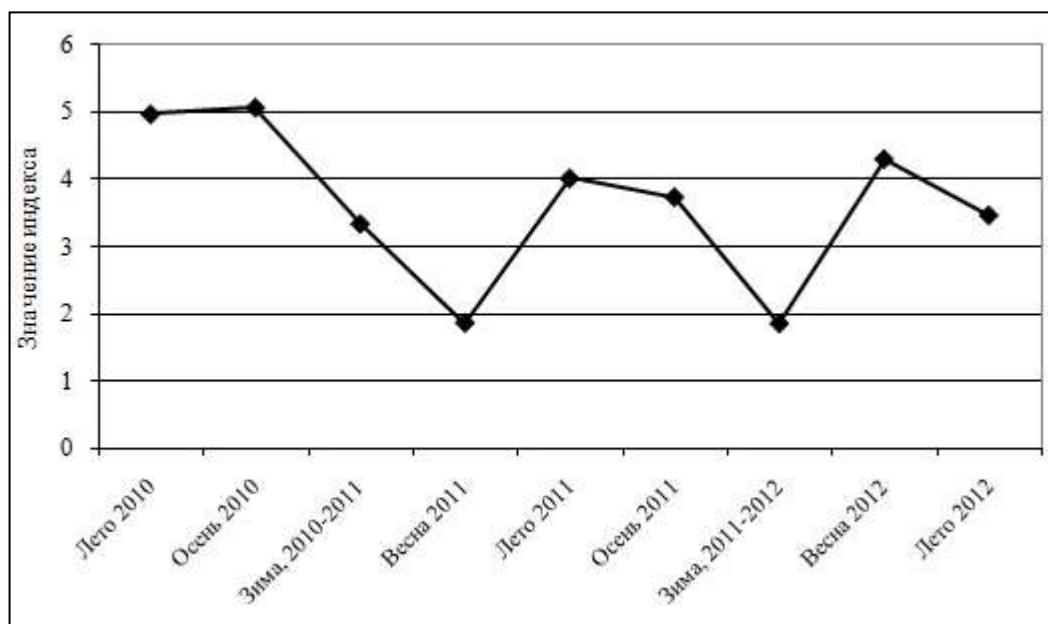


Рисунок 5.2 – Сезонная и межгодовая динамика индекса Маргалефа для фитопланктона озера Инберень, 2010–2012 годы

В среднем по озеру за период исследования этот показатель составляет  $3,40 \pm 1,40$ . Низкие значения индекса приходятся на зиму 2011–2012 годов (1,85) и весну 2011 года (1,86). В эти сезоны отмечены минимальные значения как численности фитопланктона, так и его видового богатства, в количественных пробах насчитывалось от 14 до 24 ВРФ. Возрастание индекса Маргалефа закономерно связано с повышением обилия фитопланктона в озере. Исключение составляет лето 2012 года, когда при повышении численности фитопланктона, индекс Маргалефа снижался. Наибольшее значение индекса Маргалефа отмечается осенью 2010 года, когда в фитопланктоне отмечаются максимальная численность и высокое видовое богатство.

Другим широко применяемым в исследованиях показателем биоразнообразия является индекс Шеннона, отражающий сложность структуры сообщества. Он не зависит от количества проб, и численность видов по этому показателю характеризуется нормальным распределением. Индекс Шеннона может изменяться в интервале от 1,5 до 3,5, редко превышая 4,5. С увеличением числа видов в сообществе значение индекса Шеннона возрастает (Шитиков и др., 2003).

Значение индекса Шеннона для фитопланктона озера Инберень по сезонам варьирует в пределах 1,68–2,63 бит./экз. В среднем за годы исследования величина индекса Шеннона составила  $2,14 \pm 0,48$  бит./экз., что характеризует фитопланктон озера как сообщество со сложной структурой.

Максимальные для фитопланктона озера Инберень значения индекса Шеннона отмечались осенью 2011 и летом 2012 годов (Рисунок 5.4), минимальное значение – летом 2011 года во время «цветения» воды, вызванного интенсивной вегетацией мелкоклеточных цианобактерий *Merismopedia minima*, *Aphanocapsa sp.*, *Aphanocapsa holsatica*. Но и весной 2012 года, когда индекс Шеннона был низким, численность фитопланктона в озере тоже была низкой. Закономерных изменений в динамике индекса Шеннона фитопланктона озера Инберень, связанных с периодами его высокого или, наоборот, низкого обилия не установлено. Значительные колебания индексов Шеннона

и Маргалефа в сезонном и межгодовом аспектах свидетельствуют о неустойчивом экологическом состоянии озера Инберень.

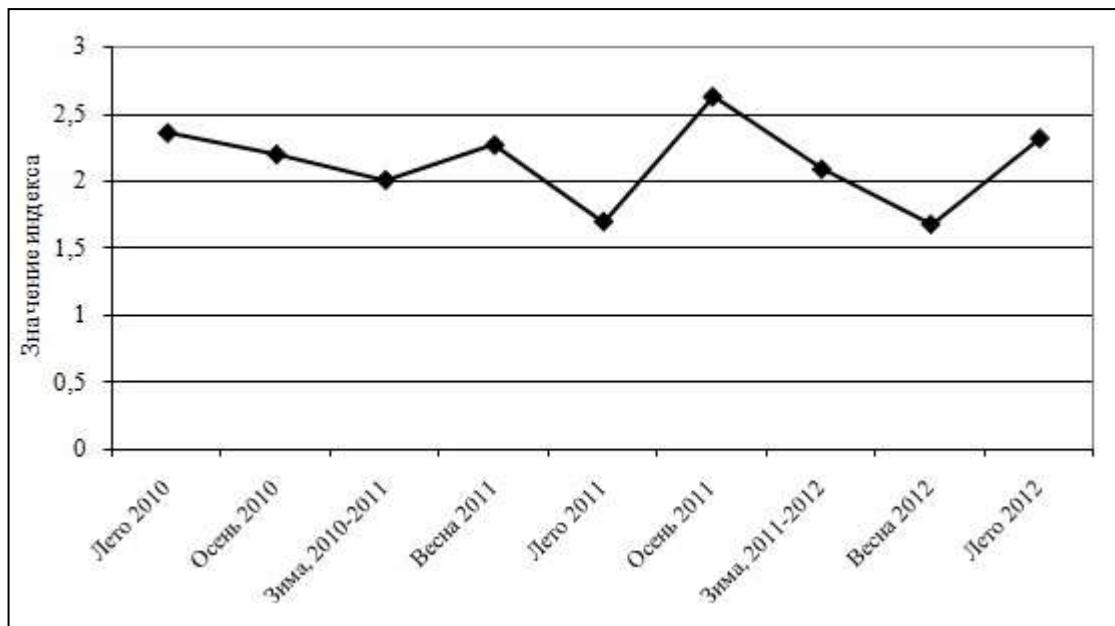


Рисунок 5.4 – Сезонная и межгодовая динамика индекса Шеннона для фитопланктона озера Инберень, 2010–2012 годы

Сезонная и межгодовая динамика индексов Маргалефа и Шеннона для фитопланктона озера Инберень существенно различаются, не совпадают и периоды максимальных и минимальных значений этих индексов, что делает выбор корректного показателя весьма сложным.

Как отмечено О.П. Баженовой (2005), в исследованиях фитопланктона среднего течения реки Иртыш, в бассейне которой находятся изучаемые озера, «отсутствие четкой закономерности в сезонной динамике значений индекса Шеннона» делает его непригодным для оценки видового разнообразия и проведения биомониторинга, и в этих целях было рекомендовано использование индекса Маргалефа. В наших исследованиях мы также склоняемся к мнению, что индекс Маргалефа более корректно отражает состояние фитопланктона исследованных озер и лучше подходит для использования в биомониторинге.

В экологических исследованиях также широко используют группу непараметрических индексов, основанных на относительном обилии видов,

или индексы неоднородности. Наиболее часто употребляемыми непараметрическими индексами являются индексы доминирования Симпсона и Пиелу.

Индекс выравненности Пиелу зависит от индекса Шеннона и показывает равномерность распределения видов по обилию в сообществе. Величина индекса Пиелу изменяется от 0 до 1, при единице сообщество характеризуется равным обилием всех видов. Чем ближе значение индекса Пиелу к единице, тем выше выравненность видов, тем устойчивее сообщество.

Для фитопланктона озера Инберень среднее значение индекса Пиелу составило  $0,63 \pm 0,14$  и колебалось в пределах 0,48–0,86 (Рисунок 5.6).

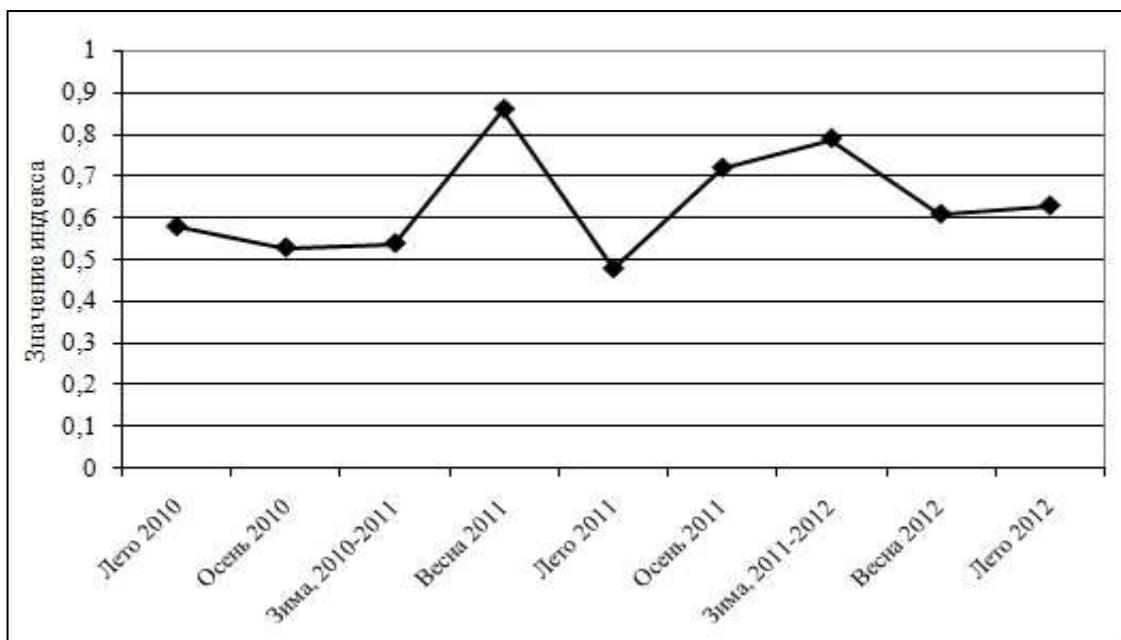


Рисунок 5.6 – Сезонная и межгодовая динамика индекса Пиелу для фитопланктона озера Инберень, 2010–2012 годы

Самый низкий показатель выравненности отмечался летом 2011 года, когда в фитопланктоне озера Инберень наблюдалось развитие мелкоклеточных цианобактерий. Высокие значения индекса Пиелу отмечались весной 2011 года и зимой 2011–2012 годов, что указывает на достаточную равномерность распределения видов по обилию в фитопланктоценозе в эти сезоны года.

Индекс доминирования Симпсона является весьма чувствительным индикатором доминирования одного или нескольких видов, но слабо зависит

от видового богатства. По мере увеличения доминирования какого-либо вида, значение индекса доминирования Симпсона возрастает (Шитиков и др., 2003)

Величина индекса доминирования Симпсона для фитопланктона озера Инберень колеблется в широких пределах от 0,08 до 0,86, в среднем по озеру составляя  $0,24 \pm 0,08$ .

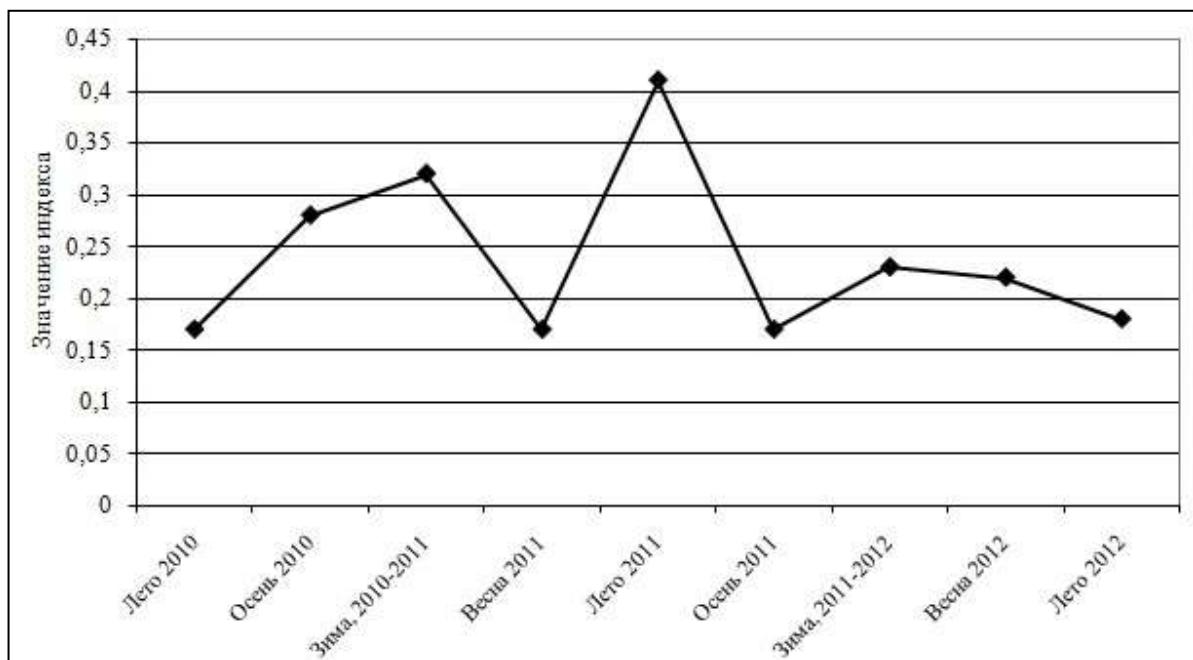


Рисунок 5.7 – Сезонная и межгодовая динамика индекса доминирования Симпсона для фитопланктона озера Инберень, 2010–2012 годы

Высокое значение индекса доминирования Симпсона отмечается в периоды доминирования в фитопланктоне озера Инберень одного–двух видов. Максимального значения этот показатель достигал летом 2011 года во время «цветения» цианобактерии *Aphanocapsa sp*. Зимой 2010–2011 годов возрастание индекса доминирования Симпсона также связано с интенсивной вегетацией цианобактерий *Aphanocapsa holsatica*, *A. delicatissima*, *Merismopedia minima*, *Planktolyngbia limnetica*.

Таким образом, средние значения индексов Маргалефа (3,40) и Шеннона (2,14 бит./экз.) свидетельствуют о невысоком уровне разнообразия фитопланктоценоза озера Инберень. Значительные колебания индексов Шеннона

и Маргалефа в сезонном и межгодовом аспектах, а также их невысокие значения связаны с неустойчивым экологическим состоянием озера Инберень. Среднее значение индекса Пиелу (0,63) указывает на неравномерное распределение видов в фитопланктоценозе по обилию, что связано с «цветением» воды озера летом, вызванном цианобактериями. Возрастание индекса доминирования Симпсона летом также соответствует высокой степени доминирования видов в фитопланктоне озера Инберень.

**Озерная система Салтайм-Тенис.** Индекс Маргалефа для фитопланктона озерной системы Салтайм-Тенис за период исследований колебался в пределах 1,69–3,59 (таблица 5.9).

Таблица 5.9 – Индексы биоразнообразия для фитопланктона

озерной системы Салтайм–Тенис, 2010–2012 годы

| Индекс биоразнообразия | Август, 2010 год |      | Июнь, 2011 год |      | Август, 2012 год |      | В среднем за период исследований |
|------------------------|------------------|------|----------------|------|------------------|------|----------------------------------|
|                        | С                | Т    | С              | Т    | С                | Т    |                                  |
| Маргалефа              | 2,63             | 2,30 | 2,52           | 3,18 | 2,09             | 2,52 | 2,54±0,37                        |
| Шеннона                | 0,97             | 0,89 | 1,30           | 1,68 | 1,64             | 1,17 | 1,28±0,33                        |
| Пиелу                  | 0,25             | 0,24 | 0,37           | 0,45 | 0,58             | 0,33 | 0,37±0,13                        |
| Симпсона               | 0,60             | 0,47 | 0,45           | 0,33 | 0,34             | 0,44 | 0,44±0,10                        |

Условные обозначения: С – Салтайм, Т – Тенис.

Средняя величина этого показателя составляла 2,54±0,37, что значительно меньше, чем в озере Инберень. Индекс Шеннона фитопланктона озерной системы Салтайм-Тенис варьировал в небольших пределах 0,63–1,87 бит./экз., в среднем составляя 1,28±0,33бит./экз. Величина индекса Пиелу в фитопланктоне озерной системы Салтайм-Тенис колебалась в пределах от 0,11–0,43, в среднем составляя 0,37±0,13. Индекс доминирования Симпсона варьировал в пределах от 0,25 до 0,66, в среднем по озерной системе составляя 0,44±0,10.

Низкие значения индексов Маргалефа, Шеннона и Пиелу связаны с «цветением» воды в озерной системе цианобактериями, что подавляет развитие других видов водорослей и упрощает структуру фитопланктоценоза. Среднее значение индекса доминирования Симпсона говорит о высокой сте-

пени доминирования цианобактерий в фитопланктоценозе озерной системы Салтайм-Тенис.

Значения индексов биоразнообразия фитопланктона исследованных озер будут служить фоновыми данными при дальнейшем биомониторинге водоемов.

## Выводы

1. В фитопланктоне разнотипных озер лесостепной зоны Омского Прииртышья (Салтаим-Тенис, Инберень) идентифицировано 247 видов (255 видов, разновидностей и форм), относящихся к 9 отделам, 13 классам, 23 порядкам, 48 семействам, 118 родам. Ведущая роль в таксономической структуре фитопланктона исследованных озер принадлежит отделам *Chlorophyta* и *Cyanobacteria*. Найдено 10 новых для Омского Прииртышья таксонов водорослей и цианобактерий рангом ниже рода, в том числе: *Cyanobacteria* – 4, *Dinophyta* – 1, *Chlorophyta* – 5.

2. Характерными чертами доминирующего комплекса фитопланктона исследованных озер лесостепной зоны является преобладание цианобактерий. Уровень флористического сходства фитопланктона озер ниже среднего (0,43–0,48). Специфичность таксономического состава фитопланктона определяется различием в происхождении и других морфометрических особенностях озер.

3. По географической приуроченности в фитопланктоне озер лесостепной зоны Омского Прииртышья преобладают космополиты, по отношению к солености и pH воды – индифференты, по местообитанию – планктонно-бентосные ВРФ. Преобладание в составе фитопланктона определенных экологических групп водорослей и цианобактерий отражает географическое положение и сложившиеся экологические условия исследованных озер.

4. Сезонная динамика численности фитопланктона озера Инберень характеризуется летними пиками, обусловленными активной вегетацией цианобактерий (57,65–170 млн кл./л). Летне-осенние пики биомассы вызваны развитием зеленых водорослей (1,9–14,37 г/м<sup>3</sup>).

Характерной особенностью летнего фитопланктона озерной системы Салтаим-Тенис являются высокие показатели численности (466,37–3246,96 млн кл./л) и биомассы (6,25–21,48 г/м<sup>3</sup>) и абсолютное доминирование цианобактерий.

5. По величине индекса сапробности исследованные озера относятся к  $\beta$ -мезосапробной зоне. Наибольшее число индикаторных видов относится к зеленым водорослям, что отражает их ведущее положение в таксономической структуре фитопланктоценозов.

6. Индексы Маргалефа (3,40) и Шеннона (2,14 бит./экз.) указывают на невысокое биоразнообразие фитопланктоценоза озера Инберень. Среднее значение индекса Пиелу (0,63) указывает на неравномерное распределение видов в фитопланктоценозе по обилию, связанное с «цветением» воды цианобактериями летом. Возрастание индекса доминирования Симпсона летом соответствует высокой степени доминирования видов в фитопланктоне озера Инберень.

Значения индексов Маргалефа (2,54), Шеннона (1,28 бит./экз.) и Пиелу (0,37) летнего фитопланктона оз. системы Салтаим-Тенис указывают на низкое биоразнообразие и неравномерное распределение видов по обилию, связанное с «цветением» воды цианобактериями. Индекс доминирования Симпсона (0,44) соответствует высокой степени доминирования цианобактерий в фитопланктоценозе озерной системы Салтаим-Тенис.

7. Трофический статус озера Инберень в летний сезон соответствует политрофной категории. Класс качества воды колеблется от 2 класса «чистая» весной до 4 класса «загрязненная» летом и осенью.

Трофический статус озерной системы Салтаим-Тенис соответствует политрофной категории, качество воды – 4 классу «загрязненная».

8. Таксономический состав, обилие, структура и доминирующие комплексы фитопланктона озерной системы Салтаим-Тенис в сравнении с исследованиями середины XX века в целом сохранили основные черты. Трофический уровень озер остался неизменным. В совокупности это свидетельствует об устойчивом экологическом состоянии указанных озер.

## Библиографический список

1. Абакумов, В.А. Контроль качества вод по гидробиологическим показателям в системе гидрометеорологической службы СССР / В.А. Абакумов // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям : тр. совет.-англ. семинара. – Л., 1977. – С. 93–100.
2. Абакумов, В.А. Экологические модификации и развитие биоценозов / В.А. Абакумов // Экологические модификации и критерии экологического нормирования : тр. междунар. симпозиума. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – С. 18–40.
3. Алекин, О.А. Гидрохимия : учеб. пособие / О.А. Алекин. – Л. : Гидрометеоиздат, 1970. – 442 с.
4. Атлас Омской области / под ред.: Н.Д. Стоялова, Т.П. Филатова. – Омск : Ом. картогр. ф-ка, 1999. – 56 с.
5. Баженова, О.П. Фитопланктон Верхнего и Среднего Иртыша в условиях зарегулированного стока : монография / О.П. Баженова. – Омск : ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. – 248 с.
6. Баженова, О.П. Летний фитопланктон некоторых озер Муромцевского района Омской области и прилегающих территорий Новосибирской области / О.П. Баженова, О.О. Кренц // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона : материалы III междунар. науч.-практ. конф. – Омск : Изд-во ОмГПУ, 2010. – С. 18–21.
7. Баженова, О.П. Материалы к фитопланктону озерной системы Салтаем-Тенис (Омская область) / О.П. Баженова, О.О. Кренц // Водные экосистемы Сибири и перспективы их использования : материалы Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. 100-летию со дня рождения проф., заслуж. деятеля науки РФ Б.Г. Иоганзена и 80-летию со дня основания каф. ихтиологии и гидробиологии ТГУ (Томск, 19–21 апр. 2011 г.). – Томск, 2011 а. – С. 90–93.
8. Баженова, О.П. Экологические проблемы озера Инберень и пути их решения / О.П. Баженова, О.О. Кренц // Россия молодая: передовые технологии

гии – в промышленность! : материалы IV Всерос. молодежной науч.-техн. конф. с междунар. участием : в 2 кн. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011 б. – С. 217 – 219.

9. Баженова, О.П. Фитопланктон и экологическое состояние озерной системы Салтаим-Тенис (Омская область) / О.П. Баженова, О.О. Кренц // Водные и экологический проблемы Сибири и Центральной Азии : материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием (Барнаул, 20–24 авг. 2012 г.). – Барнаул, 2012. – С. 39–42.

10. Баженова, О.П. Диатомовые водоросли как индикаторы экологического состояния озер Омской области / О.П. Баженова, А.В. Едомина, О.О. Кренц // Диатомовые водоросли : современное состояние и перспективы исследований : материалы XIII междунар. науч. конф. альгологов. – Кострома, 2013. – С. 23.

11. Баженова, О.П. Водоросли отдела *Chlorophyta* из планктона разнотипных озер лесостепной зоны Омской области / О.П. Баженова, Ю.С. Чуничовская // Ом. науч. вестн. Сер. Ресурсы земли. Человек. – 2015 а. – № 1 (138). – С. 252–255.

12. Баженова, О.П. Видовой состав и эколого-географическая характеристика зеленых водорослей (*Chlorophyta*) из планктона озер лесной зоны Омской области / О.П. Баженова, Ю.С. Чуничовская // Ом. науч. вестн. Сер. Ресурсы земли. Человек. – 2015 б. – № 1 (138). – С. 194–198.

13. Баженова, О.П. К вопросу о систематическом положении нитчатой цианобактерии *Lyngbia saltaimica* Skabitch. из планктона озерной системы Салтаим-Тенис (Омская область) / О.П. Баженова, О.О. Кренц // Современные проблемы ботаники, микробиологии и природопользования в Западной Сибири и на сопредельных территория : материалы Всеросс. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 10–летию создания каф. ботаники и экологии растений и каф. микробиологии СурГУ. – Сургут : ИЦ СурГУ, 2015 в. – С. 11–12.

14. Баканов, А.И. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах / А. И. Баканов. – Борок, 1987. – 63 с. – Деп. в ВИНИТИ 08.12.1987, № 8593–В87.
15. Балошенко, В.И. Озера Большереченского района / В.И. Балошенко // Природа, природопользование и природообустройство Омского Прииртышья : материалы III обл. науч.-практ. конф. / Администрация Ом. обл. [и др.] – Омск, 2001. – С. 59–61.
16. Баринова, С.С. Экологические и географические характеристики водорослей индикаторов : монография / С.С. Баринова, Л.А. Медведева, О.В. Анисимова // Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды / Всерос. науч.-исследоват. ин-т охраны природы – М., 2000. – Ч. 2. – С. 60–145.
17. Баринова, С.С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / С.С. Баринова, Л.А. Медведева, О.В. Анисимова. – Тель-Авив : Pilies Studio, 2006. – 498 с.
18. Барсукова, Н.Н. Фитопланктон притоков среднего Иртыша как показатель качества воды : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Барсукова Наталья Николаевна. – Омск, 2011. – 166 с.
19. Безматерных, Д.М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири : аналит. обзор / Гос. публ. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, Ин-т вод. и экол. проблем. Сер. Экология. – Новосибирск, 2007. – Вып. 85. – 87 с.
20. Бигон, М. Экология. Особи, популяции и сообщества / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. – М.: Мир, 1989. – Кн. 2. – 477 с.
21. Бихтерина, В.А. Гидрологический очерк озера Ик / В.А. Бихтерина // Труды Омского сельскохозяйственного института. – Омск, 1963. – Т. 48. – С. 77–84.
22. Благовидова, Л.А. Влияние факторов среды на зообентос озер юга Западной Сибири / Л.А. Благовидова // Гидробиол. журн. – 1973. – Т. IX, № 1. – С. 55–61.

23. Бродский, А. К. Общая экология : учебник / А.К. Бродский. – 2-е изд., стер. – М. : Академия, 2007. – 254 с.
24. Водоросли реки Иртыш и его бассейна / Г.П. Андреев [и др.] // Труды / Том. гос. ун-т, 1963. – Т. 152. – С. 69–103.
25. Водоросли : справочник / С.П. Вассер [и др.] – Киев : Наукова Думка, 1989. – 608 с.
26. Воронихин, Н.Н. К флоре водорослей озера Чаны и некоторых водоемов его системы / Н.Н. Воронихин // Уч. зап. ЛГУ. Сер. биол. науки. – 1941. – Вып. 14. – С. 23–30.
27. Генкал, С.И. Диатомовые водоросли водоемов Русской Арктики: архипелаг Новая Земля и остров Вайгач / С.И. Генкал, Н.В. Вехов ; 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.
28. Генкал, С.И. Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна / 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.
29. Генкал, С.И. Морфология и систематика некоторых видов рода *Stephanodiscus* Ehr. / С.И. Генкал, Л.Г. Корнева // Флора и продуктивность пелагических и литоральных фитоценозов водоемов бассейна Волги. – Л., 1990. – С. 219–236.
30. Генкал, С.И. Центрические диатомовые водоросли (*Centrophyceae*) водоемов и водотоков бассейна среднего участка реки Иртыш / С.И. Генкал, О.П. Баженова, Е.Ю. Митрофанова // Биология внутр. вод. – 2012. – № 1. – С. 5–14.
31. Герман, Л.В. Таксономический состав фитопланктона озера Калач (г. Калачинск, Омская область) / Л.В. Герман // Ом. науч. вестн. Сер. Ресурсы земли. Человек. – 2012. – № 1 (108). – С. 135–137.

32. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования / Рос. регистр потенциально опасных хим. и биол. веществ М-ва здравоохранения Рос. Федерации. – М.: [б. и.], 2003. – 353 с.
33. Голлербах, М.М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Синезеленые водоросли / М.М. Голлербах, Е.К. Косинская, В.И. Полянский. – М.: Совет. наука, 1953. – Вып. 2. – 652 с.
34. Горбулин, О.С. Комплексы доминантных форм фитопланктона разнотипных водоемов / О.С. Горбулин // Альгология. – 2012. – Т. 22, № 3. – С. 303–315.
35. Гуламанова, Г.А. Таксономический состав фитопланктона разнотипных озер республики Башкортостан / Г.А. Гуламанова, Ф.Б. Шкундина // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники XXI века : материалы Всерос. конф. (Петрозаводск, 22–27 сент. 2008 г.). – Петрозаводск, 2008. – Ч. 2: Альгология. Микология. Лихенология. Бриология. – С. 26–29.
36. Гусева, К.А. «Цветение» воды, его причины, прогноз и меры борьбы с ним / К.А. Гусева // Труды / Всесоюз. гидробиол. о-во. – М., 1952. – Т. 4. – С. 3–92.
37. Дедусенко-Щеголева, Н.Т. Определитель пресноводных водорослей СССР. Зеленые водоросли. Класс вольвоксовые / Н.Т. Дедусенко-Щеголева, А.М. Матвиенко, Л.А. Шкорбатов. – М. ; Л. : АН СССР, 1959. – Вып. 8. – 231 с.
38. Дедусенко-Щеголева, Н.Т. Определитель пресноводных водорослей СССР. Желтозеленые водоросли / Н.Т. Дедусенко-Щеголева, М.М. Голлербах. – М. ; Л. : АН СССР, 1962. – Вып. 5. – 272 с.
39. Диатомовые водоросли России и сопредельных стран: ископаемые и современные / И.В. Макарова [ и др.]. – СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2002. – Т. 2, вып. 3. – 112 с.

40. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные) / отв. ред. А.И. Прошкина-Лавренко. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1974. – Т. 1 – 403 с.
41. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные) / отв. ред. И.В. Макарова. – Л. : Наука, 1988. – Т. 2, вып. 1. – 116 с.
42. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные) / отв. ред. И.В. Макарова. – СПб. : Наука, 1992. – Т. 2, вып. 2. – 125 с.
43. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Омской области в 2010 году / М-во пром. политики, транспорта и связи Ом. обл. – Омск : ЗАО «Манифест», 2011. – 288 с.
44. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Омской области в 2011 году / М-во пром. политики, транспорта и связи Ом. обл. – Омск : ЗАО «Манифест», 2012. – 288 с.
45. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Омской области в 2012 году / М-во пром. политики, транспорта и связи Ом. обл. – Омск : ЗАО «Манифест», 2013. – 288 с.
46. Дулькейт, Г.Д. Барабинские озера и их рыбное хозяйство / Г.Д. Дулькейт, В.Н. Башмаков, А.Я. Башмакова // Труды / Зап.-Сиб. отд-ние Всесоюз. науч.-исслед. ин-та озерного, речного и рыб. хоз-ва. – Томск, 1935. – Т. 2. – С. 18–149.
47. 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/wpcontent/uploads/2009/06/algoconf\\_abstr\\_syktyvkar2009\\_1.pdf](http://ib.komisc.ru/add/conf/algo_2009/wpcontent/uploads/2009/06/algoconf_abstr_syktyvkar2009_1.pdf) (дата обращения: 16.02.2016).

48. Ермолаев, В.И. Фитопланктон озера Кривого системы реки Карасук / В.И. Ермолаев // Водоросли и грибы Западной Сибири : тр. Центр. Сиб. ботан. сада. – Новосибирск, 1964. – Ч. 1. – С. 82–96.
49. Ермолаев, В.И. Фитопланктон озера Студеного системы реки Карасук / В.И. Ермолаев // Водоросли и грибы Западной Сибири. – Новосибирск, 1965. – Ч. 2. – С. 50–56.
50. Ермолаев, В.И. Опыт применения альгологических исследований озер Чаны и Сартлан (Западная Сибирь) для характеристики качества их вод / В.И. Ермолаев // Обобщенные данные качества воды: практ. вопр. биотестирования и биоиндикации : тез. докл. на Всесоюз. симп. – Черноголовка, 1983. – С. 111–114.
51. Ермолаев, В.И. Фитопланктон озера Сартлан и его продуктивность / В.И. Ермолаев // Природные ресурсы озер Западной Сибири, прилегающих горных территорий и их рациональное использование : межвуз. сб. науч. тр. – Новосибирск, 1987. – С. 89–96.
52. Ермолаев, В.И. Фитопланктон водоемов бассейна озера Сартлан / В.И. Ермолаев. – Новосибирск : Наука, 1989. – 95 с.
53. Ермолаев, В.И. Особенности фитопланктона озер юга Западной Сибири / В.И. Ермолаев // Антропогенные изменения экосистем малых озер: причины, последствия, возможность управления : материалы Всесоюз. совещ. – СПб., 1991. – Кн. 2. – С. 229–232.
54. Ермолаев, В.И. Факторы регулирующие развитие водорослей в крупных Чано-Барабинских озерах (Западная Сибирь) / В.И. Ермолаев // Эколо-физиологические исследования водорослей и их значение для оценки состояния природных вод. – Ярославль, 1996. – С. 37–39.
55. Ермолаев, В.И. Токсические водоросли фитопланктона Чано-Барабинских озер (Западная Сибирь) / В.И. Ермолаев // Состояние водных экосистем Сибири и перспективы их использования: материалы науч. чтений, посвящ. памяти Б. Г. Иоганзена. – Томск, 1998 а. – С. 137–145.

56. Ермолаев, В.И. Фитопланктон крупных Чано-Барабинских озер, его видовое разнообразие и таксономическая структура / В.И. Ермолаев // Сиб. экол. журн. – 1998 б. – Т. 5, № 2. – С. 137–145.
57. Ермолаев, В.И. Биоразнообразие фитопланктона озера Сартлан (Западная Сибирь, Россия): подходы, принципы, методы / В.И. Ермолаев // Актуальные проблемы современной альгологии : материалы III Междунар. конф. – Харьков, 2005. – С. 56–58.
58. Ермолаев, В.И. Фитопланктон крупных озер Новосибирской области (Западная Сибирь) / В.И. Ермолаев // Гидробиол. журн. – 2008. – Т. 44, № 2. – С. 15–26.
59. Ермолаев, В.И. «Цветение» воды сине-зелеными водорослями и его влияние на рыб / В.И. Ермолаев // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2010. – № 7 (211). – С. 55–59.
60. Жадин, В.И. Реки, озера и водохранилища СССР, их флора и фауна / В.И. Жадин, С.В. Герд. – М. : Учпедгиз, 1961. – 600 с.
61. Зверева, О.С. Опыт рекогносцировочного обследования озер по Омскому и Славгородскому округам Сибирского края / О.С. Зверева // Труды Сибирской научной рыбохозяйственной станции. – Красноярск, 1930. – Т. 5, вып. 2. – 90 с.
62. Земля на которой мы живем: природа и природопользование Омского Прииртышья / Правительство Ом. обл., Ом. регион. отд-ние Рус. геогр. о-ва. – 2-е изд. – Омск : Манифест, 2006. – 576 с.
63. Зенюк, Т.И. Фитопланктон озер Салтаим и Тенис Омской области в осенний период 1965 г. / Т.И. Зенюк // Вопросы гигиены : труды / Ом. мед. ин-т. – Омск, 1967. – № 77. – С. 27–31.
64. Зенюк, Т.И. Фитопланктон озера Ик Омской области / Т.И. Зенюк // Уч. зап. / Омск. гос. пед. ин-т. – Омск, 1968 а. – Вып. 31 : Труды кафедры ботаники. – С. 20–24.

65. Зенюк, Т.И. К характеристике фитопланктона озера Салтаим Омской области / Т.И. Зенюк // Вопросы гигиены : труды / Ом. мед. ин-т. – Омск, 1968 б. – № 86. – С. 44–49.
66. Зенюк, Т.И. Фитопланктон Больших Крутинских озер Омской области : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Т.И. Зенюк. – Свердловск, 1972. – 23 с.
67. Зенюк, Т.И. Качественный состав фитопланктона озера Ик Омской области / Т.И. Зенюк // Вопросы биологии : сб. науч. тр. / Ом. гос. пед. ин-т. – Омск, 1974 а. – Вып. 79. – С. 58–64.
68. Зенюк, Т.И. Вертикальное распределение фитопланктона в озёрах Ик, Салтаим, Тенис Омской области / Т.И. Зенюк // Вопросы биологии : сб. науч. тр. / Ом. гос. пед. ин-т. – Омск, 1974 б. – Вып. 79. – С. 49–57.
69. Зенюк, Т.И. Сравнительная характеристика больших Крутинских озер Омской области / Т.И. Зенюк // Природные ресурсы и их использование : сб. науч. тр. / Ом. гос. пед. ин-т. – Омск, 1975. – Вып. 1. – С. 43–48.
70. Зенюк, Т.И. Качественный состав фитопланктона озера Салтаим и Тенис Омской области / Т.И. Зенюк // Природные ресурсы Сибири и их использование : сб. науч. тр. / Ом. гос. пед. ин-т. – Омск, 1980. – Вып. 3. – С. 47–50.
71. Игошкина, И.Ю. Оценка экологического состояния водоема природного парка «Птичья гавань» (г. Омск) по показателям развития фитопланктона : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Игошкина Ирина Юрьевна. – Омск, 2014 а. – 161 с.
72. Игошкина, И.Ю. Таксономический состав и экологогеографическая характеристика водорослей и цианобактерий и планктона водоема природного парка «Птичья Гавань» (г. Омск) / И.Ю. Игошкина, О.П. Баженова // Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та. – 2014 б. – № 13 (113). – С. 44–48.
73. Индикаторы сапробности // Унифицир. методы исслед. качества вод / Совет эконом. взаимопомощи. – М. : Совет эконом. взаимопомощи, 1977. – Ч. 3 : Методы биол. анализа вод. – 191 с.

74. Иогенzen, Б.Г. Озеро Ик Северо-Крутинского района Западной Сибири / Б.Г. Иоганzen // Изв. гос. геогр. о-ва. – 1935. – Т. 67, вып. 3. – С. 367–376.

75. Иоганzen, Б.Г. Гидробиологические исследования Западной Сибири / Б.Г. Иоганzen // Труды / Том. гос. ун-т. – Томск, 1948. – Т. 100 : 30 лет советской науке : докл. науч. конф. – С. 48–49.

76. К вопросу о рекреационных возможностях водоемов Омской области / О.П. Баженова [и др.] // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона : материалы IV междунар. науч.-практ. конф. (Омск, 26–27 апр. 2012 г.) / Ом. гос. политехн. ун-т ; отв. ред. И. Григорьев. – Омск, 2012. – С. 183–185.

77. К методике определения объемов клеток фитопланктона / О.М. Кожова [и др.] // Экологические исследования водоемов Сибири. – Иркутск, 1978. – С. 110–111.

78. Киселев, И.А. Определитель пресноводных водорослей СССР. Пирофитовые водоросли / И.А. Киселев. – М.: Совет. наука, 1954. – Вып. 6. – 212 с.

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

80. Конвенция о биологическом разнообразии [Электронный ресурс] // Орг. объед. наций. – Режим доступа: [http://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/biodiv.shtml](http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/biodiv.shtml) (дата обращения: 10.03.2016).

81. Кожова, О.М. Формирование фитопланктона Братского водохранилища / О.М. Кожова // Формирование природных условий и жизни Братского водохранилища. – М., 1970. – С. 26–160.

82. Кольцова, Т.И. Определение объема и поверхности клеток фитопланктона / Т.И. Кольцова // Науч. докл. высш. шк. Сер. биол. науки. – 1970. – № 6. – С. 114–119.

83. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / О.П. Оксюк [и др.] // Гидробиол. журн. – 1993. – Т. 29, № 4. – С. 62–76.
84. Коновалова, О.А. Фитопланктон как индикатор экологического состояния водных экосистем городских ландшафтов (на примере г. Омска) : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Коновалова Оксана Александровна. – Омск, 2011. – 164 с.
85. Коновалова, О.А. Фитопланктон озера Соленого (г. Омск) как перспективный источник биоресурсов / О.А. Коновалова, О.П. Баженова // Сиб. экол. журн. – 2012. – № 3. – С. 375–382.
86. Коржова, Л.В. Оценка экологического состояния озера Калач (г. Калачинск, Омская область) по показателям развития фитопланктона : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Коржова Людмила Викторовна. – Новосибирск, 2013. – 164 с.
87. Корнева, Л.Г. Формирование фитопланктона водоемов бассейна Волги под влиянием природных и антропогенных факторов : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.16 / Корнева Людмила Генриховна. – СПб., 2009. – 47 с.
88. Кренц, О.О. Cyanoprokaryota озерной системы Салтаим-Тенис Омской области (Западная Сибирь, Россия) / О.О. Кренц, О.П. Баженова // Актуальные проблемы современной альгологии : тез. докл. IV междунар. конф. – Киев, 2012. – С. 156–157.
89. Кренц, О.О. Фитопланктон и экологическое состояние озера Инберень (Омская область) / О.О. Кренц, О.П. Баженова // Ом. науч. вестн. Сер. Ресурсы земли. Человек. – 2013. – № 1 (118). – С. 160–163.
90. Кривицкий, С.В. Гидроэкология: улучшение качества воды в водоеме / С.В. Кривицкий // Экология и промышленность России. ЭкиП. – 2007. – № 7. – С. 18–22.
91. Куксн, М.С. Опыт учета влияния аэрозолей ДДТ и ГХЦГ на фитопланктон / М.С. Куксн // Водоросли и грибы Западной Сибири. – Новосибирск, 1973. – С. 117–123.

92. Лаевская, К.С. Использование цианобактерий в биомониторинге экологического состояния озер Омской области / К.С. Лаевская // Экология России и сопредельных территорий : материалы XVII междунар. экол. студен. конф. : в 2 т. / Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск, 2012. – Т. 2. – С. 4–5.
93. Лакин, Г. Ф. Биометрия : учеб. пособие / Г. Ф. Лакин. – 3-е изд., перераб. и доп.– М. : Высш. шк., 1980. – 293 с.
94. Лебедева, Н.В. Биологическое разнообразие и методы его оценки / Н.В. Лебедева, Д.А. Криволуцкий // География и мониторинг биоразнообразия – М., 2002. – С. 13–142.
95. Ли, А.В. Таксономический состав и структура весенне-летнего фитопланктона озера Бутурла Называевского Района Омской области / А.В. Ли, О.П. Баженова // Естественные науки и экология. – Омск, 2007. – Вып. 11. – С. 50–53.
96. Лихачев, С.Ф. Таксономический состав эвгленовых жгутиконосцев водоемов Центральной лесостепи Омской области / С.Ф. Лихачев // Методология и методика естественных наук : сб. науч. тр. / Ом. гос. пед. ун-т. – Омск, 1997 а. – С. 180–194.
97. Лихачев, С.Ф. Эвгленовые водоемы Омской области / С.Ф. Лихачев. – Омск : ОмГПИ, 1997 б. – 242 с.
98. Макаревич, В.Н. Голландские методы учета обилия видов по де-Фризу в сравнении с другими методами определения участия видов в луговых травостоях / В.Н. Макаревич // Ботан. журн. – 1966. – Т. 51, № 2. – С. 293–304.
99. Макрушин, А.В. Биологический анализ качества вод / А.В. Макрушин ; под. ред. Г.Г. Винберга. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 60 с.
100. Матвиенко, А.М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Золотистые водоросли / О.М. Матвиенко. – М. : Совет. наука, 1954. – Вып. 3. – 188 с.
101. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах.

Фитопланктон и его продукция / сост.: Г.М. Лаврентьева, В.В. Бульон. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 32 с.

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

103. Митрофанова, Е.Ю. Особенности круглогодичной вегетации фитопланктона Телецкого озера / Е.Ю. Митрофанова // Биология внутренних вод: проблемы экологии и биоразнообразия : материалы XIV Междунар. конф. молодых ученых, посвящ. 50-летию назначения контр-адмирала, дважды Героя Советского Союза И. Д. Папанина директором Ин-та биологии внутр. вод. – Борок, 2002. – С. 153–164.

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

105. Мошкова, Н.А. Определитель пресноводных водорослей СССР. Зеленые водоросли. Класс Улотриковые / Н.А. Мошкова, М.М. Голлербах. – Л. : Наука, 1986. – Вып. 10 (1). – 306 с.

106. Мэггарран, А.Е. Экологическое разнообразие и его измерение / А.Е. Мэггарран. – М.: Мир, 1992. – 181 с.

107. Науменко, Ю.В. Видовой состав и экологическая характеристика синезеленых водорослей Оби / Ю.В. Науменко // Сиб. биол. журн. – 1993. – Вып. 4. – С. 23–28.

108. Науменко, М.А. Эвтрофирование озер и водохранилищ: уч. пособие / М.А. Науменко. – СПб: РГГМУ, 2007. – 100 с.

109. Научное обоснование создания национального парка в Омской области : монография / Правительство Ом. обл., Ом. регион. отд-ние Всерос. обществ. орг. "Рус. геогр. о-во" ; [отв. ред. : И.А. Вяткин, В.Н. Демешко]. – Омск : Амфора, 2012. – 300 с.

110. Никель, А. Озера Крутинского района / А. Никель // Природа Прииртышья. – Омск, 1999. – № 4. – С. 42.

111. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. – М.: ВНИРО, 2011. – 257 с.

112. Обзор экологического состояния озера Чаны (Западная Сибирь) / Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т вод. и экол. проблем ; отв. ред.: О.Ф. Васильев, Я. Вейн. – Новосибирск : Гео, 2015. – 255 с.

113. Одум, Ю. Экология : в 2 т. / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986. – Т. 1. – 328 с.

114. Озеро Сартлан (биологическая продуктивность и перспективы рыбохозяйственного использования): коллективная монография / Е.В. Егоров, В.И.[и др.]; под ред. А.И. Литвиненко, А.А. Ростовцева. – Тюмень: ФГУП «Госрыбцентр», 2014. – 222 с.

115. Определитель пресноводных водорослей СССР. Диатомовые водоросли / М.М. Забелина [и др.] – М.: Совет. наука, 1951. – Вып. 4. – 619 с.

116. Охапкин, А.Г. Основы альгологии: учеб. пособие / А.Г. Охапкин, Г.А. Юлова. – Н. Новгород : НГУ им. Н. И. Лобачевского, 2010. – 340 с.

117. Оценка состояния экосистем водных объектов Омской области методами биоиндикации / О.П. Баженова [и др.] // Экономические и экологические проблемы в меняющемся мире: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. – Омск, 2009. – С. 19–21.

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

119. Паламарь-Мордвинцева, Г.М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Зеленые водоросли. Класс конъюгаты. Порядок десмидиевые / Г.М. Паламарь-Мордвинцева. – Л. : Наука, 1982. – Вып. 11(2). – 602 с.

120. Пинчук, А.И. Большие Крутинские озера / А.И. Пинчук // Изв. Ом. отд-ния геогр. о-ва. – Омск, 1957. – Вып. 2. – С.132–133.

121. Пирожников, П.Л. К познанию озера Сартлана в лимнологическом, гидробиологическом и рыбохозяйственном отношениях / П.Л. Пирожников // Труды Сиб. науч. рыбо-хозяйств. Станци. – Красноярск, 1929. – Т 4, вып. 2 – С. 3–120.

122. Поздняков, А.А. Значение правила Виллиса для таксономии / А.А. Поздняков // Журн. общ. биологии. – 2005. – Т. 66, № 4. – С. 326–335.

123. Попова, Т.Г. Определитель пресноводных водорослей СССР. Эвгленовые водоросли / Т.Г. Попова. – М. : Совет. наука, 1955. – Вып. 7. – 282 с.

124. Попова, Т.Г. Опыт характеристики водорослевого населения Западной Сибири по широтным зонам / Т.Г. Попова // Водоросли и грибы Западной Сибири. – Новосибирск, 1964. – Ч. 1. – С. 21–24.

125. Попова, Т.Г. Флора споровых растений СССР. Эвгленовые водоросли / Т.Г. Попова. – М. ; Л. : Наука, 1966. – Т. 8, вып. 1. – 412 с.

126. Попова, Т.Г. Флора споровых растений СССР. Эвгленовые водоросли / Т.Г. Попова, Т.А. Сафонова. – М. ; Л. : Наука, 1976. – Т. 9, вып. 2. – 286 с.

127. Поползин, А.Г. Зональное лимнологическое районирование озер юга Обь- Иртышского бассейна / А.Г. Поползин // Вопросы гидрологии Западной Сибири. – Новосибирск : Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1965. – С. 52–62.

128. Прошкина-Лавренко, А.И. Диатомовые водоросли – показатели солености воды / А.И. Прошкина-Лавренко // Диатомовый сборник. – Л., 1953. – С. 186–205.

129. Пузнецките, К.С. Применение индексов альфа-разнообразия зоопланкtonных сообществ для оценки трофического статуса водоемов (на примере некоторых озер чебаркульской группы) / К.С. Пузнецките, Е.В. Марушкина // Вестн. Челяб. гос. ун-та. Сер. Экология. Природопользование. – 2005. – № 1(1). – С. 22–25.

130. Романов, Р.Е. Сезонная динамика таксономического состава фитопланктона рек Барнаулка и Большая Лосиха (бассейн Верхней Оби) / Р.Е. Романов // Сиб. ботан. вестн. – 2006. – Т. 1, вып. 1. – С. 49–58.
131. Руководство к методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В.А. Абакумова. – Л. : Гидрометеоиздат, 1983. – 239 с.
132. Садчиков, А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона : метод. рук. / А.П. Садчиков. – М. : Ун-т и шк., 2003. – 157 с.
133. Сафонова, Т.А. Род *Trachelomonas* Ehr. во флоре водорослей Западной Сибири / Т.А. Сафонова ; под ред. Т.Г. Поповой, А.Р. Варнер // Водоросли и грибы Западной Сибири // Труды Центр. Сиб. ботан. сада – Новосибирск, 1965. – Вып. 10, Ч. 2. – С. 62–112.
134. Сафонова, Т.А. Водоросли водоемов системы озера Чаны / Т.А. Сафонова, В.И. Ермолаев. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1983. – 153 с.
135. Сафонова, Т.А. Эвгленовые водоросли Западной Сибири / Т.А. Сафонова. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1987. – 191 с.
136. Система оценки качества водных объектов по комплексу гидробиологических показателей на геоинформационной основе / В.В. Алексеев [и др.] // Труды международного симпозиума «Надежность и качество» / Пензен. гос. ун-т – Пенза, 2006. – Т. 2. – С. 228–231.
137. Скабичевский, А.П. Об осеннем планктоне озера Салтаема (Западная Сибирь) / А.П. Скабичевский // Труды Томского государственного университета. – Томск, 1956. – Т. 142. – С. 73–76.
138. Скабичевский, А.П. Фитопланктон некоторых озер северной части Омской области / А.П. Скабичевский // Труды Омского медицинского института. – Омск, 1963. – № 48. – С. 60–68.
139. Словарь ботанических терминов / И.А. Дудка [и др.] ; под общ. ред. И.А. Дудки. – Киев : Наукова думка, 1984. – 307 с.
140. Состояние гидробиологических исследований в Западной Сибири и задачи Западно-Сибирского филиала Всесоюзного гидробиологического

общества / Л.А. Благовидова [и др.] // Вопросы сельскохозяйственного рыбоводства и гидробиологии Западной Сибири. – Барнаул, 1967. – С. 125–135.

141. Сытник, К.М. Современные представления о биологическом разнообразии / К.М. Сытник, С.П. Вассер // Альгология. – 1992. – Т. 2, № 3. – С. 3–17.

142. Тарасевич, Д.Н. Санитарно-гигиеническая характеристика озер Ик, Тенис и Салтаим / Д.Н. Тарасевич // Труды Омского медицинского института. – Омск, 1965. – № 61. – С. 3–8.

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

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

145. Топачевский, А.В. «Цветение» воды как результат нарушения процессов регуляции в гидробиоценозах / А.В. Топачевский // Биологическое самоочищение и формирование качества воды. – М., 1975. – С. 40–49.

146. Трифонова, И.С. Состав и продуктивность фитопланктона разнотипных озёр Карельского перешейка / И.С. Трифонова; Ин-т озероведения АН СССР. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1979. – 168 с.

147. Унифицированные методы исследования качества вод. Методы биологического анализа вод. – Изд. 4-е. – М. : Изд. отд. Секретариата СЭВ, 1976. – 371 с.

148. Федоров, В.Г. Гидробиологическая и санитарная характеристика озера-пруда в Москаленском районе Омской области / В.Г. Федоров // Труды Омского медицинского института. – Омск, 1963 а. – № 48. – С. 139–151.

149. Федоров, В.Г. Санитарная характеристика озер Щербакульского района Омской области по данным исследования их физико-химического режима и фитопланктона / В.Г. Федоров // Труды Омского медицинского института. – Омск, 1963 б. – № 37. – С. 191–204.

150. Федоров, В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности / В.Д. Федоров. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 168 с.
151. Флора споровых растений СССР. Эвгленовые водоросли. Роды *Trachelomonas*, *Strombomonas*, *Eutreptia*, *Euglena* / Т.Г. Попова. – М. ; Л. : Наука, 1966. – Т. 8, вып. 1. – 412 с.
152. Халфина, Н.А. О некоторых протококковых озера Ик (Западная Сибирь) / Н.А. Халфина // Ботанические материалы отдела споровых растений Ботанического института АН СССР. – М. ; Л., 1963 а. – Т. 16. – С. 23–27.
153. Халфина, Н.А. К гидробиологии и санитарной характеристике озера Ик Омской области / Н.А. Халфина // Труды Омского медицинского института. – Омск, 1963 б. – № 37. – С. 281–285.
154. Халфина, Н.А. К гидробиологии лесостепных водоемов Западной Сибири (озера Ик Омской области) / Н.А. Халфина // Изв. Сиб. отд-ния АН СССР. Сер. биолого-медицинских наук. – 1964. – № 4, вып. 1. – С. 41–48.
155. Chrysophyta водоемов и водотоков Омского Прииртышья (Россия) / О.П. Баженова [и др.] // Альгология. – 2012. – Т. 22, № 3. – С. 286–294.
156. Хубларян, М.Г. Качество воды / М.Г. Хубларян, Т.И. Моисеенко / Вестн. Рос. акад. наук. – 2009. – Т. 798, № 5. – С. 403–410.
157. Царенко, П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР / П.М. Царенко. – Киев : Наукова думка, 1990. – 208 с.
158. Цианопрокариоты из планктона водных объектов среднего Иртыша / О.П. Баженова [и др.] // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии : сб. науч. статей по материалам X междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул : АРТИКА, 2011. – С. 13–15.
159. Cyanoprokaryota в планктоне рек и озер Омского Прииртышья / О.П. Баженова [и др.] // Альгология. – 2014. – Т. 24, №2. – С. 209.–221.
160. Чащин, В.П. Природопользование и охрана природы на территории Омской области : кн. для учителей, студентов и школьников / В.П. Чащин. – Омск : ОмГПУ, 1999. – Ч. 1. – 160 с.

161. Чернявская, М.А. Санитарное состояние Любинского пойменного озера на основании фитопланктона / М.А.Чернявская // Труды Омского медицинского института : сб. работ каф. общей биологии. – Омск, 1956. – № 19. – С. 41–50.
162. Чернявская, М.А. Фитопланктон двух озер Называевского района Омской области / М.А. Чернявская // Труды Омского медицинского института. – Омск, 1966. – № 69: Гигиена воды, водоснабжения, воздуха, планировки и очистки населенных мест. – С. 59–62.
163. Шитиков, В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. – Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
164. Шкундина, Ф. Б. Многолетняя динамика автотрофного планктона на примере участка р. Белой (республика Башкортостан, Россия) / Ф.Б. Шкундина, Д.И. Сахабутдинова // Альгология. – 2015. – Т. 25, № 2. – С. 135–147.
165. Шмидт, В.М. Статистические методы в сравнительной флористике / В.М. Шмидт. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1980. – 176 с.
166. Шухов, И.Н. Озера северной лесостепи черноземной полосы Западной Сибири / И.Н. Шухов // Изв. Зап.-Сиб. геогр. о-ва. – Омск, 1930. – Т. 7. – С. 20.
167. Экологическое состояние и рекреационная ценность разнотипных озер Омской области / О.П. Баженова [и др.] // Ом. науч. вестн. Сер. Ресурсы Земли. Человек. – 2012. – № 1 (108). – С. 213–216.
168. Эльяшев, А.А. О простом способе приготовления высокопреломляемой среды для диатомового анализа / А.А. Эльяшев // Труды Научно-исследовательского института геологии Арктики. – Л., 1957. – № 4 – С. 74–75.
169. Якубова, А.И. К гидробиологии бассейна озера Сартлан / А.И. Якубова // Заметки по фауне и флоре Сибири. – 1953. – Вып. 17. – С. 61–66.

170. Ярошенко, П.Д. Геоботаника / П.Д. Ярошенко. – М. : Просвещение, 1969. – 200 с.

171. Яценко-Степанова, Т.Н. Основные подходы к определению трофности природных водоемов [Электронный ресурс] / Т.Н. Яценко-Степанова, Н.В. Немцева, М.Е. Игнатенко // Бюл. Оренбург. Науч. центра УрО РАН. – 2014. – № 1. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21515228> (дата обращения 11.05.16).

\* \* \*

172. Chlorophyta. 1 Teil: Phytomonadina. Süsswasserflora von Mitteleuropa. Bd. 9 / H. Ettl [et al.]. – Jena : Gustav Fisher Verlag, 1983. – 807 s.

173. Chrysophyceae und Haptophyceae. Süsswasserflora von Mitteleuropa Bd. 1 / H. Ettl [et al.]. – Jena : Gustav Fisher Verlag, 1985. – 515 s.

174. Dinophyceae (Dinoflagellida). Süsswasserflora von Mitteleuropa. Bd. 6 / H. Ettl [et al.]. – Jena : Gustav Fischer Verlag, 1990. – 272 s.

175. Komárek, J. Cyanoprokaryota. 1 Teil: Chroococcales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19/1 / J. Komárek, K. Anagnostidis. – Berlin : Spektrum Akademischer Verlag, 1998. – 523 s.

176. Komárek, J. Cyanoprokaryota. 2 Teil: Oscillatoriales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19/2 / J. Komárek, K. Anagnostidis. – München : Elsevier GmbH, 2005. – 759 s.

177. Krammer, K. Bacillariophyceae. 1 Teil: Naviculaceae. Süsswasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2 / K. Krammer, H. Lange-Bertalot. – Jena : Gustav Fischer Verlag, 1986. – 876 s.

178. Krammer, K. Bacillariophyceae. 2 Teil : Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Süsswasserflora von Mitteleuropa Bd. 2 / K. Krammer, H. Lange-Bertalot. – Jena : Gustav Fischer Verlag, 1988. – 596 p.

179. Krammer, K. Bacillariophyceae. 4 Teil : Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis. Süsswasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2 / K. Krammer, H. Lange-Bertalot. – Jena : Gustav Fischer Verlag, 1991a. – 434 s.

180. Krammer, K. Bacillariophyceae. 3 Teil : Centrales, Fragilariaeae, Eunotraceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa Bd. 2 / K. Krammer, H. Lange-Bertalot. – Jena : Gustav Fischer Verlag, 1991b. – 576 p.
181. Popovský, J. Dinophyceae (Dinoflagellida). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 6 / J. Popovský, L. A. Pfiester. – Jena : Gustav Fischer Verlag, 1990. – 272 p.
182. Sommer, U. Toward a Darwinian Ecology of Plankton / U Sommer // Plankton Ecology: succession in Plankton Communities. Springer–Verlag, 1989. P. 2–8.
183. Starmach, K. Chrysophyceae und Haptophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 1 / K. Starmach. – Jena : Gustav Fischer Verlag, 1985. – 515 p.
184. Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management / Edited by Ingrid Chorus and Jamie Bartram. – London ; New York : WHO, 1999. – 400 p.
185. Tsarenko, P. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography / P. Tsarenko, S. Wasser, E. Nevo. – Rugell : A. R. Gantner Verlag, 2006. – Vol. 1. – 755 p.
186. Коршиков, О.А. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Підклас протококові / О.А. Коршиков. – Київ: Вид-во АН УРСР, 1953. – Т. 5. – 439 с.
187. Матвієнко, О.М. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Золотисті водорости / О.М. Матвієнко. – Київ : Наукова думка, 1965. – Вип. 3, ч. 1. – 367 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

## Систематический список водорослей и цианобактерий из планктона разнотипных озер Омского Прииртышья

| Таксон   | Экологическая характеристика |             |            |                |                               | Местонахождение и обилие |        |          |
|--|------------------------------|-------------|------------|----------------|-------------------------------|--------------------------|--------|----------|
|  | местообитание                | сапробность | галобность | ацидофильность | географическая приуроченность | Тенис                    | Салтам | Инберень |
| 1  | 2                            | 3           | 4          | 5              | 6                             | 7                        | 8      | 9        |
| Отдел Cyanobacteria<br>класс Cyanophyceae<br>порядок Chroococcales<br>семейство Synechococcaceae |                              |             |            |                |                               |                          |        |          |
| <i>Anathece clathrata</i> (West et G.S. West) Kom., Kastovsky et Jezberová                       | P                            | β           | hl         | —              | k                             | 3                        | 5      | 5        |
| <i>Aphanethece</i> Nág. sp.  | —                            | —           | —          | —              | —                             | 5                        | 5      | 5        |
| <i>A. subachroa</i> Hansg.   | B, Ep                        | o           | hb         | —              | k                             | 3                        | —      | —        |
| <i>A. salina</i> Elenk. et Danil.  | P-B                          | —           | —          | —              | Ha                            | —                        | —      | 4        |
| <i>Gloeothece subtilis</i> Skuja   | B                            | —           | —          | —              | Ha                            | 3                        | 3      | —        |
| <i>Rhabdoderma lineare</i> Schmidle et Lauterb.  | P                            | x-β         | hb         | —              | b                             | 5                        | 6      | —        |
| <i>Rhabdogloea smithii</i> (R. et F. Chod.) Kom.   | P                            | x-o         | —          | —              | k                             | —                        | —      | 4        |
| <i>Synechococcus elongatus</i> (Nág.) Nág.   | P-B                          | x           | —          | —              | k                             | 3                        | —      | —        |
| семейство Merismopediaceae   |                              |             |            |                |                               |                          |        |          |
| <i>Synechocystis salina</i> Wisl.  | —                            | —           | —          | —              | —                             | 5                        | 5      | —        |
| <i>S. aquatilis</i> Sauv.  | P                            | o           | hl         | —              | k                             | —                        | —      | 4        |
| <i>Aphanocapsa</i> Nág.  | —                            | —           | —          | —              | —                             | —                        | —      | 5        |
| <i>A. delicatissima</i> West et G.S. West.   | P                            | —           | i          | —              | k                             | 5                        | 6      | 6        |
| <i>A. grevillei</i> (Berk.) Rabenh.  | P                            | o-β         | hb         | acf            | k                             | 5                        | 5      | 5        |

| 1   | 2   | 3   | 4  | 5   | 6      | 7 | 8 | 9 |
|---|-----|-----|----|-----|--------|---|---|---|
| <i>A. holsatica</i> Lemm.   | P   | o   | i  | —   | k      | 8 | 8 | 3 |
| <i>A. incerta</i> (Lemm.) Cronb. et Kom.                                  | P-B | β   | i  | —   | k      | — | — | 5 |
| <i>Merismopedia minima</i> Beck.  | P   | —   | —  | —   | Ha     | 5 | 5 | 5 |
| <i>M. tenuissima</i> Lemm.  | P-B | β-α | hl | —   | k      | 5 | 5 | 5 |
| <i>M. punctata</i> Meyen  | P-B | o-α | i  | ind | k      | — | 5 | 4 |
| <i>M. glauca</i> (Ehr.) Kütz.   | P-B | o-α | i  | ind | k      | — | — | 3 |
| <i>M. elegans</i> A. Br. ex Kütz.   | P-B | β-o | i  | ind | k      | — | — | 5 |
| <i>Coelosphaerium minutissimum</i> Lemm.                                  | P   | —   | hl | —   | k      | — | — | 5 |
| <i>C. kuetzingianum</i> Näg.  | P   | β-o | i  | —   | k      | 5 | 5 | 5 |
| <i>Snowella lacustris</i> (Chod.) Kom. et Hind.                           | —   | β   | —  | —   | —      | 5 | 5 | 1 |
| <i>Woronichinia compacta</i> (Lemm.) Kom. et Hind.                        | —   | —   | —  | —   | —      | 5 | 5 | — |
| • <i>W. ruzickae</i> Kom. et Hind.  | —   | —   | —  | —   | —      | — | — | 1 |
| <i>Gomphosphaeria aponina</i> Kutz.                                       | P   | o   | hl | alf | k      | 5 | 5 | — |
| <i>G. virieuxii</i> Kom. et Hind.   | P   | —   | —  | —   | Ha     | + | + | — |
| семейство Microcystaceae  |     |     |    |     |        |   |   |   |
| <i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz.                               | P   | o-α | hl | —   | k      | 5 | 5 | 5 |
| <i>M. flos-aguae</i> (Wittr.) Kirchn.                                     | P   | o-α | i  | —   | k      | — | + | — |
| • <i>M. viridis</i> (A. Br.) Lemm.  | P   | o-α | —  | —   | k      | 5 | — | 5 |
| <i>M. wesenbergii</i> (Kom.) Kom. ex Kom.                                 | P   | o-α | —  | —   | k      | 5 | 5 | 5 |
| семейство Chroococcaceae  |     |     |    |     |        |   |   |   |
| <i>Chroococcus minimus</i> (Keissl.) Lemm.                                | P   | —   | —  | —   | Ha     | 8 | 8 | 5 |
| <i>Ch. dispersus</i> (Keissl.) Lemm.                                      | P   | β-o | —  | —   | Ha, Pt | 5 | 5 | 5 |
| <i>Ch. minor</i> (Kütz.) Näg.   | P   | o-β | —  | —   | k      | 5 | 5 | 5 |
| <i>Ch. minutus</i> (Kütz.) Näg.   | P   | —   | —  | —   | k      | 5 | 5 | 3 |
| • <i>Ch. plancticus</i> Bethge  | —   | —   | —  | —   | —      | — | 3 | + |
| <i>Ch. turgidus</i> (Kütz.) Näg.  | P   | o   | hl | alf | k      | — | 2 | — |
| <i>Limnococcus limneticus</i> (Lemm.) Kom., Jezberová, Kom. et Zapomelová | P   | o-β | —  | —   | k      | 5 | 5 | 3 |
| порядок Oscillariales   |     |     |    |     |        |   |   |   |
| семейство Pseudanabaenaceae   |     |     |    |     |        |   |   |   |
| <i>Romeria</i> Koczw. ex Geitl. sp.                                       | —   | —   | —  | —   | —      | 3 | 5 | — |

| 1  | 2   | 3   | 4  | 5   | 6     | 7 | 8 | 9 |
|--|-----|-----|----|-----|-------|---|---|---|
| <i>R. gracilis</i> (Koczw.) Koczw. ex Geitl.                       | —   | β   | —  | —   | —     | — | — | + |
| <i>Pseudanabaena mucicola</i> (Naum. et Hub.-Pest.) Schwabe        | —   | o-β | —  | —   | —     | 5 | 5 | 5 |
| <i>Spirulina major</i> Kütz.                                       | P   | —   | ph | —   | k     | — | — | 1 |
| • <i>S. Meneghiniana</i> Zanardini ex Gom.                         | —   | —   | —  | —   | —     | — | — | + |
| <i>S. subsalsa</i> Oersted ex Gom.                                 | P   | o-β | —  | —   | Ha    | — | + | — |
| <i>Planktolyngbya</i> Anagn. et Kom. sp.                           | —   | —   | —  | —   | —     | 5 | — | — |
| <i>P. bipunctata</i> (Lemm.) Anagn. et Kom.                        | —   | —   | —  | —   | —     | 5 | 5 | 4 |
| <i>P. circumcreta</i> (G. S. West) Anagn. Et Kom.                  | —   | β-o | —  | —   | —     | 5 | 5 | 5 |
| <i>P. limnetica</i> (Lemm.) Kom.-Legn. et Cronb.                   | P-B | o-β | —  | —   | k     | 5 | 5 | 5 |
| <i>P. contorta</i> (Lemm.) Anagn. et Kom.                          | —   | —   | —  | —   | —     | — | — | 6 |
| семейство Phormidiaceae  |     |     |    |     |       |   |   |   |
| <i>Phormidium</i> Kütz. ex Gom. sp.                                | —   | —   | —  | —   | —     | — | — | 5 |
| <i>Ph. Ambiguum</i> Gom. ex Gom.                                   | B   | β   | i  | ind | k     | — | 5 | + |
| семейство Oscillatoriaceae   |     |     |    |     |       |   |   |   |
| <i>Oscillatoria</i> Kütz. sp.                                      | —   | —   | —  | —   | —     | 5 | 5 | + |
| <i>O. tenuis</i> Ag. ex Gom.                                       | P-B | β-α | hl | —   | k     | — | + | — |
| <i>Lyngbya saltaimica</i> Skabitch.                                | —   | —   | —  | —   | —     | 8 | 8 | — |
| порядок Nostocales   |     |     |    |     |       |   |   |   |
| семейство Nostocaceae  |     |     |    |     |       |   |   |   |
| <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs                         | P   | β   | hl | —   | k     | 5 | 5 | 5 |
| <i>Dolichospermum spiroides</i> (Kleb.) Wacklin, L. Hoffm. et Kom. | P   | o-β | i  | —   | k     | 4 | 5 | 5 |
| отдел Euglenophyta   |     |     |    |     |       |   |   |   |
| класс Euglenophyceae   |     |     |    |     |       |   |   |   |
| порядок Euglenales   |     |     |    |     |       |   |   |   |
| семейство Euglenaceae  |     |     |    |     |       |   |   |   |
| <i>Euglena</i> Ehr. sp.  | —   | —   | —  | —   | —     | — | — | 1 |
| <i>E. gracilis</i> Klebs   | P-B | x-β | oh | ind | k     | — | — | 1 |
| <i>E. oblonga</i> Schmitz  | P   | β   | —  | ind | Ha,Pt | — | 1 | — |
| <i>E. pisciformis</i> Klebs  | P-B | α-p | mh | alf | k     | — | — | 1 |
| <i>E. limnophila</i> Lemm.   | P-B | o-β | —  | —   | cb    | 1 | — | 1 |

| 1  | 2   | 3   | 4  | 5   | 6     | 7 | 8 | 9 |
|--|-----|-----|----|-----|-------|---|---|---|
| <i>E. spirogyra</i> var. <i>laticlavius</i> Hübn.                                  | P-B | —   | —  | —   | Ha    | — | 1 | — |
| <i>E. viridis</i> (Müll.) Ehr.   | P-B | i   | mh | ind | k     | — | — | 1 |
| <i>Euglenaformis proxima</i> (Dang.) M.S. Bennett et Triemer                       | P-B | p   | mh | ind | k     | — | — | 1 |
| <i>Euglenaria caudata</i> (Hüb.) A. Karnowska-Ishikawa, E. Linton et J. Kwiatowski | P-B | —   | mh | ind | k     | — | — | 1 |
| <i>Lepocinclis acus</i> (Müll.) Marin et Melkonian var. <i>acus</i>                | P   | β   | i  | ind | k     | 1 | 1 | 3 |
| <i>L. acus</i> var. <i>minor</i> (Hansg.) D.A.Kapustin                             | —   | —   | —  | —   | —     | — | — | 1 |
| <i>L. spirogyroides</i> Marin et Melkonian   | P-B | β   | i  | ind | Ha    | — | — | 1 |
| <i>Monomorphina pyrum</i> (Ehr.) Mereschk.   | P   | β   | i  | ind | b     | — | — | + |
| <i>Phacus</i> Duj. sp.   | —   | —   | —  | —   | —     | — | — | 2 |
| <i>Ph. acuminatus</i> Stokes   | P-B | β-α | i  | —   | k     | — | — | 1 |
| <i>Ph. caudatus</i> var. <i>minor</i> Drez.  | —   | —   | —  | ind | —     | — | — | 2 |
| <i>Ph. pleuronectes</i> (Müll.) Nitzsch ex Duj.                                    | P-B | β-α | i  | ind | k     | 1 | — | 1 |
| <i>Ph. striatus</i> Francé   | P-B | β-α | —  | ind | Ha,mt | — | — | 3 |
| <i>Strombomonas</i> Defl.sp.   | —   | —   | —  | —   | —     | — | — | 1 |
| <i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein   | P-B | β   | i  | —   | k     | — | — | 1 |
| <i>T. intermedia</i> Dang. f. <i>intermedia</i>                                    | P-B | β   | i  | —   | k     | — | — | 5 |
| <i>T. intermedia</i> f. <i>papillifera</i> (Popova) Popova                         | —   | —   | —  | —   | —     | — | — | 2 |
| <i>T. lacustris</i> Drezep. var. <i>lacustris</i>                                  | —   | o   | hb | —   | k     | — | — | 1 |
| <i>T. lacustris</i> var. <i>klebsii</i> (Defl.) Popova                             | —   | —   | —  | —   | —     | — | — | 1 |
| <i>T. nigra</i> Swir.  | P   | β   | hl | —   | Ha    | — | — | 1 |
| <i>T. oblonga</i> var. <i>australica</i> Playf.                                    | —   | —   | —  | —   | —     | — | — | 1 |
| <i>T. planctonica</i> (Swir.) Swir.  | P   | β-o | i  | ind | k     | — | — | 3 |
| <i>T. volvocina</i> Ehr.   | P   | β   | i  | ind | k     | 1 | — | 3 |
| <i>T. volvocinopsis</i> Swir.  | P   | β   | i  | —   | k     | — | — | 4 |

Отдел Dinophyta  
класс Dinophyceae  
порядок Gymnodiniales  
семейство Gymnodiniaceae

*Gymnodinium Stein sp.* — — — — — — — 3



| 1   | 2   | 3                   | 4  | 5   | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|-----|---------------------|----|-----|---|---|---|---|
| порядок Thalassiosirales<br>семейство Stephanodiscaceae               |     |                     |    |     |   |   |   |   |
| <i>Handmannia comta</i> (Ehr.) Kociolek & Khursevich                  | P   | $\beta$ -o          | i  | alf | k | 4 | 3 | 1 |
| порядок Aulacoseirales<br>семейство Aulacoseiraceae                   |     |                     |    |     |   |   |   |   |
| <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Simons.                           | P-B | $\beta$ - $\alpha$  | i  | ind | k | - | - | 3 |
| класс Pennatophyceae<br>порядок Araphales<br>семейство Fragilariaceae |     |                     |    |     |   |   |   |   |
| <i>Fragilaria amphicephalooides</i> Lange-Bert.                       | B   | x                   | i  | -   | k | - | + | - |
| <i>F. capucina</i> Desm.  | B   | o                   | i  | alf | k | - | - | + |
| <i>F. acus</i> (Kütz.) Lange-Bert.                                    | -   | -                   | -  | -   | - | - | - | + |
| <i>F. pinnata</i> var. <i>lancettula</i> (Schum.) Hust.               | B   | o                   | i  | alb | b | + | - | - |
| <i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) Will. et Round                | P-B | o                   | i  | ind | k | 5 | 5 | - |
| <i>Staurosira construens</i> Ehr.                                     | P-B | o                   | i  | alf | k | + | - | - |
| <i>Staurosirella pinnata</i> (Ehr.) Will. et Round                    | B   | $\beta$ - $\alpha$  | hl | alf | k | + | + | 5 |
| <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère                                 | -   | $\alpha$ - $\alpha$ | -  | -   | - | - | - | 2 |
| семейство Diatomaceae   |     |                     |    |     |   |   |   |   |
| <i>Diatoma vulgaris</i> var. <i>producta</i> Grun.                    | B   | $\alpha$ - $\beta$  | i  | alf | k | - | - | + |
| порядок Raphales<br>семейство Naviculaceae                            |     |                     |    |     |   |   |   |   |
| <i>Navicula rhynchocephala</i> Kütz.                                  | B   | $\beta$             | hl | alf | k | - | - | + |
| <i>N. radiosa</i> Kütz.   | B   | o                   | i  | ind | k | 3 | + | - |
| <i>Placoneis exigua</i> (Greg.) Mereschk.                             | B   | x-o                 | i  | alf | k | - | - | + |
| <i>Gyrosigma</i> Hass. sp.  | -   | -                   | -  | -   | - | - | - | 1 |
| <i>G. acuminatum</i> (Kütz.) Rabenh.                                  | B   | $\alpha$ -x         | i  | alf | k | + | + | - |
| <i>Pinnularia</i> Ehr. sp.  | -   | -                   | -  | -   | - | - | - | + |
| семейство Achnantaceae  |     |                     |    |     |   |   |   |   |
| <i>Cocconeis placentula</i> Ehr. var. <i>placentula</i>               | P-B | $\alpha$ - $\beta$  | i  | alf | k | - | - | + |
| <i>C. placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehr.) Grun.                | P-B | -                   | i  | alf | k | + | - | + |

| 1   | 2   | 3   | 4  | 5   | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|-----|-----|----|-----|---|---|---|---|
| семейство Cymbellaceae  |     |     |    |     |   |   |   |   |
| <i>Encyonema prostratum</i> (Berk.) Kütz.   | B   | o-α | i  | alb | k | — | — | + |
| <i>E. ventricosum</i> (Ag.) Grun.   | B   | o-α | oh | alf | k | + | + | 1 |
| <i>Amphora ovalis</i> (Kütz.) Kütz. var. <i>ovalis</i>  | B   | α-β | i  | alf | k | — | — | + |
| <i>A. ovalis</i> var. <i>pediculus</i> (Kütz.) Van Heurck   | B   | o-α | i  | alf | k | — | — | + |
| семейство Gomphonemataceae  |     |     |    |     |   |   |   |   |
| <i>Gomphonema acuminatum</i> Ehr.   | P-B | x-β | i  | alf | k | — | — | 1 |
| <i>G. olivaceum</i> (Lyngb.) Kütz.  | B   | β-α | i  | alf | k | 1 | — | — |
| семейство Epithemiaceae   |     |     |    |     |   |   |   |   |
| <i>Epithemia adnata</i> (Kütz.) Bréb.   | B   | β-α | i  | alb | k | — | — | + |
| <i>E. turgida</i> (Ehr.) Kütz.  | B   | o   | i  | alf | k | — | — | + |
| <i>E. sorex</i> Kütz.   | B   | o-α | i  | alf | k | — | — | + |
| семейство Nitzschiaeae  |     |     |    |     |   |   |   |   |
| <i>Nitzschia fonticola</i> Grun. in Cl.   | B   | o-β | i  | alf | k | — | — | + |
| семейство Surirellaceae   |     |     |    |     |   |   |   |   |
| <i>Surirella minuta</i> Bréb.   | B   | o-α | i  | ind | k | — | + | — |
| Отдел Xanthophyta<br>класс Heterococcophyceae<br>порядок Heterococcales<br>семейство Pleurochloridaceae |     |     |    |     |   |   |   |   |
| <i>Goniochloris fallax</i> Fott   | P   | β   | —  | —   | k | — | — | 2 |
| семейство Centritractaceae  |     |     |    |     |   |   |   |   |
| <i>Centritractus belonophorus</i> (Schmidle) Lemm.  | P   | o   | —  | —   | k | — | — | 3 |
| <i>C. capillifer</i> Pasch.   | —   | —   | —  | —   | — | — | — | 3 |
| семейство Chlorotheciaceae  |     |     |    |     |   |   |   |   |
| <i>Ophiocytium capitatum</i> Wolle  | P   | o   | oh | —   | k | — | — | 3 |
| класс Heterotrichophyceae<br>порядок Tribonematales<br>семейство Tribonemataceae                        |     |     |    |     |   |   |   |   |
| <i>Tribonema</i> Derbes et Solier sp.   | B   | —   | —  | —   | — | — | — | 3 |



| 1  | 2   | 3   | 4  | 5 | 6  | 7 | 8 | 9 |
|--|-----|-----|----|---|----|---|---|---|
| <i>O. parva</i> West et G. S. West                           | P   | β   | —  | — | k  | 3 | 3 | — |
| <i>O. rhomboidea</i> Fott                                    | —   | o-α | —  | — | —  | 5 | 5 | 5 |
| <i>O. submarina</i> Lagerh.                                  | P-B | —   | i  | — | k  | 4 | 5 | 5 |
| <i>Quadrivoccus ellipticus</i> Hortob.                       | P   | —   | —  | — | Ha | — | — | 3 |
| <i>Tetrachlorella alternans</i> (G. M. Smith) Korsch.        | P-B | —   | —  | — | Ha | — | — | 5 |
| семейство Elakatotrichaceae                                  |     |     |    |   |    |   |   |   |
| <i>Elakatothrix genevensis</i> (Reverd.) Hind.               | P-B | o-α | —  | — | k  | 3 | 3 | 5 |
| <i>E. pseudogelatinosa</i> Korsch.                           | P   | —   | —  | — | —  | 2 | 2 | — |
| класс Chlorophyceae  |     |     |    |   |    |   |   |   |
| порядок Chlamydomonadales                                    |     |     |    |   |    |   |   |   |
| семейство Chlamydomonadaceae                                 |     |     |    |   |    |   |   |   |
| <i>Chlamydomonas</i> Ehr. sp.                                | P   | —   | —  | — | —  | 3 | 1 | 5 |
| семейство Chlorococcaceae                                    |     |     |    |   |    |   |   |   |
| <i>Chlorococcum</i> Menegh. sp.                              | P   | —   | —  | — | —  | 4 | 4 | 5 |
| семейство Coccomyxaceae                                      |     |     |    |   |    |   |   |   |
| <i>Paradoxa multiseta</i> Svir.                              | —   | o-β | —  | — | —  | — | — | 2 |
| семейство Treubariaceae                                      |     |     |    |   |    |   |   |   |
| <i>Treubaria setigera</i> (Arch.) G. M. Sm.                  | P   | β-o | oh | — | Ha | — | — | 3 |
| <i>T. triappendiculata</i> Bern.                             | P-B | —   | —  | — | k  | — | — | 3 |
| <i>T. planctonica</i> (Sm.) Korsch.                          | P   | o-α | —  | — | Ha | — | — | 2 |
| <i>T. euryacantha</i> (Schmidle) Korsch.                     | P-B | —   | —  | — | Ha | — | — | 1 |
| порядок Volvocales   |     |     |    |   |    |   |   |   |
| семейство Volvocaceae  |     |     |    |   |    |   |   |   |
| <i>Pandorina morum</i> (Müll) Bory                           | P   | β   | i  | — | k  | — | — | 3 |
| порядок Sphaeropleales                                       |     |     |    |   |    |   |   |   |
| семейство Characiaceae                                       |     |     |    |   |    |   |   |   |
| • <i>Ankyra judai</i> (G.M. Sm.) Fott                        | —   | β   | —  | — | —  | — | — | 4 |
| • <i>A. ancora</i> f. <i>issajevii</i> (Kissel.) Fott        | —   | —   | —  | — | —  | — | — | 1 |
| <i>Pseudoschroederia robusta</i> (Korsch.) Hegew. et Schnepf | P-B | o-α | i  | — | k  | — | — | 3 |
| <i>Schroederia setigera</i> (Schröd.) Lemm.                  | P   | β-o | i  | — | k  | — | — | 3 |

| 1  | 2   | 3   | 4  | 5   | 6      | 7 | 8 | 9 |
|--|-----|-----|----|-----|--------|---|---|---|
| <i>S. spiralis</i> (Printz) Korsch.                  | —   | β-ο | —  | —   | —      | — | — | 4 |
| семейство Hydrodictyaceae                            |     |     |    |     |        |   |   |   |
| <i>Chlorotetraedron incus</i> (Teil.) G.M. Sm.       | P-B | β   | i  | —   | k      | — | — | 3 |
| <i>Pediastrum duplex</i> Meyen                       | P   | ο-α | i  | ind | k      | — | — | 4 |
| <i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turp.) Hegew.      | P   | ο-α | i  | ind | k      | 5 | 5 | 5 |
| <i>P. kawraiskyi</i> (Schmidle) Hegew.               | P   | ο-β | —  | —   | —      | 5 | 5 | — |
| <i>Stauridium tetras</i> (Ehr.) Hegew.               | P-B | ο-α | i  | ind | k      | — | — | 3 |
| <i>Tetraëdron caudatum</i> (Corda) Hansg.            | P-B | β   | i  | ind | k      | 3 | 3 | 4 |
| <i>T. minimum</i> (A. Br.) Hansg.                    | P-B | β   | i  | —   | k      | 5 | 5 | 5 |
| <i>T. triangulare</i> Korsch.                        | P-B | β   | i  | —   | k      | — | — | 5 |
| семейство Radiococcaceae                             |     |     |    |     |        |   |   |   |
| <i>Coenococcus plancticus</i> Korsch.                | P   | —   | —  | —   | Ha     | — | 3 | 4 |
| семейство Selenastraceae                             |     |     |    |     |        |   |   |   |
| <i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs         | P-B | β   | hb | —   | k      | — | — | 5 |
| <i>A. fusiformis</i> Corda ex Korsch.                | P-B | β-ο | i  | —   | k      | — | — | 5 |
| <i>A. gracilis</i> (Reinsch) Korsch.                 | P-B | ο-α | i  | —   | k      | — | — | 5 |
| <i>A. spiralis</i> (Turn.) Lemm.                     | P   | β   | —  | —   | —      | — | — | 5 |
| <i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchn.) Möb.          | P-B | β   | i  | —   | k      | — | — | 3 |
| <i>K. obesa</i> (West) West et G.S. West             | P-B | β   | i  | —   | k      | — | — | 3 |
| <i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korsch.) Hind.        | P-B | β   | —  | —   | k      | — | — | 3 |
| <i>M. contortum</i> (Thur.) Kom.-Legn.               | P-B | β   | —  | —   | k      | 4 | 3 | 5 |
| <i>M. griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn.              | P-B | β   | —  | —   | k      | 4 | 3 | 5 |
| <i>M. irregulare</i> (G. M. Smith) Kom.-Legn.        | P-B | —   | —  | —   | k      | 1 | — | 1 |
| <i>M. komarkovae</i> Nyg.                            | P-B | —   | —  | —   | Ha, Hn | — | — | 2 |
| <i>M. minutum</i> (Näg.) Kom.-Legn.                  | P-B | β-α | —  | —   | k      | — | 2 | 3 |
| <i>M. tortile</i> (West et G. S. West) Kom.-Legn.    | P   | ο-α | —  | —   | —      | — | — | 5 |
| <i>Pseudokirchneriella contorta</i> (Schmidle) Hind. | P-B | —   | —  | —   | k      | — | — | 4 |
| <i>P. danubiana</i> (Hind.) Hind.                    | —   | —   | —  | —   | —      | 2 | — | 5 |
| <i>Raphidocelis sigmoidea</i> Hind.                  | P   | —   | —  | —   | b, mt  | — | — | 5 |

| 1   | 2   | 3   | 4 | 5   | 6          | 7 | 8 | 9 |
|---|-----|-----|---|-----|------------|---|---|---|
| <i>R. subcapitata</i> (Korsch.) Nyg.                            | P-B | o-β | — | —   | Ha, Nt     | 2 | 3 | 3 |
| <i>Selenastrum bibrarianum</i> Reinsch                          | P-B | β   | — | —   | k          | — | — | 2 |
| <i>S. gracile</i> Reinsch                                       | P-B | o-α | — | —   | k          | — | — | 5 |
| семейство Scenedesmaceae  |     |     |   |     |            |   |   |   |
| <i>Acutodesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Tsar.                   | P-B | β   | i | ind | k          | 3 | 3 | 4 |
| <i>A. acutiformis</i> (Schröder) Tsar. et D.M. John             | P-B | o-α | — | —   | k          | + | + | — |
| <i>A. pectinatus</i> (Meyen) Tsar.                              | P-B | —   | — | —   | k          | 3 | 3 | — |
| <i>Coelastrum astroideum</i> Notaris                            | P   | β   | — | —   | k          | 3 | 3 | 5 |
| <i>C. microporum</i> Näg.                                       | P-B | β   | i | ind | k          | 3 | 5 | 5 |
| <i>C. pseudomicroporum</i> Korsch.                              | P   | β   | — | —   | Ha, Nt     | — | 2 | — |
| <i>C. indicum</i> Turn.   | P-B | —   | — | —   | k          | 3 | 4 | — |
| <i>Crucigenia quadrata</i> Morren                               | P-B | β-o | i | acf | k          | — | — | 3 |
| <i>C. fenestrata</i> (Schmidle) Schmidle                        | P-B | β   | — | —   | Ha         | — | — | 5 |
| <i>C. tetrapedia</i> (Kirchn.) West et G. S. West               | P-B | o-α | i | ind | k          | 4 | 5 | 5 |
| <i>Desmodesmus abundans</i> (Kirchn.) Hegew.                    | P-B | o-α | — | —   | k          | 5 | 5 | 5 |
| <i>D. denticulatus</i> var. <i>linearis</i> (Hansg.) Hegew.     | P   | —   | — | —   | —          | 5 | 5 | — |
| <i>D. armatus</i> var. <i>bicaudatus</i> (Gugl.) Hegew.         | P   | β   | — | —   | —          | 4 | 4 | 3 |
| <i>D. bicaudatus</i> (Dedus.) Tsar.                             | P   | —   | — | —   | —          | 3 | 2 | 4 |
| <i>D. intermedius</i> (Chod.) Hegew.                            | P-B | β   | — | —   | k          | 3 | 3 | — |
| <i>D. opoliensis</i> (P. Richt.) Hegew.                         | P-B | β   | — | —   | k          | — | — | 4 |
| • <i>D. perforatus</i> (Lemm.) Hegew.                           | P-B | —   | — | —   | Ha, Pt,    | — | — | 4 |
| <i>D. spinosus</i> (Chod.) Hegew.                               | P-B | o-β | — | —   | Ha, Nt     | 3 | 2 | 5 |
| <i>D. subspicatus</i> (Chod.) Hegew. et Schmidt                 | P-B | o   | — | —   | k          | — | — | 2 |
| <i>Lemmermannia komarekii</i> (Hind.) C.Bock et Krienitz        | P-B | —   | — | —   | Ha, Pt     | 5 | 5 | 5 |
| <i>Pseudodidymocystis planctonica</i> (Korsch.) Hegew. et Deasn | P   | β   | — | —   | —          | 3 | 5 | 5 |
| <i>P. inconspicua</i> (Korsh.) Hind.                            | P   | β   | — | —   | —          | 3 | 2 | 4 |
| <i>P. lineata</i> (Korsh.) Hind.                                | P-B | —   | — | —   | —          | — | — | 2 |
| <i>Pseudotetrastrum punctatum</i> (Schmidle) Hind.              | P   | β   | — | —   | Ha, Pt, Nt | — | — | 3 |
| <i>Scenedesmus</i> Meyen sp.                                    | —   | —   | — | —   | —          | 3 | 5 | — |
| <i>S. armatus</i> (Chod.) Chod.                                 | P-B | o-α | — | —   | k          | 5 | 3 | 5 |



| 1                              | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| семейство <i>Zygnemataceae</i> |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Spirogyra</i> Link sp.      | B | - | - | - | - | - | - | + |

## ПРИМЕЧАНИЯ:

- – новый для Омского Прииртышья таксон;

Местообитание: Р – планктонные, Р-В – планктонно-бентосные, В – бентосные, Ер – эпифит.

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

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

Географическое распространение: b – бореальный; cb – циркумбореальный; На – голарктический; Нп – голантарктический; Pt – палеотропический; Nt – неотропический; mt – средиземноморский; k – космополит.

Показатели сапробности: χ – ксеносапробионт; χ-о – ксено-олигосапробионт; о-χ – олиго-ксеносапробионт; χ-β – ксено-бетамезосапробионт; о – олигосапробионт; о-β – олиго-бетамезосапробионт; β-о – бета-олигосапробионт; о-α – олиго-альфамезосапробионт; β – бетамезосапробионт; β-α – бета-альфамезосапробионт; α-β – альфа-бетамезосапробионт; α – альфамезосапробионт; р – полисапробионт; α-р – альфа-полисапробионт; i – изосапробионт.

Обилие видов по восьмибалльной шкале: 1 – до 50 тыс. кл./л, 2 – от 50 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 100 млн кл./л, 6 – от 100 до 500 млн кл./л, 7 – от 500 млн кл./л до 1 млрд кл./л, 8 – более 1 млрд кл./л

Распределение водорослей и цианобактерий из фитопланктона озерной системы Салтаим-Тенис по экологическим группам.

| Экологическая группа                  | Число ВРФ | % от общего числа таксонов с известным отношение к экологической группе |
|---------------------------------------|-----------|---|
| <b>Местообитание</b>                  |           |   |
| планктонные                           | 51        | 49,03   |
| планктонно-бентосные                  | 42        | 40,39   |
| бентосные                             | 10        | 9,61  |
| эпифитные                             | 1         | 0,97  |
| Всего по группе                       | 104       | 100   |
| <b>Соленость</b>                      |           |   |
| олигалобы                             | 1         | 2,04  |
| галофилы                              | 9         | 18,37   |
| индифференты                          | 36        | 73,47   |
| галофобы                              | 3         | 6,12  |
| Всего по группе                       | 49        | 100   |
| <b>Отношение к рН</b>                 |           |   |
| алкалибионты                          | 1         | 3,45  |
| алкалифилы                            | 9         | 31,03   |
| индифференты                          | 18        | 62,07   |
| ацидофилы                             | 1         | 3,45  |
| Всего по группе                       | 29        | 100   |
| <b>Географическое распространение</b> |           |   |
| палеотропические                      | 3         | 3,13  |
| неотропические                        | 3         | 3,13  |
| голарктические                        | 18        | 18,75   |
| циркумбореальные                      | 1         | 1,04  |
| космополиты                           | 69        | 71,87   |
| бореальные                            | 2         | 2,08  |
| Всего по группе                       | 96        | 100   |

Распределение водорослей и цианобактерий из фитопланктона озера Инбери  
рень по экологическим группам.

| Экологическая группа                  | Число ВРФ | % от общего числа таксонов с известным отношение к экологической группе |
|---------------------------------------|-----------|---|
| <b>Местообитание</b>                  |           |   |
| планктонные                           | 65        | 39,63   |
| планктонно-бентосные                  | 82        | 50,00   |
| бентосные                             | 17        | 10,37   |
| Всего по группе                       | 164       | 100   |
| <b>Соленость</b>                      |           |   |
| олигалобы                             | 5         | 5,32  |
| галофилы                              | 11        | 11,70   |
| индифференты                          | 69        | 73,40   |
| галофобы                              | 4         | 4,26  |
| полигалобы                            | 1         | 1,06  |
| мезогалобы                            | 4         | 4,26  |
| Всего по группе                       | 94        | 100   |
| <b>Отношение к рН</b>                 |           |   |
| алкалибионты                          | 2         | 4,17  |
| алкалифилы                            | 16        | 33,33   |
| индифференты                          | 28        | 58,33   |
| ацидофилы                             | 2         | 4,17  |
| Всего по группе                       | 48        | 100   |
| <b>Географическое распространение</b> |           |   |
| пaleотропические                      | 4         | 2,56  |
| неотропические                        | 3         | 1,92  |
| голарктические                        | 24        | 15,39   |
| циркумбореальные                      | 1         | 0,64  |
| космополиты                           | 119       | 76,29   |
| бореальные                            | 2         | 1,28  |
| средиземноморские                     | 2         | 1,28  |
| голантарктические                     | 1         | 0,64  |
| Всего по группе                       | 156       | 100   |