

На правах рукописи

Кренц Олеся Олеговна

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

03.02.08 – экология (биология)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Тюмень – 2017

Работа выполнена на кафедре экологии, природопользования и биологии
ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А.
Столыпина»

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
Омского ГАУ
Баженова Ольга Прокопьевна

Официальные оппоненты: **Бондаренко Нина Александровна**
доктор биологических наук,
Лимнологический институт СО РАН,
старший научный сотрудник

Романов Роман Евгеньевич
кандидат биологических наук,
Центральный Сибирский ботанический
сад СО РАН, старший научный
сотрудник

Ведущая организация: Федеральное государственное
бюджетное учреждение
науки «Федеральный научный центр
биоразнообразия наземной биоты
Восточной Азии» Дальневосточного
отделения РАН

Защита состоится «31» мая 2017 г. в 10 часов на заседании
диссертационного совета Д 999.114.02 при ФГБОУ ВО Государственный
аграрный университет Северного Зауралья по адресу:

625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7.

Телефон/факс: 8(3452) 29-01-52;

e-mail: dissgausz@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного
аграрного университета Северного Зауралья и на сайте университета
<http://www/tsaa.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор с.-х. наук

Турсумбекова Галина Шалкаровна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. 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. 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 водорослевые сообщества, служит максимально удобным объектом в системе биомониторинга, обладая быстрым и интегральным ответом на любые внешние воздействия (Трифенова, 1979; Абакумов, 1991).

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

Задачи исследований:

- 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, доминирующего комплекса фитопланктона и морфометрическим характеристикам оз. Салтаим и Тенис представляют собой единую озерную систему.

3. Экологическое состояние озерной системы Салтаим-Тенис по сравнению с данными середины XX века остается стабильным.

Научная новизна. Впервые проведены систематические исследования фитопланктона оз. Инберень. Получены сведения о видовом составе, таксономической структуре и обилии фитопланктона, его сезонной и межгодовой динамике. Определен трофический статус, класс качества воды. Проведена оценка изменений структуры и обилия фитопланктона, трофического статуса оз. Тенис и Салтаим в сравнении с данными середины XX века. Составлен аннотированный список водорослей и цианобактерий, включающий 247 видов и 255 видов, разновидностей и форм (ВРФ), включая номенклатурный тип вида. Найдено 11 новых для Омского Прииртышья ВРФ водорослей и цианобактерий.

Теоретическая и практическая значимость работы. Работы выполнены 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 биомониторинга оз. Инберень в проекте создания особо охраняемой природной территории регионального значения. Результаты исследований использовались для оценки естественной рыбопродуктивности оз. системы Салтаим-Тенис. Материалы диссертации используются в преподавании учебных дисциплин 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 (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, их них 2 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и 2 – в международном журнале.

Личный вклад автора. Отбор и обработка проб фитопланктона проведены лично автором. 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 и объем диссертационной работы. Диссертация изложена на 148 страницах машинописного текста, состоит из введения, пяти глав и выводов. Список литературы включает 187 источников, в том числе иностранных авторов – 16. 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 за помощь в организации отбора проб фитопланктона к. с.-х. наук, заведующему лабораторией ихтиологии Новосибирского филиала ФГБНУ «Госрыбцентр» В.Ф. Зайцеву (оз. Салтаим и Тенис) и А. А. Безбородову (оз. Инберень).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

1.1 Природно-климатические условия лесостепной зоны Омского Прииртышья

Климат характеризуется суровой продолжительной зимой, длительным залеганием снежного покрова, короткими переходными сезонами. По термическим условиям выделился 2012 г., когда среднегодовая температура воздуха была выше, чем в 2010 и 2011 гг. В межгодовой динамике осадков максимальное количество зарегистрировано в 2011 г., минимальное – в 2010 г.

1.2 Краткая физико-географическая характеристика обследованных озер

Салтаим и Тенис – остаточные-реликтовые озера древнеозерных равнин, соединенные между собой проливом шириной 2 км. Длина оз. Салтаим составляет 18 км, ширина около 12 км. Наибольшая длина оз. Тенис – 14 км, ширина около 8 км. Средняя глубина озер колеблется от 1,9 (Тенис) до 2,4 м (Салтаим). Площадь водного зеркала озера Салтаим – 147 км², озера Тенис – 118 км² (Зенюк, 1967).

По общей минерализации воды оз. Салтаим и Тенис относятся к пресным водоемам. Активная реакция воды – слабощелочная. Окисляемость воды

высокая (15-46 мг О/л), что связывают с заболоченностью водосбора (Зенюк, 1968).

Озеро Инберень расположено в древней пойме р. Иртыш и является водоемом старичного типа. Длина озера около 3 км, ширина – 300 м, средняя глубина – 2 м. Площадь водного зеркала – 1,14 км². Вода озера пресная. Установлено превышение ПДК по многим показателям: содержание магния, хлоридов, аммонийного азота, ХПК, жесткость воды, БПК₅.

1.3 История исследования фитопланктона озер юга Западной Сибири

На основании многочисленных литературных данных рассматривается степень изученности и основные закономерности формирования фитопланктона водоемов юга Западной Сибири с XVIII века по настоящее время.

Глава 2 Материалы и методы исследования

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

На озере Инберень наблюдения проводились ежемесячно с июня 2010 г. по август 2012 г. на шести станциях, равномерно расположенных по акватории. Пробы фитопланктона озер Тенис и Салтаим отбирали летом 2010-2012 гг., в период максимального развития фитопланктона (Руководство..., 1983). Пробы консервировали 40 % формалином, концентрировали осадочным методом. Всего собрано и обработано 186 количественных (Инберень – 137, Тенис – 26, Салтаим – 23) и 35 качественных (Инберень – 21, Тенис – 7, Салтаим – 7) проб фитопланктона.

Обработку проб осуществляли общепринятыми методами (Федоров, 1979; Методические рекомендации..., 1984; Методы изучения..., 2003). Подсчет количества клеток проводили в камере Горяева на световом микроскопе Микмед-1. Биомассу фитопланктона определяли стандартным счетно-объемным методом (Кольцова, 1970; Федоров, 1979).

Гидрохимическая характеристика озер проведена по классификации О. А. Алекина (1970). Класс и категорию качества воды, трофический статус озер определяли согласно комплексной экологической классификации качества поверхностных вод суши (Комплексная экологическая..., 1993).

Для идентификации диатомовых водорослей использовали постоянные препараты, всего обработано 50 постоянных препаратов. 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. В состав доминирующего комплекса включали виды, численность которых составляла не менее 10 % от общей численности фитопланктона (Корнева, 2009). При этом учитывали их частоту встречаемости, частоту и порядок доминирования. При анализе сходства

видового состава фитопланктона использовали коэффициент Чекановского-Сёренсена ($K_{ч-с}$) (Шмидт, 1980; Мэгарран, 1992). Для оценки качества воды рассчитывали индекс сапробности по Пантле и Букку (Шитиков и др., 2003) с использованием списка индикаторов (Макрушин, 1974; Индикаторы сапробности, 1977; Баринава и др., 2000, 2006). При оценке биоразнообразия фитопланктоценоза использовали индексы Маргалефа, Шеннона, Симпсона, Пиелу (Мэгарран, 1992). Для эколого-географической характеристики видов использовали сведения определителей и современные данные (Баринава и др., 2000, 2006).

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

Кривые Виллиса для фитопланктона оз. Тенис и Салтаим близки к гиперболе (рис.1), коэффициент сходства реального распределения (R^2) варьирует в пределах от 0,80 до 0,85, что говорит о достаточной полноте выявленного разнообразия фитопланктона этих озер.

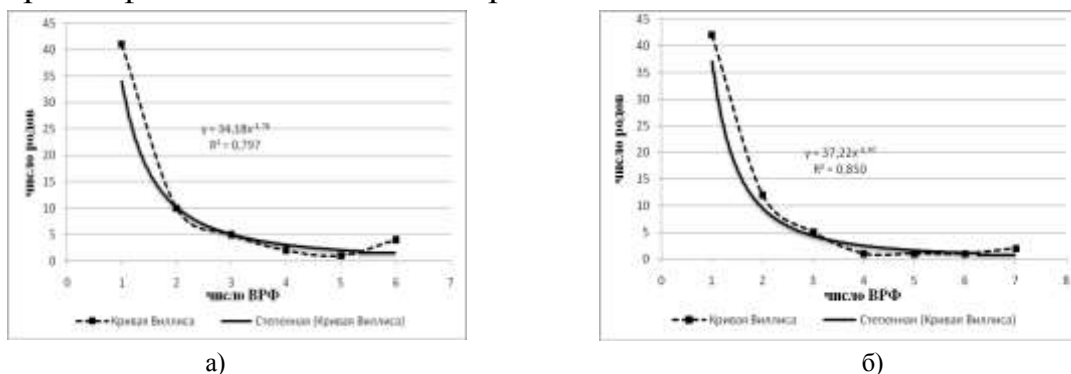


Рис. 1 – Зависимость Виллиса для фитопланктона озер: а) Салтаим, б) Тенис

В фитопланктоне оз. Салтаим идентифицировано 106 видов и 107 видовых и внутривидовых таксонов, 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 (рис. 2).

Основу видового богатства фитопланктона исследуемого водоема формируют отделы Chlorophyta и Cyanobacteria. Остальные отделы в таксономической структуре представлены небольшим числом ВРФ.

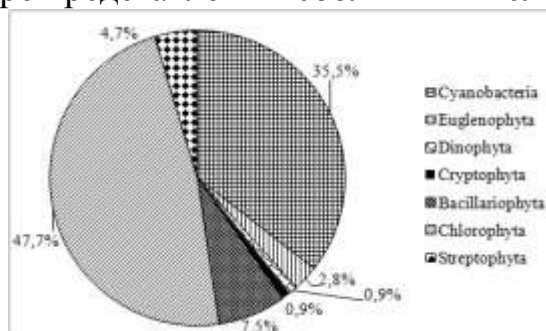


Рис. 2 – Таксономическая структура фитопланктона оз. Салтаим, 2010-2012 гг.

По таксономическому составу фитопланктон оз. Салтаим имеет цианобактериально-хлорофитный характер. На уровне классов, порядков, семейств и родов в его составе преобладают отделы Cyanobacteria и Chlorophyta.

3.1.2 Таксономический состав и структура фитопланктона озера Тенис

В фитопланктоне оз. Тенис идентифицировано 108 видов и 109 внутривидовых таксонов, 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 (рис. 3).

Таксономическая структура фитопланктона оз. Тенис имеет общие черты с фитопланктоном оз. Салтаим. Ведущее место в таксономической структуре фитопланктона оз. Тенис также принадлежит отделам Chlorophyta и Cyanobacteria. Фитопланктон водоемов имеет высокое флористическое сходство, значение коэффициента Чекановского-Серенсена составляет 0,79.

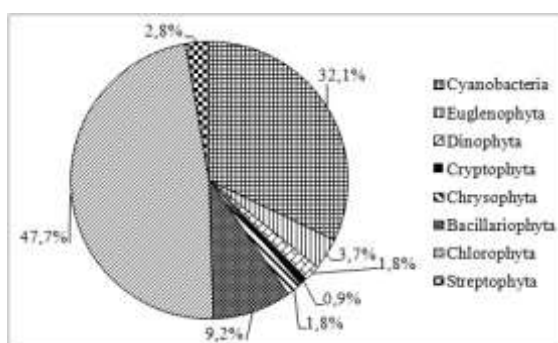


Рис. 3 –Таксономическая структура фитопланктона оз.Тенис, 2010-2012 гг.

Таксономическая структура фитопланктона оз. Салтаим и Тенис имеет общие закономерности распределения ранговых мест видов и ВРФ на уровнях классов, порядков, семейств и родов. Сравнение наших данных по фитопланктону озер с данными середины XX века (Зенюк, 1972) показало незначительные различия в видовом составе. Таксономическая структура фитопланктона сохранила свои основные черты. Сходный видовой состав и таксономическая структура, единый цианобактериально-хлорофитный характер фитопланктона озер позволяют рассматривать их как единую озерную систему Салтаим-Тенис.

3.1.3 Доминирующие комплексы фитопланктона озерной системы Салтаим-Тенис

Главным показателем для выделения доминантов в планктоне водоемов, подверженных эвтрофированию, является, как считает Т.М. Михеева (1992), численность. Критерием для установления доминирования принята относительная доля вида в формировании общей численности фитопланктона не менее 10 % (Корнева, 2009). Включение в состав доминантов всех видов, достигающих 10 % критерия, 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). Сочетание всех указанных критериев при выделении видов-доминантов позволяет более корректно составить список доминирующих видов. Виды, имеющие низкие значения частоты встречаемости ($pF1-20$) и частоты доминирования ($DF < 10$) при низких значениях порядка доминирования ($Dt < 10$) имеют случайный характер доминирования, и не включаются в доминирующий комплекс.

С учетом указанных критериев состав доминирующего комплекса фитопланктона озерной системы Салтаим-Тенис слагают четыре вида цианобактерий: *Lyngbya saltaimica* Skabitch., *Aphanocapsa holsatica* Lemm., *Chroococcus minimus* (Keissl.) Lemm., *Romeria* Koczw. ex Geitl. sp. Максимальные значения частоты и порядка доминирования характерны для *Lyngbya saltaimica* и *Aphanocapsa holsatica*, которые определяют характерный облик фитопланктона озерной системы Салтаим-Тенис.

Состав доминирующего комплекса полностью отражает как особенности фитопланктона, так и экологическое состояние этих реликтовых озер, находящихся в стадии «цветения» воды.

3.1.4 Эколого-географическая характеристика водорослей и цианобактерий

Эколого-географический анализ водорослей и цианобактерий озерной системы Салтаим-Тенис показал 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

Кривая Виллиса для фитопланктона озера Инберень близка к линии тренда (рис. 4), коэффициент сходства реального распределения (R^2) равен 0,92, что свидетельствует о достаточной изученности таксономического состава.

В фитопланктоне оз. Инберень найдено 209 видов и 216 видовых и внутривидовых таксонов, 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 (рис. 5).

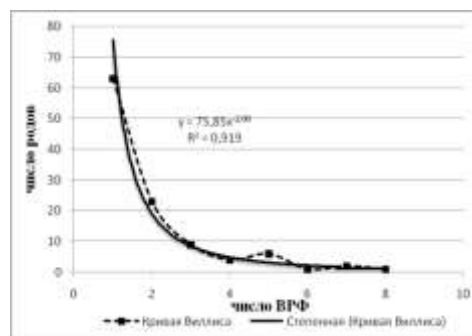


Рис. 4 – Зависимость Виллиса для фитопланктона озера Инберень

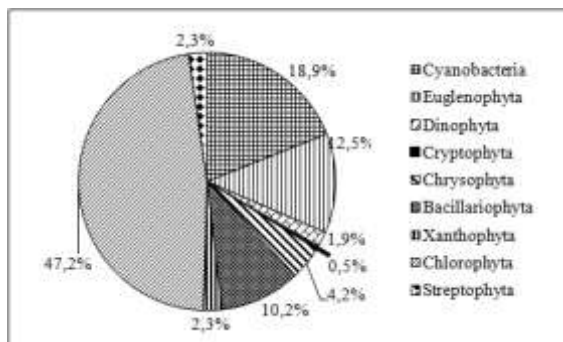


Рис. 5 – Таксономическая структура фитопланктона оз. Инберень, 2010-2012 гг.

Ведущее место в таксономической структуре фитопланктона озера занимает отдел Chlorophyta, значительная доля в сложении видового состава принадлежит цианобактериям. Отличительной чертой фитопланктона озера Инберень является присутствие в головной части на всех уровнях таксономического спектра эвгленовых водорослей, что свидетельствует о высоком уровне загрязнения водоема органическими веществами.

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

Видовой состав фитопланктона оз. Инберень и других обследованных озер существенно различается, значения $K_{ч-с}$ ниже среднего (0,43-0,48). Основными причинами этого являются различия в происхождении и морфометрии обследованных озер. Так, оз. Салтаим и Тенис являются крупными по площади реликтовыми озерами, а Инберень, согласно В.П. Иванову (Теоретические вопросы..., 1993) – очень малым старичным озером. Именно в старичных озерах Омского Прииртышья отмечено наиболее высокое видовое богатство фитопланктона (Баженова, Чуниховская, 2015 а, б).

3.3.2 Доминирующий комплекс фитопланктона

Комплекс видов, доминирующих на протяжении всех сезонов года составляют цианобактерии *Aphanocapsa holsatica*, *A. delicatissima* W. et G.S. West, *Merismopedia minima* Beck. Весной и осенью в состав доминирующего комплекса входит *Planktolyngbya limnetica* (Lemm.) Kom.-Legn. et Cronb., только зимой – *Monoraphidium griffithii* (Berk.) Kom.-Legn. Таким образом, в доминирующем комплексе фитопланктона озера Инберень отмечено преобладание цианобактерий, что является характерной чертой всех обследованных озер.

3.3.3 Эколого-географическая характеристика водорослей и цианобактерий

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

Максимальные показатели численности фитопланктона в оз. Инберень отмечаются в период наибольшего прогрева воды и связаны с интенсивной вегетацией цианобактерий. В динамике биомассы фитопланктона наиболее выражены летние и осенние пики, обусловленные развитием зеленых, диатомовых и эвгленовых водорослей (табл.1, рис. 6,7).

Таблица 1 – Численность и биомасса фитопланктона озера Инберень, 2010-2012 гг.

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

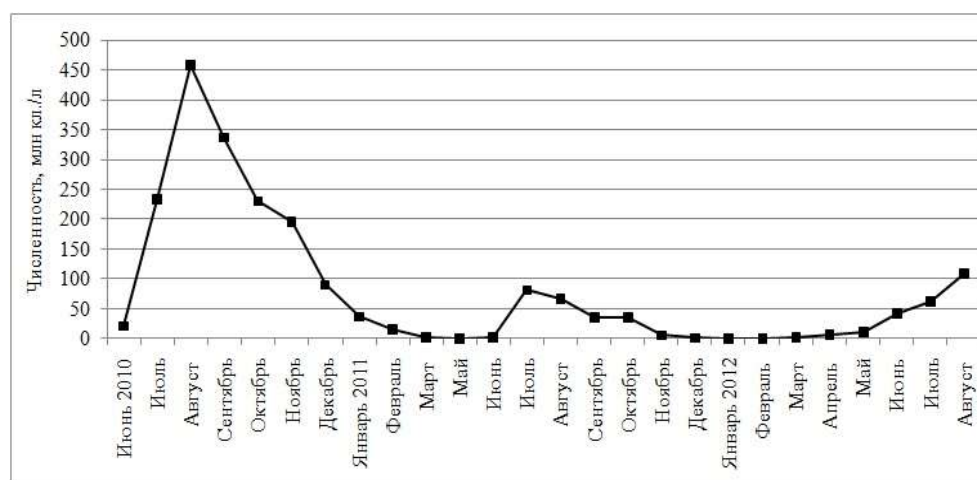


Рис. 6 – Сезонная и межгодовая динамика численности фитопланктона озера Инберень, 2010-2012 гг.

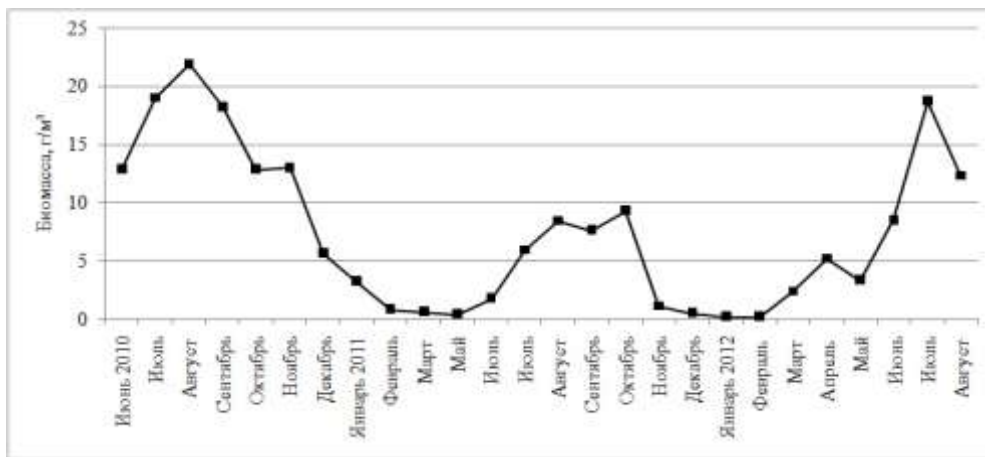


Рис. 7 – Сезонная и межгодовая динамика биомассы фитопланктона озера Инберень, 2010-2012 гг.

Обилие фитопланктона в озере возрастает от весны к осени, межгодовые колебания выражены весьма значительно. Высокими показателями обилия характеризуется лето 2010 г., низкими – 2011 г., что связано с разным количеством осадков в эти годы (рис. 8, 9).

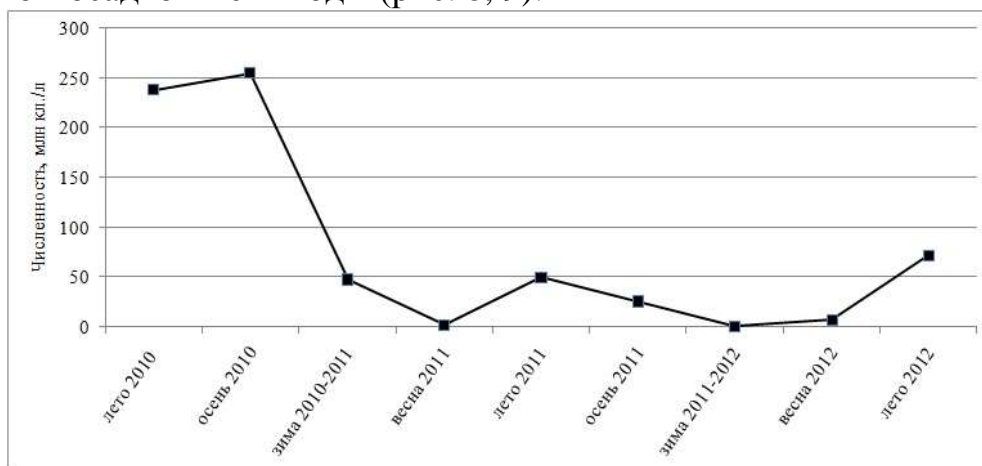


Рис. 8 – Межгодовая динамика численности фитопланктона озера Инберень, 2010-2012 гг.

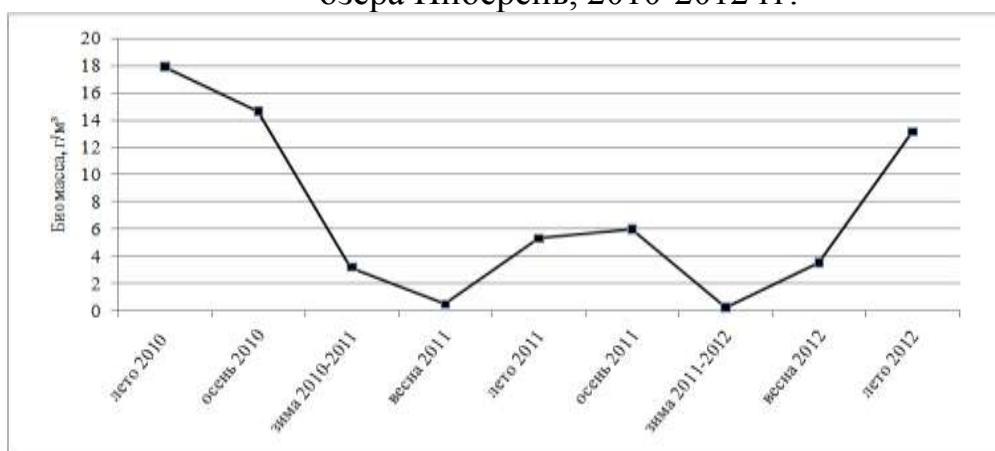


Рис. 9 – Межгодовая динамика биомассы фитопланктона озера Инберень, 2010-2012 гг.

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 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; Баженова, Кренц, 2012 в). Максимальные показатели обилия фитопланктона оз. Салтаим отмечены в августе 2010 г. (табл. 2).

Таблица 2 – Численность и биомасса летнего фитопланктона оз. Салтаим, 2010-2012 гг.

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

В оз. Тенис максимальная численность фитопланктона отмечена в августе 2010 г., а максимальная биомасса – в июне 2011 г., что связано с преобладанием в структуре фитопланктона диатомовых и зеленых водорослей (табл. 3).

Принципиальных отличий в структуре фитопланктона озер Салтаим и Тенис нет. Для этих озер характерно преобладание летом цианобактерий. Уровень развития фитопланктона в этих озерах одинаков.

Таблица 3 – Численность и биомасса летнего фитопланктона оз. Тенис, 2010-2012 гг.

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

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

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

Глава 5 Оценка экологического состояния обследованных озер

5.1 Сапробность воды

Озеро Инберень. В фитопланктоне озера большинство ВРФ с известной сапробиологической характеристикой относится к обитателям загрязненных и грязных вод (β , β - α , α - β , α , ρ , α - ρ), формирующих 46,1% от общего числа индикаторов сапробности. Виды с широкой степенью толерантности к содержанию органических веществ (χ - β , α - β , β - α и α - α) составляют 44%. Небольшую долю (13%) составляет группа видов-индикаторов чистых вод (χ , α , χ - α).

Озерная система Салтаим-Тенис. В фитопланктоне озерной системы большинство индикаторов сапробности (32,5% от общего числа видов с известной сапробиологической характеристикой) относится к β -мезосапробионтам. Около половины ВРФ (46,9%) приходится на долю обитателей переходных зон (α - β , β - α , α - α , χ - β) с широкой степенью толерантности к содержанию органических веществ, индикаторов чистых вод немного (14,4%).

Среднее значение индекса сапробности воды исследуемых озер колеблется от олигосапробной (Салтаим-Тенис) до β -мезосапробной зоны (Инберень) что говорит о разном уровне содержания органических веществ в водоемах. Большинство видов-индикаторов относятся в β -мезосапробионтам, а по систематической принадлежности – к отделу Chlorophyta, что отражает ведущее положение зеленых водорослей в таксономической структуре фитопланктона исследуемых водоемов.

5.2 Трофический статус и качество воды

Трофический статус оз. Инберень летом 2010 и 2012 гг. соответствовал политрофной категории вод. В 2011 г. наблюдается значительное уменьшение показателей биомассы фитопланктона, озеро в это время относится к эвтрофной категории. За период исследования класс качества воды в озере Инберень изменялся в широких пределах: от 2 класса «чистая» весной до 4 класса «загрязненная» летом и осенью.

Озерная система Салтаим-Тенис летом имеет высокий уровень трофности. Трофический статус оз. Салтаим соответствует эвтрофной и политрофной категории вод, оз. Тенис – политрофной. Воды озерной системы Салтаим-Тенис относятся к 4 классу качества воды «загрязненные».

Водоемы с высоким трофическим статусом легко переходят в категорию гипертрофных, их состояние необходимо отслеживать в биомониторинге (Экологическое состояние..., 2012).

5.3 Индексы биоразнообразия фитопланктона

Озеро Инберень. Индекс Маргалефа фитопланктона колеблется в пределах от 1,85 до 5,08, в среднем составляя $3,40 \pm 1,40$. Индекс Шеннона варьирует в пределах 1,68-2,63 бит./экз., в среднем составляя $2,14 \pm 0,48$ бит./экз. Индекс Пиелу колеблется в пределах 0,48-0,86, средняя величина составляет $0,63 \pm 0,14$. Индекс доминирования Симпсона колеблется в широких пределах от 0,08 до 0,86, в среднем составляя $0,24 \pm 0,08$.

Средние значения индексов Маргалефа (3,40) и Шеннона (2,14 бит./экз.) свидетельствуют о невысоком уровне разнообразия фитопланктоценоза оз. Инберень. Значительные колебания индексов Шеннона и Маргалефа в сезонном и межгодовом аспектах, а также их невысокие значения связаны с неустойчивым экологическим состоянием оз. 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 оз. Инберень.

Озерная система Салтаим-Тенис. Индекс Маргалефа колебался в пределах 1,69-3,59, в среднем составляя $2,54 \pm 0,37$, что значительно меньше, чем в оз. Инберень. Индекс Шеннона варьировал в небольших пределах 0,63-1,87 бит./экз., в среднем составляя $1,28 \pm 0,33$ бит./экз. Индекс Пиелу колебался в пределах 0,11-0,43, в среднем составляя $0,37 \pm 0,13$. Индекс доминирования Симпсона варьировал в пределах от 0,25 до 0,66, в среднем составляя $0,44 \pm 0,10$.

Низкие значения индексов Маргалефа, Шеннона и Пиелу связаны с летним «цветением» озерной системы Салтаим-Тенис цианобактериями, что подавляет развитие других видов и упрощает структуру фитопланктоценоза. Среднее значение индекса доминирования Симпсона говорит о высокой степени доминирования цианобактерий в фитопланктоценозе озерной системы.

Полученные значения индексов биоразнообразия фитопланктоценозов исследованных озер послужат в дальнейшем фоновыми данными при оценке их экологического состояния.

Заключение

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 рН 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 оз. 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/м³).

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/м³) и абсолютное доминирование цианобактерий.

5. По величине индекса сапробности исследованные озера относятся к β-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 озерной 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 оз. 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 в целом 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.

Список опубликованных работ по теме диссертации

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Баженова, О.П. Экологическое состояние и рекреационная ценность разнотипных озер Омской области / О.П. Баженова, А.А. Вахрушев, Л.В. Герман, **О.О. Кренц**, В.Е. Шаховал // Омский научный вестник. – 2012. – № 1 (108). – С. 213-216.

2. **Кренц О.О.** Фитопланктон и экологическое состояние озера Инберень (Омская область) / **О.О. Кренц**, О.П. Баженова, // Омский научный вестник. – 2013. – № 1 (118). – С. 160-163.

Другие публикации:

3. Баженова О.П. Chrysophyta водоемов и водотоков Омского Прииртышья (Россия) / О.П. Баженова, Н.Н. Барсукова, Л.В. Герман, И.Ю. Игошкина, О.А. Коновалова, **О.О. Кренц** // Альгология. – 2012. – Т. 22, № 3. – С. 286-295.

4. Баженова О.П. Суанорокарыота в планктоне рек и озер Омского Прииртышья (Россия) / О.П. Баженова, Н.Н. Барсукова, Л.В. Коржова, **О.О. Кренц** // Альгология. – 2014. – Т. 24, № 2. – С. 209-221.

5. Баженова О.П. Материалы к фитопланктону озерной системы Салтаим-Тенис (Омская область) / О.П. Баженова, **О.О. Кренц** // Водные экосистемы Сибири и перспективы их использования: материалы Всеросс. конф. с междунар. участием, посвященной 100-летию со дня рождения профессора, заслуженного деятеля науки РФ Б. Г. Иоганзена и 80-летию со дня основания каф. ихтиологии и гидробиологии ТГУ. – Томск, 2011. – С. 90-93.

6. Баженова, О.П. Цианопрокариоты из планктона водных объектов среднего Иртыша / О.П. Баженова, Н.Н. Барсукова, А.А. Вахрушев, Л.В. Герман, И.Ю. Игошкина, О.А. Коновалова, О.О. Кренц // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: сб. науч. статей по материалам X междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул: АРТИКА, 2011. – С. 13-15.

7. Баженова, О.П. Экологические проблемы озера Инберень и пути их решения / О.П. Баженова, **О.О. Кренц** // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность: материалы Всеросс. молодежной науч.-техн. конф. с междунар. участием. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. – С. 217-219.

8. Баженова О.П. К вопросу о рекреационных возможностях водоемов Омской области / О.П. Баженова, А.А. Вахрушев, Л.В. Герман, **О.О. Кренц**, В.Е. Шаховал // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 2012. – С. 183-185.

9. **Кренц, О.О.** Суанорокарыота 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.

10. Баженова, О.П. Фитопланктон и экологическое состояние озерной системы Салтаим-Тенис (Омская область) / О.П. Баженова, **О.О. Кренц** // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: материалы Всеросс. науч. конф. с междунар. участием. – Барнаул, 2012. – С. 39-42.

11. 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 междунар. науч. конф. альгологов. – Кострома, 2013. – С. 23.

12. 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 территориях: материалы Всеросс. науч. конф. с междунар. участием, посвященной 10-летию создания каф. ботаники и экологии растений и каф. микробиологии СурГУ. – Сургут: ИЦ СурГУ, 2015. – С. 11-12.