

На правах рукописи



Игошкина Ирина Юрьевна

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМА
ПРИРОДНОГО ПАРКА «ПТИЧЬЯ ГАВАНЬ» (г. ОМСК)
ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА**

03.02.08 – экология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Омск 2014

Диссертационная работа выполнена на кафедре экологии, биологии и природопользования ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
Баженова Ольга Прокопьевна

Официальные оппоненты: Романов Роман Евгеньевич, кандидат биологических наук, Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН, научный сотрудник лаборатории низших растений

Бондаренко Нина Александровна, доктор биологических наук, Лимнологический институт СО РАН, старший научный сотрудник лаборатории биологии водных беспозвоночных

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИВЭП ДВО РАН)

Защита состоится «___» _____ 2015 г. в ___ час. ___ мин. на заседании диссертационного совета ДМ 212.177.05 при ФГБОУ ВПО «Омский государственный педагогический университет» по адресу: 644099, г. Омск, наб. Тухачевского, 14.

Телефон/факс: (3812) 23-12-20, e-mail: kolpakova@omgpu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Омского государственного педагогического университета по адресу: г. Омск, наб. Тухачевского, 14 или по адресу: <http://www.omgpu.ru/dissertations/igoshkina-irina-yurevna>

Автореферат разослан «___» _____ 2014 г.
и размещен на сайте ВАК РФ www.vak.ed.gov.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета

Т. Ю. Колпакова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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

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

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

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

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

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

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

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Основу таксономического спектра фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» составляют зеленые, диатомовые и эвгленовые водоросли.

2. Водоем природного парка «Птичья гавань» относится к категории эвтрофных вод. В период открытой воды в водоеме наблюдается начальная стадия «цветения», которая в целом благоприятна для развития его экосистемы и не вызывается токсичными цианобактериями.

3. В результате проведенных мероприятий по реабилитации и реконструкции водоема природного парка «Птичья гавань» отмечено повышение качества воды и стабилизация процессов, направленных на самоочищение водоема.

Научная новизна. Впервые проведено систематическое исследование фитопланктона водоема ООПТ регионального значения «Природный парк «Птичья гавань» после его реконструкции. Дана оценка трофического статуса, и установлен класс качества вод. Составлен аннотированный список водорослей и цианобактерий, включающий 350 видов и 384 разновидности и формы, включая номенклатурный тип вида. Выявлены особенности сезонной и межгодовой динамики, определены доминирующие виды. Найдено 67 новых для Омского Прииртышья видов, разновидностей и форм водорослей и цианобактерий. Установлено повышение качества воды и стабилизация процессов, направленных на самоочищение водоема.

Теоретическая и практическая значимость работы. Работа выполнена в рамках госбюджетной темы НИР «Фитопланктон водоема природного парка «Птичья гавань» (г. Омск)» (№ госрегистрации 01200906880). Полученные результаты являются информационной и методической основой для организации и проведения биомониторинга водоема.

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

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

Апробация работы. Материалы, включенные в диссертацию, были представлены на Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современного водохозяйственного комплекса» (Омск, 2009); III Международной научно-практической конференции «Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона» (Омск, 2009); Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рожде-

ния профессора, заслуженного деятеля науки РФ Б.Г. Иоганзена и 80-летию со дня основания кафедры ихтиологии и гидробиологии (Томск, 2011); X Международной научно-практической конференции «Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии» (Барнаул, 2011); IV Международной научно-практической конференции «Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона» (Омск, 2012); конференции студентов и молодых ученых «Инновационные подходы природопользования» (Томск, 2013); V Международной научно-практической конференции «Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона» (Омск, 2014).

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

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

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

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность научному руководителю д-ру биол. наук, профессору О.П. Баженовой за поддержку на всех этапах выполнения диссертации, ценные советы по проведению исследований и анализу полученных данных. Автор благодарен д-ру биол. наук С.И. Генкалу (Институт биологии внутренних вод РАН) за консультации в определении центрических диатомей.

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

При анализе многочисленных литературных источников рассмотрены методы экологической оценки качества поверхностных вод с использованием показателей развития фитопланктона. Установлено, что благодаря высокой чувствительности фитопланктона к изменениям физико-химических свойств воды, а также краткому жизненному циклу, он активно используется в системе биомониторинга. Использование фитопланктона в качестве биоиндикатора экологического состояния водной среды дает возможность определить специфику водоема, его трофический статус, а также направление происходящих в водном объекте изменений. Всестороннее изучение фитопланктонного сообщества имеет большое значение для понимания закономерностей функционирования водной экосистемы.

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

2.1. Краткая история создания природного парка «Птичья гавань»

«Птичья гавань» – один из немногих природных парков России, находящийся в черте крупного города, особо охраняемая природная территория, наделенная статусом объекта регионального значения. История формирования его территории началась в 50-60-х годах XX века. При строительстве автомагистрали было перекрыто дамбой русло Замарайки, воды которой и образовали водоем.

К концу 1970-х годов на месте единого водоема сформировались три самостоятельных озера, которые постепенно заросли высшей водной растительностью. В 1979 г. решением Омского горисполкома эти водоемы были объявлены сначала заказником, а затем памятником природы. По предложению В.Р. Плюхина и Ф.И. Новикова ему дали название «Птичья гавань». Постепенно в центре г. Омска сформировался своеобразный природный оазис, богатый растительностью, животными и птицами (Памятная книжка, 2011).

Постановлением Главы администрации Омской области в 1994 г. в целях сохранения уникального природного комплекса, имеющего важное средообитающее и рекреационное значение, организован природный парк «Птичья гавань». Благодаря своей доступности парк является незаменимой естественной лабораторией, а также ценным экскурсионным объектом.

2.2. Природно-климатические условия территории и характеристика водоема

Природный парк «Птичья гавань» располагается в пойменной левобережной части г. Омска. Своеобразным ядром парка является его водоем, образованный в результате работ по реконструкции и дноуглублению. В 2009–2012 гг. площадь водного зеркала существенно не изменялась и колебалась в пределах 0,32–0,36 км². Максимальная глубина водоема достигает 2,4–2,7 м, средняя глубина – 1,6 м (Игошкина, Баженова, 2014).

В холодное время года на территории парка преобладают ветры юго-западного направления, летом – северо-западного. Наибольшее количество осадков выпадает в июле, наименьшее – в феврале. Сумма осадков за год составляет 300–350 мм. Продолжительность безморозного периода составляет 120–125 дней. Устойчивый снежный покров образуется в начале ноября и сохраняется 170–180 дней. Средняя июльская температура плюс 19,5 °С, средняя температура января минус 19 °С (Агроклиматический справочник., 1959; Атлас., 1999). Ледостав происходит в середине–конце ноября и может продолжаться более двух недель. Толщина льда к середине марта нарастает до 68–82 см.

Гидрохимический режим водоема формируется, главным образом, за счет поверхностного стока и атмосферных осадков и отличается нестабильностью. Значительное влияние на изменение показателей оказывает регулярная подкачка воды из Иртыша в летне-осенний период. По степени минерализации водоем относится к категории пресных вод. Зимой 2010 г. была за-

фиксирована максимальная минерализации $1392,9 \text{ мг/дм}^3$, тогда водоем относился к разряду солоноватых вод. Активная реакция водной среды щелочная, колеблется в диапазоне от 7,1 до 8,5. Прозрачность воды изменяется в широких пределах – от 33 до 198 см.

По классификации О.А. Алекина (1952) зимой 2010 г. водоем относился к классу сульфатных вод, группе кальция, солоноватым β -мезогалинным водам. Затем, с окончанием работ по дноуглублению, степень минерализации снизилась, и водоем перешел в группу пресных α - и β -олигогалинных вод. В период зимы 2010 г. и весны 2011 г. по ионному составу водоем относился к классу сульфатных вод, с лета 2011 г. класс вод изменился на гидрокарбонатный.

Нестабильность степени минерализации, ионного состава и других гидрохимических показателей объясняется тем, что исследования проводились после завершения основных мероприятий по дноуглублению и расчистке водоема и при регулярной подкачке воды из Иртыша. В настоящее время отмечено понижение содержания таких компонентов как кальций, азот нитратный, азот нитритный, азот аммонийный, хлориды, фосфор общий. По ряду показателей, ранее значительно превышавших ПДК (сульфаты, магний, БПК₅, ХПК), также зафиксировано снижение концентраций.

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

Природный парк «Птичья гавань» давно стал естественным полигоном для исследований омских биологов и экологов. В опубликованных работах дана подробная характеристика животного мира природного парка (Кассал, 2000а,б; 2003а,в; Жирнова, 2003; Попова, 2005; Соловьев, 2010), а также высшей растительности (Зарипов, Буданова, 2001; Зарипов, 2003; Самойлова, 2003; Свириденко, 2003). Описаны гидрологический и гидрохимический режимы объекта до реконструкции (Кассал, 2003б). Хорошо изучен в водоеме таксономический состав эвгленовых жгутиконосцев (Лихачев, 1997а, б, 1998; Широбоков, 2008; Лихачев, Широбоков, 2009).

Фитопланктон водоема до наших исследований систематически не изучался, имеются лишь краткие сведения о его составе и обилии летом 2008 г. (Баженова, Коновалова, 2009).

Глава 3. Материалы и методы исследований

Материалами для написания работы послужили результаты обработки проб фитопланктона, отобранных в водоеме природного парка «Птичья гавань» с декабря 2009 по ноябрь 2012 гг. Станции отбора проб равномерно расположены по акватории водоема (рис.1).

В зимний период отбор проб проводили один раз в месяц на станциях 1–5. В период открытой воды отбор проб проводили 1–2 раза в



Рис.1 – Схема расположения станций отбора проб в водоеме природного парка «Птичья гавань»

месяц на всех станциях. Количественные пробы фитопланктона объемом 0,5 л отбирали зачерпыванием из поверхностного слоя воды (0–0,2 м), одновременно проводили отбор качественных проб. Для фиксации использовали 40% формалин, концентрирование проб осуществляли осадочным методом. Всего отобрано и обработано 232 количественных и 21 качественная пробы фитопланктона.

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

Подсчет числа клеток проводили в камере Горяева в 2–3 повторностях на микроскопе Микмед-1. Одновременно измеряли размеры клеток обнаруженных видов. Биомассу фитопланктона рассчитывали общепринятым способом по объемам клеток.

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

Определение видов диатомовых водорослей проводили на постоянных препаратах с использованием масляной иммерсии при увеличении X1350. Для более точного определения видового состава диатомей проводили исследование морфологии их створок на сканирующем электронном микроскопе Hitachi S3400N в лаборатории водной экологии Института водных и экологических проблем СО РАН (г. Барнаул). Определение центрических диатомовых водорослей осуществляли при консультации д.б.н. С. И. Генкала (Институт биологии внутренних вод РАН). Всего обработано 32 постоянных препарата и 147 электронных фотографий створок диатомовых водорослей.

Идентификацию видов проводили с помощью современных отечественных и зарубежных определителей, монографий, научных статей и сводок систематического характера.

Фотографии поверхности симбиотических сообществ инфузорий и водорослей были получены с помощью цифровой камеры Levenhuk C1400 NG при работе на микроскопе EulerProfessor 770T.

Для эколого-географической характеристики видов были использованы сведения, указанные в определителях и современные данные (Хурсевич, 1976; Трифонова, 1979; Генкал, Корнева, 1990; Генкал, Вехов, 2007; Генкал, Трифонова, 2009; Баринова и др., 1996, 2006). Доминирование видов определяли по их численности. В число доминантов включали виды, суммарная численность которых составляла не менее 10 % общей численности фитопланктона (Корнева, 2009). При флористическом анализе применяли коэффициенты общности видового состава Чекановского-Серенсена ($K_{с-ч}$) и Жаккара (K_j) (Шмидт, 1980). При оценке биологического разнообразия фитопланктоценоза водоема природного парка «Птичья Гавань» использовали индексы Маргалефа, Шеннона, Симпсона и индекс выравненности Пиелу.

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

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

Глава 4. Фитопланктон водоема природного парка «Птичья гавань»

4.1. Таксономический состав и структура фитопланктона

Таксономический спектр фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» весьма разнообразен, его составляют 9 отделов, 14 классов, 24 порядка, 60 семейств, 172 рода, 350 видов и 384 разновидности и формы, включая номенклатурный тип вида (рис.2, табл. 1).

В фитопланктоне водоема идентифицировано 67 новых для Омского Прииртышья видов, разновидностей и форм (ВРФ) водорослей и цианобактерий, в том числе: цианобактерий – 5, золотистых – 3, эвгленовых – 16, динофитовых – 6, криптофитовых – 1, диатомовых – 13, желтозеленых – 2, зеленых – 13, стрептофитовых – 8.

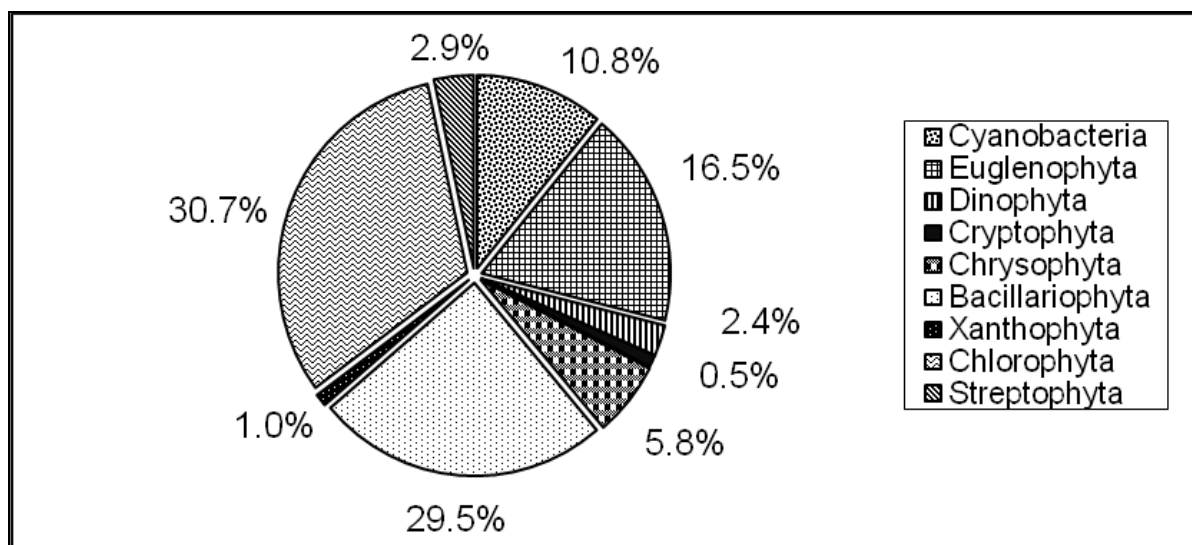


Рис. 2 – Таксономический состав фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань»

Наибольшее видовое богатство присуще зеленым, диатомовым и эвгленовым водорослям, в совокупности составляющим 74,74 % идентифицированных ВРФ. По таксономическому составу фитопланктон водоема природного парка «Птичья гавань» имеет диатомово-хлорофитовый характер со значительным участием эвгленовых водорослей.

Таблица 1 – Таксономический спектр, пропорции флоры и родовая насыщенность фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань»

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

4.2. Доминирующий комплекс фитопланктона

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

К доминантам относится 14,58 % от общего количества идентифицированных ВРФ, в их составе преобладают виды отдела Chlorophyta, доля которых составляет 44,64 %. Состав доминирующего комплекса фитопланктона Птичьей гавани существенно отличается как в сезонном, так и в межгодовом аспектах, для него характерны следующие черты:

- полидоминантность;
- преобладание мелкоклеточных водорослей и цианобактерий;
- отсутствие ведущих видов и их сочетаний в сезонной и межгодовой сукцессиях;
- присутствие значительного количества видов, способных к миксотрофному или гетеротрофному питанию.

Полидоминантность видового состава доминирующего комплекса фитопланктонного сообщества на фоне преобладания мелкоклеточных форм водорослей и цианобактерий, выявленная в фитопланктоне Птичьей гавани, особенно характерна для эвтрофированных водоемов. Как известно, с возрастанием степени эвтрофирования вод, увеличивается роль в сообществе видов, способных к миксотрофному или гетеротрофному питанию (Охапкин,

2000; Баженова, 2005; Корнева, 2009; Барсукова, 2011). Отсутствие ведущих видов и их сочетаний в доминирующем комплексе наглядно демонстрирует отклик фитопланктонного сообщества на проведенные работы по реконструкции водоема. Активная перестройка доминирующего сообщества в сезонном и межгодовом аспектах отражает процесс его адаптации к недавно сложившимся условиям.

4.3. Эколого-географическая характеристика водорослей и цианобактерий

В фитопланктоне водоема природного парка «Птичья гавань» найдены виды из различных эколого-географических групп. По географической приуроченности преобладают космополиты, по отношению к местообитанию – бентосные и планктонно-бентосные виды, по отношению к солености и pH воды – индифференты. Эколого-географический состав водорослей и цианобактерий отражает сложившиеся в водоеме условия: морфометрические и гидрохимические характеристики, трофический уровень, зарастаемость высшей водной растительностью и пр.

4.4. Сезонная и межгодовая динамика фитопланктона

Динамики численности и биомассы фитопланктона водоема природного парка в сезонном и межгодовом аспектах имеют существенные отличия, что обусловлено различиями в размерах клеток доминирующих видов. Пики численности фитопланктона наблюдаются летом, в период максимальных температур воздуха и воды (рис. 3), а наивысшие пики биомассы соответствуют началу прогревания воды весной (рис. 4). Внутригодовые изменения как численности, так и биомассы фитопланктона имеют сходный характер, отличаясь в разные годы, преимущественно, амплитудой колебания.

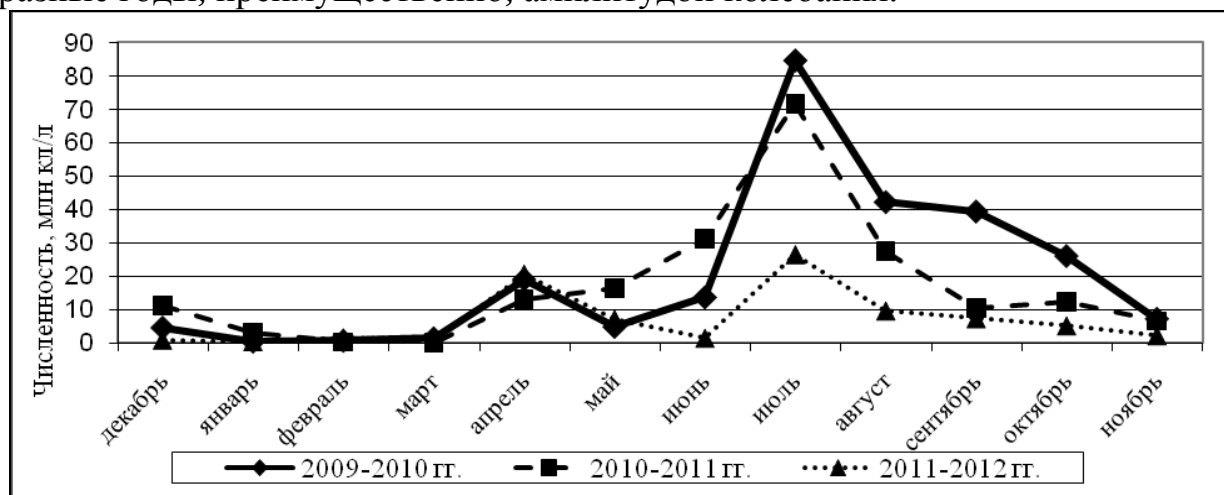


Рис. 3 – Сезонная и межгодовая динамика численности фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань», 2009–2012 гг.

Роль различных отделов водорослей в формировании структуры фитопланктоценоза водоема достаточно сложна и существенно изменяется по сезонам и годам. Весенние пики численности обусловлены преимущественным развитием различных отделов и групп фитопланктона – зеленых и золотистых водорослей, не идентифицированных фитофлагеллят и даже цианобактерий (весна 2011 г.) В отличие от большинства водных объектов Омского

Прииртышья (Баженова и др., 2010; Барсукова, 2012) весенняя вспышка численности диатомовых водорослей в Птичьей гавани не отмечается.

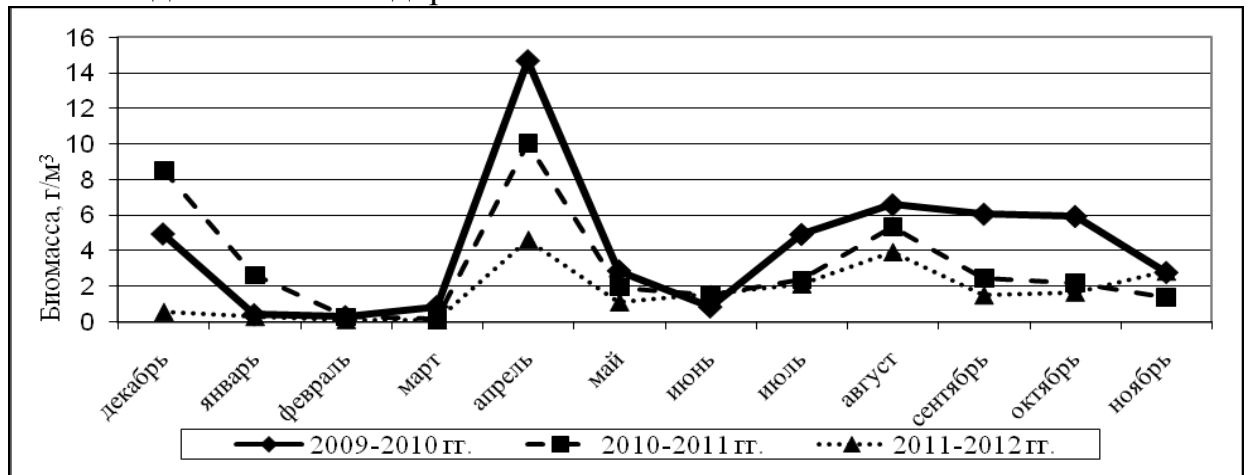


Рис. 4 – Сезонная и межгодовая динамика биомассы фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань», 2009–2012 гг.

Летние пики численности фитопланктона вызваны интенсивной вегетацией мелкоклеточных цианобактерий *Aphanocapsa incerta* (Lemm.) Cronb. et Kom. (до 182,10 млн кл./л), *Chroococcus minor* (Kütz.) Näg. (до 25,35 млн кл./л), *Ch. minimus* (Keissl.) Lemm., *Merismopedia glauca* (Ehr.) Kütz., *M. tenuissima* Lemm. и др.

Из-за мелкоклеточности доминирующих в летне-осенний период цианобактерий динамика биомассы фитопланктона существенно отличается от динамики его численности. Максимальные значения биомассы отмечаются весной и в конце лета (рис. 4). Основную долю биомассы весеннего фитопланктона формируют эвгленовые и зеленые, а в 2012 г. – золотистые водоросли. Осенью основной вклад в биомассу вносят эвгленовые, золотистые и динофитовые водоросли.

За период исследований в водоеме природного парка «Птичья гавань» установлено значительное снижение значений численности (рис. 5) и биомассы (рис. 6) фитопланктона, подтверждающееся устойчивыми нисходящими трендами в межгодовой динамике этих показателей.

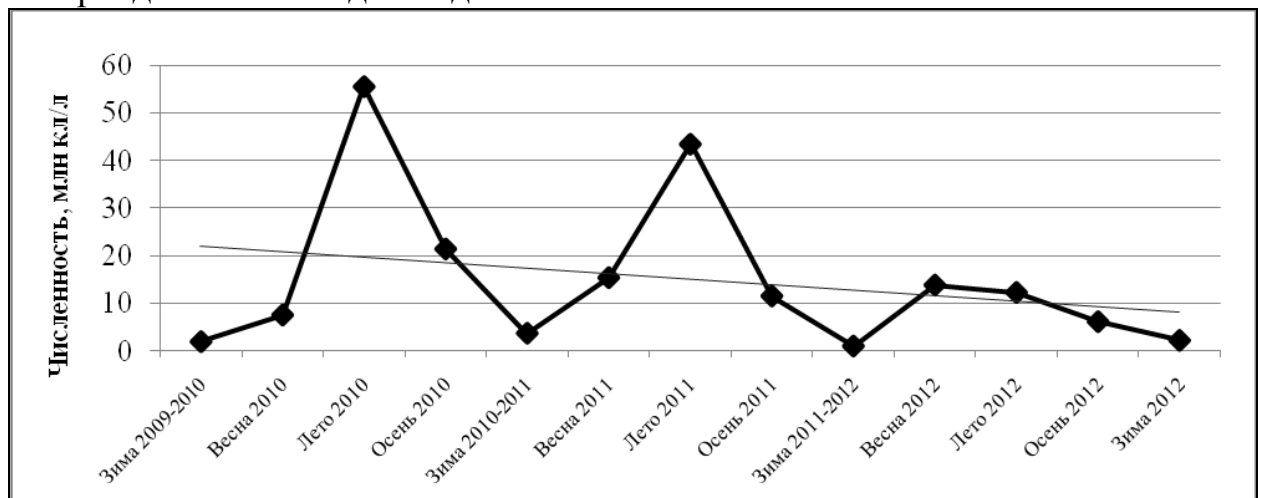


Рис.5 – Межгодовая динамика численности фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань», 2009–2012 гг.

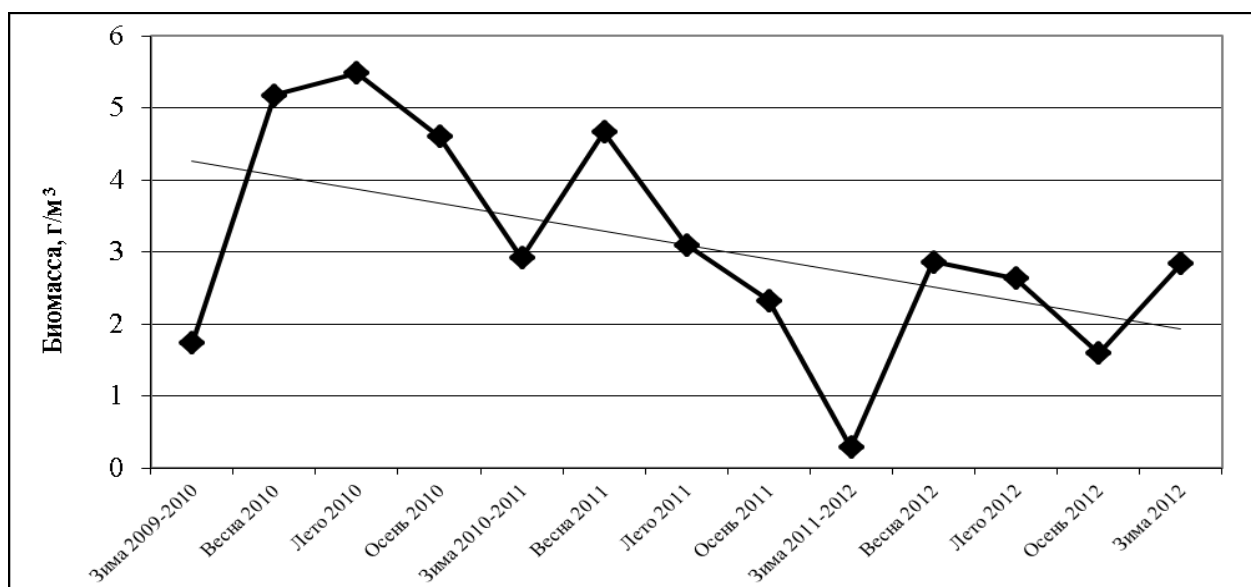


Рис.6 – Межгодовая динамика биомассы фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань», 2009–2012 гг.

В целом для сезонной и межгодовой динамики фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» характерны следующие особенности:

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

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

4.5. Симбиотические сообщества водорослей, цианобактерий и инфузорий

Весной 2010 г. в северной части водоема были обнаружены симбиотические сообщества, сформированные инфузориями *Ophrydium versatile* Müller (Protozoa, *Ciliophora*, *Peritrichida*), водорослями и цианобактериями.

Свободноплавающие симбиоценозы имели шаровидную форму диаметром 1–3 см. Прикрепленные экземпляры были неправильной вытянуто-овальной формы, шириной 3–5 см, длиной от 4–6 до 15–17 см (Игошкина, Баженова, 2011). Единственным эндосимбионтом инфузорий являлась *Chlorella vulgaris* Beijer.

В структуре симбиоценозов выделяются три разнородных слоя. Верхний слой представлен четырех-шестиугольной сеткой из минеральных включений, в каждой ячейке которой располагается инфузория. В слизистом меш-

ке, образуемом инфузориями, обитают различные водоросли и цианобактерии, среди которых доминирует *Geitlerinema tenue* (Anissim.) Anagn. Распределение водорослей и цианобактерий в слизи неравномерно. Наибольшее видовое богатство продуцентов отмечается в центральной части сообщества, где находится небольшое количество субстрата, к которому прикреплены бентические водоросли и водоросли-обрастатели, вероятно, обитавшие здесь до формирования симбиоценоза.

В составе симбиоценозов идентифицировано 35 ВРФ водорослей и цианобактерий, в том числе: Cyanobacteria – 6, Euglenophyta – 1, Chrysophyta – 6, Bacillariophyta – 4, Chlorophyta – 18.

Формирование водорослевого компонента симбиоценозов происходило из видов, первоначально представленных в фитопланктоне. Состав симбиоценозов наполовину (18 ВРФ из 35) представлен видами, обилие которых в планктоне не превышает 10–100 тыс. кл./л. Значительную долю среди симбионтов составляют космополиты (19 ВРФ) и β -мезосапробионты (11 ВРФ), но эта закономерность характерна и для фитопланктона водоема.

Коэффициент Чекановского-Серенсена между доминирующим комплексом фитопланктона водоема и видовым составом водорослей и цианобактерий, входящих в симбиоценоз, низкий (0,13). Очевидно, что состав продуцентов, входящих в симбиоценоз с *Ophrydium versatile*, формируется путем отбора наиболее приспособленных к специфическим условиям видов, независимо от их численности в составе фитопланктона водоема в момент образования сообщества.

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

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

Величина индекса Маргалефа для фитопланктона водоема природного парка «Птичьа гавань» колеблется в значительных пределах – от 1,00 до 3,75, отражая динамические изменения в структуре фитопланктоценоза, а также демонстрируя реакцию сообщества на проведение реконструкции. В среднем индекс Маргалефа для фитопланктоценоза водоема в период проведения исследования был равен $2,76 \pm 1,55$.

Значение индекса Шеннона колеблется в диапазоне от 1,11 до 2,45, среднее за период исследования – $1,73 \pm 0,66$.

Индекс выравненности Пиелу в период исследований колеблется в пределах 0,37–0,75 и снижается при абсолютном доминировании одного или нескольких видов. В среднем индекс Пиелу составляет $0,56 \pm 0,20$. Высокий индекс Пиелу подтверждает полидоминантность доминирующего комплекса фитопланктона водоема Птичьей гавани в осенне-весенний период и указывает на наличие небольшого числа видов-доминантов в летние месяцы.

Индекс Симпсона колеблется в пределах от 0,19 до 0,52, в среднем за период исследований, составляя $0,36 \pm 0,29$. Максимальных значений индекс достигает летом и зимой, на фоне доминирования в сообществе одного вида.

Высокие значения индексов видового разнообразия и выравненности для фитопланктона водоема природного парка «Птичья гавань» указывают на сложность его структуры и высокое биоразнообразие. Сезонная динамика индексов демонстрирует отклик сообщества на природно-климатические и антропогенные изменения условий среды. При проведении биомониторинга водоема природного парка «Птичья гавань» и оценке направления изменений его экологического состояния, полученные показатели индексов биоразнообразия фитопланктоценоза должны учитываться как фоновые.

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

6.1. Сапробность воды

В составе фитопланктона водоема Птичьей гавани найдено 233 ВРФ, являющихся индикаторами сапробности, что составляет 60,68 % от общего таксономического списка и позволяет корректно провести сапробиологический анализ.

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

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

6.2. Трофический статус водоема и качество воды

Биомасса фитопланктона в период исследований колебалась в широких пределах. В период открытой воды ее значения изменялись в пределах от 1,60 до 5,49 г/м³, в это время по своему трофическому статусу водоем относился преимущественно к категории эвтрофных вод. Лишь осенью 2012 г. было отмечено снижение категории трофности до мезотрофной. Качество

воды изменялось от 4 класса «загрязненная» в 2010 г. до 3 класса «удовлетворительной чистоты» в 2011–2012 гг. (табл. 2).

Таблица 2 – Биомасса фитопланктона, качество воды и категория трофности водоема природного парка «Птичья гавань», 2009–2012 гг.

Сезон	Биомасса, г/м ³	Класс качества воды	Категория трофности
Зима 2009–2010 гг.	1,74±1,82	3 – удовл. чистоты	мезотрофная
Весна 2010 г.	5,18±5,42	4 – загрязненная	эвтрофная
Лето 2010 г.	5,49±2,78	4 – загрязненная	эвтрофная
Осень 2010 г.	4,61±1,67	3 – удовл. чистоты	эвтрофная
Зима 2010–2011 гг.	2,93±3,23	3 – удовл. чистоты	эвтрофная
Весна 2011 г.	4,67±3,64	3 – удовл. чистоты	эвтрофная
Лето 2011 г.	3,10±1,74	3 – удовл. чистоты	эвтрофная
Осень 2011 г.	2,33±0,72	3 – удовл. чистоты	эвтрофная
Зима 2011–2012 гг.	0,29±0,20	2 – чистая	олиготрофная
Весна 2012 г.	2,87±1,74	3 – удовл. чистоты	эвтрофная
Лето 2012 г.	2,64±1,87	3 – удовл. чистоты	эвтрофная
Осень 2012 г.	1,60±0,29	3 – удовл. чистоты	мезотрофная
Зима 2012 г.	2,84±1,23	3 – удовл. чистоты	эвтрофная

По показателю биомассы фитопланктона вода в Птичьей гавани соответствует начальной стадии «цветения», которая в целом благоприятна для развития экосистемы водоема, если не вызывается токсичными цианобактериями (Комплексная экологическая..., 1993).

В период с 2009 по 2012 гг. в водоеме наблюдалась устойчивая тенденция к снижению показателей численности и биомассы фитопланктона до уровня, способствующего самоочищению водоема.

Выводы

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

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

3. Преобладание в составе фитопланктона видов-индикаторов загрязненных и грязных зон (48,93 % от общего количества индикаторов) свиде-

тельствует о высоком уровне загрязнения водоема органическими веществами, а значительное количество видов с широкой толерантностью к органическому загрязнению (30,04 %) – о высоком потенциале самоочищающей способности водоема.

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

4. Максимальные значения индексов видового разнообразия (Маргалефа – 3,75, Шеннона – 2,45) и выравненности Пиелу (0,75) указывают на сложность структуры и высокое биоразнообразие фитопланктонного сообщества, а их сезонная динамика демонстрирует отклик фитопланктоценоза на природно-климатические и антропогенные изменения условий среды.

5. В период открытой воды по своему трофическому статусу водоем преимущественно относился к эвтрофной категории. По показателю биомассы фитопланктона ($1,60$ – $5,49$ г/м³) в период открытой воды в водоеме наблюдается начальная стадия «цветения», которая в целом благоприятна для развития его экосистемы, поскольку не вызывается токсичными цианобактериями.

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

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

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

2. Баженова, О. П. Оценка экологического состояния водоема природного парка Птичья гавань (г. Омск) по показателям развития фитопланктона [Текст] / О. П. Баженова, И. Ю. Игошкина // Омский научный вестник. – 2014. – № 1 (128). – С. 136–139.

3. Игошкина, И. Ю. Видовой состав и структура фитопланктона водоема природного парка Птичья гавань (г. Омск) [Текст] / И. Ю. Игошкина // Омский научный вестник. – 2014. – № 1 (128). – С. 182–185.

Монографии:

4. Баженова, О.П. Фитопланктон и экологическое состояние водоема природного парка «Птичья гавань» (г. Омск) [Текст] / О.П. Баженова, **И.Ю. Игошкина** // – Омск: Изд-во «Вариант-Омск», 2014. – 160 с.

В международных журналах:

5. Баженова, О. П. Chrysophyta водоемов и водотоков Омского Прииртышья (Россия) [Текст] / О. П. Баженова, Н. Н. Барсукова, **И. Ю. Игошкина** [и др.] // Альгология. – 2012. – № 3. С. 286–295.

В других изданиях:

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

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

8. Баженова, О. П. Цианопрокариоты из планктона водных объектов Среднего Иртыша [Текст] / О. П. Баженова, Н. Н. Барсукова, **И. Ю. Игошкина** [и др.] // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: Сборник науч. статей по материалам X междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул: АРТИКА, 2011. – С. 13–15.

9. **Игошкина, И. Ю.** Диатомовые водоросли водоема природного парка «Птичья гавань» [Текст] / И. Ю. Игошкина, О. П. Баженова // Экол.-эконом. эффективность природопользования на соврем. этапе развития Зап.-Сиб. региона: материалы IV междунар. науч.-практ. конф. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 2012. – С. 219–221.

10. **Игошкина, И. Ю.** Фитопланктон водоема природного парка «Птичья гавань» (г. Омск) [Электронный ресурс] / И. Ю. Игошкина // Томский межрегиональный форум «Экология – XXI век». Конф. «Инновационные подходы природопользования». – Томск, 2013. – С. 25–26.