

На правах рукописи



МОТЫЛЬКОВА Ирина Викторовна

**ФИТОПЛАНКТОН ОЗЕР ЛАГУННОГО ТИПА
ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА САХАЛИН**

Специальность 1.5.16 – Гидробиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Южно-Сахалинск – 2022

Работа выполнена в Сахалинском филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО») («СахНИРО»)

Научный руководитель:

Корнева Людмила Генриховна,

доктор биологических наук, доцент, ФГБНУ Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, заведующая лабораторией альгологии

Официальные оппоненты:

Охупкин Александр Геннадьевич,

профессор, доктор биологических наук, заведующий кафедрой ботаники и зоологии Института биологии и биомедицины Нижегородского Национального Государственного университета им. Н.И. Лобачевского

Радченко Ирина Георгиевна,

кандидат биологических наук, доцент кафедры общей экологии и гидробиологии Биологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток


Защита состоится «15» ноября 2022 г. в 12:00 часов на заседании диссертационного совета 37.1.001.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО») по адресу: г Москва, 105187, Окружной проезд, 19.

Телефон: +7(985) 987-76-18, электронный адрес: ovilk@mail.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБНУ «ВНИРО» по адресу: <http://www.vniro.ru/files/>

Автореферат разослан «__» _____ 2022 года.

Ученый секретарь
диссертационного совет,
кандидат географических наук



Вилкова Ольга Юрьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Фитопланктон как продуцент автотонного органического вещества является начальным звеном пищевых цепей в водных экосистемах. Ему, как важному биологическому компоненту, от состава и количественных показателей которого зависит развитие гидробионтов последующих трофических уровней, отводится определяющая роль в формировании структуры и функционировании экосистем в водной среде. Являясь чувствительным индикатором изменения абиотических факторов и степени антропогенного воздействия, фитопланктон может использоваться в качестве важного объекта исследований при оценке экологического состояния водоемов, среди которых особый интерес ученых вызывают прибрежные озера и лагуны. Специфика таких водоемов заключается в их мелководности, защищенности от волнового воздействия открытого моря, своеобразии видового состава флоры и фауны в условиях влияния как морских, так и наземных процессов (Бровко, 1990; Лагуны..., 2002; Лабай, 2018; Oertel, 2005). На территории о. Сахалин подобных водоемов достаточно много (Сахалинская область..., 1994). Наиболее крупными из них в юго-восточной части о. Сахалин являются оз. Тунайча, Вавайские озера, Чибисанские озера, лаг. Буссе, оз. Изменчивое, оз. Птичье. Все они принадлежат к группе лагунных озер морских побережий (Микишин, Гвоздева, 1996), имеют разную степень связи с морем, переживают разные стадии геоморфологического развития и характеризуются, соответственно, разной степенью опреснения. Эти акватории имеют важное рекреационно-оздоровительное и промысловое значение (Бровко, 1990; Бровко и др., 2002; Сафронов, Никифоров, 2003; Сафронов и др., 2005; Гудков, Заварзина, 2006; Лабай и др., 2014; Лабай и др., 2016), используются в развитии пастбищного воспроизводства лососей и марикультуры (Бровко и др., 2002; Ефанов, Калганова, 2014; Ефанов и др., 2016; Чернышова, Прохорова, 2018). В последнее время отмечается усиление антропогенного воздействия на лагунные озера. В целях предотвращения экологического дисбаланса необходимы всесторонние комплексные исследования. Фитопланктон лагунных озер юго-восточного Сахалина изучен недостаточно. Поэтому сведения о его структурных и количественных характеристиках на современном этапе важны и актуальны.

Цель исследования: изучить закономерности формирования фитопланктона лагунных озер юго-восточной части о. Сахалин, различающихся морфологическим строением и гидрологическим режимом.

Задачи исследования:

1. Исследовать видовой состав, провести анализ таксономической структуры и эколого-географических характеристик фитопланктона озер Вавайско-Чибисанской системы, оз. Тунайча, оз. Изменчивое, оз. Птичье, лаг. Буссе.
2. Изучить сезонную, межгодовую динамику и пространственное распределение фитопланктона в зависимости от гидрологического режима лагунных озер юго-восточной части о. Сахалин.
3. Выявить сходство и различие в структуре фитопланктонных комплексов лагунных водоемов разных типов.

4. Оценить влияние различных природных и антропогенных факторов на фитопланктон разнотипных лагунных озер.

Научная новизна и теоретическая значимость. Впервые для лагунных озер юго-восточного Сахалина обобщены сведения по видовому составу фитопланктона, проанализирована таксономическая и эколого-географическая структуры фитопланктона, расширены данные о видовом составе альгофлоры о. Сахалин. Обнаружено 352 новых для острова Сахалин вида и внутривидовых таксона микроводорослей и цианобактерий. Впервые получены сведения о сезонной и межгодовой динамике, распределении количественных показателей фитопланктона, выяснены особенности сезонной динамики, определены доминирующие виды для лагунных озер юго-восточной части о. Сахалин, описаны изменения, происходящие в фитопланктоне под воздействием природных и антропогенных факторов.

Полученные результаты вносят существенный вклад в развитие представлений о пространственно-временной динамике структурных характеристик фитопланктона разнотипных лагунных озер в условиях влияния различных факторов среды.

Практическая значимость работы. Полученные результаты послужат основой для проведения гидробиологических работ по оценке экологического состояния, продуктивности, биоразнообразия водоемов Сахалинской области, каталогизации их альгофлор. Результаты исследования могут быть использованы для прогнозирования изменений качества вод, разработки рекомендаций, направленных на практические мероприятия по охране водоемов от воздействия антропогенных факторов.

Защищаемые положения:

1. Альгофлора планктона лагунных озер юго-восточного Сахалина отличается наибольшим видовым богатством диатомовых водорослей, что характерно для прибрежных вод арктической и бореальной зон.

2. Состав и структурные характеристики фитопланктона лагунных озер юго-восточного Сахалина определяются уровнем солености, периодичностью связи с морем, гидрологическим режимом и морфологией водоема.

3. Изменения фитопланктона, связанные с воздействием естественных и антропогенных факторов, проявляются в снижении его видового разнообразия, увеличении численности мелкоразмерных видов, массовом развитии вредоносных и потенциально-токсичных микроводорослей.

Апробация работы. Основные результаты работы представлены на Четениях памяти профессора Владимира Яковлевича Леванидова в г. Владивосток (2003 г., 2008 г.), Всероссийской научно-практической конференции с международным участием в г. Киров (2010 г.), межвузовской научно-практической конференции в г. Южно-Сахалинск (2009 г.), международных конференциях в г. Момбецу, Япония (2006 г.), г. Астрахань (2009 г.), г. Южно-Сахалинск (2011 г.), г. Кострома (2013 г.).

Публикации. Основные результаты проведенных научных исследований отражены в 21 работе, 4 из них – в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК РФ, 3 – главы в коллективных монографиях.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы и трех приложений, изложена на 240 страницах,

иллюстрирована 43 рисунками и 38 таблицами. Список литературы включает 240 наименований, из которых 52 на иностранных языках. Приложение содержит 72 страницы.

Личный вклад соискателя. Автор непосредственно участвовала в подготовке проб к микрокопированию и их камеральной обработке, в интерпретации, анализе, обобщении полученных результатов и сопоставлении их с литературными и архивными данными.

Благодарности. Автор выражает благодарность к.б.н. А.Д. Саматову за организацию исследований лагунных водоемов о. Сахалин, всем участникам экспедиций за отбор проб. Искренне признательна д.б.н. В.С. Лабаю за советы, многолетнюю поддержку и неоценимую помощь при анализе полученных данных, своему научному руководителю д.б.н. Л.Г. Корневой за научные консультации и ценные замечания. Глубоко благодарна коллегам: к.б.н. Н.В. Евсеевой за внимательное отношение, всестороннюю поддержку, критические замечания и ценные рекомендации, д.б.н. Н.В. Колпакову, Е.В. Абрамовой, Л.А. Живоглядовой за справедливые замечания при предварительном ознакомлении с текстом рукописи, Н.В. Коноваловой, Т.А. Могильниковой за помощь в обработке материала, д.б.н. С.И. Генкалу за определение центральных диагомных водорослей, к.б.н. М.С. Селиной и к.б.н. О.Г. Шевченко за идентификацию двух видов из оз. Тунайча.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Данная глава содержит три подраздела, в которых рассматриваются физико-географические и гидролого-гидрохимические особенности исследуемых водоемов: отчлененных от моря пресноводных озер Вавайско-Чибисанской системы (далее ВЧС), включающей Чибисанские и Вавайские озера, закрытого олигогалинного меромиктического озера (Тунайча) и полужакрытых морских лагун (оз. Изменчивое, оз. Птичь и лаг. Буссе) (рис. 1). Ниже представлены их основные геоморфологические и гидрологические характеристики (табл. 1). Проанализировано состояние изученности фитопланктона исследуемых водоемов.

Таблица 1

Основные геоморфологические и гидрологические характеристики лагунных озер юго-восточного Сахалина

Лагунный водоём	Тип водоёма по степени изолированности	Площадь зеркала, км ²	Длина, км	Ширина, км	Глубина, м	Соленость, ‰
Оз. Малое Вавайское	Отчлененный	0,59	1,3	0,8	7	0
Оз. Большое Вавайское		45,3	10,7	7,1 (4,2)	8 (4,2)	0
Оз. Малое Чибисанское		2	2,5	1,4 (0,8)	3 (2,1)	0
Оз. Большое Чибисанское		11,1	5,5	3,5 (2,1)	8 (4,7)	0
Оз. Тунайча	Закрытый	174	28	9,4 (6,2)	42 (13)	2,2–2,6
Оз. Изменчивое	Полужакрытый	8,2	4,3	2,7 (1,9)	6 (3,6)	25–31
Оз. Птичь		3,6	3,1	3,2 (1,1)	14 (6,6)	1,5–32
Оз. Буссе		39,4	9,6	7 (4,5)	6 (3,6)	30–32



Рисунок 1 – Карта-схема исследований

Глава 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение фитопланктона проводилось на основе материалов, собранных во время гидробиологических экспедиций СахНИРО в 2001–2021 гг. в различных водоемах юго-восточной части о. Сахалин, а также литературных и архивных данных. Исследовано 8 водоемов, на которых собрано и проанализировано 863 количественных проб фитопланктона (табл. 2).

В главе описываются методы отбора, консервации, концентрации, камеральной обработки проб фитопланктона с учетом численности и биомассы водорослей разных таксономических групп, приведены источники, использованные для идентификации и эколого-географической характеристики видов, показаны основные статистические параметры, применявшиеся при анализе данных (индекс видового разнообразия Шеннона, рассчитанного по биомассе (H'), индекс Пиелу (e), индекс доминирования Симпсона (D'), коэффициент видового сходства Чекановского-Серенсена (J), индекс ценотического сходства, предложенный впервые Я. Чекановским (C_{xy})).

Таблица 2

Объем собранного и обработанного материала в лагунных озерах юго-восточной части о. Сахалин в 2001–2021 гг.

Водоем	Дата	Количество станций за сезон	Общее количество проб	Горизонты, м
оз. Тунайча	август 2001 г	18	67	0, (3), 10, 15 (20)
	март–октябрь 2002 г.	3–6	133	0, (3), 10, 15,(20)
	май–февраль 2003 г.	по 6	113	0, (3), 10, 15,(20)
	июль 2020, июль 2021 г	по 4	8	0

Водоем	Дата	Количество станций за сезон	Общее количество проб	Горизонты, м
оз. Малое Вавайское	июль 2004 г.	1	2	0, дно
	май–ноябрь 2007 г.	по 1	14	0, дно
	март 2008 г.	1	2	0, дно
оз. Большое Вавайское	июль 2004 г.	10	20	0, дно
	май–ноябрь 2007 г.	по 10	140	0, дно
	март 2008 г.	5	10	0, дно
оз. Малое Чибисанское	июль 2004 г.	1	1	0
оз. Большое Чибисанское	июль 2004 г.	5	10	0, дно
Оз. Изменчивое	июнь 2004 г.	9	16	0, дно
	январь 2004–январь 2005 г.	по 5	72	0, дно
	июнь 2007 г.	9	17	0, дно
Оз. Птичьё	май–ноябрь 2012 г.	по 6	126	0, 5, 10
	февраль 2013 г.	по 6	18	0, 5, 10
Лаг. Буссе	май–ноябрь 2014 г.	по 6	84	0, дно
	февраль 2015 г.	5	10	0, дно

Глава 3. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИТОПЛАНКТОНА ЛАГУННЫХ ОЗЕР ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ О. САХАЛИН

В разделе 3.1 описан видовой состав фитопланктона лагунных озер. Сводный таксономический список микроводорослей планктона, с учетом литературных и собственных данных, включает 915 видов и внутривидовых таксонов. Количество видов в разных лагунных озерах варьирует от 206 до 368 и зависит от геоморфологических (степени изолированности, глубины, площади) и гидрологических (соленость) характеристик водоемов. Наибольшим разнообразием видов характеризуются морская лагуна Буссе и пресноводные Вавайские озера. За ними следует олигогалинное оз. Тунайча. Для морских лагун наблюдается тенденция уменьшения видового состава с уменьшением площади и увеличением глубины водоема (табл. 3).

Сравнительный анализ таксономической структуры выявил, что диатомовые отличаются видовым богатством во всех исследованных водоемах. Доля зеленых, динофитовых водорослей и цианобактерий в них различна и зависит от типа водоема. Наибольший вклад в формирование таксономического списка наряду с диатомовыми в отчлененных от моря пресноводных озерах вносят зеленые и цианобактерии, в остальных лагунных озерах – динофитовые (табл. 2). Преобладание в таксономической структуре диатомовых со значительным участием динофитовых водорослей характерно для фитопланктонных сообществ прибрежных вод арктической и бореальных зон (Макаревич, Дружкова, 2010; Шунтов, 2001), цианобактерий и зеленых во-

дорослей – для многих озерных экосистем умеренной зоны (Михеева, 1985; Сиделев, Бабаназарова, 2008) и полярных широт (Шаров, 2020).

Таблица 3

Количество видов и внутривидовых таксонов фитопланктона лагунных озер юго-восточной части о. Сахалин по накопительным спискам водорослей

Отделы	Водоёмы					
	Чибисанские озера	Вавайские озера	Озеро Тунайча	Озеро Изменчивое	Озеро Птичьё	Лагуна Буссе
Cyanobacteria	13	44	10	3	1	5
Bacillariophyta	178	226	266	190	107	232
Cryptophyta	0	2	4	4	3	3
Charophyta	3	14	4	2	0	3
Chlorophyta	21	50	16	11	9	18
Euglenozoa	0	8	3	4	1	4
Miozoa	0	5	36	100	79	99
Ochrophyta	3	9	4	3	5	3
Cercozoa	0	0	1	1	1	1
Всего	218	358	344	318	206	368

Сравнение видового состава фитопланктона по индексу видового сходства Серенсена, показало низкое сходство (не более 56%) сравниваемых водоемов. На уровне сходства 42–51% выделяется три кластера: первый включает отчлененные от моря пресноводные Чибисанские и Вавайские озера, второй – олигогалинное оз. Тунайча, третий – полузакрытые морские лагуны оз. Изменчивое, лаг. Буссе и оз. Птичьё (рис. 2).

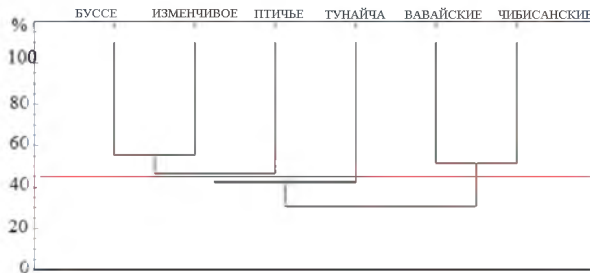


Рисунок 2 – Дендрограмма сходства озер юго-восточной части о. Сахалин по видовому составу фитопланктона

В результате таксономических исследований зарегистрировано 352 вида микроводорослей, ранее не отмеченных в водах о. Сахалин.

В разделе 3.2 проведен анализ эколого-географических характеристик фитопланктона. Показано, что различия в гидрологическом режиме сравниваемых лагунных озер обуславливает значительные вариации в соотношении группировок различных экологических групп (отношение к солености, местобитанию, pH, географическое распространение, сапробность).

Глава 4. СОСТАВ, СТРУКТУРА И ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ЛАГУННЫХ ОЗЕР ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ О. САХАЛИН

4.1 Озера Вавайско-Чибисанской системы

Основу структуры фитопланктона озер ВЧС формируют хроококковые цианобактерии родов *Aphanocapsa*, *Microcystis*, хлорококковые зеленые и колониальные диатомовые водоросли рода *Aulacoseira*. Таксономический состав летнего фитопланктона по данным, полученным в июле 2004 г., наиболее разнообразен в Вавайских озерах (175 видов и внутривидовых таксонов). В Чибисанских озерах он представлен 82 видами. Предельные значения летней численности в Вавайских озерах составляют 0,2–101,1 млн кл./л, биомассы – 13–2370 мг/м³, в Чибисанских – 1–12 млн кл./л и 2336–10834 мг/м³. Средняя численность в Чибисанских озерах ниже, чем в Вавайских, средняя биомасса – выше. Распределение фитопланктона в пространстве неравномерно и обусловлено ветровым перемешиванием, а также различием гидрологических процессов составных частей Вавайских озер: Малое Вавайское озеро, залив Сапожок, залив Северный и плес Большого Вавайского озера. Наиболее обедненным фитопланктоном характеризуются поверхностные воды зарастающего макрофитами зал. Сапожок (рис. 3). Ингибирующее влияние макрофитов на жизнедеятельность фитопланктона описано в ряде работ (Хатчинсон, 1969; Покровская и др., 1983; Мохамад, 1993).

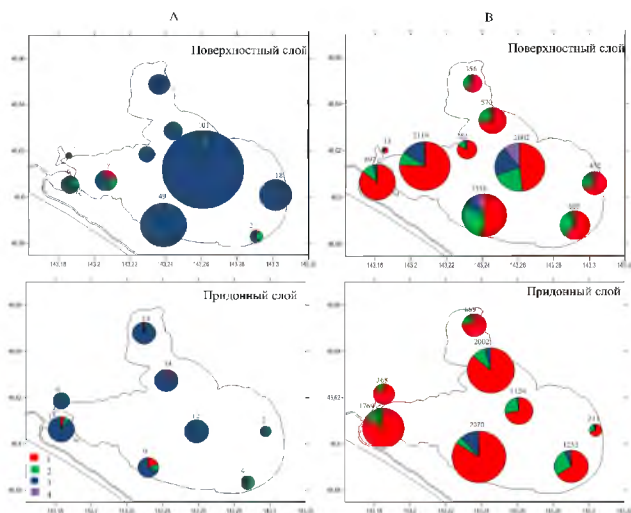


Рисунок 3 – Распределение численности, млн кл./л (А) и биомассы, мг/м³ (Б) и относительный вклад основных отделов в численность/биомассу фитопланктона Вавайских озер в поверхностном и придонном слоях воды в июле 2004 г. Условные обозначения: 1 – диатомовые, 2 – зеленые, 3 – цианобактерии, 4 – прочие микроводоросли. Цифры над диаграммами – общая суммарная численность, млн кл./л (А) и общая суммарная биомасса, мг/м³ (Б) фитопланктона на станции.

По составу фитопланктона Вавайские озера приближаются к некоторым пресноводным озерам о. Сахалин (Князев, Колганова, 2000; Мотылькова; Коновалова, 2011; Лапшина и др., 2022), п-ова Камчатка (Лепская и др., 2014), северо-запада России (Водоросли..., 2006), ряда европейских и азиатских стран (Deng et al., 2007; Krstic, Aleksovski, 2016; Iwayama, 2017).

В сезонной динамике численности, как и биомассы выделено три пика: летний (в июне), поздне-осенний (в ноябре) и наиболее мощный, связанный с сочетанием таких факторов, как высокий уровень надводной освещенности, температуры воды и слабый пресс консументов первого порядка – осенний (в сентябре) (рис. 4). Суммарную численность во все сезоны определяют цианобактерии ($r = 0,98$) и зеленые водоросли ($r=0,81$), биомассу – диатомовые ($r=0,98$), динофитовые ($r=-0,76$) и цианобактерии ($r=0,74$).

4.2 Олигогалинное озеро Тунайча

Исследования в олигогалинном оз. Тунайча с марта 2002 г. по ноябрь 2003 г. показали, что доминирующими отделами здесь являются охрофитовые, диатомовые водоросли и цианобактерии. Во время наших исследований фитопланктон был обнаружен только в верхнем 15-метровом слое воды (миксолимнионе).

В сезонной динамике развития фитопланктона зарегистрировано три подъема численности и три – биомассы (рис. 4). Весенние пики численности и биомассы, наблюдаемые сразу после разрушения ледового покрова при температуре воды миксолимниона 2,5–4,7°C, сформированы диатомовыми и цистами охрофитовых предположительно рода *Mallomonas*. Последние достигают максимального развития в холодную весну, при увеличении количества пасмурных дней.

При устойчивой летней стратификации, высокой температуре воды – более 18°C, низком соотношении концентраций азота и фосфора – N:P=5:1 формируются летние вспышки численности и биомассы. Их основу составляют цианобактерии *Dolichospermum spiroides*. «Цветение» последних вызывает частичную гибель зоопланктона озера, что отражается на снижении численности и биомассы зоопланктона (Планктон и бентос ..., 2010). По биомассе наряду с цианобактериями в это время доминируют диатомовые водоросли.

Осенние подъемы численности связаны с вегетацией жгутиковых форм водорослей (криптофитовых, динофитовых), биомассы – с увеличением численности диатомовой *Coscinodiscopsis commutata* при оптимальном сочетании абиотических (температура воды 8,2°C, соленость 2,6‰, pH 7,7) и биотических факторов (отсутствие цианобактерий). В теплые годы летние и осенние пики выше, чем в холодные, соответственно, значения средневегетационной численности и биомассы в это время больше. Так, в теплом 2003 г. количественные показатели составляли 598,0 тыс. кл./л и 470,4 мг/м³, в холодном 2002 г. – 441,1 тыс. кл./л 143,2 мг/м³. Одной из причин межгодового различия количественных показателей фитопланктона, при стабильности гидрологических условий в озере (прозрачность, соленость, температурная стратификация, pH) является вариация термического режима верхнего однородного слоя озера, который в свою очередь зависит от погодных условий.

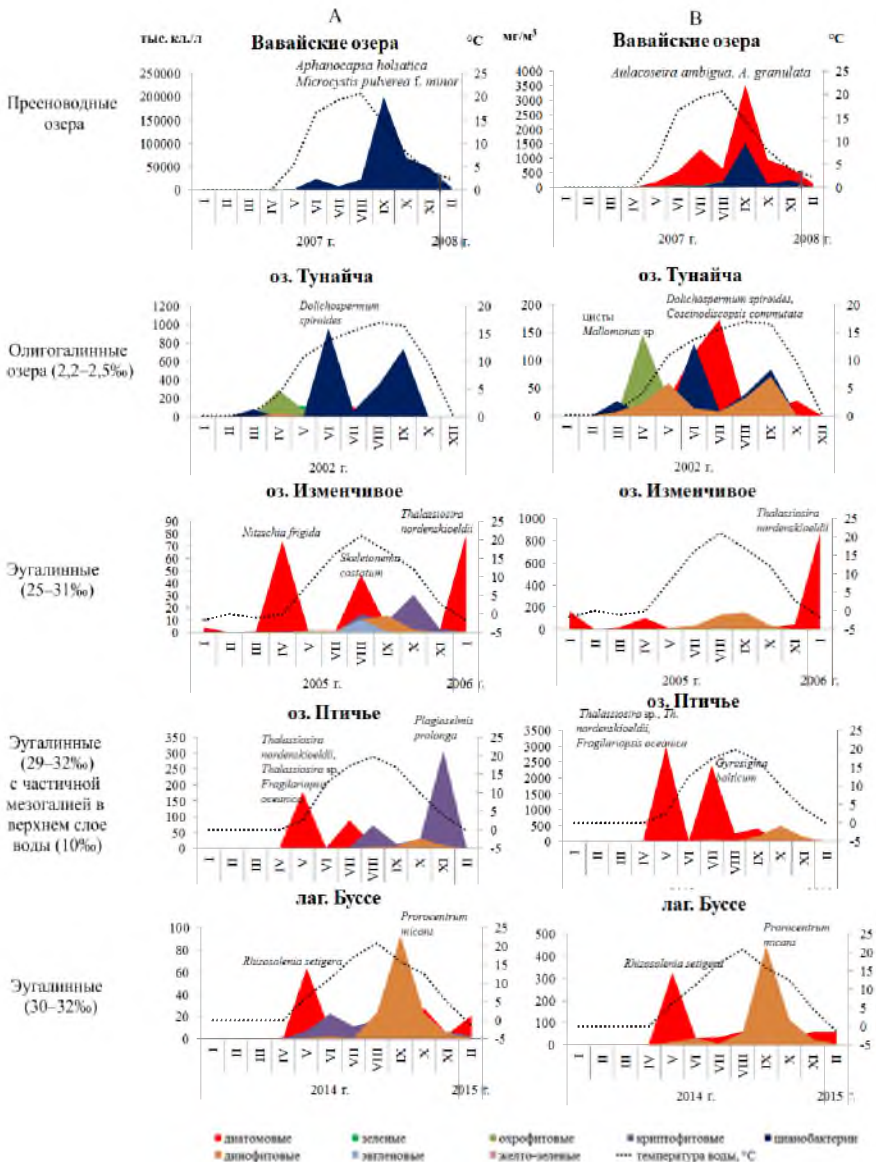


Рисунок 4 – Сезонная динамика численности (А), биомассы (Б), доминирующих видов фитопланктона, и температуры воды лагунных озер юго-восточной части о. Сахалин

Наибольшие значения количественных показателей, связанных с биогенной нагрузкой, наблюдаются в мелководном районе Малой Тунайчи. Так, в августе 2001 г. в районе Большой Тунайчи численность была примерно в

шесть раз ниже, чем в Малой Тунайче, биомасса – в два. Распределение фитопланктона в пелагиали озера определяется ветровым воздействием. Количественные показатели снижаются в глубоководной зоне озера (рис. 5).

Всего за 2002–2003 гг. выделено 23 фитопланктонных комплекса (12 – в 2002 г., 11 – в 2003 г.), различающихся сроками существования. В безледный период в озере формируются два типа комплекса: комплексы пелагиали, занимающие практически всю акваторию озера и комплексы, локализованные в районе Малой Тунайчи. С апреля по июнь ядро комплексов пелагиали формируют *Melosira varians*, *Ankistrodesmus convolutus* и цисты *Mallomonas* sp., с июля по сентябрь – *Dolichospermum spiroides*, *Diplopsalopsis orbicularis*, *Coscinodiscopsis commutata*, в октябре – *C. commutata* и цисты *Mallomonas* sp.

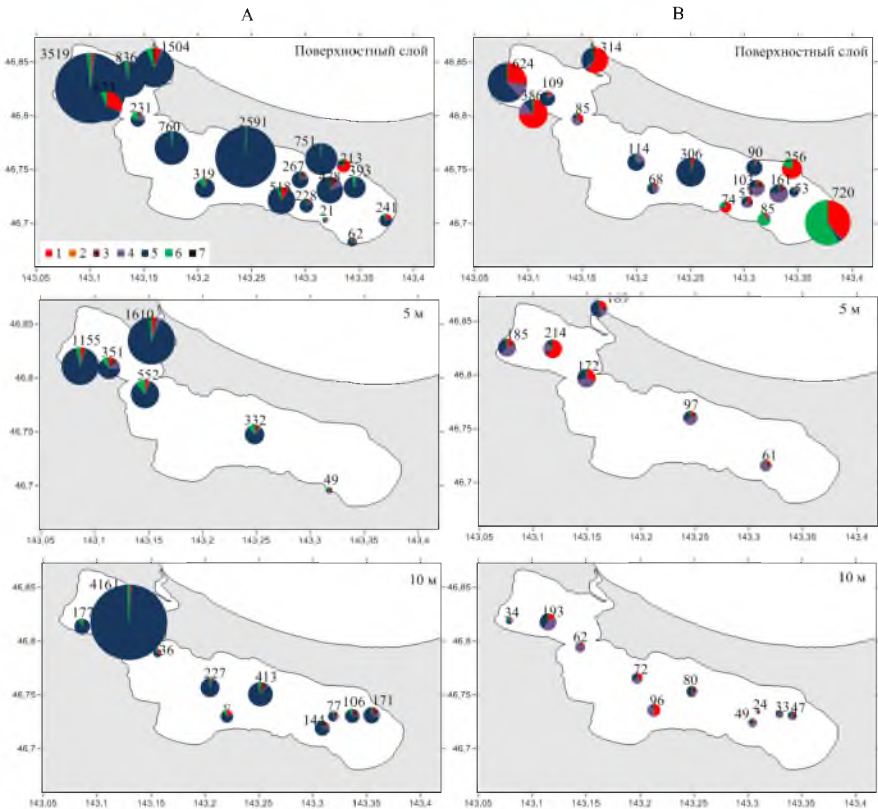


Рисунок 5 – Распределение численности, тыс. кл./л (А) и биомассы, мг/м³ (Б) и относительный вклад основных отделов в численность/биомассу фитопланктона в оз. Тунайча в поверхностном слое воды, на горизонтах 5 и 10 м в августе 2001 г. Условные обозначения: 1 – диатомовые, 2 – охрофитовые, 3 – криптофитовые, 4 – динофитовые, 5 – цианобактерии, 6 – зеленые+харовые, 7 – эвгленовые. Цифры над диаграммами – общая суммарная численность, тыс. кл./л/биомасса, мг/м³ фитопланктона на станции

4.3 Лагунное озеро Изменчивое

В сезонной динамике численности и биомассы выделено четыре практически равнозначных пика численности, три равноуровневых – биомассы (рис. 4). Первый пик численности, как и биомассы, наблюдаемый в апреле обусловлен развитием криофильных диатомей, Второй пик численности, зарегистрированный в июле, сформирован мелкоклеточными колониальными диатомовыми и криптофитовыми водорослями, третий – в октябре – криптофитовыми, четвертый – в январе 2006 г. – центрическими диатомовыми. Второй пик биомассы, отмеченный в сентябре связан с развитием крупноклеточных динофлагеллят, третий, равно как и четвертый пик численности – с активной вегетацией *Thalassiosira nordenskioldii*. Границами развития того или иного сезонного фитопланктонного комплекса выступала температура воды миксолимниона, равная 12°C.

Статистический анализ парных корреляций показал тесную достоверную положительную связь между общей биомассой фитопланктона и биомассой диатомовых водорослей ($r=0,97$), общей численностью и численностью диатомовых водорослей ($r=0,89$).

Фитопланктон за счет кругового течения концентрируется в кутовых частях лагуны. На примере июньской съемки 2004 г. замечено, что наибольшая численность микроводорослей зарегистрирована у поверхности воды юго-восточной части озера, биомасса – в придонном слое юго-западной (рис. 6).

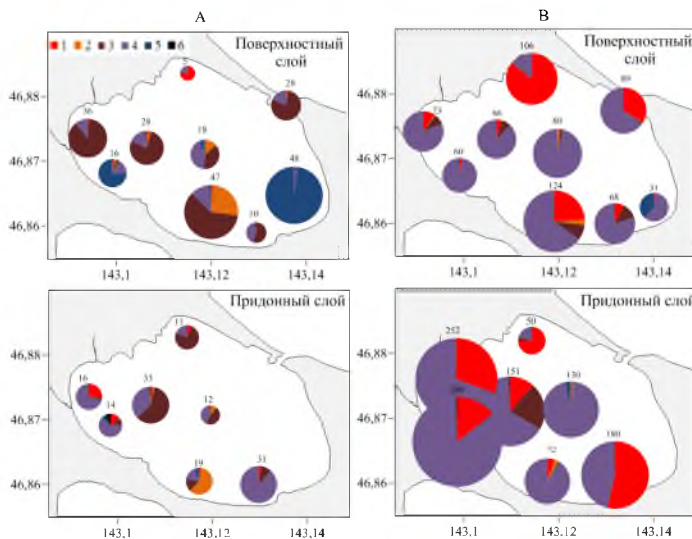


Рисунок 6 – Распределение численности (А), биомассы (Б) и относительный вклад основных отделов в численность (А), биомассу (Б) фитопланктона оз. Изменчивое в поверхностном и придонном слоях воды в июне 2004 г. Условные обозначения: 1 – диатомовые, 2 – охрофитовые, 3 – криптофитовые, 4 – динофитовые, 5 – цианобактерии, 6 – прочие. Цифры над диаграммами – общая суммарная численность, тыс. кл./л/биомасса, мг/м³ фитопланктона на станции

В озере выделено 24 фитопланктонных комплекса, различающихся сроками существования и локализацией. По локализации в данном водоеме формируются четыре типа планктонных комплекса: комплекс пелагиали, района протоки, северо-западной отмели с болотистыми берегами, микрофитобентоса центральной глубоководной зоны. Перестройка планктонных комплексов в разные периоды подчиняется общим закономерностям смены основных гидрологических сезонов. Основу фитопланктона в безледный период составляют планктонные виды, в подледный – бентосные, планктонно-бентосные. Разнообразие комплексов увеличивается во время таяния льда и активного ветро-волнового перемешивания.

4.4 Лагунное озеро Птичье

Водоем имеет ряд гидрологических особенностей, влияющих на формирование биологических сообществ в озере. Одной из причин этих особенностей является непостоянная связь с морем, наличие которой зависит от открытости/закрытости узкой протоки. Во время наших исследований свободное проникновение вод Охотского моря через протоку наблюдалось в мае во время весеннего половодья. Кроме того, кратковременная связь с морем отмечалась при искусственной расчистке протоки в августе и сентябре.

В сезонной динамике фитопланктона прослеживается три пика численности и три – биомассы (рис. 4). Первый пик численности, обусловленный паводками в мае, формируется морскими диатомеями *Thalassiosira nordenskioldii*, *Thalassiosira* sp., *Fragilariopsis oceanica*, второй – во время штормовых явлений в июне – бентосными диатомеями, третий, самый высокий (1591 тыс. кл./л) – после ливневых дождей в ноябре – криптофитовыми водорослями. Обильное развитие криптофитовых в это время обусловлено отсутствием конкурирующих видов, слабым развитием зоопланктона (Заварзин, Атаманова, 2014), а также рядом специфических черт, присущих криптофитовым водорослям (высокая скорость роста, мобильность, толерантность к низкому уровню освещенности (Steward, Wetzel, 1986), способность к осмотифаготрофии (Корнева, 2009)). Весенний и летний пики биомассы совпадают с таковыми численности. Третий, небольшой подъем биомассы зарегистрирован в сентябре и связан с развитием бентосных видов.

Лагунное озеро Птичье характеризуется высоким разнообразием фитопланктонных комплексов (34), выделенных на основе дендрограммы ценолитического сходства. Показано, что отсутствие водообмена с морем в отдельные периоды приводит к увеличению количества комплексов, наличие – к сокращению.

4.5 Лагуна Буссе

Сезонная динамика численности и биомассы характеризуется двумя подъемами: весенним (в мае), в котором основу составляют морские диатомеи при доминировании *Rhizosolenia setigera* и летне-осенним (в сентябре), сформированного динофлагеллятой *Prorocentrum micans* (рис. 4). Первый пик вызван увеличением инсоляции после разрушения ледового покрова, а также выраженным влиянием речных стоковых вод, обеспечивающих лагуну высокими уровнями концентраций биогенных элементов, второй – летним прогревом вод лагуны. В отдельные годы наблюдается летний пик, зависящий,

главным образом, от развития цианобактерий. В годовом цикле развития по биомассе преобладают диатомовые и динофитовые водоросли. Наибольшие биомассы фитопланктона приурочены к северо-восточной части водоема, наименьшие – к району протоки Суслова.

В лаг. Буссе отмечен 21 фитопланктонный комплекс двух типов: комплексы пелагиали и комплексы кустовой северной зоны. Комплексы первого типа имеют широкое распространение и характеризуются вариабельностью структуры, формирующейся под влиянием климатических условий, гидрологического режима, гидродинамических процессов. Отсюда, в зависимости от сезона различаются весенний подтип комплекса с превалированием *Rhizosolenia setigera*, летний – *Preperidinium meunieri*, *Plagioselmis prolunga*, осенний – *Prorocentrum micans*. Комплексы второго типа – локальные, стабильные, основу их во все сезоны составляет планктонно-бентосная диатомея *Actinoptychus senarius*. От лета к зиме количество комплексов увеличивается, весной, во время паводков, – уменьшается.

4.6 Особенности развития фитопланктона лагунных озер юго-восточной части о. Сахалин

В сезонной динамике численности, как и биомассы, наблюдается несколько подъемов, что свойственно для мезотрофных водоемов умеренной зоны (Трифонова, 1990; Корнева, 2015). При переходе от лагун с морской соленостью к пресноводным лагунным озерам количество выраженных пиков уменьшается, а их высота – увеличивается. Для всех водоемов характерны небольшие весенние вспышки развития и наиболее мощные – летние. Между ними наблюдается фаза «чистой воды», характерная для многих мезотрофных озер Европы (Sommer et al., 1986). В небольших морских лагунах, имеющих прерывистую связь с морем, высокие пики численности наблюдаются и в холодное время года.

Для морских лагун характерен период активной вегетации диатомовой альгофлоры в зимне-весенний сезон, и период ее спада в летне-осенний. Весенние пики численности в данных водоемах сформированы морскими диатомовыми, летние – диатомовыми, криптофитовыми, динофитовыми, поздне-осенние и зимние – криптофитовыми и центрическими диатомовыми. За счет морских вод при приливно-отливных явлениях фитопланктонный комплекс в них является дериватом от морского побережья и близок к нему по структуре.

В водоемах со слабой связью с морем основными структурообразующими компонентами являются охрофитовые водоросли (оз. Тунайча) и хроококковые цианобактерии (оз. Б. Вавайское). С повышением температуры воды и увеличением инсоляции, с июля по сентябрь, в оз. Тунайча обильно вегетируют нитчатые цианобактерии, в Вавайских озерах – хлорококковые зеленые и колониальные цианобактерии. Динамика вышеперечисленных групп водорослей и цианобактерий в этих водоемах подчиняется общей закономерности их развития в озерных экосистемах умеренной зоны (Трифонова, 1979; Бондаренко, 2009).

Основу весенних и зимних подъемов биомассы во всех изученных водоемах, кроме оз. Тунайча, составляют диатомовые водоросли. Летние и осен-

ние пики в морских лагунах формируют динофитовые водоросли, в водоемах с отсутствующей или слабой связью с морем – диатомовые. Последние в оз. Тунайча в летнее время сочетаются с цианобактериями.

Значение индекса Шеннона в безледный период снижается от пресноводных озер к олигогалинным. Промежуточное положение занимают морские лагуны.

Анализ среднегодовых количественных характеристик фитопланктона исследуемых озер показал, что их расположение по численности и биомассе имеет следующий вид: пресноводные → олигогалинные → морские. В ряду морских лагун особняком выделяется оз. Птичье. Этот водоем с вязкими илами, в которых в массе развиваются крупноклеточные бентосные водоросли, играющие весомую роль в формировании структуры фитопланктона, отличается от остальных более высокими показателями биомассы. К тому же здесь, за счет биотопического разнообразия, сформированного многочисленными глубоко вдающимися заливами, зарегистрировано наибольшее количество фитопланктонных комплексов, выделенных на основании дендрограммы ценотического сходства. Однако данный водоем характеризуется наименьшим количеством видов и упрощенной структурой фитопланктона, что связано с малой площадью и большими глубинами (табл. 4).

Согласно классификации озер по степени трофности (Китаев, 1984; Китаев, 2007) по средневегетационной биомассе фитопланктона все исследуемые нами водоемы попадают в разряд олиготрофных. Исключение составляют пресноводные озера Вавайско-Чибисанской системы с биомассой более 1 г/м^3 , которые можно охарактеризовать как α -мезотрофные.

Таблица 4

Среднегодовые количественные показатели развития фитопланктона в лагунных озерах юго-восточного Сахалина

Водоем	S	N, тыс. кл./л	B, мг/м ³	N _b	D _b	n
Вавайские озера	296	52313±24409	1523±658	3,22±0,12	0,08±0,01	21
оз. Тунайча	200	598±194	474±77	1,09±0,22	0,52±0,09	12
оз. Изменчивое	266	33±11	172±82	1,85±0,03	0,36±0,00	24
оз. Птичье	206	98±29	880±410	1,31±0,23	0,49±0,08	34
лаг. Буссе	306	46±11	176±50	1,79±0,01	0,38±0,01	21

Примечание: S – общее количество видов, N – численность, B – биомасса, N_b – индекс Шеннона, D_b – индекс Симпсона, n – количество комплексов на основе дендрограммы ценотического сходства.

Глава 5. ИЗМЕНЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ЛАГУННЫХ ОЗЕР ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Сфера хозяйственной деятельности человека в береговой зоне обширна (Атлас..., 2002; Бровко и др., 2008) и, несомненно, любые антропогенные трансформации на лагунные озера вызывают ответную реакцию гидробионтов. Ниже приведена обобщенная схема влияния антропогенных факторов на фитопланктон озер лагунного типа юго-восточной части о. Сахалин (рис. 7).



Рисунок 7 – Обобщенная схема влияния антропогенных факторов на фитопланктон лагунных озер юго-восточной части о. Сахалин

Вавайские озера. В 50-60-е годы XX в. были проведены рыбоводно-интродукционные работы по акклиматизации карася и сазана (Ключарева, 1964; Ключарева, Потапова, 1964; Ключарева и др., 1964). В настоящее время карась является обычным и достаточно массовым видом в Вавайских озерах (Гудков, Заварзина, 2006).

За прошедшие полвека со времен, когда были получены первые результаты по фитопланктону озер ВЧС (Коптяева, 1964) при стабильности гидрологического режима озера значительных изменений в видовом составе не произошло. По-прежнему в озере доминируют диатомовые, зеленые водоросли и цианобактерии. Однако возросли количественные показатели микроводорослей, изменился характер их распределения (табл. 5). Фактором, способствующим распространению цианобактериального «цветения», является способность *Microcystis* мигрировать в водоемах (Johnson, Jacoby, 2003). Известно, что представители карповых рыб, в частности, карась, могут стимулировать развитие *Microcystis* напрямую – при транзитном прохождении данной цианобактерии через их кишечник, и косвенно: экскретируя фосфор и взмучивая донные отложения при добывании пищи, что приводит к резкому увеличению потока биогенов из осадков в толщу воды (Kolmakov, Gladyshev, 2003). Эффект прямого стимулирования роста *Microcystis* карасем ранее обнаружен в лабораторных экспериментах (Гладышев и др., 2006). Происходящие перемены наблюдаются и в других группах гидробионтов, проявляющиеся

в изменении видового состава, снижении биомассы зоопланктона (Заварзин, 2007), перестройке структуры бентоса (Планктон и бентос..., 2010).

Таблица 5

Сравнительная характеристика средней численности (тыс. кл./л) фитопланктона в оз. Большое Вавайское по данным июльских съемок 1959 г., 2004 г., 2007 г.

Отдел	1959 г.		2004 г.		2007 г.	
	Заросли	Открытая часть	Заросли	Открытая часть	Заросли	Открытая часть
Диатомовые	33	13	531	8070	917	438
Цианобактерии	47	11	7303	13019	245	237
Зеленые	42	3	609	9974	4427	5569
Прочие	4	1	6	10091	1	0,3
Суммарная численность	126	28	8448	20176	5591	6244

Оз. Тунайча. Отсыпка дамбы (3/4 ширины протоки) при строительстве в 70-е годы XX века автодорожного моста через протоку создали искусственную границу между двумя литодинамическими системами, значительно уменьшив влияние морских вод на биоценозы протоки и озера в целом (Бровко, 2002). До постройки дамбы озеро имело периодическую связь с морем (Микишин и др., 1995), на данный момент морские воды не проникают в водоем (Заварзин, 2005). С тех пор соленость поверхностного слоя уменьшилась с 6‰ (Микишин и др., 1995) до 2,3‰ (Саматов и др., 2002). В последние десятилетия происходит активное зарастание озера высшей растительностью, изменился видовой состав рыб и других гидробионтов (Бровко и др., 2018), участились случаи гибели рыб, «цветения» цианобактерий в Малой Тунайче (На пляже «Солнечном»..., 2021).

Сравнительный анализ диатомовой флоры в 1991 г. и в 2001–2003 гг. показал, что снизилась частота встречаемости солоноватоводно-морского вида *Pauliella taeniata*, исчезли из планктона некоторые морские и солоноватоводно-морские виды (*Planktoniella sol*, *Actinocyclus cuneiformis*, *Actinopterychus senarius* и др.), увеличилась доля пресноводных и пресноводно-солоноватоводных (с 70 до 80 %).

В 2020–2021 гг. по сравнению с 2001–2003 гг. увеличилась численность и количество видов цианобактерий (табл. 6). При наблюдаемом в июле 2020 г. в районе Малой Тунайчи «цветении», сопровождаемом замором трехглой колошочки *Gasterosteus aculeatus*, были обнаружены новые для оз. Тунайча виды цианобактерий (*Anabaenopsis hadsonii*, *Dolichospermum lemmermanii*).

На наш взгляд, углубление и возвращение естественной ширины природного русла протоки Красноармейская не приведет к уменьшению количественных показателей цианобактерий в озере, напротив, учитывая изменения, происходящие в оз. Абашири, схожего по гидрологии, составу флоры и фауны с оз. Тунайча (Kuwabara, 2001; Kurohagi, 1970; Mikami et al, 2002) – усугубит ситуацию. Высота нижнего абiotического слоя в озере Тунайча превышает таковую верхнего кислородного в 3,5 раза, при том, что содержание серово-

дорода ниже границы 15–20 м достигает 300–320 мкг/л, а соленость 16–17‰, заток морской воды с более высокой плотностью увеличит верхнюю границу гипolimниона, повысив риск выброса сероводорода и углекислого газа в поверхностные слои. Доминирующие при этом нитчатые цианобактерии будут заменены поднятыми в эпилимнион аноксигенными фотосинтезирующими бактериями рода *Chlorobium*.

Таблица 6

Количественные показатели фитопланктона и вклад доминирующих групп в районе пляжа Солнечный оз. Тунайча в разные годы

Год	N _{общ.} [*] млн. кл./л	V _{общ.} [*] г/м ³	Доля доминирующих групп, %			
			Диагоновые		Цианобактерии	
			N	B	N	B
2002	0,9	1,1	72	97	–	–
2003	45	1890	–	22	97	50
2020	109,7	4578	–	–	100	100
2021	0,7	0,2	30	94	31	–

Оз. Изменчивое. Особенностью озера является непостоянство связи с морем. Во время мощных штормов протока замыкается, водообмен с морем прекращается, водоем становится бессточным. Восстановление протоки искусственным путем приводит к притоку морской воды, изменяя гидролого-гидрохимические параметры в озере (Горбунов и др., 2010; Бровко и др., 2017), что отражается на биоте.

Сравнительный анализ данных, полученных нами в июне 2004 г. (при открытой протоке) и в июне 2007 г. (при закрытой) показал, что при замытии протоки сокращается список микроводорослей за счет морских видов, попадающих в лагуну с приливом, снижается видовое разнообразие, уменьшается среднecenотический объем клеток. Набор доминирующих видов при этом составляют солонатоводные криптофитовые *P. prolunga*, *Teleaulax acuta*, *Rhodomonas* sp., а их численность возрастает почти в 35 раз (табл. 7).

Таблица 7

Средние количественные показатели фитопланктона оз. Изменчивое в июне 2004 г. и 2007 г.

Показатель	2004 г.		2007 г.	
	Поверхность	Дно	Поверхность	Дно
Количество видов	97	106	75	65
N, тыс. кл./л	26	26	889	695
V, мг/м ³	74	160	104	136
H _N	2,37	2,70	1,43	1,37
H _B	3,54	3,09	2,04	2,33

Лаг. Буссе. Лагуна продолжительное время испытывает серьезное антропогенное воздействие: любительский и браконьерский лов промысловых

беспозвоночных (*Crassostrea gigas*, *Mizuhopecten yessoensis*, *Apostichopus japonicus*), загрязнение части ее акваторий затонувшей древесиной, сточными водами и промышленными отходами (Бровко и др., 2002; 2008).

К основным перестройкам, происходящим в структуре фитопланктона за последние полвека, следует отнести изменение характера сезонной динамики видового состава, количественных показателей и набора доминирующих видов, массовое развитие ранее отсутствовавшего в лагуне вредоносной динофлагелляты *Prorocentrum micans*. Этот вид способен вызывать обширное «цветение» воды во многих морях (Anderson et al., 1985; Магишов, Фуштей, 2003; Terenko, 2019), часто приводящее к замору гидробионтов, связанному с гипоксией (Faust et al., 1999). Во время наших исследований его численность не превышала 428 тыс. кл./л и он не вызывал «цветения». Тем не менее, появление *P. micans* в водах лагуны Буссе требует дальнейшего контроля за его развитием. Основные скопления *P. micans*, были приурочены к восточной и южной зонам лаг. Буссе, где формируются поселения двустворчатых моллюсков. Последние могут оказывать стимулирующее воздействие на эти микроводоросли продуктами своей жизнедеятельности.

ВЫВОДЫ:

1. В составе фитопланктона лагунных озер юго-восточного Сахалина выявлено 915 видов, из них 352 – новые для о. Сахалин. Во всех исследуемых лагунных озерах ведущее место занимают диатомовые водоросли. Установлена низкая степень сходства таксономического состава лагунных озер. Наибольший ее уровень прослеживается для водоемов, близких по гидрологическому режиму: на уровне 55% близки морские лагуны Изменчивая и Буссе, 51% – пресноводные Чибисанские и Вавайские озера.

2. В сезонной динамике фитопланктона наблюдается до четырех подъемов численности и биомассы. По мере снижения минерализации воды от лагун с морской соленостью к пресноводным лагунным озерам количество выраженных пиков уменьшается, а высота их – увеличивается. Для всех водоемов характерны небольшие весенние подъемы и более мощные – летние. Летние максимумы численности в морских лагунах обусловлены доминированием диатомовых, криптофитовых, динофитовых и эвгленовых водорослей, в олигогалинных – нитчатых цианобактерий, в пресноводных – колониальных цианобактерий. Основу весенних и зимних пиков биомассы фитопланктона во всех изученных водоемах, кроме оз. Тунайча, составляют диатомовые водоросли. Летние и осенние подъемы в морских лагунах формируются динофитовыми, в пресноводных и олигогалинных водоемах – диатомовыми водорослями.

3. Своеобразие структуры фитопланктона конкретного водоема связано с особенностями гидрологического режима и зависит, главным образом, от температуры, солености воды, степени связи с морем, геоморфологического строения водоема. В лагунных озерах с морской соленостью среднегодовые численность и биомасса фитопланктона, а также индекс видового разнообразия Шеннона ниже, чем в пресноводных озерах. Низкое разнообразие фитопланктона олигогалинного оз. Тунайча лимитировано соленостью.

4. Во всех водоемах выделяются фитопланктонные комплексы пелагиали и таковые, приуроченные к гидрологически обособленным участкам. Перестройка комплексов пелагиали в разные периоды подчиняется общим закономерностям смены основных гидрологических сезонов.

5. Основные структурные изменения фитопланктона, связанные с воздействием антропогенных (интродукция рыб, строительство автодорожного моста, разрушение биоценозов любительским и браконьерным ловом) и природных факторов (заиление и обмеление участков лагун, прекращение водообмена с морем) в лагунных озерах, выражаются в снижении видового разнообразия, увеличении численности мелкоразмерных водорослей, обильном развитии вредоносных и потенциально-токсичных видов микроводорослей.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*Статьи в рецензируемых научных журналах из перечня,
рекомендованного ВАК РФ:*

1. **Мотылькова И.В.**, Коновалова Н.В. Структура и сезонная динамика фитопланктона лагунного озера Птичьего (Южный Сахалин) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2018. № 50. С. 63–76.

Статьи в журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science:

2. **Мотылькова И.В.**, Коновалова Н.В. Сезонная динамика фитопланктона лагунного озера Изменчивое (юго-восточный Сахалин) // Биология моря. 2010. Т. 36. № 2. С. 88–93. [**Motylkova I.V.**, **Konovalova N.V.** Seasonal dynamics of phytoplankton in a lagoon-type lake Izmenchivoye (Southeast Sakhalin) // Russian Journal of Marine Biology. – 2010. – Vol. 36. – No 2. – pp. 86-92. – DOI 10.1134/S1063074010020021. – EDN MXJBYF.)

3. Генкал С.И., **Мотылькова И.В.**, Коновалова Н.В. Новые данные к флоре Centrophyceae острова Сахалин // Биология внутренних вод. 2011. № 3. С. 1–11. [Genkal S.I., **Motylkova I.V.**, Konovalova N.V. New Data on the Flora of Diatom Algae (Centrophyceae) in Waterbodies of Sakhalin Island // Inland Water Biology, 2011, Vol. 4, No. 4, pp. 408–418. DOI:10.1134/S1995082911030084].

4. Shimada H., **Motylkova I.V.**, Mogilnikova T.A., Mikami K., Kimuta M. Toxin profile of *Alexandrium tamarense* (Dinophyceae) from Hokkaid, northern Japan and southern Sakhalin, eastern Russia // Plankton Benthos Research, 2011. Vol. 6, № 1. pp. 35–41.

5. **Motylkova I.V.**, Konovalova N.V. Phytoplankton dynamics in the lagoon lake Tunaycha (the southern part of the Sakhalin Island), Hydrobiological Journal. 2013. Vol. 49, № 1, pp. 30–38.

6. **Мотылькова И.В.**, Коновалова Н.В. Состав и структура фитопланктона лагуны Буссе (Юго-Восточный Сахалин) // Биология моря. 2021. Т. 47, № 5. С. 304–312. [**Motylkova I.V.**, Konovalova N.V. The composition and structure of phytoplankton in the Busse Lagoon, southeastern Sakhalin island // Russian Journal of Marine Biology. 2021. Vol. 47, № 5. pp. 337–345. DOI: 10.1134/S1063074021050102].

Главы в коллективных монографиях:

7. Лабай В.С., Заварзин Д.С., Мухаметова О.Н., Коновалова Н.В., **Мотылькова И.В.**, Полупанов П.В. Планктон и бентос озер Вавайской системы (южный Сахалин) и условия их обитания. – Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2010. – 216 с.

8. Лабай В.С., Атаманова И.А., Заварзин Д.С., **Мотылькова И.В.** и др. Естественная история Сахалина и Курильских островов. Водоемы острова Сахалин: от лагун к озерам. – Южно-Сахалинск: ГБУК «Сах. обл. краевед. музей», 2014. 208 с.

9. Водная биота озера Тунайча (южный Сахалин) и условия ее существования / Коллектив авторов; Под ред. В.С. Лабая. – Южно-Сахалинск: Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2016. 240 с.

Статьи в других изданиях:

10. Саматов А.Д., Лабай В.С., **Мотылькова И.В.** и др. Краткая характеристика водной биоты оз. Тунайча (Южный Сахалин) в летний период // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов Сахалино-Курильского региона и сопредельных акваторий: Труды СахНИРО. Ю-Сах.: СахНИРО, Т. 4. 2002. С. 258–269.

11. Лабай В.С., Заварзин Д.С., **Мотылькова И.В.**, Коновалова Н.В. Корбикула *Corbicula japonica* (Bivalvia) озера Тунайча: условия обитания, некоторые аспекты биологии и морфологии вида // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука, 2003. С. 143–152.

12. **Мотылькова И.В.**, Коновалова Н.В. Весенний фитопланктон озера Тунайча (Южный Сахалин) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука, 2003. С. 287–294.

13. **Мотылькова И.В.**, Коновалова Н.В. Летний фитопланктон озер Вавайской системы (Южный Сахалин) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 4. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 108–117.

14. **Мотылькова И.В.**, Коновалова Н.В. Динамика фитопланктона лагунного озера Тунайча (Южный Сахалин) // Гидробиологический журнал. 2012. Т. 48, № 5. С. 30–38.

15. Лабай В.С., Даирова Д.С., Заварзин Д.С., Коновалова Н.В., **Мотылькова И.В.** Исследования пресноводных экосистем лабораторией гидробиологии СахНИРО // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Труды СахНИРО. 2012. Т. 13. С. 152–159.

16. Лабай В.С., Заварзин Д.С., Коновалова Н.В., Атаманова И.А., Могильникова Т.А., **Мотылькова И.В.**, Мухаметова О.Н., Полупанов П.В. Результаты комплексного исследования планктона и бентоса лагун южного Сахалина. // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Труды СахНИРО. 2013. Т. 14. С. 153–179.

Усл. печ. лист. 1,4. Уч.-изд. лист. 1,4.
Формат 60×84/16. Бумага «Color copy».
Тираж 100 экз. Заказ № 7996.
Печать цифровая.

Отпечатано в ФГБУН Институт морской геологии и геофизики
Дальневосточного отделения РАН
693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б
Участок офсетной и оперативной полиграфии