

на правах рукописи

Еремкина Татьяна Владимировна

**СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ
ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕР СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ
УВИЛЬДИНСКОЙ ЗОНЫ (Челябинская область)
В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЭВТРОФИРОВАНИЯ**

03.02.08– экология (биология)

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**

Борок - 2010

Работа выполнена в Уральском филиале ФГУП «Госрыбцентр» - Научно-исследовательском институте водных биоресурсов и аквакультуры

Научный руководитель: кандидат биологических наук
Ярушина Маргарита Ивановна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,
Девяткин Владимир Георгиевич

доктор биологических наук,
Бондаренко Нина Александровна

Ведущая организация: Институт биологии Коми научного центра Уральского
отделения Российской академии наук
(статус государственного учреждения)

Защита состоится 22 апреля 2010 г. в 10⁰⁰ на заседании диссертационного совета ДМ 002.036.01 при Учреждении Российской академии наук Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН по адресу: 152742, п. Борок, Некоузского р-на Ярославской обл. Тел./факс: (48547) 24-042

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Учреждения Российской академии наук Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН и в сети Интернет на сайте <http://www.ibiw.ru>

Автореферат разослан « ____ » _____ 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор биологических наук

 Л. Г. Корнева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Южный Урал – регион, в котором уровень техногенной нагрузки является одним из самых высоких в Российской Федерации. Различными исследованиями показано, что в этом районе отмечается пониженная устойчивость экосистем к антропогенному воздействию (Александровская и др., 1966а, б, в, 1975; Грандилевская-Дексбах и др., 1970б; Эдельштейн и др., 1990; Захаров, 1995, 1997; Кривопалова, 1995; Танаева и др., 1995; Андреева, 1996; Комплексный доклад ..., 1996; Ярушина и др., 1999, 2000, 2001, 2004; Сухарев и др., 2002; Рогозин и др., 2003; Ходоровская и др., 2003; Еремкина и др., 2004). В то же время здесь сосредоточены огромные по своей величине и запасам пресной воды системы озер, имеющие уникальное значение не только для Челябинской области, но и всего Уральского региона. Самой крупной является Увильдинская озерная зона, объединяющая около 55 водоемов в единую водную систему (Сементовский, 1951; Андреева и др., 1979).

Изучение озер, входящих в состав этих систем и испытывающих различный уровень антропогенной нагрузки, имеет особую теоретическую и практическую значимость, поскольку выявление особенностей развития гидроэкосистем в условиях антропогенного воздействия в конкретном регионе позволяет в определенной мере приблизиться к практической реализации концепции устойчивого развития экосистем, провозглашенной мировым сообществом и официально поддержанной на национальном уровне.

Актуальность темы. Исследования потоков и взаимосвязей между компонентами водных экосистем – важнейшая задача современной гидробиологии (Алимов, 1996). Озера Увильдинской зоны активно используются в качестве источников хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения, для водоотведения и рекреации, в рыбохозяйственных целях. В связи с этим выявление индикаторных показателей экологического состояния водоемов в условиях антропогенного воздействия является особенно актуальным.

Проведение многолетних наблюдений за изменением структурных и функциональных характеристик водных экосистем, обладающих некоторой суммой сходных параметров (например, расположенных в единой климатологической зоне) и подверженных различной степени антропогенного прессинга, существенно повышает достоверность экологических прогнозов (Иванова, 1997).

Известно, что при повышении скорости эвтрофирования фитопланктон одним из первых реагирует на изменение условий обитания. Многолетние наблюдения за изменением таксономического состава, структуры, динамики и продукционных характеристик планктонных альгоценозов, развивающихся в различных экологических условиях, проводились для водоемов умеренной зоны в других районах России (Петрова, 1990; Трифонова, 1990; Влияние ..., 2003). В Уральском регионе многочисленные исследования водорослей в отдельных озерах носят, как правило, кратковременный характер (Ярушина и др., 2004). В связи с чем, анализ многолетней динамики структуры и функциониро-

вания фитопланктона оз. Иткуль, Синара, Силач представляется весьма актуальным.

Цель и задачи исследования - изучение состава, структуры, сезонной и межгодовой динамики альгоценозов трех крупнейших озер северной части Увильдинской зоны (восточный склон Урала) в условиях антропогенного эвтрофирования.

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

1 Выявить особенности многолетней динамики гидрохимического режима оз. Иткуль, Синара, Силач.

2 Выявить видовое богатство фитопланктона исследуемых водоемов и провести его эколого-географический анализ.

3 Изучить структуру, динамику численности и биомассы водорослей планктона в оз. Иткуль, Синара, Силач.

4 Определить направление сукцессии альгоценозов в исследуемых озерных экосистемах в условиях антропогенного эвтрофирования.

Защищаемые положения:

1 В таксономическом и эколого-географическом отношении альгофлора планктона озер северной части Увильдинской зоны и альгофлора водоемов Челябинской области представляют единое флористическое ядро, сформированное зональными условиями.

2 Фитопланктон озер Иткуль, Синара, Силач характеризуется наибольшим разнообразием представителей зеленых, диатомовых и синезеленых водорослей. Соотношение главных систематических категорий при явном преобладании зеленых и диатомовых водорослей соответствует характеру флористического состава планктона внутренних водоемов умеренной зоны.

3 Состав и структура альгоценозов исследуемых водоемов отражают современное состояние озерных экосистем и могут служить основой для проведения фитомониторинга (экологического мониторинга). При увеличении антропогенного эвтрофирования озер происходят наиболее существенные изменения структуры фитопланктона, увеличение его численности и биомассы.

Научная новизна. Впервые обобщены данные по гидрохимическому режиму оз. Иткуль, Синара и Силач. Показано, что характер и степень антропогенного воздействия в условиях Южного Урала увеличивают скорость эвтрофирования водоемов, что выражается в изменении структуры альгоценозов, накоплении органического вещества за счет массового развития отдельных видов водорослей, прежде всего, синезеленых. Составлен таксономический список альгофлоры. Проведен сравнительный таксономический и эколого-географический анализ. Дана оценка современного экологического состояния озер по комплексным показателям. Изучены сезонная динамика и особенности развития сообществ водорослей, многолетние изменения количественных показателей. Выявлены особенности сукцессии фитопланктона в исследованных водоемах при антропогенном эвтрофировании. Выявлены взаимосвязи между биотическими и абиотическими факторами на уровне некоторых отделов и видов водорослей. Установлено, что при высоком уровне эвтрофирования в горных озерах Урала снижается индекс видового разнообразия Шеннона.

Практическая значимость. Полученные данные могут служить информационной и методической основой для разработки программ экологического мониторинга озерных экосистем Южного Урала. Результаты изучения многолетней динамики гидрохимического режима оз. Иткуль, Синара, Силач расширяют представления об изменении физико-химических показателей воды в условиях антропогенного эвтрофирования. Данные о таксономическом составе фитопланктона дополняют сведения по биоразнообразию озер Уральского региона и могут использоваться при подготовке сводок региональных флор, определителей. Результаты исследований применяются для характеристики рыбохозяйственного фонда и оценки рыбопродуктивности водоемов Челябинской области, формирования информационной базы промыслово-биологических данных и расчета ущерба водным биоресурсам от хозяйственной деятельности.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались на II Международной конференции «Актуальные проблемы современной альгологии» (Киев, 1999); научно-производственном совещании «Биология, биотехника разведения и промышленного выращивания сиговых рыб» (Тюмень, 2001); II Международной научной конференции «Озерные экосистемы: Биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды» (Минск-Нарочь, 2003); Международной конференции «Первичная продукция водных экосистем» (Борок, 2004); Международной конференции «Природное наследие России: изучение, мониторинг, охрана» (Тольятти, 2004), IX школе диатомологов России и стран СНГ (Борок, 2005); Всероссийской научной конференции «Современные аспекты экологии и экологического образования» (Казань, 2005); Международной конференции «Водная экология на рубеже XXI в.: к 100-летию профессора Г. Г. Винберга» (С.-Петербург, 2005); Международной конференции «Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем» (С.-Петербург, 2006); IX Съезде Гидробиологического об-ва РАН (Тольятти, 2006); III Международной конференции «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды» (Минск-Нарочь, 2007); II Всероссийской конференции «Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге» (Сыктывкар, 2009) и других научных мероприятиях различного уровня.

Результаты работы вошли в отчеты по темам НИР: «Синарская группа озер (морфология, гидрохимия, гидробиология)» (РФЯЦ-ВНИИТФ. Снежинск, 1991); «Определение эколого-рыбохозяйственного состояния озер Синара, Татыш, Ташкуль, Силач и разработка технологии рыбного хозяйства для муниципального предприятия города Снежинска» (СибрыбНИИпроект. Тюмень, 1999); «Разработать рыбоводно-биологическое обоснование по созданию маточного стада пеляди в оз. Иткуль Челябинской области» (УралСибрыбНИИпроект. Екатеринбург, 2001); «Выявление причин, вызывающих цветение водорослей в оз. Синара» (ИЭРиЖ УрО РАН. Екатеринбург, 2002). Полученные данные используются в преподавании курса «Обеспечение компетентности лабораторий, осуществляющих контроль биологическими методами. Подготовка к аккредитации» в Уральском филиале ГОУ ДПО «Академия стандартизации, метрологии и сертификации».

Личный вклад соискателя. Диссертационная работа является результатом многолетних (1991-2006 гг.) исследований водоемов северной части Увильдинской озерной зоны, выполненных автором самостоятельно (обработка гидробиологического материала) и в сотрудничестве с коллективом аналитической лаборатории отдела промышленной экологии РФЯЦ-ВНИИТФ (г. Снежинск) под руководством автора (гидрохимический анализ). С 2000 по 2006 гг. гидрохимический и гидробиологический материал обрабатывался автором в лаборатории гидробиологии Уральского филиала ФГУП «Госрыбцентр» - Уральского НИИ водных биоресурсов и аквакультуры (г. Екатеринбург).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 23 работы, из них две статьи в журналах, рекомендованных ВАК, и одна коллективная монография.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы и приложения. Работа изложена на 179 страницах текста, включая 54 рисунка, 26 таблиц. Список литературы включает 326 отечественных и зарубежных источников.

Благодарности. Выражаю свою глубокую благодарность научному руководителю Маргарите Ивановне Ярушиной за ценные советы по организации исследований и помощь при обработке материалов. Искренне признательна сотрудникам отдела промышленной экологии РФЯЦ-ВНИИТФ, коллегам Уральского филиала ФГУП «Госрыбцентр», Института экологии растений и животных УрО РАН (г. Екатеринбург) за участие и поддержку.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 История изученности озер Увильдинской зоны

В главе проанализировано состояние изученности водоемов Увильдинской зоны. Условно историю развития исследований можно разделить по аналогии с периодизацией И. В. Молчанова (1946) на несколько этапов, каждый из которых имеет свои характерные черты. **1 этап** (вторая половина XVIII в. – 60-е годы XIX в.) – ознакомительный. **2 этап** (70-е годы XIX в. - 1917 г.) – описательный - выделяется своей рыбохозяйственной и рыбопромысловой направленностью. **3 этап** (1918 – 1970 гг.) – инвентаризационный - характеризуется интенсивным и глубоким научным исследованием озер Урала. **4 этап** (с 1970 г. по настоящее время) – эколого-продукционный.

Оценивая современный уровень изученности водоемов, следует отметить крайнюю неравномерность исследований и недостаточную их глубину. Наиболее изученной является южная часть Увильдинской зоны: оз. Кундравинское, Тургояк, Б. Кисегач, Б. Миассово, Увильды, Аргазинское водохранилище. Работы на водоемах северной части были связаны с исследованием их отдельных характеристик в разные годы. Комплексная оценка экологического состояния озер и выявление взаимосвязей между гидрохимическими и гидробиологическими показателями до последнего времени не проводились.

Глава 2 Материалы и методы исследования

Материалом исследования послужили пробы воды и фитопланктона, отобранные в период с 1991 по 2006 гг. Работы проводились на стационарных станциях наблюдений, отличающихся по экологическим условиям. При отборе проб использовали батометр в соответствии с общепринятыми для альгологических исследований методами (Методика изучения ..., 1975; Руководство по методам ..., 1983). Сгущение осуществляли осадочным способом. Подсчет численности производили в камере Нажотта ($V = 0.01 \text{ см}^3$). Использовали световые микроскопы БИМАМ-Р-11 и «Микмед-2» (увеличение в 640 и 1000 раз). Биомассу рассчитывали по общепринятой методике, исходя из численности и объема клеток каждого таксона (Методика изучения ..., 1975; Садчиков, 2003). Виды, разновидности и формы водорослей идентифицировали по отечественным и зарубежным определителям. В основу систематического списка положена классификационная система, принятая нами при ревизии флоры водорослей водных экосистем Челябинской области (Ярушина и др., 2004).

Для определения первичной продукции использовался метод измерения скорости фотосинтеза в воде, заключенной в склянки, в кислородной модификации (Методические рекомендации ..., 1981) с суточной экспозицией. Пробы фитопланктона и воды для химического анализа отбирались синхронно горизонтам, на которых исследовалась первичная продукция.

Флористический анализ фитопланктона проводили с использованием общепринятых показателей, индексов и коэффициентов: пропорций флоры, родового коэффициента (родовой насыщенности видовыми и внутривидовыми таксонами), флористических спектров (Шмидт, 1980), индекса Chlorophyta:Суанophyta (Гецен, 1985; Комулайнен, 2004; Шабалина, 2009), зависимости Виллиса, коэффициентов общности видового состава Сёренсена (K_C) и флористического сходства Жаккара (Садчиков, 2003; Баринаова и др., 2006). При эколого-географической характеристике фитопланктона использовали литературные данные (Баринаова и др., 2006).

Для того чтобы выявить направление сукцессии планктонных комплексов рассчитывали информационный индекс Шеннона (Баринаова и др., 2006).

Степень органического загрязнения водоемов оценивали по индексу сапробности (S) методом Пантле-Бука в модификации Сладечека (Садчиков, 2003; Баринаова и др., 2006).

При проведении альгологических сборов и отборе проб воды проводилось определение физико-химических параметров водной среды (температуры воды, прозрачности по диску Секки, запаха, цвета). Пробы для гидрохимического анализа отбирались в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51592-2000. Исследования выполнялись в аккредитованной лаборатории отдела промышленной экологии РФЯЦ-ВНИИТФ по аттестованным методикам, рекомендованным для экологического мониторинга поверхностных вод в ранге ПНД Ф и РД 52. В пробах воды определялись: водородный показатель (рН), цветность, ХПК, перманганатная окисляемость (ПО), растворенный кислород, БПК₅, хлорид-ионы, сульфат-ионы, гидрокарбонат-ионы, ионы аммония, нитрит-ионы, нитрат-ионы, фосфат-ионы, жесткость общая, кальций, магний, натрий и калий

(суммарно), железо общее, цинк, кадмий, никель, свинец, хром. Насыщение воды кислородом и суммарное содержание минерального азота и фосфора рассчитывали согласно установленным поправкам и известным эквивалентам (Алекин и др., 1973).

Коэффициенты корреляции между численностью, биомассой фитопланктона и гидрохимическими показателями устанавливали с использованием стандартного программного продукта Excel.

Глава 3 Лимнологическая и гидрохимическая характеристика озер Иткуль, Синара, Силач

В главе приведены основные сведения о географическом положении озер, особенностях ландшафта и климата, геологии района, почвах, растительности, гидрографической сети. По своему происхождению оз. Иткуль, Синара, Силач – тектонические, однако по морфометрическим и гидрологическим показателям озерные котловины существенно различаются. По типу водного баланса – зарегулированные. Многолетняя изменчивость их уровня характеризуется четко выраженной цикличностью в колебании уровней. Непосредственной причиной, вызывающей изменения в многолетнем режиме гидрометеорологических элементов, является смена форм атмосферной циркуляции (Андреева, 1973).

Водоемы различаются уровнем антропогенного эвтрофирования, который был минимальным до 50-х годов XX в. Основным занятием населения было сельское хозяйство и рыболовство. С 1929 г. оз. Синара стало первой местной базой сиговодства на Урале. В 50-е гг. интенсивное развитие Челябинской области как промышленного региона стало основной причиной коренного изменения облика исследуемых озер. Существенным образом изменился их гидрологический режим в результате забора воды для питьевого и промышленного водоснабжения и сброса сточных вод. В настоящее время оз. Силач отличается наиболее интенсивным внешним водообменом и самым высоким уровнем антропогенного эвтрофирования по сравнению с оз. Иткуль и Синара.

Учитывая основные характеристики температурного цикла, Иткуль и Синару можно отнести к термически среднеустойчивым озерам, Силач – к термически малоустойчивым (Андреева, 1973; Теоретические вопросы ..., 1993).

Прозрачность отражает взаимосвязь множества процессов, происходящих в толще воды. В исследуемых водоемах ее сезонная динамика имеет однородный характер: подо льдом – максимальная, в открытый период – уменьшается. Минимум наблюдается в периоды «цветения». Многолетние изменения связаны со снижением прозрачности воды оз. Иткуль, Синара, Силач, что свидетельствует о повышении их трофического статуса. При этом трофический индекс Карлсона по прозрачности (Carlson, 1977) – TSI-индекс – постепенно увеличивается.

Газовый режим в оз. Иткуль характеризуется как сравнительно благополучный, в оз. Синара – умеренно благополучный и нестабильный – в оз. Силач. Климатические условия и степень эвтрофирования водоема – основные факто-

ры, определяющие содержание кислорода в исследуемых озерах в течение всего года.

Многолетняя динамика водородного показателя (рН) свидетельствует о довольно стабильном состоянии кислотно-щелочного баланса в оз. Иткуль и не обнаруживает каких-либо устойчивых тенденций к изменению естественного уровня. В оз. Синара отмечено незначительное повышение рН при более широком диапазоне его колебаний. В оз. Силач ярко выражен сдвиг рН в щелочную сторону. Формирование полищелочных условий при вспышках массового развития фитопланктона - показатель наиболее высокого уровня эвтрофирования водоема по сравнению с оз. Иткуль и Синара.

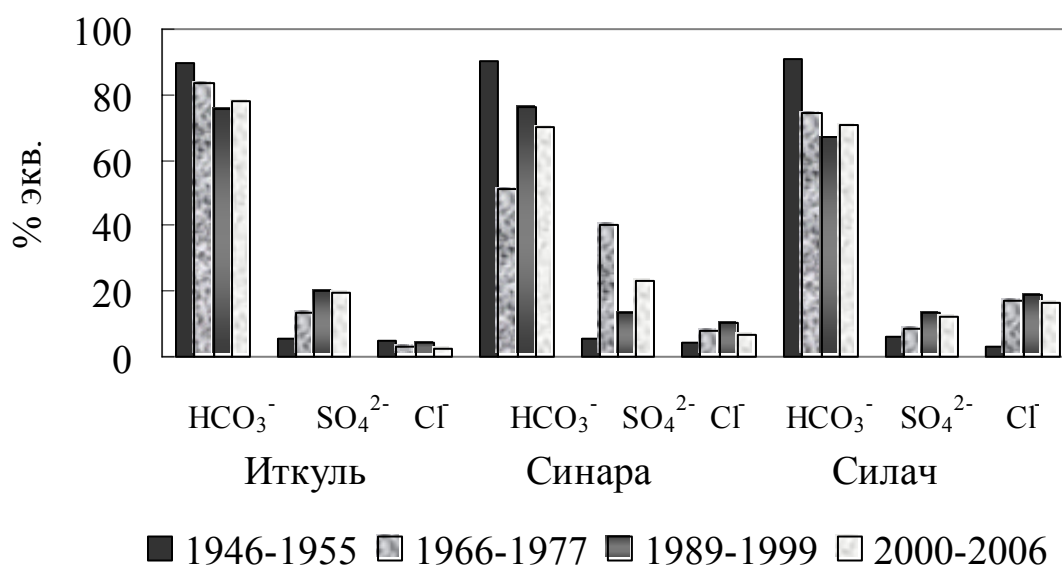


Рис. 1 Многолетняя динамика главных анионов в исследуемых озерах

В целом ионный состав воды оз. Иткуль и Синара типичен для пресных озер горной страны Челябинской области в их естественном состоянии (Балабанова, 2006). По соотношению главных ионов вода принадлежит к устойчиво гидрокарбонатному классу (Алекин, 1970), группа и тип варьируют от кальциевых вод I (содового) типа до кальциево-магниевых II-III типа. Многолетняя динамика минерализации отражает влияние естественных и антропогенных факторов на гидрохимический режим водоемов (рис. 1). В оз. Силач антропогенное воздействие проявилось в изменении ионной структуры воды под воздействием поступающих сточных вод, содержащих промышленные стоки с высокой долей сульфатов и хлоридов в своем составе (рис. 2).

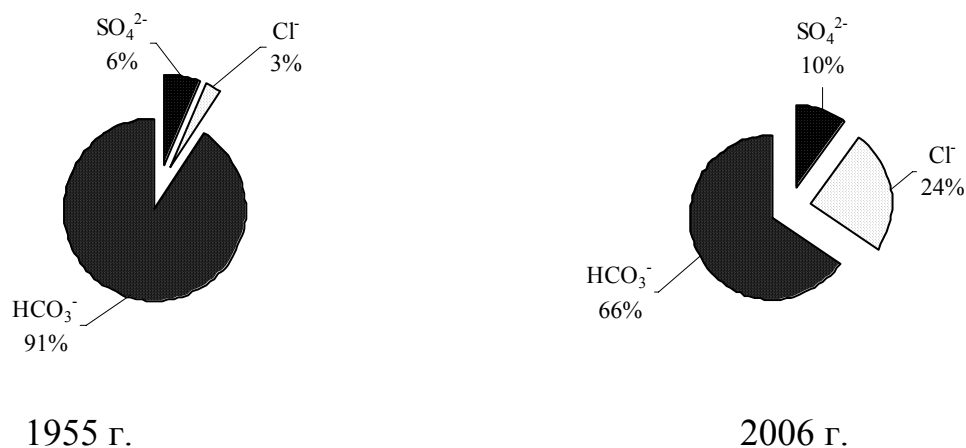


Рис. 2 Изменение ионной структуры воды в оз. Силач

По классификации С. П. Китаева (1984) с учетом степени окрашенности вод оз. Иткуль является олигомезогумозным, оз. Синара – мезогумозным, оз. Силач – полигумозным водоемом. При этом отчетливо проявляется установленная для озер зависимость между показателем условного водообмена и цветностью воды: при повышении проточности цветность и содержание аллохтонного органического вещества (ОВ) увеличиваются. В оз. Иткуль и Синара содержание ОВ среднее, в оз. Силач – очень высокое.

Сезонная динамика минерального азота и фосфора отражает изменения трофических условий в гидроэкосистеме в течение года. В исследуемых озерах зимой, когда прекращаются процессы фотосинтеза, они накапливаются. В остальное время их концентрация колеблется, летом, довольно часто, снижаясь до уровня «аналитического нуля». В течение вегетационного периода содержание биогенных элементов в оз. Силач самое высокое. Многолетняя динамика минеральных форм азота и фосфора в водоеме обладает выраженной тенденцией к росту (рис. 3): их содержание за последние 35 лет увеличилось почти на 100 %, что свидетельствует об интенсивных процессах накопления биогенов в водной экосистеме, т.е. антропогенном эвтрофировании озера.

Межгодовая динамика гидрохимического режима свидетельствует о постепенном увеличении трофического статуса исследуемых водоемов. При этом скорость эвтрофирования оз. Иткуль определяется преимущественно автохтонными процессами и является самой низкой, в оз. Синара и Силач она зависит от поступления аллохтонной органики, причем в оз. Силач эти процессы имеют четко выраженную зависимость от основного источника поступления биогенов – выпуска хозяйственно-бытовых сточных вод г. Снежинска. В оз. Синара ввиду рассеянного поступления соединений азота и фосфора с ливневыми сточными водами и поверхностным стоком с площади водосбора эвтрофирование протекает менее интенсивно. В то же время пол-

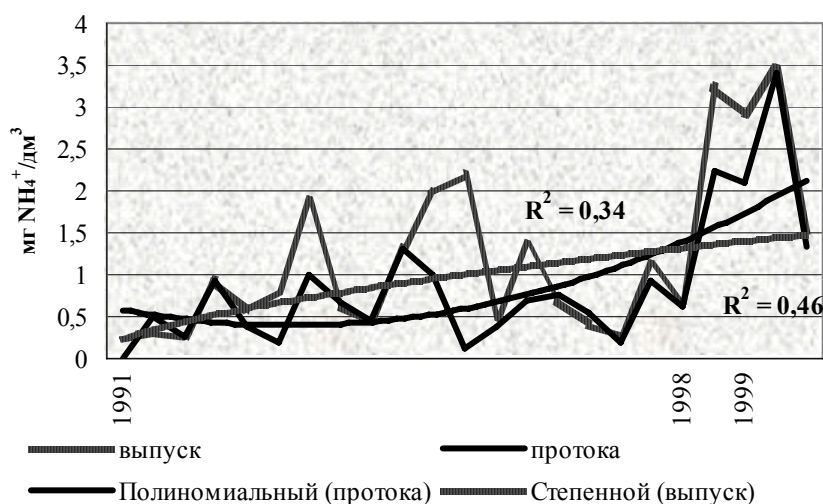


Рис. 3 Многолетняя динамика содержания ионов аммония в оз. Силач

ная ассимиляция минерального азота и фосфора, наблюдаемая в течение вегетационного периода в исследованных озерах, свидетельствует о высокой физиологической активности фитоценозов и их значительном продукционном потенциале.

Глава 4 Структура и функционирование фитопланктона оз. Иткуль, Синара, Силач

К настоящему времени в составе альгофлоры исследуемых водоемов по оригинальным и литературным данным нами зарегистрировано 596 видов (714 видов и разновидностей, учитывая номенклатурный тип вида), относящихся к 203 родам, 92 семействам, 42 порядкам, 15 классам и 8 отделам (табл. 1), что свидетельствует о богатстве и высоком уровне таксономического разнообразия флор водорослей оз. Иткуль, Синара, Силач.

Таблица 1 – Таксономическая структура альгофлоры исследуемых водоемов

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид (р/в)	От флоры Челябинской области, %
<i>Cyanophyta</i>	3	5	17	29	79 (104)	54 (54)
<i>Euglenophyta</i>	1	1	2	5	37 (54)	49 (48)
<i>Dinophyta</i>	1	2	2	6	7 (13)	33 (45)
<i>Cryptophyta</i>	1	1	1	3	10 (10)	83 (83)
<i>Chrysophyta</i>	1	3	7	12	39 (44)	98 (92)
<i>Bacillariophyta</i>	3	17	31	55	150 (188)	42 (39)
<i>Xanthophyta</i>	2	2	4	8	19 (20)	100 (62)
<i>Chlorophyta</i>	3	11	28	85	255 (281)	61 (61)
Всего	15	42	92	203	596 (714)	54 (52)

О полноте выявленного разнообразия фитопланктона свидетельствует соблюдение зависимости Виллиса между распределением числа таксонов (видов с учетом разновидностей) и родов (рис. 4). При этом флоры оз. Синара и Силач изучены более полно, их видовой состав практически близок к насыщению.

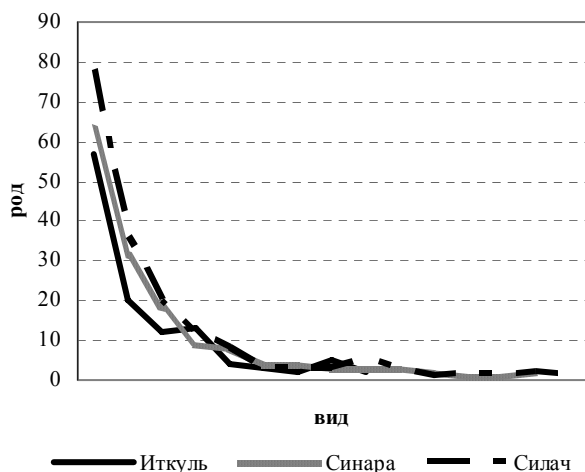


Рис. 4 Зависимость Виллиса для альгофлор исследуемых озер

В целом видовой состав альгофлоры исследуемых озер по своему характеру близок к таковому флоры водорослей водоемов Челябинской области и составляет единое с ним флористическое ядро, сформированное зональными условиями. Однако роль зеленых водорослей в оз. Иткуль, Синара, Силач более существенна, чем диатомовых. Сравнительный анализ индивидуальных флор выявил следующую закономерность: с увеличением трофического статуса возрастает разнообразие зеленых и эвгленовых водорослей и снижается - диатомовых и динофитовых (рис. 5).

Рис. 5)

Пропорции флоры составили для оз. Иткуль - 1 : 2.0 : 4.1 : 4.5, Синара - 1 : 2.1 : 5.1 : 6.1, Силач - 1 : 2.3 : 5.8 : 6.6 и значительно ниже таковых (1 : 2.6 : 9.6 : 11.9) для водоемов Челябинской области (Ярушина и др., 2004). Это свидетельствует о низкой насыщенности семейств родами и видами, и характерно для горных альгофлор (Ярушина, 2004; Стерлягова, 2009). Сравнение значений родового коэффициента по отделам показало, что наибольшим видовым богатством во всех трех озерах характеризуются Euglenophyta: в оз. Иткуль родовой коэффициент составил 2.5, в оз. Синара - 7.0, в оз. Силач - 6.8. Ведущее положение эвгленовых водорослей в показателях флористического разнообразия исследуемых озер аналогично таковому для альгофлор водоемов Челябинской области в целом (Ярушина и др., 2004) и может свидетельствовать о высокой степени их эвтрофирования.

Анализ родовой насыщенности видовыми и внутривидовыми таксонами показал, что в условиях антропогенного эвтрофирования увеличивается видовое богатство синезеленых, эвгленовых, криптофитовых, желто-зеленых и зеленых водорослей, снижается - динофитовых.

Роль семейств с одновидовым представителем в изученных альгофлорах значительна и возрастает с увеличением трофического статуса водоема: в Иткуле - 29.5 %, Синаре - 30.1 %, Силаче - 30.8 %. Высокая доля одновидовых семейств и преобладание маловидовых родов - характерные черты структуры бореальных флор (Гецен и др., 1994; Ярушина и др., 2004; Стерлягова, 2009).

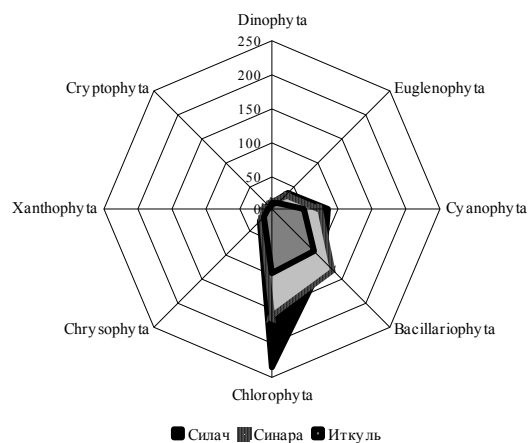


Рис. 5 Таксономическая структура фитопланктона исследованных озер

Вклад ведущих семейств в альгофлору исследованных водоемов увеличивается по мере их эвтрофирования: от 42 % в оз. Иткуль, до 46 % в Синаре и 48 % - в Силаче. В целом семейственные спектры озер аналогичны флоре водоемов Челябинской области (Ярушина и др., 2004). Ведущую позицию везде занимает семейство Scenedesmaceae. Родовые спектры на 80 % идентичны, но различаются ранговыми местами составляющих их родов. Первое место принадлежит представителям зеленых водорослей из рода *Desmodesmus*.

Установлено, что с ростом трофического статуса водоема увеличивается значение индекса Chlorophyta/Сyanophyta: Иткуль - 2.0, Синара – 2.4, Силач – 2.8. Сравнение этого показателя с данными для других регионов России (Гецен, 1985; Комулайнен, 2004; Судницина, 2008; Шабалина, 2009) показало его близость с северными и горными районами, где это соотношение не превышает 3.0.

Минимальная степень сходства установлена между флорами оз. Иткуль и оз. Силач ($K_C=0.49$), максимальная - между фитопланктоном оз. Синара и оз. Силач ($K_C=0.62$).

Сезонная динамика видового богатства фитопланктона имеет сходный характер для всех исследуемых водоемов. Наибольшее разнообразие выявлено в июле, когда создаются оптимальные температурные условия для его развития. Минимальное число таксонов отмечено в подледный период (декабре - январе).

Характер многолетней динамики таксономического разнообразия водорослей в общих чертах отражает ход сукцессии, обусловленной процессами эвтрофирования: в процессе изменения трофического статуса от олиготрофного к эвтрофному происходит увеличение числа видов, разновидностей и форм, которое начинает постепенно снижаться после достижения экосистемой определенного критического уровня, а в сильно загрязненных гипертрофных водах достигает минимума (Барина и др., 2006).

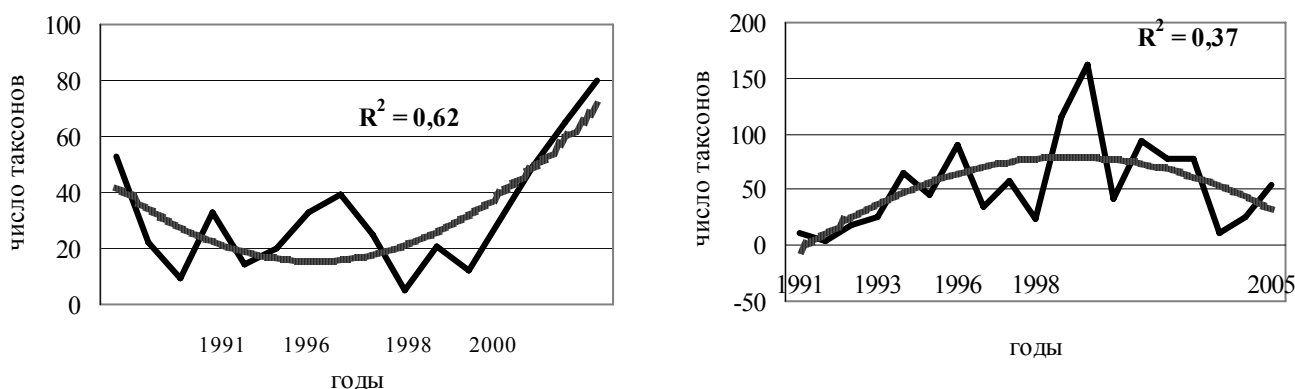


Рис. 6 Многолетняя динамика видового богатства фитопланктона оз. Иткуль (слева) и оз. Синара (справа)

За период исследований в оз. Иткуль отмечено достоверное увеличение видового богатства (рис. 6). В оз. Синара изменение таксономического разнообразия имеет более сложный характер: до 1998 г. оно росло, а в последующие годы снижалось, что свидетельствует о повышении трофического статуса водо-

ема. В оз. Силач число видов и внутривидовых таксонов водорослей варьировало незначительно.

На уровне структурообразующих отделов, для периодов максимального развития водорослей изменения таксономического разнообразия фитопланктона проявляются более отчетливо. В оз. Иткуль отмечено его достоверное увеличение для диатомовых, зеленых и синезеленых водорослей. В оз. Синара многолетняя динамика видового богатства летнего фитопланктона отличается от изменения общего разнообразия: число видов, разновидностей и форм диатомовых и зеленых водорослей увеличилось, в то время как для синезеленых наблюдается их снижение с 1998 г. В оз. Силач в летний период с 1998 г. наблюдается уменьшение разнообразия для трех ведущих отделов (рис. 7).

При эколого-географическом анализе альгофлор среди таксонов с известным географическим распределением в исследуемых озерах выявлено преобладание космополитов, что характерно для большинства водоемов умеренной зоны (Фитопланктон ..., 2003; Биоиндикация ..., 2007; Состояние экосистемы ..., 2008).

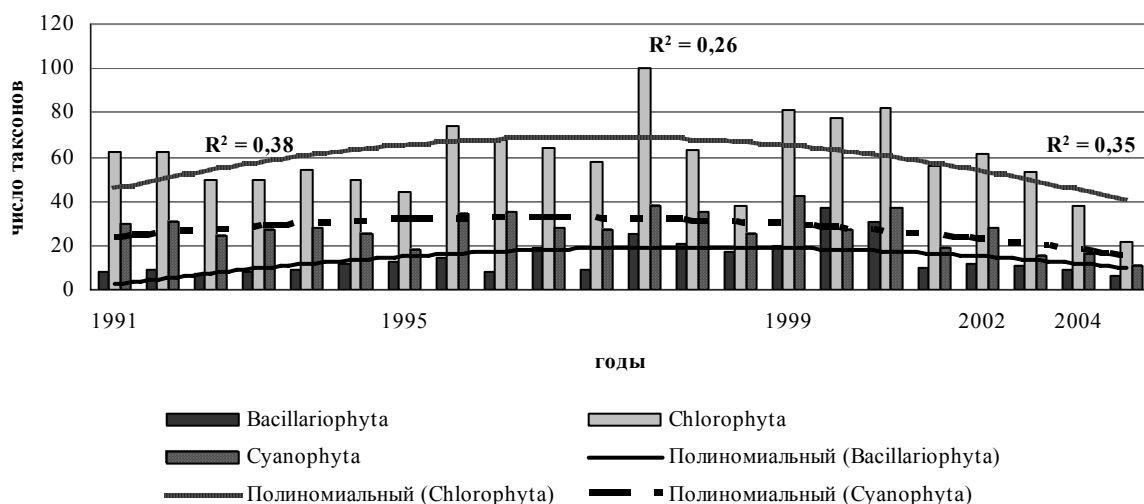


Рис. 7 Многолетняя динамика видового богатства ведущих отделов фитопланктона оз. Силач в летний период

По типу местообитания в оз. Иткуль и Синара преобладают планктонно-бентосные формы (34 % и 37 % соответственно), в оз. Силач - планктонные водоросли (28 %). Эпифитных видов немного, меньше всего – в оз. Иткуль (< 1 %). Из видов-индикаторов рН первое место занимают обитатели нейтральных и слабощелочных вод - алкалофилы и алкалобионты, второе – индифференты. По отношению к солености воды большинство найденных водорослей относится к индифферентам (53 %, 47 % и 42 % соответственно), за ними следуют галофилы и мезогалофы. Среди водорослей - индикаторов сапробности основную часть составляют β-мезосапробы и о-β (β-о) – мезосапробы. Доля ксено- (обитателей очень чистых вод) и олигосапробов (предпочитающих невысокое содержание легкоокисляемой органики) снижается по мере увеличения трофического статуса водоема: в Иткуле – 22 %, Синаре – 18 %, Силаче – 13 %.

Индекс сапробности в оз. Иткуле изменялся в пределах 1.25-1.92, Синаре – 1.40-2.40, Силаче – 1.70-2.00, что соответствует переходному (II-III) классу качества воды (Баринаова и др., 2006) в первых двух озерах и устойчиво повышенному (III) – в последнем. Установленные биоиндикационным методом классы согласуются с данными гидрохимического анализа.

Влияние антропогенного эвтрофирования на увеличение продукции фитопланктона и изменение его многолетней и сезонной структуры отмечалось многими исследователями для озер всего мира (Влияние ..., 2003). Установлено, что в исследуемых озерах в условиях антропогенного эвтрофирования средне-многолетние величины численности и биомассы водорослей планктона возрастают, достигая максимума в оз. Силач (табл. 2).

Для сезонной динамики фитопланктона оз. Иткуль характерны слабо выраженные весенние и осенние пики, обусловленные развитием диатомовых и синезеленых водорослей. В отдельные годы максимум численности и биомассы (299 млн.кл./л и 60 г/м³ соответственно) наблюдается в июле. Это связано с массовым развитием *Gloeotrichia echinulata* (J. E. Smith) P. Richt, когда в водоеме в течение 8-10 дней формируется практически одновидовой альгоценоз. «Цветение» *Gl. echinulata* встречается как в высокотрофных, так и в мезотрофных, и даже некоторых олиготрофных озерах (Istvanovics et al., 1994; Rodrigo et al., 1998; King et al., 2005; Carey et al., 2008; 2009). В европейской части России подобный тип динамики массовых видов характерен для водных экосистем с высоким уровнем трофии (Трифоновна, 1990; Влияние ..., 2003). Своеобразие горных озер Южного Урала состоит в том, что при сохранении черт олиготрофии в них встречаются и заметные отклонения гидрохимического и гидробиологического режима от типологических норм (Россолимо и др., 1967). Сезонная сукцессия альгоценозов в оз. Иткуль сходна с таковой оз. Б. Кисегач (Летанская, 1978; Захаров, 2002б; Снитько, 2006), расположенного в южной части Увильдинской озерной зоны. Учитывая особенности структуры сообществ водорослей, оз. Иткуль можно отнести к олиготрофным водоемам с чертами мезотрофии.

Таблица 2. Численность и биомасса фитопланктона (среднемноголетние) в исследуемых озерах.

Показатель	Иткуль	Синара	Силач
Численность, млн.кл./л	21	68	549
Биомасса, г/м ³	4,20	7,65	29,28
H _N , бит/млн.кл	1,86	1,74	2,58
H _B , бит/мг	1,76	1,56	3,10

В оз. Синара сезонная динамика биомассы и численности фитопланктона характерна для мезотрофных водоемов: в мае-июле диатомовые водоросли *Stephanodiscus hantzschii* Grun. in Cl. et Grun., *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim. и *Aulacoseira italica* (Kütz.) Sim. составляют основу биомассы, ведущая роль в структуре численности принадлежит синезеленым. В отдельные годы отмечены кратковременные вспышки массового развития *Oscillatoria agardhii* Gom. В

июле, иногда в начале августа, наблюдается «цветение» *Gloeotrichia echinulata* (J. E. Smith) P. Richt, которая на протяжении 8-10 дней господствует в водоеме. В августе-сентябре снова интенсивно развиваются диатомовые, среди которых иногда занимает ведущие позиции *Melosira varians* Ag. В последние годы (2005-2007 гг.) в сентябре-октябре при сохранении высоких температур воздуха (от +15 до +17 °С) отмечены случаи развития неприятных запахов в питьевой воде г. Снежинска, которая поступает в систему водоснабжения из оз. Синара. В этот период выявлено массовое развитие в озере и системе водоснабжения *Oscillatoria agardhii* Gom. и *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim. По уровню развития фитопланктона оз. Синара – мезотрофно-эвтрофного типа.

Сезонная динамика популяций водорослей в планктоне оз. Силач соответствует таковой, выявленной для эвтрофных и гипертрофных водоемов (Трифонова, 1990), когда ярко выражен растянутый летний максимум биомассы и численности, обусловленный развитием синезеленых водорослей, преимущественно *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend Elenk. и *Microcystis wesenbergii* (Kom.) Kom. in Kondrateva. Весной и осенью в состав доминирующего комплекса наравне с синезелеными входит диатомовая *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim. Максимальные пики наблюдаются в августе-сентябре, в отдельные годы биомасса фитопланктона может достигать 186 г/м³ при численности 8112 млн.кл/л. В районе поступления в оз. Силач сточных вод г. Снежинска показатели развития альгоценозов всегда выше, чем на других станциях наблюдений.

По данным многолетних наблюдений достоверных изменений численности и биомассы фитопланктона в исследуемых озерах не выявлено. При этом установлено, что с увеличением трофического статуса изменяется вклад ведущих отделов водорослей в структуру сообщества, что отражает общий ход процесса эвтрофирования в водоеме. В оз. Иткуль отмечено снижение относительной биомассы синезеленых водорослей. В оз. Синара и Силач уменьшаются относительная численность и биомасса диатомовых и увеличивается доля синезеленых в структуре альгоценозов.

Изменение индекса видового разнообразия Шеннона свидетельствует о том, что в процессе антропогенного эвтрофирования в исследуемых водоемах происходит усложнение структуры фитопланктона, расширение круга массовых форм и повышение роли отдельных видов в течение вегетационного периода. Максимальных величин индекс Шеннона достигает в оз. Силач, что отражает наиболее сложное устройство альгоценозов этой экосистемы (табл. 2). За многолетний период установлено повышение индекса в оз. Иткуль и Синара и является свидетельством их дальнейшего эвтрофирования. В оз. Силач индекс понижается, что указывает на достижение гипертрофным водоемом критического уровня развития и начинающийся процесс упрощения структуры сообщества.

Многочисленными исследованиями установлено, что под влиянием антропогенного эвтрофирования происходит не только увеличение общей продуктивности фитопланктона, но и смена состава массовых видов водорослей в планктоне озер (Трифонова, 1979; Петрова, 1990; Влияние .., 2003). Господствующие ранее виды-доминанты (50-100 % биомассы) и субдоминанты (20-50

%) постепенно вытесняются видами, ранее занимавшими в сообществе более низкие позиции. При этом сукцессия массовых видов в каждом водоеме носит индивидуальный характер и зависит, в том числе, от географических и морфологических факторов. Установлено, что за период исследований в оз. Иткуль произошло увеличение относительной численности и биомассы *Aulacoseira granulata* и *Microcystis pulverea*.

В оз. Синара процессы перестройки альгоценозов более разнообразны: снизился вклад *Aulacoseira granulata* в структуру численности и биомассы фитопланктона, уменьшилась роль *Microcystis pulverea* в формировании численности. Обилие *Oscillatoria agardhii* постепенно снижалось до 1998 г., затем снова стало увеличиваться (рис. 8). *Microcystis aeruginosa* постепенно теряет свои ведущие позиции в численности водорослей.

В оз. Силач выявлено изменение роли трех структурообразующих видов в планктоне. Для *Aulacoseira granulata* за многолетний период отмечено снижение относительной биомассы. Уменьшился и вклад *Microcystis aeruginosa* в структуру численности и биомассы сообщества. Роль *Microcystis wesenbergii*, наоборот, усиливается. Этот вид, по-видимому, постепенно вытесняет в биоценозе *Microcystis aeruginosa*.

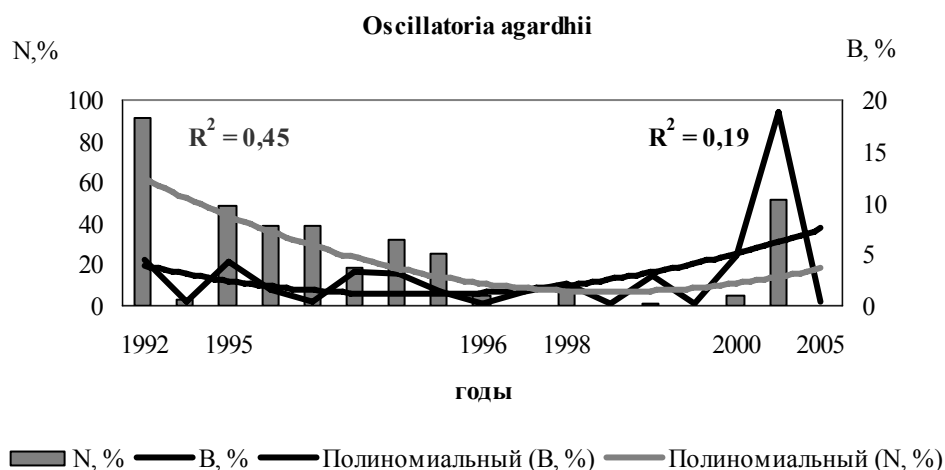


Рис. 8 Многолетняя динамика относительной численности (N) и биомассы (B) *Oscillatoria agardhii* в оз. Синара

При определении первичной продукции установлено, что для исследуемых озер характерен единый вертикальный профиль фотосинтеза. Основная ее часть создается в поверхностном слое воды, в условиях наилучшей освещенности. При этом величины A_{opt} составили в оз. Иткуль – 0.3-4.5 мгО₂/л·сутки, в оз. Синара – 0.3-6.2 мгО₂/л·сутки, в оз. Силач – 0.2-10.3 мгО₂/л·сутки, что сопоставимо по своим абсолютным значениям с данными для других водоемов Увильдинской зоны (Летанская, 1978). Максимальная скорость фотосинтеза наблюдается в оз. Силач, что согласуется с установленной ранее закономерностью (Трифенова, 1979): более высокой продукции соответствует более высокая биомасса.

Соотношение $\Sigma A / \Sigma R$, отражающее эффективность процессов минерализации автохтонного органического вещества в водоеме, в оз. Иткуль достигает

1.2-1.3, в оз. Синара – 0.5-2.5, в оз. Силач – 0.8-8.2 и сопоставимо с таковыми для водных экосистем Южного Урала (Танаева и др., 1979). Полученные данные свидетельствуют о том, что в оз. Иткуль эти процессы относительно сбалансированы и соответствуют олиготрофному типу. Озеро обогащается органическим веществом преимущественно автохтонного происхождения. Более продуктивное оз. Синара, где аллохтонная органика играет значительную роль в биотическом балансе, соответствует мезотрофно-эвтрофному уровню. Для высокопродуктивного гипертрофного оз. Силач характерна высокая скорость накопления органического вещества, обусловленная антропогенным эвтрофированием.

Глава 5 Современное экологическое состояние озер. Тенденции изменения качества воды и фитопланктона

В главе рассматриваются вопросы оценки экологического состояния исследуемых водоемов с использованием современных подходов и классификаций, а также анализируются выявленные зависимости между гидрохимическими показателями и структурно-функциональными характеристиками фитопланктона.

Использование регрессионного анализа позволило выявить взаимосвязь между некоторыми биотическими и абиотическими факторами, как на уровне отдельных видов фитопланктона, так и на уровне сообщества в целом.

Установлено, что на увеличение биомассы и численности фитопланктона в оз. Иткуль положительно влияют минеральный азот и рН, в оз. Синара - цветность воды. Причем повышение цветности способствует усилению роли синезеленых водорослей в структуре биомассы и подавляет развитие диатомовых. Выявлено, что в оз. Силач вклад *Microcystis aeruginosa* в биомассу сообщества увеличивается с ростом температуры и рН – в щелочных и полищелочных условиях.

ВЫВОДЫ

1. Изменения гидрохимического режима оз. Иткуль, Синара, Силач отражают особенности развития горных озер Южного Урала при антропогенном преобразовании водосборов. Антропогенное воздействие проявляется в увеличении доли сульфатов и хлоридов в ионном составе воды, увеличении рН (от олигоацидно-нейтральных до полищелочных вод), снижении прозрачности воды и повышении TSI-индекса, ухудшении газового режима, повышении цветности, перманганатной окисляемости, БПК₅, увеличении содержания в воде минерального азота, минерального фосфора и органического вещества.

На современном этапе оз. Иткуль относится к водоемам олиготрофно-мезотрофного типа, оз. Синара – мезотрофно-эвтрофное, оз. Силач – гипертрофное.

2. В планктоне исследуемых озер выявлено 596 видов водорослей (714 видов, разновидностей и форм), относящихся к 203 родам, 92 семействам, 42

порядкам, 15 классам и 8 отделам. В фитопланктоне оз. Иткуль, Синара, Силач обнаружено наибольшее разнообразие зеленых, диатомовых и синезеленых водорослей, что соответствует флористическому составу планктона внутренних водоемов умеренной зоны. При антропогенном эвтрофировании в структуре изученных альгофлор увеличивается относительное богатство зеленых и эвгленовых водорослей и снижается – диатомовых и динофитовых.

3. По степени сходства таксономических, ранговых и эколого-географических спектров альгофлора оз. Иткуль, Синара, Силач носит локальный характер и представляет единый флористический комплекс с таковой водоемов Челябинской области. Роль семейств с одновидовым представителем в изученных флорах значительна и возрастает с увеличением трофического статуса озер. Спектр ведущих семейств возглавляет семейство *Scenedesmaceae*, среди родов по разнообразию лидирует *Desmodesmus*.

Минимальная степень сходства установлена между флорами оз. Иткуль-Силач ($K_C = 0.49$), максимальная – оз. Синара-Силач ($K_C = 0.62$). С повышением трофического статуса водоема увеличивается индекс Chlorophyta:Суанophyta.

4. Среди таксонов с известным географическим распределением в исследованных водоемах преобладают космополиты, по типу местообитания: в оз. Иткуль и Синара – планктонно-бентосные формы, в оз. Силач – с незначительным превосходством – планктонные водоросли. По отношению к рН первое место занимают обитатели нейтральных и слабощелочных вод (алкалифилы и алкалибионты), по отношению к солености воды – виды – индифференты. Среди водорослей – индикаторов сапробности преобладают β -мезосапробы и α - β (β - α) – мезосапробы.

5. В оз. Иткуль выявлено многолетнее увеличение видового богатства диатомовых, зеленых и синезеленых водорослей. В оз. Синара разнообразие фитопланктона повышалось до 1998 г., в последующие годы снижалось. В оз. Силач установлено уменьшение числа таксонов диатомовых, зеленых и синезеленых в летний период, начиная с 1998 г.

6. Установлено, что в исследованных озерах средние за многолетний период численность и биомасса фитопланктона возрастали по мере увеличения трофического статуса. За многолетний период индекс Шеннона в оз. Иткуль и Синара повысился, что является свидетельством дальнейшего эвтрофирования экосистем. В оз. Силач индекс Шеннона понижался, что указывает на достижение гипертрофным водоемом критического уровня развития и начинающееся упрощение структуры сообщества.

Учитывая особенности сезонной динамики альгоценозов, отражающей своеобразие гидробиологического режима горных озер Южного Урала, оз. Иткуль можно отнести к водоемам олиготрофно-мезотрофного типа, оз. Синара – к мезотрофно-эвтрофным водным экосистемам, характеризующимся несколькими максимумами, связанными со вспышками развития диатомовых и синезеленых в течение вегетационного сезона. В оз. Силач сезонная сукцессия типична для эвтрофных и гипертрофных экосистем и имеет вид ярко выраженного, растянутого во времени летнего максимума биомассы, обусловленного развитием синезеленых водорослей.

7. Выявлено, что на увеличение общей биомассы и численности фитопланктона в оз. Иткуль положительно влияют минеральный азот и рН, в оз. Синара – цветность воды. Повышение цветности способствует усилению роли синезеленых водорослей в структуре биомассы и подавляет развитие диатомовых. Установлено, что в оз. Силач вклад *Microcystis aeruginosa* в биомассу сообщества увеличивается при повышении температуры и рН – в щелочных и полищелочных условиях.

8. Состав и структура альгоценозов оз. Иткуль, Синара, Силач отражают экологическое состояние озерных экосистем на современном этапе и могут служить основой для проведения фитомониторинга.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНО В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ:

- в изданиях, рекомендованных ВАК:

Ярушина М. И., Еремкина Т. В. Диатомовые водоросли водоемов Челябинской области // Биология внутренних вод. Приложение к № 2, 2008. С. 54 – 59.

Еремкина Т. В. Состав и структура фитопланктона озер Иткуль, Синара, Силач// Вестн. Челябинского ун-та. Челябинск, 2009. № 10. С. 267-277.

- в коллективной монографии:

Ярушина М. И., Танаева Г. В., Еремкина Т. В. Флора водорослей водоемов Челябинской области. Екатеринбург, 2004. 308 с.

- в прочих изданиях:

Ярушина М. И., Танаева Г. В., Еремкина Т. В. Cyanophyta озер Каслинско-Кыштымской системы (Россия)// Актуальные проблемы современной альгологии: Тез. докл. 2-й Междунар. конф. (Киев, май 1999 г.). Киев, 1999. С. 169.

Ярушина М. И., Еремкина Т. В. Фитопланктон озер Синарской группы Челябинской области// Экология и рациональное природопользование на рубеже веков: Итоги и перспективы: Матер. Междунар. конф. (Томск, 14-17 марта 2000 г.). Томск, 2000. Т. 1. С. 228-230.

Ярушина М. И., Еремкина Т. В. Фитопланктон эвтрофного оз. Силач// Биоразнообразии и биоресурсы Урала и сопредельных территорий: Матер. Междунар. конф. (Оренбург, 30-31 янв. 2001 г.). Оренбург, 2001. С. 50-52.

Матюхин В. П., Оленев С. П., Воронин В. П., Любимова Т. С., Ярушина М. И., Еремкина Т. В., Ковалькова М. П. Перспективы использования оз. Иткуль (Челябинская область) в качестве маточного водоема для сиговых// Биология, биотехника разведения и промышленного выращивания сиговых рыб: Матер. науч.-произв. совещ. (Тюмень, 19-21 дек. 2001 г.). Тюмень, 2001. С. 99-101.

Ярушина М. И., Еремкина Т. В. Новые и редкие виды Cyanophyta водоемов Челябинской области// Природное наследие России: изучение, мониторинг, охрана: Матер. Междунар. конф. (21-24 сентября 2004 г., Тольятти). Тольятти, 2004. С. 315-316.

Еремкина Т. В., Любимова Т. С. Биопродукционные характеристики озер Восточного склона Южного Урала// Первичная продукция водных экоси-

стем: Матер. Междунар. конф. (Борок, 11-16 октября 2004 г.). Ярославль, 2004. С. 33-34.

Ярушина М. И., **Еремкина Т. В.** Разнообразие синезеленых водорослей водоемов Челябинской области (Южный Урал)// Александр фон Гумбольдт и проблемы устойчивого развития Урало-Сибирского региона: Матер. российско-германской конф. (Тюмень, Тобольск, 20-22 сентября 2004 г.). Тюмень, 2004. С. 378-379.

Ярушина М. И., **Еремкина Т. В.** Bacillariophyta водоемов горно-лесной зоны Челябинской области// Тез. докл. IX школы диатомологов России и стран СНГ: Морфология, систематика, онтогенез. Экология и биогеография диатомовых водорослей (Борок, 13 – 16 сентября 2005). Борок, 2005. С.72-73.

Ярушина М. И., **Еремкина Т. В.** Разнообразие Euglenophyta водоемов Челябинской области // Современные аспекты экологии и экологического образования: Матер. Всероссийской науч. конф. Казань, 2005. С. 323-325.

Ярушина М. И., **Еремкина Т. В.** Разнообразие водорослей водоемов Южного Урала и Зауралья // Экология пресноводных экосистем и состояние здоровья населения: Матер. Всероссийской конф. (Оренбург, 25-28 апреля 2006 г.). Оренбург, 2006. С. 42.

Еремкина Т. В. Изменение структуры фитопланктона озер Увильдинской зоны в процессе эвтрофирования // IX Съезд Гидробиологического об-ва РАН (Тольятти, 18-22 сентября 2006 г.). Тольятти, 2006. Т. 1. С. 153.

Еремкина Т. В., Любимова Т. С. Первичная продукция некоторых озер Увильдинской зоны в современных условиях// Биологические ресурсы и рациональное рыбохозяйственное использование водоемов Урала. - Екатеринбург, 2006. С. 76-93. (Сб. науч. тр. Уральского филиала ФГУП «Госрыбцентр»; Вып. 11).

Еремкина Т. В. Некоторые аспекты экологического состояния озер северной части Увильдинской зоны// Эколого-гидрологические проблемы изучения и использования водных ресурсов: Сб. науч. тр. Казань, 2006. С. 138-141.

Ярушина М. И., **Еремкина Т. В.** Роль *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim. в формировании фитоценозов разнотипных водоемов среднего и южного Урала// Морфология, клеточная биология, экология, флористика и история развития диатомовых водорослей: матер. X Междунар. конф. диатомологов стран СНГ (Минск, 9-14 сент. 2007 г.). Минск, 2007. С. 168-170.

Ярушина М. И., **Еремкина Т. В.** Некоторые аспекты современного состояния озерных экосистем Увильдинской зоны (Южный Урал)// Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Матер. III Междунар. науч. конф. (Минск-Нарочь, 17-22 сентября 2007 г.). Минск, 2007. С. 79-80.

Еремкина Т. В., Ярушина М. И. Гидрохимический режим и фитопланктон озер северной части Увильдинской зоны в условиях антропогенной нагрузки // Матер. III Всероссийской конференции по водной токсикологии, посвященной памяти Б. А. Флерова «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы». Борок, 2008. Часть 3. С. 182-185.

Еремкина Т. В., Ярушина М. И. Степень изученности видового состава водорослей некоторых водоемов Среднего и Южного Урала // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: Материалы II всероссийской конференции (Сыктывкар, 5-9 октября 2009 г.) [Электронный ресурс]. Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2009. С. 186-188. Режим доступа: http://ib.komisc.ru/add/conf/algo_2009/, свободный.

Eremkina T.V., Yarushina M.I. Dependency of the production features mountain lakes of the Ural from conditions of their shaping // Aquatic Ecology at the Dawn of XXI Century: Professor G.G.Winberg 100th Anniversary. St-Peterburg, 2005. P. 109.

Подписано в печать 10.03.2010 г. Формат 60x84 1/16
Усл. печ. л. 1,0. Бумага «Гознак». Тираж 100 экз. Заказ №243

Отпечатано в типографии ООО «ИРА УТК»
620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 42.