

На правах рукописи

КУЧКО ЯРОСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ВЛИЯНИЕ ФОРЕЛЕВОГО ХОЗЯЙСТВА НА СООБЩЕСТВО
ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕРНО-РЕЧНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ**

03.00.08 – зоология

03.00.16 – экология

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

**Петрозаводск
2004**

Работа выполнена в Институте биологии
Карельского научного центра РАН

Научный руководитель

доктор биологических наук
Китаев Станислав Петрович

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук
Калинкина Наталья Михайловна
кандидат биологических наук
Заличева Ирина Николаевна

Ведущая организация

Карельский государственный педагогический
университет

Защита диссертации состоится «4» ноября 2004 г. в ____ ч на заседании
диссертационного совета Д 212.190.01 при Петрозаводском государст-
венном университете по адресу: 185640, Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33,
326 ауд. теор. корпуса.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Петрозаводского го-
сударственного университета.

Автореферат разослан «____» _____ 2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат биологических наук

Крупень И.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

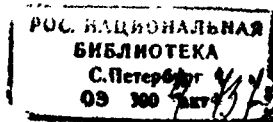
Актуальность темы. Водная среда с населяющими ее организмами является одним из наиболее уязвимых компонентов биосферы, которая под влиянием хозяйственной деятельности человека может существенно изменяться.

В наибольшей степени антропогенной эвтрофикации подвергаются континентальные водоемы, в частности озера, реки и водохранилища. Особенно чувствительны к негативным воздействиям человека геологически молодые водные системы Европейского Севера.

Все возрастающее использование естественных водоемов в рыбохозяйственных целях вызывает нарушение как гидрологического, так и гидрохимического режимов водных экосистем. Значительное увеличение объемов промышленного разведения форели в северном регионе за последние 20 лет привело к новому, еще более мощному и быстрому эвтрофированию водоемов за счет отходов от форелевых ферм, и поэтому назрела необходимость проведения комплексных исследований, разработки и внедрения методов ранней диагностики и прогнозирования возможных изменений.

Товарное форелеводство является одним из перспективных направлений развития рыбного хозяйства Республики Карелия и характеризуется стабильным ростом (Рыжков, Кучко Я.А. Кучко Т.Ю. 1998). Объемы выращенной рыбы за последние 10 лет выросли с 0,5 тыс. тонн (1993 г.) до 2,8 тыс. тонн (2003 г) и составили около 70 % от общероссийского уровня. В соответствии с «Программой развития рыбного хозяйства Карелии», подготовленной Правительством республики, объемы производства форели в 2005 году должны возрасти до 5,0 тыс. тонн.

В настоящее время в Республике Карелия функционирует 19 фермерских хозяйств различных форм собственности, выращивающих радужную форель в садках, массой от 1,5 до 3 кг. Это традиционная и высокоинтенсивная форма рыбоводства, позволяющая за короткий срок получать качественную товарную продукцию. Наиболее крупными производителями форели, поставляющими ее не только на рынок Карелии, но и за пределы республики (Санкт-Петербург, Москва и др.) являются ОАО «Кондопога», ООО «Кивач» и ООО «Норд-Ост-Рыбпром». В 2004 году каждая из этих организаций вырастила около тысячи тонн товарной форели.



Таксономическая структура зоопланктона является чувствительным индикатором состояния водной среды, так как трансформация антропогенного воздействия в первую очередь связана с процессами, происходящими в толще воды. Следовательно, перестройка структуры зоопланктона, как выраженный отклик на изменение условий обитания, служит важным показателем для мониторинга за качеством воды и эвтрофированием озерных экосистем.

В условиях антропогенного влияния гидробиологические исследования имеют ряд преимуществ при мониторинге водных экосистем, так как короткий жизненный цикл беспозвоночных зоопланктона позволяет, даже при проведении ограниченных во времени наблюдений, не только определить современное состояние водоемов, но и оценить возможные изменения (Hogland et al., 1982).

Изучение зоопланктона озерно-речной системы р.Лижма (северо-западное Прионежье) (рис.1) представляет в этом отношении особый интерес в связи со строительством Кедрозерского рыбоводного завода, которое было осуществлено в 1990 – 1991 гг. в рамках российско-финского договора финской стороной. Завод расположен в нижнем течении р.Лижма (Кондопожский район республики Карелия). Проектная мощность форелевого комплекса рассчитана на выращивание 200 т товарной форели и 50 т молоди. В настоящее время ферма функционирует на 50 %, т.е. выращивается 100 т товарной форели и 25 т молоди. Вода для инкубации икры, выращивания молоди, и содержания маточного поголовья радужной форели подается из оз. Кедрозеро. Сточные воды от фермы поступают в оз. Тарасмозеро и далее по р. Нижняя Лижма попадают в Малую Лижемскую губу Онежского озера. Таким образом, эвтрофирующему влиянию завода подвергаются оз.Тарасмозеро, р.Нижняя Лижма и акватория Малой Лижемской губы Онежского озера.

Настоящая работа является частью комплексных исследований, проводимых лабораторией рыб и водных беспозвоночных Института Биологии Карельского научного центра РАН, начиная с 1989 года. Первоначальной целью исследований лаборатории было выявление состояния озерно-речной экосистемы в ее исходном ненарушенном виде, т.е. получение контрольных данных по фито-зоопланктону, фитоперифитону, бентосу и рыбам. В дальнейшем, с вводом в эксплуатацию рыбоводного завода и установке садковых линий для выращивания товарной рыбы, исследования приняли характер биомониторинга данной экосистемы в условиях повышенного уровня эвтрофирования.

Цель работы - оценка влияния форелевого комплекса на сообщество зоопланктона как на одну из основных составляющих водных экосистем за многолетний период и разработка наиболее информативных и чувствительных индикаторов изменения трофического статуса водоемов.

Задачи исследований:

1. Выявить видовой состав фауны зоопланктона, определить количественные показатели до строительства и в процессе функционирования форелевого хозяйства за период с 1989 по 2001 гг.
2. Изучить структурно-функциональные характеристики сообщества зоопланктона.
3. Проанализировать изменения в сообществе зоопланктона на основе комплексного изучения динамики структурных, функциональных и индикационных показателей за период исследований.
4. Выделить наиболее информативные показатели состояния зоопланктона для проведения мониторинговых исследований воздействия форелевых хозяйств на водные экосистемы.

Научная новизна. Впервые проведен подробный сравнительный анализ изменения популяций коловраток и ракообразных озерно-речной системы в условиях ее интенсивного хозяйственного использования за многолетний период. Установлены особенности изменения видового состава, количественных показателей, пространственной, размерной и трофической структуры зоопланктона за время функционирования полносистемного форелевого хозяйства. Выявлена неоднозначность отклика зоопланктонного сообщества на интенсивный приток биогенных элементов в зависимости от лимнологических особенностей исследуемых водоемов. Проведен многолетний анализ последствий биогенного загрязнения на сообщество зоопланктона сложной озерно – речной экосистемы при товарном выращивании радужной форели и осуществлена оценка качества воды по индексам сапробности и видового разнообразия.

Практическая значимость. Полученные данные по изменению состояния зоопланктона необходимы в целях мониторинга озер разных лимнологических типов при их интенсивном рыбопромышленном использовании. Результаты работы использовались при разработке комплексной методики оценки воздействия форелевых хозяйств на озерно – речную экосистему. Предложенная методика прошла апробацию на других подобных хозяйствах республики и является составной частью при проведении экспертного анализа потенциальных водоемов, пригодных для выращивания товарной форели.

Апробация работы. Материалы диссертации обсуждались на заседании лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных Института Биологии КарНЦ РАН (Петрозаводск, 2004) и докладывались на конференциях и съездах регионального и международного уровня: Петрозаводск (1993, 2000), Сыктывкар (1997), Архангельск (1998), С - Петербург (1998).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 научных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы и приложений. Содержит 21 таблицу, 10 рисунков и 11 приложений. Библиография составляет 143 наименования, в том числе 31 работу зарубежных авторов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнялась в 1989 – 2001 гг. на озерах Кедрозеро, Тарасмозеро и Малой Лижемской губе Онежского озера. Материал отбирался ежегодно, главным образом в период открытой воды с мая по октябрь 2-3 раза в месяц. В отдельные годы производились подледные ловы зоопланктона. Особое внимание при изучении уделялось Тарасмозеру и Малой Лижемской губе, поскольку через них осуществляется транзит сточных вод рыбоводного завода и они в полной мере подвержены его эвтрофирующему влиянию. Кедрозеро использовалось в качестве контрольного водоема с ненарушенной экосистемой для сравнения и оценки происходящих изменений в сообществе зоопланктона.

Сбор материала осуществлялся на комплексных гидробиологических станциях, выбор которых обуславливался необходимостью оценки возможных изменений в экосистеме под влиянием сбросов с рыбоводного завода. Станции были заложены в зоне зарослевого прибрежья, в литеральной и пелагической частях (рис.1). На каждой станции брались пробы фито- и зоопланктона, бентоса, измерялась температура воды в поверхностном слое и у дна, отбирались пробы воды для исследования основных гидрохимических показателей (рН, концентрации O_2 и CO_2 , перманганатной и бихроматной окисляемости).

Отбор проб зоопланктона осуществлялся батометром Руттнера (объем 2 литра). Облавливались все слои воды, начиная с поверхностного, с интервалами 1 м. Интегрированные пробы (поверхность – дно) процеживались через газ № 70, концентрировались до

100 мм и фиксировались 4% формалином. Для изучения вертикального распределения зоопланктона также применялись ловы по стандартным горизонтам – 0-2, 2-5, 5-10 м.

В зоне зарослевой литорали на глубинах до 1 м для сбора материала процеживали 50 л воды через планктонную сеть. Пробы, отобранные таким способом, концентрировались и фиксировались аналогично пробам, взятым батометром.

Камеральная обработка материала осуществлялась счетным методом в камере Богорова под биноклем МБС-10 (увеличение 2х8, 4х8), при исследовании видовых признаков использовался микроскоп с увеличением до 10х25, 10х40. Организмы зоопланктона просчитывались тотально. Для более точного определения биомассы у копепод отдельно учитывались науплиусы, особи младших (1-2), средних (3-4) и старших (5) копеподитных стадий, взрослые организмы и яйценосные самки. У кладоцер просчитывались отдельно взрослые особи, самки с яйцами, самки с зародышами и молодь. Половозрелыми считались особи, достигнувшие минимального размера самок с яйцами, обнаруженных в пробе.

Промеры производились на фиксированном материале под микроскопом. Веслоногие измерялись от переднего края головогруды до конца фуркальных ветвей (без учета длины фуркальных щетинок); ветвистоусые – от центра глаза до края створок раковины (без учета выростов). Биомасса ракообразных и коловраток определена расчетным методом (Балушкина, Винберг, 1979; Ruttner-Kolisko, 1977) с учетом средних индивидуальных размеров. Рассчитывалась численность (тыс. экз./м³) и биомасса (мг/м³) зоопланктона по станциям, в среднем по озеру, за отдельные сезоны и средняя за год.

При определении видовой принадлежности организмов были использованы следующие руководства: Рылов, 1948; Боруцкий, 1960; Мануйлова, 1964; Кутикова, 1970; Смирнов, 1971, 1974, 1976, 1978.

Анализ происходящих изменений зоопланктона проводился с применением индикационных показателей, предложенных И.И. Андрониковой (1989, 1996). Это общее число видов, число доминант, вариабельность численности и биомассы, соотношение таксономических групп, отношения B_{crus}/B_{rot} , N_{clad}/N_{cop} , B_{cycl}/B_{cal} . Также для оценки структурных изменений применялся индекс трофности, предложенный А.Х. Мязметсом (1979). Кроме того, рассчитаны индексы разнообразия (H, бит), отражающие изменения в структуре сообщества и функциональную роль отдельных видов, по формуле Шеннона (Shannon, Weaver, 1963).

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ И ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМЫХ ВОДОЕМОВ

Бассейн р.Лижмы расположен в средней части Карельского гидрографического района к северо-западу от Заонежского полуострова. Его средняя абсолютная высота составляет 87 м, что значительно ниже средней высоты для Карелии – 128 м (Григорьев, 1948). Основным водотоком является р.Лижма, вытекающая из озера без названия на высоте 147 м над уровнем моря и впадающая в Малую Лижемскую губу Онежского озера. Она протекает через озера Лижмозеро (48,3 – 36,5 км от устья), Кедрозеро (24,3 – 4,3 км) и Тарасмозеро (3,0 – 2,5 км). Общая длина реки 68,3 км, длина озерных участков 32,3 км (коэффициент линейной озерности 47 %). Площадь водосбора – 935 км², заболоченность – 10%. Озерность верхнего участка бассейна (в истоке из оз.Лижмозера) составляет 18%, заболоченность 14%, залесенность 68%. Общее ее падение 114 м (1,7 м на 1 км), на речных участках 2,8 м на 1 км. Максимальное падение достигает 7 м на 1 км в нижнем ее течении. Среднегодовой расход воды в устье 7,61 м³/сек. Всего на водосборе р.Лижмы насчитывается 129 озер с суммарной площадью водной поверхности 142 км². Густота речной сети составляет 0,39 км². Норма стока оценивается величиной 10,6 л/с км² для всего водосбора и 10,3 л/с км² – для нижней его части. Озера Кедрозеро и Тарасмозеро расположены в нижней части водосбора Кедрозеро, в отличие от других озер бассейна, имеющих ледниковое происхождение, принадлежит к числу тектонико – ледниковых озер. Форма его удлинённая. Главная ось длиной 19,3 км вытянута в направлении с ССЗ на ЮОВ. На озере насчитывается 20 островов общей площадью 0,36 км². Острова сложены в основном кристаллическими породами. У скалистых берегов литораль выражена крайне слабо, глубины около самого уреза воды достигают нескольких метров. Тарасмозеро – небольшое по площади мелководное озеро, расположено между южной оконечностью Кедрозера и Малой Лижемской губой. Через озеро протекает р.Нижняя Лижма, вытекающая из Кедрозера и впадающая в Малую Лижемскую губу Онежского озера. Озеро имеет удлинённую форму, вытянуто с СЗ на ЮВ. В отличие от Кедрозера, Тарасмозеро характеризуется исключительно высоким показателем условного водообмена. Если вода Кедрозера сменяется водой с водосборной площади в течение почти целого года, то в Тарасмозере всего за пять дней. Малая Лижемская губа располагается на северо – западном побережье Онежского озера и представляет собой часть Большой Лижемской губы (губа Чорга), входящей в состав шхерного района Онежского озера Губа вытянута с СЗ на ЮВ протяженностью около 3 км, средняя ее ширина – 0,4 км. Глубины возрастают от кутовой (вершинной)

части к выходу в открытое озеро от 1-2 до 12-13 м, при средней глубине 6,2 м. Объем водных масс – 7,1 млн.м³; коэффициент условного водообмена – 40, т.е. условно можно считать, что через каждые 9 суток водные массы губы возобновляются за счет стока р.Лижмы. По термическому режиму исследуемые водоемы относятся к двум типам. Тарасмозеро, обладающее небольшими глубинами, характеризуется нагреванием в состоянии неустойчивого термического равновесия. Кедрозеро и Малая Лижемская губа летом нагреваются в условиях устойчивой стратификации температур с отчетливо выраженным слоем температурного скачка.

По химическому составу воды исследуемые водоемы относятся к гидрокарбонатно-кальциевому классу с минерализацией около 40 мг/л, что является средней величиной для водоемов Карелии (Харкевич, 1969). По показателям цветности, перманганатной окисляемости и содержанию органического вещества они являются олиго - мезогумозными (Китаев, 1984). Результаты химического анализа воды этих водоемов до постройки фермы и после ее ввода в эксплуатацию показывают, что происходит увеличение содержания общего фосфора от 0,005 до 0,012, на отдельных станциях - до 0,032 мг/л, минерального фосфора - от 0,001 до 0,003 мг/л, на некоторых станциях - до 0,006. Концентрация органического азота в 1992 г. в среднем составляла 0,38 мг/л, в 1994 г. в летний период - 0,68 мг/л, в 2001 г. – 0,72 мг/л. Также отмечается незначительный рост нитратов и нитритов, который может быть более значительным в зимний период в результате минерализации органического вещества, что приводит к повышенному потреблению кислорода и снижению насыщения им воды, особенно в нижних горизонтах. Основная часть фосфора и азота выносится за пределы Тарасмозера и Малой Лижемской губы в Большую Лижемскую губу и далее в открытое озеро. Биогенные стоки Кедрозерского рыбозавода и садкового форелевого хозяйства в Малой Лижемской губе составляли по фосфору – 0,19%, по азоту – 0,04% общего поступления этих биогенов в Онежское озеро. Вместе с тем необходимо отметить, что изменения гидрохимического режима не носят катастрофического характера и вполне могут быть связаны как с функционированием форелевого хозяйства, так и с климатическими факторами. Сопоставление природной, фактической и суммарной природной и фактической фосфорной нагрузки (с учетом проточности водоемов) с допустимыми и опасными величинами нагрузок показывает, что суммарная нагрузка по фосфору и азоту не достигла допустимых размеров и имеется некоторая возможность увеличения (не выше проектной мощности) объемов выращивания молодежи и производителей.

ВЫСШАЯ ВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ, ФИТОПЛАНКТОН, ЗООБЕНТОС И ИХТИОФАУНА ИССЛЕДУЕМЫХ ВОДОЕМОВ

Фитоценозы высшей водной растительности в озере Кедрозеро сильно разрежены, что является следствием неблагоприятных эдафических условий, связанных с нехваткой биогенов, а также динамичностью водных масс. Основным ценозообразователем является тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), содоминантами в группировках которого, как правило, выступают: хвощ толяной (*Equisetum fluviatile*), камыш озерный (*Scirpus lacustris*), рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus*), а также некоторые виды осок (*Carex* spp.). Таким образом, для исследованных участков озера характерен типичный для северных, олиготрофных водоемов, неподверженных антропогенному воздействию, комплекс видов. В фитопланктоне Кедрозера отмечен 61 таксон водорослей из четырех отделов: *Cyanophita* – 7 (11,5 % от общего числа видов); *Chrysophita* – 2 (3,3 %); *Bacillariophita* – 46 (75,4 %); *Chlorophita* – 6 (9,6 %) (Комулайнен, 1998). Большинство массовых видов – эупланктонные формы.

Основу макрозообентоса южного плеса Кедрозера летом составляют личинки хирономид, ручейников и поденок, малощетинковые черви, моллюски и бокоплавы (Павловский, 1997). В среднем по южному плесу Кедрозера биомасса макрозообентоса в июле достигает 0,5 г/м² при численности 334 экз./м².

Высшая водная растительность Тарасмозера представлена в основном видами, характерными для флоры озер рассматриваемого бассейна. Преобладающими видами являются тростник, хвощ, рдесты и кубышка. В фитопланктоне озера Тарасмозера и прилегающих речных участков определено 59 видов водорослей, которые в систематическом плане распределяются следующим образом: *Chrysophita* – 1; *Cyanophita* – 2; *Bacillariophita* – 49; *Chlorophita* – 7. Из них собственно в фитопланктоне озера встречаются 36 видов, что составляет 63 % от общего числа таксонов. В составе альгоценозов наиболее широко представлены бореальные (45%), индифферентные по отношению к солености и активной реакции среды виды (соответственно 60 и 80 %). Из 37 встречающихся в составе альгофлоры видов-индикаторов, 47 % являются показателями бетта-мезосапробной зоны. Макрозообентос Тарасмозера представлен 5 основными группами беспозвоночных: хирономидами, малощетинковыми червями, моллюсками, ручейниками и поденками (Павловский, 1997, 1998). Средняя биомасса общего бентоса в весенне-летнее время составляет 1,4-1,5 г/м² при численности 1480-1790 экз./м².

С вводом в действие рыбоводной фермы произошел размыв естественных илов побережья, началось зарастание макрофитами. С 1993 г. отмечено изменение структуры донного сообщества зообентоса. Наряду с хирономидами и олигохетами получили распространение моллюски и бокоплавы, увеличилась биомасса (до $7,2 \text{ г/м}^2$) и численность (до 4715 экз./м^2)

Макрофиты в Малой Лижемской губе представлены 21 видом, относящимся к 13 семействам. Основным ценозообразователем является тростник обыкновенный (*Phragmites australis*) – 32%, содоминантами в группировках которого, как правило, выступают: хвощ топяной (*Equisetum fluviatile*), камыш озерный (*Scirpus lacustris*), рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus*) – 29 %. В значительной мере распространены кувшинковые (*Nuphar luteum*, *Nymphaea candida*) – 24%. Таким образом, для Малой Лижемской губы характерен типичный для северных олиготрофных водоемов, неподверженных антропогенному воздействию, комплекс видов. В целом, площадь, занятая макрофитами, не превышает 5 % от общей площади Малой Лижемской губы. В фитопланктоне встречаются 50 таксонов водорослей из 4 отделов: Цианопхита – 8 (15,4 %), Хризопхита – 1 (1,9 %), Бацилларифита – 42 (80,8 %), Ругрофита – 1 (1,9 %). Видовое разнообразие создают диатомовые водоросли, хотя они и не всегда являются ведущей группой по числу клеток. Истинно – планктонные водоросли составляют 38 % от общего числа таксонов, случайно-планктонные, донные и перифитонные, соответственно 34 и 38 %. Макрозообентос представлен личинками хирономид, поделок, ручейников и стрекоз, малощетинковыми червями, моллюсками и амфиподами. В Малой Лижемской губе общая биомасса зообентоса изменилась от $0,826 \text{ г/м}^2$ (1990 г.) до $3,6 \text{ г/м}^2$ (2001 г.), достигая в приустьевой зоне р. Лижма $8,9 \text{ г/м}^2$, что позволяет характеризовать этот участок как наиболее эвтрофный. Соответственно, после ввода в действие форелевого комплекса количественные показатели организмов донного сообщества губы увеличились в несколько раз, структурные перестройки выразились в значительном возрастании удельного веса бокоплавов (с 12 до 50%) при одновременном снижении доли хирономид (с 57 до 14%).

В составе рыбного населения исследуемых водоемов насчитывается 19 видов рыб. Богатству видов способствует связь с Онежским озером посредством сравнительно многоводной р. Лижмы, благодаря чему небольшое по площади Тарасмозеро по числу видов приближается к Кедрозеру (Вебер, 1962). Отмеченные в опытных уловах рыбы относятся к четырем фаунистическим комплексам – бореально-равнинному,

бореально-предгорному понтически-пресноводному и арктически-пресноводному (Стерлигова, 2000). В опытных уловах нами были обнаружены 7 видов рыб, самыми многочисленными из которых были плотва, окунь, ерш, лещ. Наметившиеся изменения в озерно-речной экосистеме р. Лижма негативно отразились на популяции лосося, который в прежние годы заходил на нерест в количестве 2500 шт., а в настоящее время – не более 500 штук (Стерлигова, 2000).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Видовой состав зоопланктона и его распределение.

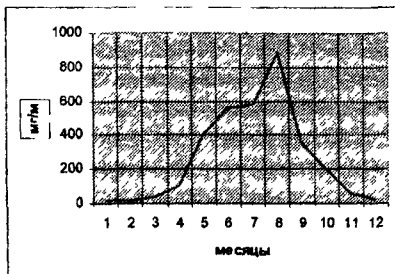
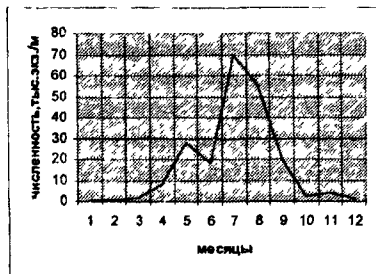
За период исследований зоопланктона озер Кедрозеро, Тарасмозеро и Малой Лижемской губы Онежского озера с 1963 по 2001 гг. отмечено 94 вида планктонных ракообразных и коловраток. Среди ракообразных наибольшее число видов принадлежит ветвистоусым рачкам Cladocera - 45, веслоногим Copepoda - 21 (в том числе Calanoida - 4 вида и Cyclopoidea - 17). Из представителей класса Rotatoria в планктоне изучаемой системы озер обнаружено 28 видов. Наибольшего качественного разнообразия планктонная фауна достигает в Малой Лижемской губе — 85 видов, в Кедрозере и Тарасмозере — 49 и 42 вида соответственно. Столь существенная разница в количестве видов обусловлена главным образом числом таксонов коловраток. В Малой Лижемской губе отмечено 27 видов коловраток, в Кедрозере - 9 и в Тарасмозере - 8. Планктонные комплексы исследуемых озер имеют много общих черт. Среди коловраток наиболее распространенными являются *Synchaeta pectinata*, *Polyarthra luminosa*, *Ploesoma truncatum*, *Bipalpus hudsoni*, *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *Conochilus unicornis*, *Filinia longiseta*. Из них к числу доминирующих относятся: *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina*, *Ploesoma truncatum*, *Conochilus unicornis* - типичные представители ротаторного северного планктонного комплекса, который характерен также и для субальпийских озер Шведской Лапландии (Кутикова, 1975). Основу планктонного комплекса ракообразных в пелагиали составляют широко распространенные в больших озерах Карелии представители северной фауны (*Eudiaptomus gracilis*, *Daphnia cristata*, *Holopedium gibberum*, *Bosmina obtusirostris obtusirostris*, *B. coregoni kessleri*), а также ряд эвритопных организмов, отличающихся широкой экологической валентностью и гетеротопностью (*Heteroscope appendiculata*, *Mesocyclops oithonoides*, *M. leuckarti*, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina longirostris*, *Lepidodora kindtii*). На литоральных станциях видовой состав обогащается

фитофильными видами клadoцер зарослевого прибрежного комплекса - *Sida crystallina*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Polyphemus pediculus*, *Acroporus harpae*, *Scapholeberis mucronata*. Одновременно происходит снижение видового разнообразия копепоид, особенно каллянид. Различия в условиях обитания сказываются как на доминировании планктических комплексов в целом, так и на соотношении отдельных видов и групп планктона. В мелководных районах исследуемых озер, особенно в зоне зарослевой литорали, наибольшее значение в составе зоопланктона имеют эвритермные виды тепловодного комплекса. В пелагиали распространение этого комплекса заметно слабее и в основном приурочено к эпи- и металимниону. Наряду с круглогодичными эвритермными видами (*Daphnia cristata*, *Eudiaptomus gracilis*, *Cyclops strenuus* и др.) летом большой численности здесь достигают многие сезонные умеренно-тепловодные виды (*Holopedium gibberum*, *Bosmina coregoni kessleri*, *B. longirostris*, *Daphnia longispina*). Из типичных представителей тепловодно-стенотермного комплекса в Тарасмозере нами отмечен только один вид *Diaphanosoma brachyurum*. В Кедрозере и Малой Лижемской губе видовой список пополняется холодноводным стенотермным морским реликтовым рачком *Limnocalanus macrurus*, который является характерным компонентом ультрапелагиали больших озер Карелии (Смирнова, 1975). В Тарасмозере этот вид был отмечен единожды только в 1989 г. Сопоставление наших материалов с литературными (Деньгина, Соколова, 1968; Смирнова, 1972, 1978; Куликова, 1990; Davis, 1966; Tuunainen et al., 1972; Patalas, Salki, 1973) показывает определенное сходство видовой структуры сообщества зоопланктона изучаемой озерно-речной системы не только с фауной озер Карелии и прилегающих областей, но также и с водоемами Северной Америки и Северо-западной Европы главным образом за счет широкого распространения космополитных эврибионтных видов.

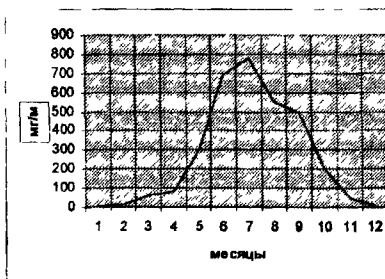
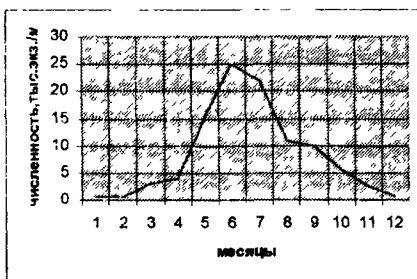
Сезонная динамика количественных показателей

Сезонность в динамике зоопланктона водоемов умеренной области проявляется в изменении видового и возрастного состава, численности, биомассы, вертикального и горизонтального распределения организмов. В озерах бассейна р. Лижма смена биологических сезонов в целом соответствует схеме, описанной И.Н. Андроникиной (1970, 1971) для оз. Красного (Карельский перешеек), но сроки наступления и продолжительность сезонов не совпадают. Данные по сезонной динамике

Кедрозеро



Тарасмозеро



Малая Лижемская губа Онежского озера

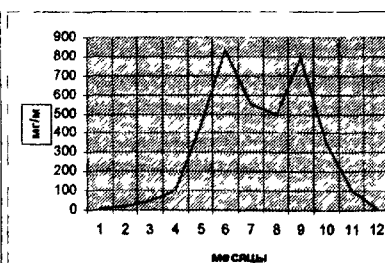
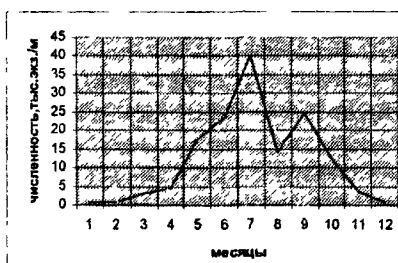


Рис 2 Сезонная динамика зоопланктона исследуемых водоемов
количественных показателей зоопланктона (осредненные данные)
приводятся на рис.2.

Зимой зоопланктон беден в качественном и количественном отношении. Зимний период наступает с момента установления ледостава и обратной термической стратификации в середине-конце ноября и продолжается до конца марта - середины апреля. Качественный состав и количественные показатели зоопланктона всех трех исследуемых водоемов очень близки, различия заключаются в численности отдельных видов и вертикальном распределении планктеров. Основной фон биомассы составляют круглогодичные холодолюбивые формы веслоногих - циклопиды *Mesocyclops oithonoides* (науплии и младшие копепоидитные стадии), *Cyclops vicinus* и *C. strenuus* (в основном 4-5 копепоидитные стадии). Каляниды представлены *Eudiaptomus gracilis* и *Limnocalanus macrurus* (в Кедрозере и Малой Лижемской губе). Видовой состав кладоцер беден - изредка в отдельных пробах встречаются эфиппийальные самки *Daphnia cristata*, *D. longispina hyalina*, *Bosmina coregoni coregoni* и *B. obtusirostris*. Коловратки доминируют по численности (53-90 %) и представлены главным образом *Kellicottia longispina*, *Asplanchna priodonta* и *Keratella cochlearis*. Биомасса зоопланктона с ноября по март в среднем по озерам составляет около 10 мг/м³. К концу марта максимальная численность зоопланктона на отдельных станциях достигает 3,86 тыс.экз./м³ при биомассе 61,6 мг/м³.

Весной, с повышением температуры воды до 6 - 10 °С планктонная фауна становится заметно разнообразнее, увеличиваются ее количественные показатели. Состав кладоцер расширяется за счет *Holopedium gibberum*, *Leptodora kindtii*, *Polyphemus pediculus*, *Limnosida frontosa* и других видов. К планктонному образу жизни переходят *Mesocyclops leuckarti*, *M. oithonoides*, копепоидиты которых зимуют в пелогене (Larsen, 1972). Появляются весенние и летние виды коловраток, продолжают размножаться копепоиды, у отдельных видов кладоцер и коловраток начинается партеногенез. В Кедрозере в этот период (середина мая - начало июня), в поверхностных слоях воды руководящим по численности (31-53%) компонентом зоопланктона является *Mesocyclops oithonoides*, в слое 10 - 15 м имеет максимум развития *Limnocalanus macrurus*, на отдельных станциях его численность составляет 76 % от общей. В планктоне главным образом присутствует его молодь (до 4,5 тыс.экз./м³). В центральной части Кедрозера биомасса зоопланктона достигает 400 мг/м³, в южной, более мелководной части, количественные показатели ниже - в среднем 15,4 тыс.экз./м³ при биомассе 280 мг/м³. Численно преобладают коловратки (до 80 %), биомасса образуется, в основном, за счет ракообразных (до 89 %) при равных соотношениях кладоцер и копепоид. В Тарасмозере в середине мая также численно преобладают веслоногие ракообразные

(до 75 %), особенно их науплиальные и копепоидные стадии. Из ветвистоусых рачков доминирующими видами являются *Holopedium gibberum* и *Bosmina coregoni*. Среди коловраток в планктоне этого периода - *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *Asplanchna priodonta*. Основу биомассы зоопланктона создают ракообразные (до 92 %). Самые высокие показатели биомассы отмечаются в центральной, наиболее глубокой, части Тарасмозера - 716 мг/м³, в южной и северной частях - до 100 мг/м³. В глубоких озерах прогрев воды идет медленнее и весенний период затягивается. По материалам Т.С. Смирновой (1972) основу зоопланктона небольших губ Онежского озера, к которым относится и Малая Лижемская губа, ранней весной (конец марта - апрель) составляют науплиальные стадии копепод (часто до 88 - 96 % по численности). Роль коловраток и кладоцер в это время не велика - не более 1 %. После освобождения озера ото льда, в поздневесеннюю фазу, продолжается размножение некоторых копепод (*Limnocalanus*, *Eudiaptomus*, *Cyclops*), в планктоне появляются старшие копепоидные стадии *Mesocyclops oithonoides*, зимовавшие в верхнем слое ила (пелогене). Начинает очень быстро увеличиваться видовое разнообразие кладоцер и коловраток.

При температуре воды 10 - 12 °С зоопланктон вступает в летнюю фазу развития. Значительно возрастает видовое разнообразие зоопланктона в литорали и эпилимнионе, планктонная фауна обогащается за счет ветвистоусых, среди которых много представителей прибрежного и фитофильного комплексов (*Sida crystallina*, *Polyphemus pediculus*, *Ophryoxus gracilis*, виды родов *Alona*, *Acroperus*). Роль коловраток и кладоцер в планктоне возрастает, и эти группы часто являются преобладающими как по численности (в особенности коловратки), так и по биомассе (кладоцеры). Численность холодноводных видов, доминирующих в переходный весенне-летний период (*Bosmina obtusirostris*, *Kellicottia longispina*) снижается. Характерными компонентами зоопланктона Кедрозера являются *Holopedium gibberum*, *Bosmina coregoni kessleri*, *Mesocyclops leuckarti*, *Eudiaptomus gracilis* и *Limnocalanus macrurus*. По биомассе доминируют *Cladocera* (в среднем 64%). Количественные показатели составляют в среднем 600 мг/м³ при численности 22 тыс. экз./м³. В Тарасмозере летний комплекс руководящих компонентов планктонной фауны сравнительно не велик и более или менее однороден по всей акватории. Летом, по сравнению с весенним периодом, в составе зоопланктона появляется значительно больше видов ветвистоусых (*Sida crystallina*, *Graptoleberis testudinaria*, *Ceriodaphnia quadrangula*, до 5 видов и форм р. *Bosmina* и др.). По многолетним данным, средняя летняя биомасса зоопланктона колеблется около 500 мг/м³. Основа биомассы (от 50 до 90 %) создается

за счет ветвистоусых ракообразных. Для Малой Лижемской губы, в отличие от Тарасмозера, характерно неравномерное распределение зоопланктона. Наибольшее видовое разнообразие и максимальная численность организмов планктонной фауны отмечаются на глубоководных станциях. По количеству видов и удельному весу в биомассе на этих станциях ведущая роль принадлежит ветвистоусым рачкам (от 60 до 80%). Минимальная численность и наименьшее количество видов наблюдается в приустьевом участке р. Лижма. В целом, наиболее высокими количественными показателями характеризуются глубоководные участки губы, в прибрежном мелководье количественные показатели зоопланктона заметно снижаются. В отдельные годы биомасса кладоцер здесь составляет 18 % от общей, удельный же вес коловраток и копепод возрастает и составляет в среднем 53 и 29 % соответственно. Многолетняя средняя биомасса зоопланктона колеблется в пределах 600-700 мг/м³ при численности 12-14 тас.экз/м³.

Осенний период по времени совпадает с осенней гомотермией. Первые признаки наступления биологической осени отмечаются в конце августа при температуре воды 15 - 16 °С, когда в планктоне появляются самцы *Diaphanosoma brachyurum*, *Leptodora kindtii*, *Bythotrephes longimanus*. Происходит обеднение зоопланктона за счет выпадения летних форм. Руководящая роль переходит к видам, встречающимся круглогодично, но сохранившим еще высокую численность - *Daphnia cristata*, *D. longispina*, *Bosmina coregoni*, *B. obtusirostris*, *Mesocyclops oithonoides*, *Asplanchna priodonta*, *Conochilus unicornis*, *Kellicottia longispina*. Самцы *Holopedium gibberum*, *D. cristata*, *B. obtusirostris* встречаются до ледостава. Сокращаются общая численность и биомасса коловраток и ракообразных. В начале осени - в сентябре, при незначительном сокращении количественных показателей, структура зоопланктона сохраняет летний характер. Средние многолетние показатели биомассы зоопланктона по озерам за сентябрь - октябрь находятся в пределах 200 - 250 мг/м³. В конце периода, в октябре, на глубоководных станциях в Малой Лижемской губе в последние годы (1997 - 2000) отмечаются незначительные максимумы - на горизонте 0 -2 м концентрируются преимущественно кладоцеры, циклопиды и коловратки, на глубине 5 - 10 м скопления образуют *Eudiaptomus gracilis* и *Limnocalanus macrurus*. На мелководье планктон сосредотачивается у дна. Осенний максимум количественных показателей зоопланктона является характерным признаком водоемов высокой трофности, или испытывающих повышенную биогенную нагрузку (Филимонова, 1955; Кумсаре и Логоновская, 1959; Петрович, 1959; Алексеев, 1990).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ПОПУЛЯЦИЙ КОЛОВРАТОК И ПЛАНКТОННЫХ РАКООБРАЗНЫХ ИССЛЕДУЕМЫХ ВОДОЕМОВ ЗА 1989 – 2001 ГГ.

Изменениям в составе и структуре биоценозов водных экосистем при антропогенном эвтрофировании посвящен целый ряд специальных работ. Как известно, процесс эвтрофирования водоемов характеризуется изменениями в их экосистеме, которые по целому ряду признаков могут оцениваться не только качественно, но и количественно. Ценность наблюдений находится в прямой зависимости от их продолжительности, так как первое условие для правильной количественной оценки интенсивности процесса - наличие сравнительного материала за более или менее длительный период времени (Beeton, Edmondson, 1972). Изменение условий существования отражается на видовом составе, соотношении таксономических групп, структуре популяций и количественных показателях зоопланктона, бентоса и ихтиофауны. Наиболее четко изменения в структуре сообщества прослеживаются на примере зоопланктона. Динамичность, быстрая реакция на антропогенное воздействие и возможность использования широкого круга показателей важны в плане оперативного мониторинга.

Динамика видового состава зоопланктона

Изучение зоопланктона оз.Кедрозера представляет особый интерес в плане его статуса как «фонового» водоема. За последние 40 лет нами не было отмечено каких-либо существенных изменений в видовом составе; что говорит об относительной ненарушенности его экосистемы. Своеобразие таксономического состава зоопланктона определяется большей встречаемостью видов олиготрофной фауны ракообразных (*Limnocalanus macrurus*, *Eurytemora lacustris*, *Holopedium gibberum*, *Daphnia cristata*) и незначительным развитием коловраток (табл. 1):

Таблица 1

Количество таксономических единиц зоопланктона Кедрозера по группам

Группы	1963	1992	2001
Rotatoria	8	6	8
Cladocera	24	25	25
Calanoida	4	4	4
Cyclopoida	7	6	6
Всего	43	41	43

В Тарасмозере наиболее заметные изменения видового состава произошли в группе коловраток. За период с 1989 года число их видов увеличилось с 7 до 13 (табл. 2).

Таблица 2.

Количество таксономических единиц зоопланктона Тарасмозера по группам

Группы	1989	1992	1993	1994	1996	1997	2001
Rotatoria	7	8	9	8	7	11	13
Cladocera	21	17	14	16	16	16	19
Calanoida	3	1	3	1	2	2	1
Cyclopoida	9	4	3	5	6	7	9
Всего	40	30	29	30	31	36	42

Начиная с 1997 года, в пробах стали отмечаться коловратки, относимые к группе индикаторов повышенной трофности – *Synchaeta stylata*, *S. pectinata*, *Polyarthra luminosa*. Появление этих видов в планктоне часто указывает на увеличение биогенной нагрузки на водоем или наличие источников органического загрязнения (Андроникова, 1996; Думнич, 2000). Численность некоторых холодноводных олигосапробных видов коловраток заметно снизилась и к концу 90 –х годов в Тарасмозере фактически перестали встречаться такие виды как *Notholca caudata*, *Keratella quadrata*.

Сравнение видового состава зоопланктона Малой Лижемской губы за период с 1990 по 2001 также выявляет определенные изменения, возможно связанные с усилением биогенной нагрузки на водоем. В 1990 – 1992 годах, до ввода в эксплуатацию форелевого хозяйства, число видов оставалось стабильным, с середины 90 – х годов стала отмечаться тенденция роста их числа (табл.3). В отличие от Тарасмозера, в результате лимнологических особенностей Малой Лижемской губы, увеличение видового богатства связано с преимущественным развитием коловраток и кладоцер, более характерных для пелагического планктоценоза.

Таблица 3.

Количество таксономических единиц зоопланктона Малой Лижемской губы по группам

Группы	1990	1992	1993	1994	1995	1997	2001
Rotatoria	7	7	9	10	10	13	14
Cladocera	14	14	17	17	18	17	17
Calanoida	4	3	3	4	3	3	2
Cyclopoida	8	6	6	4	6	6	7
Всего	32	30	35	36	37	39	40

Одним из основных признаков изменений в группе коловраток является появление в последние годы некоторых видов сем. *Trichocercidae* и *Synchaetidae*, не отмеченных для Малой Лижемской губы ранее – *Trichocerca insignis*, *T. longispina*, *Synchaeta stylata*, *Polyarthra luminosa*, *P. major*. В большинстве своем они относятся к представителям «эвтрофного комплекса». При анализе приведенного выше материала, отмечается некоторое перераспределение доли отдельных групп зоопланктона по общему количеству видов, что может являться откликом сообщества на изменение условий обитания. Наблюдаемые сдвиги таксономического состава лежат в основе структурных перестроек популяций коловраток и ракообразных.

ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ РАКООБРАЗНЫХ И КОЛОВРАТОК

По классификации польских исследователей, разработанной на основе изучения 650 озер и прудов (Patalas, Patalas, 1966), по количеству ракообразных в планктоне Кедрозеро можно отнести к олиготрофному типу, Тарасмозеро и Малую Лижемскую губу – к β -мезотрофному. Несмотря на высокую стабильность видового состава за истекший период, было отмечено некоторое перераспределение относительного значения видов в общих количественных показателях, что отразилось на годовой динамике информационного индекса Шеннона. В Кедрозере, не подверженном эвтрофирующему влиянию форелевого комплекса, значения индекса видового разнообразия остались практически на одном уровне и составили в среднем по годам 1,8. Тарасмозеро характеризуется минимальными для всех водоемов значениями индекса видового разнообразия, однако и для него зафиксирован незначительный рост индекса – от 1,68 до 1,76. Самые высокие показатели отмечены для Малой Лижемской губы – 1,81 – 2,18. Некоторое повышение этого показателя в Тарасмозере и Малой Лижемской губе за период исследования противоречит распространенному мнению о снижении видового разнообразия зоопланктона в процессе эвтрофирования. В то же время, в литературе приводятся данные об увеличении видового разнообразия фито- и зоопланктона на ранних этапах эвтрофирования озер Белоруссии и Карелии и при переходе их из олиготрофного в мезотрофное состояние (Макарцева, 1983; Михеева, 1985; Тимакова, 1997).

Динамика индекса трофности также показывает определенные изменения в структуре зоопланктона (табл.4)

Таблица 4

**Значения трофности исследуемых водоемов по годам в среднем
за вегетационный сезон**

Годы	1990	1992	1993	1994	1996	1997	2001
Кедрозеро	-	0,22	-	-	-	-	0,27
Тарасмозеро	0,44	0,42	0,43	0,42	0,50	0,58	0,75
М.Лиж. губа	0,30	0,31	0,35	0,32	0,38	0,52	0,65

Данные, приведенные в табл.4 свидетельствуют о повышении уровня трофности Тарасмозера в 1,5 раза и Малой Лижемской губы в 2 раза с момента ввода в действие форелевого комплекса (1992 г.). В Кедрозере, этот показатель за последние почти сорок лет (с 1963 г.) существенно не изменился и по данному индексу озеро относится к олиготрофному типу ($E < 0,5$). Малая Лижемская губа и Тарасмозеро постепенно переходят в разряд мезотрофных водоемов (0,5 - 1,0).

Результаты оценки качества воды по методу Пантле и Букка, основанной на индикаторной значимости организмов и частоте их встречаемости, сопоставимы с приведенными выше данными по уровню трофности. Наименьшие индексы отмечены для Кедрозера, даже на литоральных станциях их величина редко превышала 1,0. Индекс сапробности за период исследований в Тарасмозере увеличился с 0,95 до 1,35, в Малой Лижемской губе – с 0,8 до 1,44.

Структурные перестройки зоопланктона исследуемых водоемов отражаются в изменении процентного соотношения количественных показателей основных групп. Количественные показатели планктонной фауны Кедрозера за период с 1963 по 2001 гг. остались практически на одном уровне, но наряду со стабильными средними значениями биомассы (около 600 мг/м³) нами отмечено некоторое повышение численности зоопланктеров главным образом за счет ветвистоусых ракообразных. В Тарасмозере отмечается снижение доли Cladocera в общей биомассе с 90 до 80% при возрастании доли коловраток от 2 до 9%. Наиболее отчетливо эта тенденция проявляется в Малой Лижемской губе, где доля кладоцер за десятилетний период снизилась от 65 до 38%, в то время как доля коловраток возросла с 20 до 59,2% (главным образом за счет A. priodonta). Количественные показатели зоопланктона в Тарасмозере и Малой Лижемской губе увеличились, и по этому признаку они переходят в разряд мезотрофных водоемов со средней биомассой 1 г/м³. Наглядным отражением структурных перестроек является динамика структурно-функциональных индексов, приведенных в табл.5 и 6.

Таблица 5.

Динамика структурных показателей зоопланктона оз.Тарасмозера

Индекс	1989	1992	1993	1994	1996	1997	2001
$W_{\text{ср}}$ (мг/особь)	0,050	0,035	0,10	0,056	0,062	0,076	0,071
$B_{\text{стл}}/B_{\text{rot}}$	46,6	153,2	25,4	10,4	6,6	14,4	10,1
$B_{\text{cycl}}/B_{\text{cal}}$	2,82	1,71	2,11	-	4,74	6,65	5,58
$N_{\text{clad}}/N_{\text{cop}}$	0,71	10,6	3,3	1,9	5,8	1,7	1,3

Таблица 6.

Динамика структурных показателей зоопланктона М. Лижемской губы

Индекс	1990	1992	1993	1994	1995	1997	2001
$W_{\text{ср}}$ (мг/особь)	0,042	0,047	0,05	0,048	0,055	0,082	0,084
$B_{\text{стл}}/B_{\text{rot}}$	3,9	1,9	1,3	3,4	2,7	0,8	0,7
$B_{\text{cycl}}/B_{\text{cal}}$	0,36	0,46	0,92	1,02	0,86	1,23	1,15
$N_{\text{clad}}/N_{\text{cop}}$	0,68	2,54	1,19	1,17	1,85	1,40	1,40

Динамика размерной структуры популяций зоопланктона также является одним из показателей трофического статуса водоема. В литературе на этот счет существуют противоречивые высказывания. Для северных водоемов показана замена долгоживущих форм на мелкие короткоцикловые виды, способные обеспечивать ускоренный оборот органического вещества в экосистеме (Моисеенко и др., 1996; Вандыш, 1998). На примере малых озер Прибалтики и Вологодской области также была выявлена общая тенденция уменьшения средних размеров зоопланктеров и увеличения количества видов и численности коловраток (Болотова, 1982, 1985, 1986, 1988, 1989; Лаугасте и др., 1991; Думнич, 2000). По мнению же других авторов (Spodniewska et al., 1973), одним из показателей эвтрофирования оз. Миколойского является увеличение длины тела планктонных ракообразных, среди которых называется четыре вида ветвистоусых и два веслоногих. Ю. Хаберман (1975) по материалам исследований четырех разнотипных озер Эстонии приходит к выводу, что средний индивидуальный вес зоопланктеров как функция от линейных размеров увеличивается по мере повышения трофности водоемов. Увеличение линейных размеров тела и плодовитости в процессе эвтрофирования также было отмечено для *E. gracilis*, *H. gibberum*, *B. coregoni*, *D. cristata*, *D. longispina* в оз. Сямозеро (Бушман, 1982) и для

D. cristata, *D. longispina* и *E. gracilis* в оз. Красном (Андроникова, 1980). В исследуемых водоемах незначительная тенденция снижения линейных размеров отмечена лишь для нескольких видов ракообразных – главным образом видов *p.p. Bosmina* и *Mesocyclops*. Однако у большинства массовых ценозообразующих видов (*D. longispina*, *Holopedium gibberum*, *E. gracilis*, *S. crystallina* и др.) происходит постепенное увеличение размеров тела, вследствие чего зафиксировано возрастание среднего веса зоопланктеров *W* (мг/особь), многолетняя динамика которого отражена в табл. 5 и 6.

ВЫВОДЫ

1. Основу зоопланктона исследуемых водоемов представляют широко распространенные в озерах Карелии представители северной фауны и виды, отличающиеся широкой экологической валентностью и гетеротопностью. По результатам наших исследований и литературным данным, в озерах Кедрозеро, Тарасмозеро и Малой Лижемской губе Онежского озера с 1963 по 2001 гг. отмечено 94 вида планктонных ракообразных и коловраток. Среди ракообразных наибольшее число видов принадлежит ветвистоусым рачкам *Cladocera* - 45, веслоногим *Copepoda* - 21 (в том числе *Calanoida* - 4 вида и *Cyclopoida* - 17). Из представителей класса *Rotatoria* в планктоне изучаемой системы озер обнаружено 28 видов.

2. Видовой состав зоопланктона Кедрозера как контрольного водоема, за последние 40 лет не претерпел существенных изменений. В Тарасмозере и Малой Лижемской губе после ввода в эксплуатацию форелевого хозяйства (1992 г.) отмечено незначительное обогащение видового состава зоопланктона за счет представителей *Rotatoria* и *Cladocera*. В Тарасмозере зафиксировано появление 5 видов зоопланктона, ранее не встречавшихся, в Малой Лижемской губе – 8. Большинство из них являются индикаторами мезо- и эвтрофных условий с высокими индексами по системе сапробности Пантле-Букка.

3. Обогащение видового состава зоопланктона отразилось на индексе видового разнообразия Шеннона-Уивера. За период с 1989 по 2001 гг. отмечено возрастание этого показателя в Тарасмозере (от 1,68 до 1,73) и Малой Лижемской губе (1,81 – 2,34). В Кедрозере по результатам последних исследований индекс видового разнообразия остался практически на уровне 1963 года и составил 1,80.

4. Показано увеличение индекса трофности, отражающего изменения в соотношении как таксономических групп, так и индикаторных организмов. В Кедрозере величина индекса изменилась с 0,21 по 0,27,

в Тарасмозере с 0,44 по 0,75, в Малой Лижемской губе с 0,30 по 0,75. По данному показателю Кедрозеро относится к олиготрофному типу, Тарасмозеро и Малая Лижемская губа перешли в разряд мезотрофных водоемов.

5. По уровню количественного развития зоопланктона Кедрозеро относится к олиготрофному типу со средней биомассой $0,5 \text{ г/м}^3$, Тарасмозеро и Малая Лижемская губа в последние годы исследований (1997 – 2001 гг.) – стали относиться к мезотрофному типу со средней биомассой около 1 г/м^3 .

6. В Тарасмозере и Малой Лижемской губе отмечены структурные перестройки сообщества зоопланктона, также свидетельствующие о повышении их трофического статуса и связанные с лимнологическими особенностями водоемов. В Тарасмозере, которое характеризуется малой площадью, незначительными глубинами, высоким коэффициентом водообмена и развитой высшей водной растительностью, происходит интенсивное развитие зарослевого зоопланктоценоза (в основном крупные формы *Cladocera* и некоторые виды *Rotatoria*). В Малой Лижемской губе (значительные глубины, меньший коэффициент водообмена и слабое развитие береговой растительности), основа биомассы по прежнему создается пелагическими видами ракообразных и коловраток. За время исследования отмечается возрастание роли ветвистоусых ракообразных и коловраток при снижении доли копепод.

7. Изменения трофической структуры сообщества зоопланктона наиболее четко проявились в Малой Лижемской губе за счет снижения доли фильтраторов (в основном диаптомид) и развития хищных видов – *Asplanchna priodonta* и *Leptodora kindtii*. Доля хищников по биомассе значительно возросла в последние годы и в настоящее время колеблется от 50 до 62 %. В Кедрозере и Тарасмозере этот показатель гораздо ниже – 23 и 37% соответственно.

8. В Тарасмозере и Малой Лижемской губе отмечено увеличение средней индивидуальной массы зоопланктеров, что отражает доминирование зарослевых форм *Cladocera* (в Тарасмозере) и крупноразмерных пелагических хищных и мирных видов в Малой Лижемской губе.

9. Соотношения $B_{\text{crus}}/B_{\text{rot}}$, $B_{\text{cycl}}/B_{\text{cal}}$, $N_{\text{clad}}/N_{\text{cop}}$ и индексы видового разнообразия и трофности оказались наиболее информативными для оценки процессов, происходящих в сообществе зоопланктона в результате воздействия форелевого хозяйства. Динамика структурных индексов показывает определенную стабилизацию сообщества зоопланктона на новом уровне с 1997 года по настоящее время.

ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ
СЛЕДУЮЩИЕ РАБОТЫ:

1. Кучко Я.А. Зоопланктон озер Кедрозеро, Тарасмозеро (бас. р.Лижмы) и Малой Лижемской губы Онежского озера.//Контроль состояния и регуляция функций биосистем на разных уровнях организации. Петрозаводск, КНЦ РАН, 1993. С. 49-55.

2. Стерлигова О.П., Комулайнен С.Ф., Кучко Я.А., Павловский С.А., Ильмаст Н.В., Морозов А.К. Биомониторинг озерно-речной системы реки Лижма (южная Карелия) // Мониторинг биоразнообразия. ИПЭЭ РАН, 1997. С. 307-312.

3. Хренников В.В., Кучко Я.А. Анализ изменения спектра питания сига в водоемах системы р.Утсийоки//Матер. межд. конф. Финно-угорский мир: Состояние природы и региональная стратегия защиты окружающей среды. Сыктывкар, 1997.- С. 184-185.

4. Рыжков Л.П., Кучко Я.А., Кучко Т.Ю. Форелеводство на Белом море.// Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. С—Петербург, 1998.—С.227—229.

5. Рыжков Л.П., Кучко Т.Ю., Кучко Я.А., Бахмет И.Н. Форелеводство на Белом море.// Материалы VII международной конференции «Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря». Архангельск, 1998, с.56—61.

6. Рыжков Л.П., Кучко Я.А., Кучко Т.Ю. Садковое выращивание форели. Петрозаводск: ПетрГУ, 2000. 60 с.

7.Ильмаст Н.В., О.П. Стерлигова, С.А. Павловский, Я.А. Кучко. Мониторинг экосистемы мезотрофного водоема (ихтиомасса и рыбопродукция) // Мат-лы межд. конф. «Экология северных территорий России, проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения. Архангельск. Институт экологических проблем Севера Уральское Отделение РАН, 2002.- Т.1.- С. 580-583.

8. Китаев С.П., Стерлигова О.П., Павловский С.А., Комулайнен С.Ф., Кучко Я.А. Оценка влияния форелевой фермы на озерно-речную экосистему реки Лижма (бассейн Онежского озера). // Биология внутренних вод, 2003.- №2, с. 92-99.

9. Sterligova O., Komulainen S., Pavlovsky S., Kuchko J., Ilmast N. Effect of the trout farm on the Lake-river ecosystem.// Fish and Land/Inland Water Ecotones. UNESCO MAB. Poland. 1996. P. 19-33.

10. Sterligova O.P., Komulainen S.F., Pavlovsky S.A., Shchurov I. L., Ilmast N.V., and Kuchko Ya. A. 2001.The effect of a trout farm on the lake-river system of the river Lishma // Ecohydrology and Hydrobiology. Vol. 1, No. 1-2. P. 121-128.

Изд. лиц. № 00041 от 30.08.99. Подписано в печать 24.09.04. Формат 60×84¹/₁₆.

Бумага офсетная. Гарнитура «Times». Печать офсетная.

Уч.-изд. л. 1,3. Усл. печ. л. 1,6. Тираж 100 экз. Изд. № 55. Заказ № 440

Карельский научный центр РАН
185003, Петрозаводск, пр. А. Невского, 50
Редакционно-издательский отдел

18420

РНБ Русский фонд

2005-4

12552