

На правах рукописи

САВОСИН  
Евгений Сергеевич

**МАКРОЗООБЕНТОС И ЕГО ДИНАМИКА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ  
ТОВАРНОЙ ФОРЕЛИ В КАРЕЛИИ**

03.02.08 – экология

Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата  
биологических наук

Петрозаводск – 2010

Работа выполнена в Учреждении Российской академии наук РАН Институте биологии Карельского научного центра РАН

Научный руководитель доктор биологических наук, профессор  
Китаев Станислав Петрович

Официальные оппоненты доктор биологических наук,  
Калинкина Наталья Михайловна

кандидат биологических наук,  
Щуров Игорь Львович

Ведущая организация ГОУ ВПО Карельская Государственная  
Педагогическая Академия

Защита состоится «27» октября 2010 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.190.01 при Петрозаводском государственном университете по адресу: 185910 Республика Карелия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33, эколого-биологический факультет.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Петрозаводского государственного университета. Автореферат размещен на сайте [www.petrso.ru](http://www.petrso.ru)

Автореферат разослан « 24 » сентября 2010 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат биологических наук

И.М. Дзюбук

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы

Водная среда с населяющими ее организмами представляет собой часть биосферы, которая может существенно изменяться под влиянием естественных факторов и хозяйственной деятельности человека. Важнейшей научной и социально-экономической задачей на современном этапе развития общества является охрана и рациональное использование окружающей среды. Помимо традиционных проблем биологического изучения водоемов возникают новые, связанные с обеспечением растущих потребностей в чистой воде и рыбной продукции. Европейский Север отличается обилием внутренних пресноводных водоемов с разной продуктивностью и абиотическими условиями. В настоящее время вследствие сокращения запасов и резкого падения промысла ценных видов рыб, происходит интенсификация работ по интродукции гидробионтов и разработке биотехники культивирования различных организмов.

Одной из форм ведения рыбного хозяйства во многих регионах России, а в частности, в Северо-Западном Федеральном округе, является садковое рыбоводство, в Карелии, главным образом – производство товарной радужной форели (*Parasalmo mykiss* Walbaum). Это связано с благоприятными климатическими условиями, обилием природных водных ресурсов, хорошей транспортной связью, энергообеспеченностью, наличием подготовленных кадров.

В республике промышленным форелеводством начали заниматься в 1980-е годы и к настоящему времени его объемы на 48 форелевых фермах достигли 13 тыс. тонн (по данным Общества форелеводов Республики Карелия). В Мурманской, Архангельской и Ленинградской областях в садках выращивают около 1000 т форели (Нестеров; 1994; Воробьева, 1995; Зеленков и др., 2002; Кулида, 2003; Воробьева и др., 2004; Ермакова и др., 2004; Альтов, Воробьева, 2006; Призенко, 2006). Таким образом, Карелия является признанным лидером по садковому выращиванию радужной форели на внутренних водоемах России.

Товарное выращивание форели требует проведения комплексных (гидрохимические и гидробиологические) наблюдений для оценки состояния водных экосистем при их эксплуатации. Макрозообентос является одной из основных групп водных организмов-биологических индикаторов, используемых при оценке качества воды в результате эвтрофирования водоемов. Представители донной фауны характеризуются широким экологическим спектром, достаточно крупными размерами, приуроченностью к конкретному местообитанию, значительной продолжительностью жизни, позволяющей им аккумулировать загрязняющие вещества. Все это делает их очень удобным объектом для мониторинга пресноводных экосистем (Баканов, 1997).

Исследования сообществ макрозообентоса проводились в Карелии на озерах: Сямозеро, Космозеро, Онежское (в губах - Уницкая, Святуха, Кефть), где функционируют форелевые хозяйства.

#### Цель исследований:

Оценить влияние форелевых комплексов на сообщество макрозообентоса в разнотипных водоемах и выявить наиболее информативные и чувствительные индикаторы изменения их трофического статуса.

#### Задачи:

1. Определить таксономический состав донной фауны в условно-чистых зонах и в районе расположения садков исследованных водоемов.
2. Оценить количественные показатели макрозообентоса водоемов до строительства форелевых ферм и в процессе их функционирования.
3. Выделить наиболее информативные показатели состояния зообентоса для проведения мониторинговых исследований воздействия форелевых хозяйств на водные экосистемы.

#### Научная новизна

Впервые изучен макрозообентос в водоемах разного трофического уровня, интенсивно используемых для выращивания товарной форели в Республике Карелия. Проанализированы последствия влияния товарного производства радужной форели на сообщества макрозообентоса. Выявлены информативные показатели зообентоса, которые могут использоваться для оценки антропогенного воздействия на водные экосистемы Северо-Западного региона.

#### Практическое значение работы

Данные по макрозообентосу озер разных лимнологических типов, учитываются при оценке влияния форелевых ферм на водные экосистемы Карелии и при проведении экологической экспертизы водоемов, пригодных для товарного выращивания радужной форели.

#### Апробация работы

Материалы диссертации обсуждались на межлабораторных научных коллоквиумах Института биологии Карельского научного центра РАН (2008-2009 гг.). Основные положения диссертации докладывались на международных конференциях: «Водные и наземные экосистемы: проблемы и перспективы исследований» (Вологда, 2008), II Региональной школы-конференции молодых ученых «Водная среда и природно-территориальные комплексы: исследование, использование, охрана» (Петрозаводск, 2008), «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера» (Петрозаводск, 2009 г.), «Сохранение биологического разнообразия наземных и морских экосистем в условиях высоких широт» (Мурманск, 2009), XVI международной молодежной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» (Москва, 2009) и была представлена на X съезда Гидробиологического общества РАН (Владивосток, 2009).

### Публикации

По теме диссертации опубликовано 7 работ, из них 2 статьи в изданиях рекомендуемых ВАК.

### Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, списка литературы и приложения. Общий объем работы - 130 стр., 33 таблицы и 7 рисунков. Библиографический список включает 130 источников, в том числе 13 работ зарубежных авторов.

### Благодарности

Автор выражает глубокую признательность научному руководителю д.б.н., профессору С.П. Китаеву, заведующей лабораторией экологии рыб и водных беспозвоночных ИБ КарНЦ РАН д.б.н. О.П. Стерлиговой, сотрудникам лаборатории к.б.н. С.А. Павловскому, к.б.н. А.Н. Кругловой, к.б.н. Я.А. Кучко, к.б.н. Н.В. Ильмасту и другим сотрудникам лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных за разностороннюю помощь при подготовке диссертационной работы, председателю Общества форелеводов РК Артамонову В.П. за предоставленную возможность сбора материала на форелевых хозяйствах РК.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Введение

Представлена общая характеристика исследований, поставлены цели и задачи.

## ГЛАВА I. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования макрозообентоса выполнялись в июне-октябре 2006-2009 гг. на озерах Сямозеро, Космозеро, Онежское (в губах Уницкая, Кефть и Святуха). Сбор материала осуществлялся на комплексных гидробиологических станциях (фитопланктон, перифитон, зоопланктон, зообентос, рыбы) выбор которых обусловлен необходимостью оценки возможных изменений в экосистеме озер при эксплуатации форелевых ферм. Станции в озерах находились в условно-чистой зоне, расположенной до садков (контроль), непосредственно у садков, и на значительном от них удалении. На каждой станции, кроме того, измерялась температура воды в поверхностном слое и у дна, брались пробы воды для исследования основных гидрохимических показателей (рН, концентрации  $O_2$  и  $CO_2$ , перманганатной и бихроматной окисляемости и др.).

Пробы зообентоса отбирали дночерпателем ДАК-250 (модификация Экмана-Берджа с площадью захвата  $1/40 \text{ м}^2$ ) с последующей промывкой грунта через сито № 19 (ячейка 0,5 мм) и фиксацией 8% раствором формальдегида. На каждой станции отбирали по два дночерпателя. Для расчета биомассы и численности зообентоса на  $\text{м}^2$  использовался множитель перевода 20. Всего собрано и обработано 150 количественных проб макрозообентоса. Подсчет

организмов осуществлялся в модифицированной камере Богорова под микроскопом МБС-9 по общепринятой методике (Жадин, 1956). Беспозвоночных взвешивали с точностью 0,1 мг на торсионных весах. Рассчитывалась численность (экз./м<sup>2</sup>) и биомасса (г/м<sup>2</sup>) зообентоса по станциям за отдельные сезоны и средняя за год. При описании сезонной динамики макрозообентоса кроме собственных материалов использовались литературные данные. Определение таксономической принадлежности организмов проводилось по руководству «Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР» (1977).

Продукция макрозообентоса рассчитывалась по уравнению:  $P_6 = (2,198 \pm 0,496) \times V_{\text{ср.}}$ , из чего следует, что продукция сообществ бентоса за вегетационный сезон пропорциональна средней биомассе донных животных за это же время (Алимов, 1982, 1989).

Математическая обработка результатов исследований выполнена при помощи программы Microsoft Excel.

## ГЛАВА II. ЛИМНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМЫХ ВОДОЕМОВ

Представлена лимнологическая характеристика исследуемых водоемов на основе литературных и собственных материалов.

**Сямозеро.** Водоем расположен в южной части Карелии (61°55' с. ш., 33°01' в. д.), относится к средним по площади (266 км<sup>2</sup>) озерам (табл. 1). При объеме его водной массы 1,79 км<sup>3</sup>, показатель условного водообмена равен 0,24, т. е. условно допускается, что водные массы полностью обновляются один раз в четыре года (Фрейндлинг и др., 1977). В озере выделено пять основных типов грунтов: каменистый, песчаный, глинистый, рудный и илы.

Высшая водная растительность Сямозера занимает около 5,0% общей его площади. В закрытых заливах площадь водной растительности увеличивается до 60%. Наибольшую фитомассу создают тростник и хвощ. Продукция макрофитов в пересчете на единицу площади составляет 0,9 г/м<sup>2</sup> водной поверхности озера (Клюкина, 1977).

В перифитоне Сямозера определено 95 видов и внутривидовых таксонов, принадлежащих к пяти классам: из них диатомовые составляют 60%, синезеленые - 15 и зеленые - 23% от общего числа видов (Стерлигова и др., 2002).

Биомасса фитопланктона в озере равна в 4,0 мг/л (Чекрыжева, 1998). Первичная продукция фитопланктона, определенная расчетным методом по С. П. Китаеву (1984) составила в 40-е гг. - 40 г/м<sup>3</sup>, в 50-е - 46, в 80-е - 113 и в 90-е - 84 г/м<sup>3</sup> за вегетационный период (Стерлигова и др., 2002).

Средняя биомасса зоопланктона для Сямозера за период вегетации для всей толщи воды в 1954-1955 гг. составляла 0,35 г/м<sup>3</sup>, 1973-1975 гг. - 1,4; 1981-1984 гг. - 2,3; 1986-1988 гг. - 2,5; 1989-1992 гг. - 1,6 г/м<sup>3</sup> (Филимонова, 1962;

Лазарева, 1977; Бушман, 1982; Стерлигова и др., 1988). В зоопланктоне отмечены виды-индикаторы трофности: *Polyarthra luminosa*, *Synchaeta pectinata*. Изменилось соотношение числа пелагических видов ракообразных и таксонов коловраток. Показатель трофности увеличился в 3 раза по сравнению с 50-ми годами (E1 - 0,18 и E2 - 0,52). Продукция зоопланктона (расчетный метод) в среднем за вегетационный период составила в 1950-1960 гг. – 7,7, в 70-е - 21, в 1980-е – 31 и в 1990-е гг. - 27 г/м<sup>3</sup> (Китаев, 1984; Кучко, 2004). По уровню количественного развития зоопланктона Сямозеро можно отнести к  $\beta$ -мезотрофному типу (Китаев, 2007).

Состав ихтиофауны Сямозера включает 19 видов рыб, относящихся к 10 семействам. В настоящее время в уловах преобладают окуневые, карповые виды и значительно сократилась доля сиговых рыб (сиг, ряпушка) (Стерлигова и др., 2002).

**Космозеро.** Водоем находится на Заонежском полуострове, вытянутый по прямой линии в направлении с ССЮ на ЮЮВ (62° 24' с.ш., 34° 38' в.д.) и относится к малым водоемам с площадью 20,6 км<sup>2</sup>. Основные его лимнологические характеристики представлены в таблице 1. Через губу Святуху озеро связано с Повенецким заливом Онежского озера. Имеется 6 островов с общей площадью 1 км<sup>2</sup>. Высота над уровнем моря 39,3 м. Космозеро — водоем с продольной проточностью. Основной приток — р. Карасозерка с площадью водосбора 35 км<sup>2</sup>, объемом годового стока 11,0 млн. м<sup>3</sup> (28%), заболоченностью бассейна около 3%. Второй приток — ручей без названия, впадающий в южную часть озера; площадь водосбора его 4,5 км<sup>2</sup>, объем годового стока 1,3 млн. м<sup>3</sup> (3%), заболоченность бассейна 100%. Приток в озеро с остальной части водосбора составляет 70% от общего. По удельному водосбору (5,9) и показателю условного водообмена (0,26, т.е. вода в озере меняется один раз в четыре года), водоем относится к группе с малым водообменом. На глубины 0-4 м приходится 43% площади озера, на глубины 4-10 м - около 47%, свыше 10 м - 10% (Горбунова, 1959). Преобладающим типом донных отложений Космозера являются илы. На озере встречены илы серого цвета, что обусловлено наличием в подстилающем грунте светло окрашенных глин. Грунты в углубленной части илистые, в отмельных местах – каменистые (Домрачев, 1929).

Анализ воды Космозера показал, что содержание общего фосфора и азота характерно для мезотрофных водоемов.

Степень зарастания Космозера макрофитами невелика — 8,4% площади озера (Клюкина, 1965). Высокие скалистые берега обуславливают крутой подводный склон и препятствуют развитию и распространению в этом озере высшей водной растительности, которая сконцентрирована, главным образом, в южном узком заливе и в северной части, у берегов и вокруг острова. Флора представлена 23 видами. Наиболее распространенными являются тростник, рдесты и камыш.

В фитоперифитоне определено 53 вида водорослей. Для перифитона Космозера характерна таксономическая однородность группировок.

Зоопланктон Космозера, включает виды, широко распространенные в озерах и указанные ранее для других водоемов Карелии. Отмечается значительное увеличение количественных показателей летнего зоопланктона Космозера за последние 40 лет с 2,25 г/м<sup>3</sup> в 1961 г. до 4,0 г/м<sup>3</sup> в 2007 г. При этом видовой состав и трофическая структура не претерпели заметных изменений (Филимонова, 1965; Кучко, 2005; Куликова, 2007).

Ранее в Космозере встречалось 13 видов рыб: сиг, ряпушка, щука, плотва, елец, уклея, налим, корюшка, окунь, шиповка, голец, ерш, подкаменщик (Горбунова, 1959). В 2007 г. в опытном лове была обнаружена красноперка и, таким образом в озере обитает 14 видов рыб, из которых преобладают - окунь, плотва, уклея.

**Онежское озеро.** Это крупный пресноводный водоем Карелии с площадью зеркала 9693 км<sup>2</sup> (60°53' и 62°55' с.ш. и 34°13' и 36°28' в.д.) (Лукин и др., 2008.).

Уницкая губа изучена недостаточно. Известно, что она имеет площадь 160 км<sup>2</sup>, максимальную глубину -33 м, среднюю - 11 м, прозрачность 3-4 м, большое количество островов (230) и луд (Озера Карелии, 1959). Лимнологическая характеристика представлена в таблице 1.

Гидрохимический анализ воды показал, что содержание общего фосфора и азота характерно для олиготрофных водоемов. Активная реакция воды близка к нейтральной (рН 6,6–7,4) (Морозов, 1998). Вода в губе отвечает всем требованиям к ее качеству для выращивания товарной форели.

В фитоперифитоне Уницкой губы и Святухи определено 56 видов водорослей, среди которых доминируют диатомовые водоросли (*Tabellaria flocculosa*). Структура фитопланктона двух губ типична для водоемов Карелии. Средняя биомасса фитопланктона в губе Святуха составляла 2,50 г/м<sup>3</sup>, что соответствует бета-мезотрофному статусу, в губе Уницкая – 1,20 г/м<sup>3</sup> - бета-олиготрофному. Для альгофлоры Уницкой губы и Святухи характерна таксономическая однородность группировок. Большая часть выявленных видов - эпилиты и эпифиты. Определяющим для альгофлоры является комплекс, включающий *Tabellaria flocculosa* и *Eunotia* spp. (Комулайнен и др., 2006).

Микрофитобентос Уницкой губы и Святухи характеризуется невысокой видовой насыщенностью (определен 21 таксон водорослей), преобладают планктонные диатомовые: *Aulacosira islandica* (O. Müll.) Simonsen и *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz, что отмечалось и ранее для озер Карелии (Давыдова, 1975; Komulainen, 2002). В обеих губах озера вблизи садков в донных отложениях наиболее разнообразны прикрепленные диатомовые (*Tabellaria flocculosa* (Roth.) Kütz, *Epithemia. zebra* (Ehr.) Kütz.) и нитчатые зеленые (*Zygnema* sp. и *Spirogyra* sp.) водоросли. В заливах озера в зоне расположения

садков наблюдается некоторое увеличение состава фитоперифитона и микрофитобентоса за счет широковалентных видов.

В составе фитопланктона Кефть-губы отмечено 52 вида и разновидности водорослей: сине-зеленые–5, золотистые–4, диатомовые–30, пиропитовые–2, зеленые–11. Индексы сапробности, рассчитанные по численности индикаторных видов, изменялись от 1,51 до 1,86 и в среднем составили 1.68, что характеризует водоем как бета-мезосапробный.

Анализ количественных показателей зоопланктона трех губ Онежского озера показал, что основу его биомассы создают ветвистоусые ракообразные. На их долю приходится от 47% в Уницкой губе, до 60% в губе Святуха. Копеподы образуют от 16% (Кефть-губа) до 38% (Уницкая губа). Массовая доля коловраток в Уницкой губе и губе Святуха составляет 12-13%, возрастая до 27% в Кефть-губе. В целом, Уницкую губу можно охарактеризовать как  $\beta$ -олиготрофный участок Онежского озера со средним индексом сапробности 1,58, губы Святуха и Кефть как  $\alpha$ -мезотрофные с индексами сапробности 1,72 и 1,83, соответственно.

В Онежском озере обитает 36 видов рыб, в Уницкой губе отмечено 16, в губе Святуха – 13 и в Кефть-губе – 10 (Стерлигова и др., 2007; Лукин и др., 2008).

Таким образом, по лимнологической характеристике все исследованные водоемы пригодны для товарного выращивания радужной форели.

### **ГЛАВА III. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗООБЕНТОСА СЯМОЗЕРА**

Начало исследованиям бентоса Сямозера положено С.В. Гердом (1949, 1965), который определил его видовой состав и количественные показатели в естественном состоянии. Описание фауны донных беспозвоночных, обитающих в Сямозере, было продолжено Соколовой В.А. с группой систематиков (1954-1961; 1973-1974 гг.) в период начальной стадии эвтрофирования водоема. Особое внимание уделялось изучению расселения зообентоса, сезонным и годовым изменениям его количественных характеристик. Исследования по макрозообентосу озера вновь были возобновлены в рамках долгосрочного мониторинга в 1982-1993 гг. в период значительного антропогенного воздействия. Начиная с 2003 г. и по настоящее время наблюдения за макрозообентосом продолжаются в связи с новым аспектом хозяйственной деятельности - использованием водоема для садкового выращивания товарной радужной форели (Павловский, 2007; Савосин, 2008, 2009).

Таблица 1. Лимнологические показатели исследуемых озер

Показатели	Сязозеро	Косозеро	Губы Онежского озера		
			Уницкая	Святуха	Кефтьень
Площадь водной поверхности, км <sup>2</sup>	266,0	20,6	166,0	36,4	8,5
Географические координаты	61°55' с.ш. 33°11' в.д.	62° 24' с.ш. 34°38' в.д.	62°10' с.ш. 32°24' в.д.	62°45' с.ш. 33°35' в.д.	62°00' с.ш. 33°00' в.д.
Наибольшая длина, км	24,6	31	50	35,0	15,0
Наибольшая ширина, км	15,1	2,2	5,5	2,0	1,0
Средняя глубина, м.	6,0	7,1	11,0	3,0	3,0
Максимальная глубина, м.	24,5	25,0	33,0	15,0	25,0
Количество притоков, шт.	17	2	9	-	-
Количество островов, шт.	80	6	50	-	-
Прозрачность, м.	0,5-2,5	2,5	4,0	2,5	2,5
Цветность, град.	41	30	30	15-30	15-20
pH	7,0– 7,2	6,3-7,4	6,6-7,4	6,6-7,4	6,3-7,7
Перманганатная окисляемость, мгО <sub>2</sub> /л	8,5	9,5	7,6-9,6	10,0-11,0	7,2-11,3
Суммарный N, мг/л	0,08– 0,52	0,50	0,55-0,63	0,58-0,94	0,56-0,80
Минеральный фосфор P, мг/л	0,002	0,001	0,000-0,002	0,005-0,006	0,002-0,005
Общий P, мг/л,	0,030	0,016	0,010-0,014	0,021-0,029	0,019-0,047
Биомасса фитопланктона, г/м <sup>3</sup>	2,8	-	1,2	2,5	5,9
Биомасса зоопланктона, г/м <sup>3</sup>	1,6-2,1	1,5-4,0	0,9	1,6	2,6
Биомасса бентоса г/м <sup>2</sup>	1,0 – 4,0	1,3	0,5	2,6	5,2
Количество видов рыб	20	14	16	13	10

По данным: Озера Карелии, 1959; Современное состояние ..., 1998; Экосистема Сязозера, 2002; Биоресурсы Онежского озера, 2008;

Макрозообентос Сязозера насчитывает 182 таксона (вида и рода), относящихся к 7 типам беспозвоночных (Spongia, Coelenterata, Plathelminthes, Nemathelminthes, Annelida, Arthropoda, Mollusca), 10 классам (Demospongia, Hydrozoa, Turbellaria, Nematoda, Oligochaeta, Hirudinea, Crustacea, Insecta, Bivalvia, Gastropoda), 19 отрядам и 66 семействам. Наибольшим разнообразием представлено семейство Chironomidae, причем на долю п/сем. Chironominae приходится 36, п/сем. Orthoclaadiinae – 12 и п/сем. Tanypodinae – 4 таксона (Соколова, 1962; Павловский, 2007; Савосин, 2008). Главную роль в формировании количественных показателей макрозообентоса озера играют личинки хирономид, олигохеты и моллюски.

Субдоминантами в 1930-1950-е годы были двустворчатые моллюски, а в 1970-1990-е – олигохеты. Это справедливо не для озера в целом, а для отдельных его заливов (Павловский, 2007).

Результаты многолетних наблюдений донных организмов в районе исследования озера (м. Шапнаволок) за вегетационный сезон представлены в таблице 2. Достоверных изменений в донном сообществе профундали залива Шапнаволок за годы (2003-2006 гг.) эксплуатации форелевой фермы (с 2003 г.) не выявлено (Павловский, 2007; Савосин, 2008).

Таблица 2. Таксономические группы макрозообентоса профундали м. Шапнаволок

Годы Таксоны	1955	1973	1974	1982	2003	2004	2005	2006
Nematoda	-	-	-	-	+	+	+	+
Oligochaeta	+	-	+	+	+	+	+	+
Bivalvia	-	+	+	+	+	+	-	+
Chironomidae	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание:

1955-1974 гг.–данные В.А. Соколовой (1962);

1982, 2003, 2004, 2005гг.- С.А. Павловского (1999, 2007);

2006 г. – собственные сборы

Наши исследования подтверждают тенденцию о доминировании хирономид в донной фауне залива м. Шапнаволок (средняя за вегетационный сезон биомасса донных организмов составила  $2,20 \pm 0,44$  г/м<sup>2</sup> при численности  $519 \pm 121$  экз./м<sup>2</sup>) (рис. 1, табл. 3.).

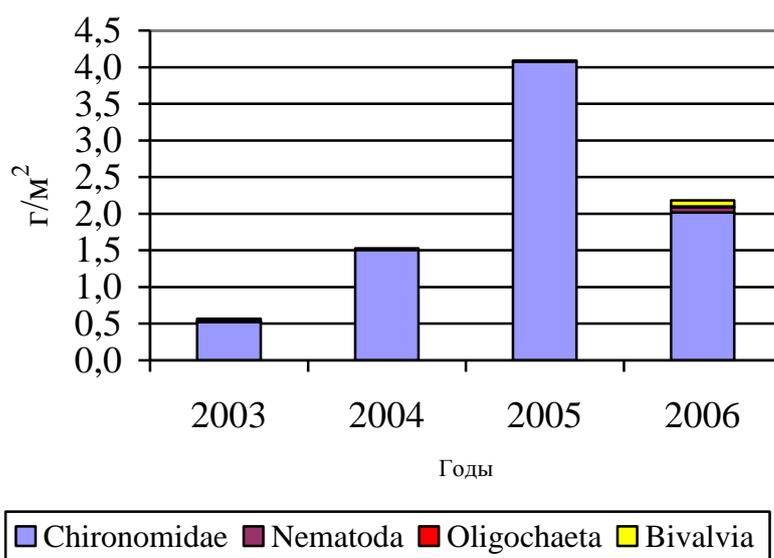


Рис. 1. Динамика средней за вегетационный сезон биомассы и численности макрозообентоса Сямозера в профундали м. Шапнаволоок

При сравнительном анализе с данными более ранних исследований, достоверных изменений в сообществе зообентоса не выявлено и полученные его количественные характеристики не выходят за рамки многолетних колебаний.

Таблица 3. Динамика биомассы и численности макрозообентоса в профундали м. Шапнаволоок за (средняя за вегетационные сезоны)

Показатели Таксоны	N экз./м <sup>2</sup>	N%	B мг/м <sup>2</sup>	B%	F%
2003г.*					
Nematoda	100	11,36	4,00	0,70	50,0
Oligochaeta	45	5,68	4,50	0,79	75,0
Bivalvia	20	2,27	35,0	6,16	50,0
Chironomidae	625	80,68	525,00	92,35	100,0
Total	790	100	568,50	100	100
2004г.*					
Nematoda	2	2,56	0,22	0,01	11,1
Oligochaeta	24	28,21	9,78	0,64	55,6
Bivalvia	2	2,56	10,67	0,70	11,1
Chironomidae	59	66,67	1506,22	98,65	77,8
Total	87	100	1526,89	100	88,9
2005г.**					
Nematoda	8	3,23	1,22	0,03	16,7
Oligochaeta	44	17,74	19,29	0,47	50,0
Chironomidae	206	79,03	4070,43	99,50	100,0
Total	258	100	4090,94	100	100
2006г.**					

Nematoda	53	10,21	71,33	3,27	100
Oligochaeta	26	5,01	10,60	0,48	33,3
Chironomidae	393	75,72	2018,00	92,48	100
Bivalvia	47	9,06	82,25	3,77	66,7
Total	519	100	2182,18	100	100

Примечание: N - средняя численность, N% - относительная численность

B - средняя биомасса, B% - относительная биомасса

f% - встречаемость в пробах

\* - 2003-2004 гг. – С.А. Павловский (2007),

\*\* - 2005-2006 г. – собственные данные

Расчетная продукция макрозообентоса за период исследования в районе м. Шапнаволок составила 4,8 г/м<sup>2</sup> (табл. 3). Наименьшее значение продукции донных животных для непрерывного ряда наблюдений (за 1982-1993 гг.) отмечено в 1993 г. - 4 г/м<sup>2</sup>, максимальная величина составила 11 г/м<sup>2</sup> (Павловский, 1999).

Таким образом, рассчитанная величина продукции макрозообентоса находится в пределах его многолетних изменений.

#### ГЛАВА IV. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗООБЕНТОСА КОСМОЗЕРА

Бентофауна Космозера исследовалась в 2007-2008 годах. Форелевый комплекс работает 10 лет (с 2000 г.) и его проектная мощность рассчитана на выращивание 100 т товарной форели в год.

Зообентос Космозера как в 1999-2002 гг., так и в 2007-2008 гг. был представлен 45 видами, из которых наиболее распространены *Bithynia tentaculata*, *Limnaea auricularia*, *Limnaea atra*, *Choanomphalus rossmaessleri*, *Caenis robusta*, *Nemoura* sp., *Lepidostoma hirtum*, *Chaetopteryx* sp., *Limnius* sp., *Stempellinella minor*, *Cryptotendipes horsatus*, *Glyptotendipes gripecoveni*, *Pentapedilum exectum*, *Cricotopus algarum* и *Limnophyes septentrionalis*. Из ракообразных отмечены *Asellus aquaticus* Linne, *Monoporeia affinis* Lindstr. Индекс видового разнообразия Шеннона составляет 3,30 (Савосин, 2009; Рябинкин, 2009).

Состав донной фауны Космозера (за вегетационный сезон 2007 г.) по нашим данным включает, главным образом, личинок хирономид и иногда отмечаются олигохеты и амфиподы. Доминирующей группой организмов зообентоса в районе исследования являлись хирономиды - (89 %). Редко в пробах встречались личинки двукрылых (*Chaoborus* sp.) – (3%), бокоплав - (7%) и нематоды - (1%). Средняя биомасса макрозообентоса составила 1,31±0,36 г/м<sup>2</sup>. При этом на станции 3 (за садками) и станции 2 (у садков) - она была максимальной (1,64 г/м<sup>2</sup>), а в условно-чистой зоне (станция 1) равнялась 0,7 г/м<sup>2</sup>.

В 2008 году в донной фауне озера появляются нематоды. Средняя биомасса макрозообентоса в этот год несколько увеличилась и составила  $2,09 \pm 0,68$  г/м<sup>2</sup>, что, вероятно, связано как с межгодовыми колебаниями, так и с деятельностью форелевого комплекса (рис. 2).

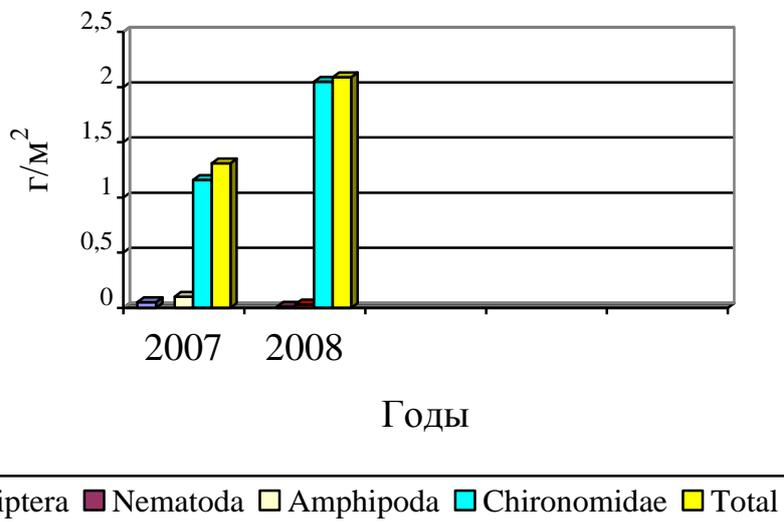


Рис. 2. Структура и динамика биомассы (В г/м<sup>2</sup>) различных групп макрозообентоса в Космозере

При сравнении показателей макрозообентоса 2007 и 2008 гг. (табл. 4) прослеживается увеличение биомассы за счет представителей семейства Chironomidae от 1,16 г/м<sup>2</sup> при численности 420 экз./м<sup>2</sup> до 2,05 г/м<sup>2</sup> и 540 экз./м<sup>2</sup>, соответственно (Савосин, 2009). По шкале трофности Космозеро относится к водоемам с β-олиготрофным статусом. Для оценки загрязнения рассчитывался хируномидный индекс (К), предложенный Е.В. Балускиной (1987).

Таблица 4. Структура и динамика биомассы (В г/м<sup>2</sup>) и численности (N экз./м<sup>2</sup>) различных групп макрозообентоса в Космозере

Группы	2007 г.				2008 г.			
	В	%	N	%	В	%	N	%
Chironomidae	1,16	88,6	420	90,1	2,05	98,1	540	73,0
Nematoda	-	-	-	-	0,01	0,5	193	26,1
Diptera	0,05	3,8	13	2,8	-	-	-	-
Amphipoda	0,1	7,6	33	7,1	0,03	1,4	7	0,9
Всего	1,31	100	466	100	2,09	100	740	100

Можно сделать заключение о том, что за годы эксплуатации форелевого комплекса на Космозере значительных изменений в сообществе донных организмов не произошло.

## ГЛАВА V. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗООБЕНТОСА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА (Губы Уницкая, Святуха и Кефтьень)

В Онежском озере в Кефтьень-губе форелевое хозяйство работает с 2001г., в Уницкой губе и Святухе - с 2004г.

Первые сведения о донной фауне литорали Онежского озера опубликованы С.В. Гердом (1954), Б.М. Александровым (1962) и В.А. Соколовой (1969). Систематический обзор и таксономический список фауны бентосных беспозвоночных литоральной зоны озера с качественной и количественной характеристикой приведен Т.Д. Слепухиной (1975). Подробные сведения о фауне прибрежных каменистых биотопов одного из районов Большого Онега содержатся в работе А.Ф. Алимова с соавторами (1982).

В начале 2000-х гг. в южной части водоема впервые был отмечен бокоплав байкальского происхождения *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) (Березина, Панов, 2003).

**Уницкая губа.** Данных по макрозообентосу этой губы до эксплуатации фермы нами не обнаружено и поэтому нет возможности провести сравнительный анализ.

В 2005-2006 гг. донная фауна профундали Уницкой губы в районе исследования представлена нематодами, олигохетами, двустворчатыми моллюсками и личинками хирономид (*Chironomus* sp.+ *Procladius* Skuze) (табл. 5). Особый интерес представляют амфиподы *Monoporeia affinis* Lindstr., которые обнаружены на заиленных глинах (станция 3). Реликтовые ракообразные очень чувствительны к снижению содержания растворенного в воде кислорода (Гордеев, 1963). Отрицательное воздействие эвтрофирования на фауну реликтовых ракообразных отмечалось в ряде исследований. В связи с этим выдвигалось предложение об использовании реликтов как видов – индикаторов олиготрофии (Сущеня, Семенченко и др., 1986).

По результатам наших наблюдений за вегетационный сезон 2006 г. общая биомасса донных организмов профундали в районе установки садков составила  $1,22 \pm 0,34$  г/м<sup>2</sup> при численности  $251 \pm 39$  экз./м<sup>2</sup> (рис. 3, табл. 5).

Таблица 5. Динамика средней за вегетационный сезон биомассы и численности макрозообентоса в профундали Уницкой губы Онежского озера

Показатели Таксоны	Н экз./м <sup>2</sup>	Н%	В г/м <sup>2</sup>	В%
2005г.				
Oligochaeta	90	25,00	0,27	59,85
Amphipoda	10	3,33	0,07	16,15
Bivalvia	13	6,67	0,05	11,41
Chironomidae	160	55,00	0,05	11,19
Nematoda	17	6,67	0,004	0,96

Heleidae	7	1,67	0,001	0,30
Aranei	7	1,67	0,001	0,15
Total	304	100,00	0,45	100,00
2006г.*				
Chironomidae	110	43,8	1,1	90,2
Nematoda	90	35,9	0,001	0,1
Oligochaeta	45	17,9	0,1	8,2
Amphipoda	6	2,4	0,02	1,5
Total	251	100	1,22	100

Примечание: N - средняя численность, N% - относительная численность  
B - средняя биомасса, B% - относительная биомасса

Величина продукции макрозообентоса для Уницкой губы равна 2,7 г/м<sup>2</sup> (Савосин, 2009). По шкале трофности она относится к α- олиготрофному типу (Китаев, 2007).

**Святуха.** Преобладающую роль в макрозообентосе губы играли хирономиды (97%), представители олигохет и двукрылых – малочисленны. Фауна хирономид представлена, главным образом, личинками *Chironomus* sp. и *Procladius* Skuze, которые толерантны к различным условиям обитания. Остальные представители хирономид (*Tanytarsus* gr. *gregarius* K., *Cryptochironomus* gr. *defectus* K., и др.) встречались в пробах единично. Общая биомасса донных организмов профундали в районе постановки садков составляла 2,28±0,72 г/м<sup>2</sup>, численность 580±122 экз./м<sup>2</sup> (рис. 3, табл. 6). Величина продукции макрозообентоса за вегетационный сезон для губы Святуха составила 5,0 г/м<sup>2</sup> (Савосин, 2010). Сравнение полученных данных с результатами более ранних исследований состояния макрозообентоса губы при

Таблица 6. Средняя за вегетационный сезон биомасса и численность макрозообентоса губы Святуха за 2006 г. (N – численность, B – биомасса)

Показатели	N экз./м <sup>2</sup>	N%	B г/м <sup>2</sup>	B%
Таксоны				
Oligochaeta	131	22,6	0,03	1,3
Chironomidae	429	73,9	2,2	96,5
Diptera	20	3,5	0,05	2,2
Total	580	100	2,28	100

товарном выращивании радужной форели (Павловский, 2005), не выявило изменений в бентофауне озера.

По шкале трофности губу Святуха можно отнести к β-олиготрофному типу с чертами мезотрофии.

**Кефтьень-губа.** Данных по изучению донной фауны в этой губе до ввода в эксплуатацию форелевого хозяйства «Русская крепость» не обнаружено. Макрозообентос губы представлен, в основном личинками хирономид и

олигохетами, нематоды и личинки двукрылых (*Chaoborus* sp.) немногочисленны. На всех станциях на глубине до 7 м доминируют личинки хирономид (более 95 % биомассы и до 74 % численности). Впервые в Кефтьень губе обнаружен бокоплав *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) байкальского происхождения.

Кефтьень губа со средней биомассой общего макрозообентоса за вегетационный сезон (2008 г.) -  $3,83 \pm 0,95$  г/м<sup>2</sup>, численностью –  $145 \pm 32$  экз./м<sup>2</sup> (рис. 3, табл. 7) и преобладанием представителей п/с Chironominae начинает приобретать черты мезотрофного озера с β - мезотрофным статусом. Величина продукции макрозообентоса Кефтьень-губы составляет 8,4 г/м<sup>2</sup>.

Таблица 7. Средние биомасса и численность макрозообентоса Кефтьень-губы (вегетационный сезон 2008г.)

Группы	контроль		садки		после садков	
	г/м <sup>2</sup>	экз./м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup>	экз./м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup>	экз./м <sup>2</sup>
Chironomidae	6,1	187	0,43	40	4,9	173
Diptera	0,001	2	0	0	0	0
Nematoda	0	0	0,01	7	0	0
Oligochaeta	0,03	20	0,01	7	0	0
Всего	6,131	209	0,45	54	4,9	173

Изучение состояния макрозообентоса трех губ Онежского озера, подвергающихся антропогенному воздействию в результате товарного рыбоводства (рис. 3) и анализ полученных данных показал, что на начальных этапах эксплуатации ферм изменений в его составе, качественных и количественных показателях не выявлено, они находятся на уровне межгодовых колебаний.

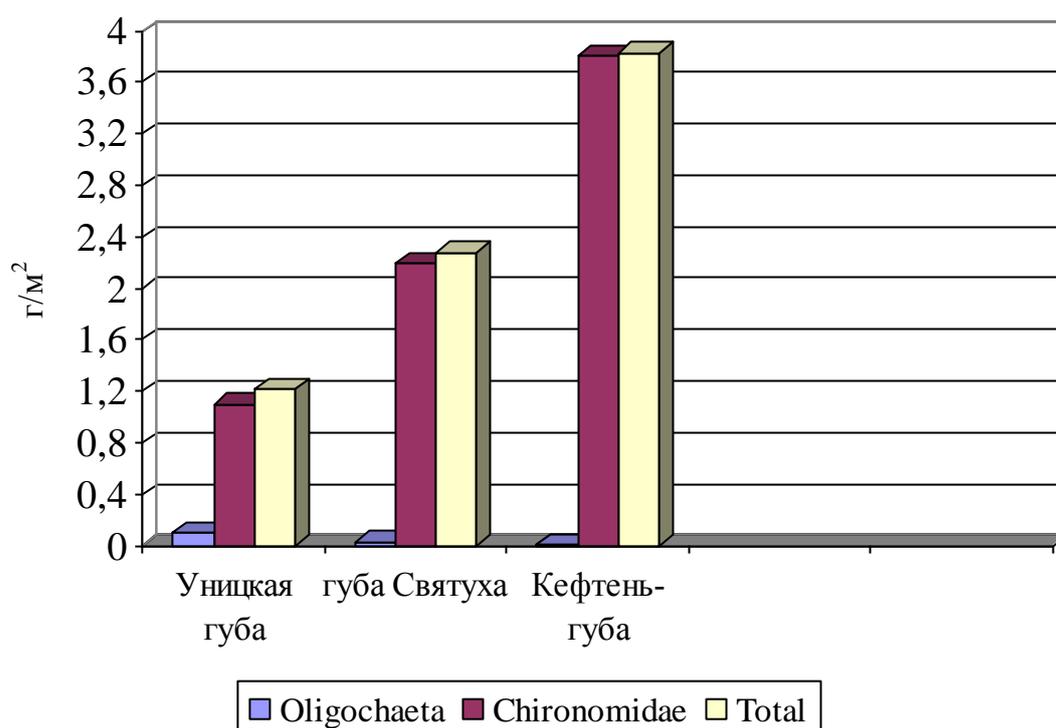


Рис. 3. Средняя за вегетационный сезон биомасса и численность макрозообентоса губы Святуха, Уницкой (2006 г.) и Кефть-губы (2008 г.)

Продукция макрозообентоса всех исследованных озер за вегетационный сезон колебалась от 2,7 (Уницкая губа) до 8,4 (Кефть-губа) (табл. 8).

Таблица 8. Величина продукции макрозообентоса исследуемых водоемов

Водоемы	Сязозеро	Косозеро		Онежское озеро (губы)		
		2007г.	2008 г	Уницкая	Святуха	Кефть
Продукция, г/м <sup>2</sup>	4,8	2,9	4,6	2,7	5,0	8,4

Сезонность в динамике зообентоса проявляется в изменении видового и возрастного состава, численности, биомассы организмов. Ведущее значение в сезонной динамике сообщества зообентоса имеют термический режим, трофические условия водоемов (Андроникова, 1996., Алимов, 1982).

Анализ сезонной динамики количественных показателей зообентоса исследуемых водоемов показал, что для всех исследованных озерных экосистем характерно уменьшение его биомассы летом в период размножения при элиминации взрослых организмов и ее нарастание к осени с ростом молоди.

Поступление большого количества биогенных элементов в водоем (главным образом органических соединений N, P, C) влечет за собой снижение прозрачности воды, увеличение биомассы и первичной продукции

фитопланктона, а также других начальных звеньев трофической цепи. Ухудшается кислородный режим, в озерах возникают новые ассоциации перифитона, отмечается ежегодное “цветение” воды, усиленное образование детрита и заиление грунтов (Решетников, 1982). Изменение условий существования в водоеме отражается на видовом составе, соотношении таксономических групп, структуре популяций и количественных показателях гидробионтов. Качественный состав зообентоса может и не претерпеть заметных изменений на начальных стадиях эвтрофирования и чаще они сводятся к перестройке видового состава и смене доминирующих видов и групп (Алимов, 1999).

В условиях антропогенного воздействия на водоемы исследования состояния макрозообентоса имеют ряд особенностей, в связи с тем, что донные организмы позже реагируют на происходящие изменения в экосистемах, чем другие группы гидробионтов. Ценность таких наблюдений находится в прямой зависимости от их продолжительности, так как правильная оценка интенсивности процесса эвтрофирования определяется наличием сравнительного материала за более или менее длительный период времени (Beeton, Edmondson, 1972).

## ВЫВОДЫ

1. Донная фауна Сямозера, Космозера и губ Онежского озера - Святуха, Уницкая, Кефть включает 13 систематических групп беспозвоночных. Впервые в Кефть губе обнаружен бокоплав *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) байкальского происхождения. Основу макрозообентоса составляют широко распространенные в озерах Карелии представители северной фауны, отличающиеся широкой экологической валентностью и гетеротопностью.
2. Доминирующей группой макрозообентоса во всех исследованных водоемах являются хирономиды, доля их биомассы составляет от 89% в Космозере до 97 % в Святухе. Достоверных изменений в количественных показателях донной фауны Сямозера, Космозера и губ Онежского озера (Уницкая, Святуха, Кефть) не выявлено.
3. Установлено, что значения численности, биомассы и продукции макрозообентоса исследованных водоемов в период эксплуатации форелевых комплексов находились в пределах их многолетних колебаний.
4. Анализ сезонной динамики количественных показателей донной фауны показал, что для всех исследованных озерных экосистем характерно уменьшение биомассы летом во время размножения при элиминации взрослых организмов и нарастание к осени с ростом молоди.

5. За время функционирования форелевых хозяйств на Сямозере, Космозере и в губах Онежского озера (Святуха, Кефтьень, Уницкая) не выявлено достоверных различий в сообществе донных беспозвоночных в условно-чистых зонах и в районе расположения садков, что связано с толерантностью доминирующих на илистых грунтах под садками хирономид и малощетинковых червей.

6. Выделены информативные показатели зообентоса, рекомендуемые для применения в системе экологического мониторинга водоемов при антропогенном воздействии. Для оценки качества водной среды можно использовать реликтовую амфиподу *Monoporeia affinis* Lind. как биологический индикатор ее состояния в районе садков для водоемов, где обитают реликтовые ракообразные. При локальных антропогенных воздействиях на водоемы необходимо учитывать количественные характеристики доминирующих видов хирономид (*Chironomus* sp.+ *Procladius* sp.).

7. На основании результатов исследования макрозообентоса не выявлено существенного влияния форелевых комплексов на трофический статус водных объектов, за исключением Кефтьень-губы Онежского озера, которая начала приобретать черты мезотрофного озера.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

### Статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК

1. Савосин Е.С. 2009. Состояние донной фауны заливов Онежского озера с товарным выращиванием радужной форели // Современные проблемы науки и образования. № 6. С. 22-24.
2. Савосин Е.С. 2010. Макрозообентос заливов Онежского озера с товарным выращиванием радужной форели // Вопросы рыболовства. № 2(42). С. 341-344.

### Публикации в других изданиях

1. Савосин Е.С. 2008. Состояние макрозообентоса Космозера при товарном выращивании форели // II Региональная школа-конференция молодых ученых «Водная среда и природно-территориальные комплексы: исследование, использование, охрана». Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, КГПУ. Петрозаводск. С. 120-122.
2. Китаев С.П., Стерлигова О.П., Ильмаст Н.В., Савосин Е.С. 2008. // Расчеты биогенной нагрузки от форелевой фермы на губу Святуха Онежского озера // Мат-лы науч. конф. «Водные и наземные экосистемы: проблемы и перспективы исследований» Вологда. ВГУ. С. 113-116.
3. Савосин Е.С. 2009. Донная фауна губы Святуха Онежского озера при выращивании радужной форели в садках // Тез. докл. XVI межд. молод. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов». М.: МГУ. С. 117.

4. Савосин Е.С. 2009. Оценка состояния макрозообентоса Космозера при товарном выращивании радужной форели // Мат-лы межд. конф. «Сохранение биологического разнообразия наземных и морских экосистем в условиях высоких широт». Мурманск: МГПУ. С. 249-252.

5.Стерлигова О.П., Китаев С.П., Ильмаст Н.В., Кучко В.Я., Павловский С.А., Савосин Е.С. 2009. Состояние Кефтьень-губы Онежского озера при товарном выращивании радужной форели // Мат-лы межд. конф. «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера». КарНЦ РАН. Петрозаводск. С. 523-528.

7. Савосин Е. С. 2009. Современное состояние макрозообентоса Кефтьень-губы Онежского озера // Тез. докл. X съезда Гидробиологического об-ва РАН. Владивосток. С. 348.