

*На правах рукописи*

ПАВЛОВСКИЙ  
Сергей Александрович

**СТРУКТУРА И ДИНАМИКА  
МАКРОЗООБЕНТОСА СЯМОЗЕРА**

*03.00.16 – экология*

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата  
биологических наук

Петрозаводск  
2007

Работа выполнена в Институте биологии  
Карельского научного центра РАН

Научный руководитель:	академик РАН, доктор биологических наук, профессор, Алимов Александр Федорович
Официальные оппоненты:	доктор биологических наук, Шкляревич Галина Андреевна Петрозаводский государственный университет  кандидат биологических наук, Щуров Игорь Львович Северный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
Ведущая организация:	Карельский государственный педагогический университет

**Защита диссертации состоится «17» октября 2007 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.190.01 при Петрозаводском государственном университете по адресу: 185910, Республика Карелия, Петрозаводск, пр. Ленина, 33, эколого-биологический факультет, ауд. 326 теоретического корпуса.**

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Петрозаводского государственного университета

Автореферат разослан « » сентября 2007 г.

**Ученый секретарь  
диссертационного совета**

**Крупень И.М.**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Водная среда с населяющими ее организмами под влиянием естественных факторов и хозяйственной деятельности человека может существенно изменяться. Только многолетние наблюдения позволяют оценить влияние этих процессов на различные элементы пресноводных экосистем. Организмы зообентоса являются излюбленным и очень удобным объектом мониторинга пресноводных водоемов. Донные беспозвоночные имеют широкие экологические спектры, достаточно крупные размеры, приурочены к конкретным местообитаниям, имеют достаточную продолжительность жизни, позволяющую им аккумулировать загрязняющие вещества (Баканов, 1997).

В Карелии донная фауна изучалась в озерах, имеющих важное рыбопромысловое значение (Герд, 1947, 1949, 1965; Александров, 1959; Соколова, 1962, 1977 и др.). К числу таких водоемов относится и Сямозеро (бассейн р. Шуя, Онежского озера), на котором проводятся многолетние наблюдения (с 1933г.) за состоянием отдельных составляющих элементов экосистемы от фито-зоопланктона, макрофитов, зообентоса до рыб.

Начало изучения бентоса на Сямозере было положено С.В. Гердом в 1933 г., который определил видовой состав и количественные показатели фауны дна в ее естественном состоянии (Смирнов, 1939; Герд, 1949). Исследования были продолжены В.А. Соколовой с группой систематиков (1954–1961, 1973–1974 гг.) в период начальной стадии эвтрофирования водоема. После 1974г. данные о состоянии донного сообщества Сямозера отсутствуют. Поэтому в рамках долгосрочного мониторинга с 1982 по 1993 гг. проводились исследования макрозообентоса Сямозера в период значительного антропогенного воздействия на него. С 2003 г. и по настоящее время наблюдения за макрозообентосом продолжаются в связи с новым аспектом хозяйственной деятельности: использование водоема для садкового выращивания товарной радужной форели.

**Цель работы.** Оценить состояние и исследовать динамику макрозообентоса, как одного из составляющих звеньев экосистемы Сямозера.

**Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:**

- изучить структурную организацию макрозообентоса Сямозера;
- исследовать внутригодовую и многолетнюю динамику макрозообентоса;
- изучить донную фауну каменисто-песчаных луд (нерестилищ сямозерского сига);
- выявить возможные последствия влияния садкового товарного выращивания радужной форели на структуру и динамику сообщества макрозообентоса Сямозера;

- исследовать многолетнюю динамику индивидуальной массы донных организмов;
- оценить продукцию макрозообентоса.

**Научная новизна.** Впервые обобщены и проанализированы результаты изучения макрозообентоса Сямозера за длительный период (с 1954 по 2005 гг.). Установлены особенности динамики индивидуальной средней массы организмов макрозообентоса Сямозера под влиянием эвтрофирования. В результате специальных исследований получены сведения о донной фауне каменисто-песчаных луд Сямозера, которые являются нерестилищами сига. Экспериментально изучена способность донных беспозвоночных к поеданию икры сямозерского сига. Разработано и испытано «Устройство для наблюдения за развитием икры озерных рыб», которое позволило впервые получить данные по питанию донных организмов икрой сямозерского сига в естественных условиях. Проведен анализ последствий влияния садкового товарного выращивания радужной форели на структуру и динамику сообщества макрозообентоса Сямозера.

**Практическая значимость работы.** Результаты работы используются для экологического прогнозирования возможных изменений водных экосистем при естественных изменениях и антропогенных воздействиях. Результаты и выводы исследований применяются при составлении комплексных региональных программ по охране и рациональному использованию биоресурсов водоемов Республики Карелия (Госкомэкологии РК, Карелрыбвод, Карелрыбпром, Министерство сельского, рыбного хозяйства и экологии РК).

Результаты работы учитываются при оценке влияния форелевых ферм на водные экосистемы Карелии и при проведении экологической экспертизы водоемов, пригодных для товарного выращивания радужной форели.

Электронная база данных, созданная на основе первичных материалов изучения макрозообентоса Сямозера, широко используется при оценке экологического состояния озерных экосистем и прогнозировании возможных изменений в будущем.

**Апробация работы.** Материалы диссертации обсуждались на заседании лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных Института биологии Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, 2006). Основные положения диссертационной работы были доложены на 21 конференции, симпозиумах различного уровня, в т.ч. на Всероссийских научных конференциях по биологии и биотехнике выращивания сиговых рыб (Тюмень, 1985; Вологда, 1990), по лососевидным рыбам (Тольятти, 1988), на совещании РАН «Антропогенное воздействие на природу Севера и его экологические последствия» и на выездной научной сессии РАН (Апатиты,

1988, 2004), на 4 съездах ВГБО (Тольятти, 1986; Мурманск, 1990; Калининград, 2001; Тольятти, 2006), на 12 международных конференциях и симпозиумах (Финляндия, 1986, 1988, 1999), “Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского севера” (Петрозаводск, 1999; Вологда, 2005), “Биологические основы изучения, и охраны животного и растительного мира, почвенного покрова Восточной Фенноскандии (Петрозаводск, 1999), “Сохранение биоразнообразия Фенноскандии” (Петрозаводск, 2000), “Проблемы гидроэкологии на рубеже веков” (Санкт-Петербург 2000), “Разнообразии беспозвоночных животных на Севере” (Сыктывкар, 2003), “Проблемы особо охраняемых природных территорий Европейского Севера” (Сыктывкар, 2004), “Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды” (Минск, 2003), “Экологические проблемы Северных регионов и пути их решения” (Апатиты, 2004, 2006).

**Публикации.** Основные материалы диссертации опубликованы в коллективной монографии “Экосистема Сямозера (биологический режим, использование)” и 32 печатных работах.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов, списка литературы и приложения; содержит 36 таблиц, 32 рисунка и 12 приложений. Объем диссертации составляет 151 стр., в том числе 25 стр. приложения. Библиография включает 112 наименований, в том числе 11 работ зарубежных авторов.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую признательность научному руководителю академику РАН А.Ф. Алимову и заведующей лабораторией экологии рыб и водных беспозвоночных ИБ КарНЦ РАН д.б.н. О.П. Стерлиговой за разностороннюю помощь при подготовке диссертационной работы, сотрудникам Карелрыбвода, Карелрыбпрома, директору форелевой фермы ОО «Сяпся» В.А. Пладову за предоставленную возможность проведения полевых работ. Автор глубоко благодарен к.б.н., ст. н. с. Института водных проблем Севера РАН А.П. Хазову – разработчику программы автоматизированной обработки гидробиологических данных, без творческих контактов, с которым работа не была бы результативной.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### ГЛАВА 1. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Макрозообентос Сямозера изучался автором с 1982 по 1993 гг. и 2003–2005 гг. в рамках программы мониторинга экосистемы озера. Для сравнительного анализа были использованы данные С.В. Герда (Смирнов, 1939), В.А. Соколовой (1962, 1977) и данные В.А. Соколовой из архива КНЦ РАН. Сетка станций охватывала практически всю акваторию водоема, их число планировалось в соответствии с площадью глубин и степенью variability условий обитания для донных беспозвоночных (рис. 1). Для изучения таксономического состава, распределения по глубинам и сезонной динамики биомассы и численности донных беспозвоночных пробы отбирались в 1982 г. весной – на 60, летом – на 86 и осенью – на 34 станциях. Расчет средневзвешенной биомассы и численности производился по средним значениям биомассы и численности с учетом доли от общей площади дна для каждого диапазона глубин: 0.5–2 м, 2–6 м и 6–24 м. Для изучения многолетней динамики количественных показателей макрозообентоса использованы данные осенних гидробиологических съемок (октябрь), которые характеризуют обилие зообентоса к концу вегетационного сезона за каждый год. Отбор осенних проб осуществлялся на постоянных станциях, расположенных в районах наблюдений В.А. Соколовой для 1950–1970-х годов. Для определения продукции макрозообентоса пробы обрабатывались не фиксированными. При расчетах продукции применялись два метода. В первом случае использовались средние биомассы макрозообентоса для трех станций (на литорали в Курмойле – станция № 1, на литорали в губе “Песчаная” – № 2, в профундали у о.Хокенсаари – № 3) и значения Р/В-коэффициентов для водоемов Карелии, Ладожского озера и озера Круглого (Алимов, Финогенова, 1975; Новосельцев, 1981; Кузьменко, 1987). Принятые значения Р/В-коэффициентов для беспозвоночных макрозообентоса Сямозера приводятся в соответствующих разделах диссертации. Рассчитывались суточные Р/В-коэффициенты и продукция бентоса для каждого временного интервала, которая суммировалась за весь период наблюдений в 1987 г. Вторым способом продукция макрозообентоса рассчитывалась по уравнению:  $P_6 = (2.198 \pm 0.496) \times V_{\text{СР}}$  (Алимов, 1982, 1989). В этом случае продукция сообщества бентоса за вегетационный сезон будет прямо пропорциональна средней биомассе донных животных за это же время.

В 2003–2005 гг., с началом эксплуатации садкового хозяйства по выращиванию товарной радужной форели, наблюдения за макрозообентосом продолжаются в заливе у мыса Шапнаволок юго-западнее истока реки Сяся (рис. 1). Для отбора количественных проб использовали дночерпатели Экмана-Берджа (площадь захвата  $1/44 \text{ м}^2$ ) и ДАК-250 (модификация Экмана-Берджа с площадью захвата  $1/40 \text{ м}^2$ ) с последующей промывкой

грунта через сито из газа № 23 (ячейка 0.4 мм) и фиксацией 8%-м раствором формальдегида. На каждой станции отбирали по два дночерпателя, для производственных исследований – по 4 дночерпателя. Пробы для уменьшения разброса данных при взвешивании организмов обрабатывали через три месяца после фиксации формалином (Баканов, 1979; Соколова, Баканов, 1982). Особенностью Сямозера является большое количество каменисто-песчаных луд (мелководий). Изучение литофауны луд проводилось на двух отмелях (рис. 1): на пелагической луде – в открытом плесе озера и семипелагической луде – в прибрежье залива. Материал собирали с июня по август 1988 г. методом сбора камней – образцов по В.И. Жадину (1956), после чего производился пересчет биомассы и численности организмов на квадратный метр. Всего собрано и обработано 24 количественные пробы.

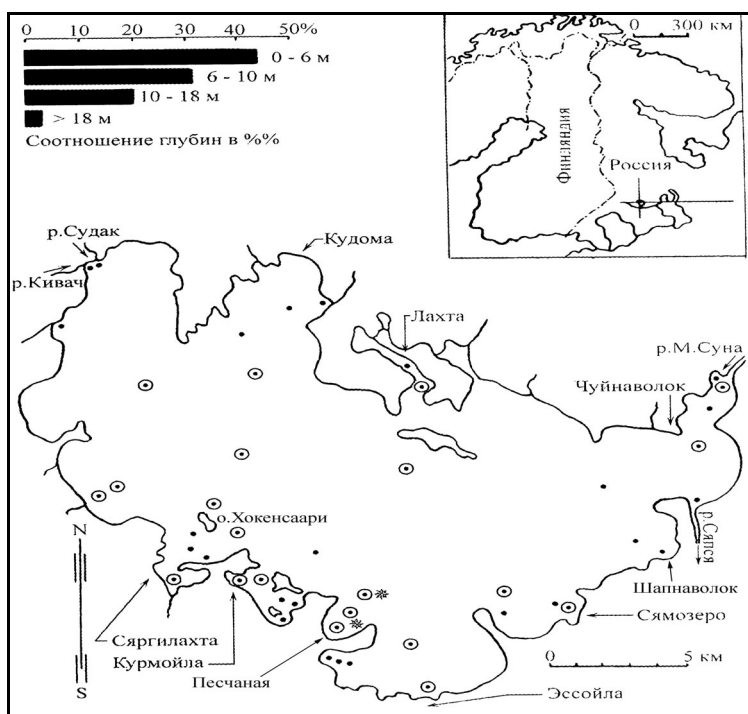


Рис. 1. Карта-схема Сямозера и районов бентосных станций:

⊙ – постоянные, осень 1982–1993 гг., зима 1993 г., ● – дополнительные, весна и лето 1982 г., \* – каменисто-песчаные луды, лето 1988 г.

Производственные станции: в Курмойле станция № 1, губа “Песчаная” – № 2, о. Хокенсаари – № 3, вегетационный сезон 1987 г.

Шапнаволоок (форелеводческое хозяйство “Сяпся”) мониторинг – 1982–2005 гг.

Для сравнения условий обитания макрозообентоса на пелагических и семипелагических лудах экспериментально изучалась динамика заселения донными животными контейнеров с камнями, отмытыми от беспозвоночных и обрастаний. В качестве контейнеров применялись ящики 40×40×20 см из проволочной сетки с ячейей 50 x 20 мм. Субстратом служили камни с литорали озера.

Способность беспозвоночных каменисто-песчаных луд (нерестилищ сига) к поеданию икры сямозерского сига изучалась в лабораторных экспериментах, а затем в природных условиях при помощи «Устройства для наблюдения за развитием икры озерных рыб» (Павловский, Стерлигова, 1983; Павловский, Стерлигова, 1986). Потребление икры за сутки личинками ручейников в опытах при совместном содержании с личинками поденок и водяными осликами на песчано-гравийном грунте наблюдали в течение 3-х суток. Устройство для изучения влияния донных беспозвоночных на икру сига устанавливалось на нерестилище сига в октябре и снималось в марте аквалангистами (сезоны 1982–1983 и 1983–1984 гг.). В качестве субстрата в опытах использовался отмытый от органики озерный песок с гравием.

Разборка проб и подсчет организмов проводили в модифицированной камере Богорова под микроскопом МБС-9 по общепринятой методике (Жадин, 1956). Беспозвоночных взвешивали с точностью 0.1 мг на торсионных весах. Всего было собрано и обработано 558 количественных проб макрозообентоса для изучения структурной организации, сезонной и многолетней динамики, 94 пробы – для определения продукции, 24 пробы – для исследования макрозообентоса каменисто-песчаных луд, 41 проба – для выявления возможного влияния выращивания товарной форели на макрозообентос.

Для описания структурной организации макрозообентоса рассчитывались индексы.

Информационный индекс Шеннона-Уивера применен в качестве меры сложности или разнообразия сообщества –  $H = - \sum (N_i / N) \lg_2 (N_i / N)$ ,

где  $H$  – индекс разнообразия, бит/экз.;  $N_i$  – численность каждого  $i$  – таксона;  $N$  – общая численность всех таксонов. Разнообразие сообщества тем выше, чем больше видов включает это сообщество и чем больше выравнены виды по обилию (Песенко, 1982; Одум, 1986 б).

Индекс выравненности Пиелу –  $I = (H - H_{\min}) / (H_{\max} - H_{\min})$ ,  $0 \leq I \leq 1$ ;

Разнообразие представляет собой некую оценку способности системы к взаимодействиям между элементами внутри ее, но не отражает возможное число таких взаимосвязей. В качестве меры, позволяющей оценить это, используют понятие связности. Включить связность, т.е. число реализованных связей в системе относительно потенциально возможных в оценку разнообразия можно, используя меру «концентрации» доминирования, предложенную Симпсоном.



Индекс Симпсона –  $IS = \sum p_i^2$ , ( $i = 1, 2, \dots, S$ ),  $0 \leq IS \leq 1$ ,  
где,  $p_i = n_i / N$  – относительное обилие  $i$  – го таксона ( $n_i$  – численность  $i$  – таксона,  $N$  – общая численность таксонов) в генеральной совокупности, включающей  $S$  видов.

Достоверность различий между величинами оценивалась однофакторным дисперсионным анализом (при обычном уровне достоверности,  $P = 0.95$  или  $0.99$ ).

Для анализа данных количественных проб макрозообентоса кроме программы автоматизированной системы обработки гидробиологических данных А.Р. Хазова (2000), применялись программные пакеты Excel и SPSS 11.0 for Windows.

## **ГЛАВА 2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА И ЭКОСИСТЕМЫ СЯМОЗЕРА**

Сямозеро ( $61^{\circ} 55'$ с.ш.,  $33^{\circ} 11'$ в.д.) относится к числу крупных водоемов южной Карелии. Площадь его водного зеркала –  $266.02 \text{ км}^2$ , наибольшая длина озера – 24.6 км, наибольшая ширина – 15.1 км, максимальная глубина – 24.5, средняя глубина – 6.7 м. Показатель условного водообмена равен 0.24, т.е. водные массы озера заменяются один раз в четыре года (Фрейндлинг, 1959). Бассейн Сямозера – часть стока водосбора р. Шуя составляет 6% от ее общей водосборной площади. Сток из озера в р. Шуя осуществляется через р. Сяся (Сяньга). В бассейне озера для нужд сельского и лесного хозяйства осушено около 8 тыс. га заболоченных земель, причем в северной и западной его частях мелиоративные каналы выведены непосредственно в реки – притоки Сямозера. Собственно озерные отложения представлены средне- и мелкодетритными илами. В озере выделяются пять основных типов грунтов: каменистый, песчаный, глинистый, рудный и илы.

## **ГЛАВА 3. СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА МАКРОЗООБЕНТОСА**

Структурный подход изучения водных экосистем предполагает контроль видового состава, разнообразия, численности и биомассы отдельных видов и систематических групп. Наиболее полный список видов беспозвоночных макрозообентоса, обитающих в Сямозере, опубликован в “Трудах Сямозерской комплексной экспедиции” (1962). В книге “Фауна озер Карелии” (1965) список видов макрозообентоса был уточнен и дополнен, в том числе и для Сямозера. Последние результаты изучения видового состава

макробентических беспозвоночных приведены в работе В.А. Соколовой (1977), в которой основное внимание было уделено хирономидам. Макрозообентос Сямозера по литературным данным и материалам автора насчитывает 182 таксона (вида и рода), относящихся к 7 типам беспозвоночных (Spongia, Coelenterata, Plathelminthes, Nematelminthes, Annelida, Arthropoda, Mollusca), 10 классам (Demospongia, Hygrozoa, 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. Orthocladinae – 12 и п/сем. Tanypodinae – 4 таксона (виды и роды).

Сезонная динамика биомассы и численности макрозообентоса изучалась автором в течение 1982–1983 гг. В 1982–1983 гг., средняя за год биомасса макрозообентоса (с учетом зимнего периода) была 2.8 г/м<sup>2</sup>. В 1982 г. в течение вегетационного сезона биомасса макрозообентоса изменялась от 1.9 г/м<sup>2</sup> летом до 3.8 г/м<sup>2</sup> осенью при численности 2490 и 2253 экз./м<sup>2</sup>, соответственно, и во многом определялась крупными личинками мотыля (*Chironomus* sp.). По результатам изучения макрозообентоса Сямозера автором было выделено три биотопа, типичных для мягких грунтов озера: затишная зарослевая литораль, прибойная песчаная литораль и илы профундали. Особенность Сямозера - большое количество каменисто-песчаных мелководий, определила четвертый биотоп для изучения - каменисто-песчаные луды. Состав и структурная организация сообществ макрозообентоса в разных биотопах представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Таксономические группы макрозообентоса основных биотопов  
Сямозера и их доля в пробах (%)  
(результаты наблюдений за вегетационный сезон 1987 г. для камней – 1988г.)

Таксоны	Биотопы			
	Затишная зарослевая литораль	Песчаная прибойная литораль	Илы профундали	Камни (луды)
Nematoda	31.0	27.6	2.9	50.0
Oligochaeta	82.8	100.0	0	100.0
Hirudinea	20.7	0	0	75.0
Aranei	65.5	65.5	8.8	0
Bivalvia	82.8	27.6	2.9	41.7
Gastropoda	34.5	6.9	0	100.0
Ephemeroptera	58.6	13.8	0	<b>91.7</b>
Plecoptera	0	0	0	16.7
Trichoptera	58.6	6.9	0	100.0
Diptera	65.5	6.9	0	8.3
Chironomidae	93.1	86.2	97.1	100.0
Heleidae	72.4	100.0	0	8.3
Asellus aquaticus	51.7	0	0	50.0
Gammarus lacustris	0	0	0	16.7

Из табл. 1 видно, что по встречаемости в пробах главная роль в макрозообентосе всех биотопов принадлежит хирономидам и малощетинковым червям. В зарослевой литорали доминируют двустворчатые моллюски, на камнях луд – брюхоногие моллюски, личинки поденок и ручейников.

Максимальная биомасса макрозообентоса отмечена в зарослевой литорали, а по численности донных животных лидирует биотоп камней луд (табл. 2). Существенное значение в биомассе макрозообентоса двукрылых (Diptera) зарослевой литорали обеспечивалось крупными, но малочисленными вислокрылками – *Sialis* sp. Двустворчатые моллюски представлены главным образом видами рода *Pisidium*, реже встречаются представители рода *Sphaerium*.

Таблица 2

Структурные характеристики макрозообентоса различных биотопов Сямозера (результаты наблюдений за вегетационный сезон 1987г., для камней – 1988г.)

Показатели	Биотопы			
	Затишная зарослевая литораль	Песчаная прибойная литораль	Илы профундали	Камни (луды)
Объем выборки п	25	29	34	15
Количество таксонов S	12	10	4	14
Индекс Шеннона H, (бит/экз.)	2.67	1.84	0.44	1.66
его максимальное значение Hmax	3.58	3.32	2.00	3.81
его минимальное значение Hmin	0.07	0.07	0.17	0.03
Индекс выравненности (%) $I=(H-Hmin)/(Hmax-Hmin)$	74	55	15	43
Индекс Симпсона IS ( $0 \leq IS \leq 1$ )	0.22	0.39	0.88	0.43
Биомасса г / м <sup>2</sup>	8.7±1.1	2.8±0.3	7.3±0.9	5.7±0.2
V CHIRONOMIDAE (Биомасса, %)	7	6	99	31
V OLIGOCHAETA	19	80	0	11
V MOLLUSCA	30	6	0.1	22
Численность экз. / м <sup>2</sup>	3094±474	1986±256	181±24	9878±1481
N CHIRONOMIDAE (Численность, %)	31	20	94	60
N OLIGOCHAETA	34	58	0	25
N MOLLUSCA	13	1.5	0.7	5.4

По числу видов разнообразна фауна хирономид. Представители п/семейства Chironominae (*Tanitarsus gregarius* K.), Orthocladiinae (*Prodiamesa bathyphila* K., *Psectrocladius dilatatus* v. d. Wulp., *P. pilopterus* K.) и Tanipodinae (*Procladius* Skuze, чаще *Procladius ferrugineus* K.) в Сямозере обитают повсеместно. Максимальная биомасса хирономид достигает 7.3 г/м<sup>2</sup> в глубоководной части озера, где дно вы-

стилают типичные зеленоватые илы. Доминирование крупных личинок рода *Chironomus*, индивидуальная сырая масса, которых достигает 60–70 мг, обуславливает значительные биомассы в профундали озера. В биотопе песчаной прибойной литорали биомасса малоцетинковых червей в среднем за вегетационный сезон составила 2.2 г/м<sup>2</sup>, численность 1119 экз./м<sup>2</sup>. На камнях в диатомовом налете обитают мелкие олигохеты (*Naididae*), средняя биомасса олигохет на луде составляла 0.6 г/м<sup>2</sup>, численность 2540 экз./м<sup>2</sup>.

Биомасса брюхоногих моллюсков (*Lymnaea palustris* Mull., *Anisus contortus* L., *A. vortex* L.) составляла 0.9 г/м<sup>2</sup>, численность – 517 экз./м<sup>2</sup>. Биомасса поделок – рода *Heptagenia*, *Leptophlebia vespertina* L. и личинок рода *Vaetis*, не превышала 0.1 г/м<sup>2</sup>, численность – 95 экз./м<sup>2</sup>. Фауна ручейников включала 14 видов и родов. Обычно на нижней стороне камней встречались *Polycentropus flavomaculatus* Pict., *Cyrnus flavidus* McL. Реже других встречались представители рода *Apatania*, *Neureclipsis bimaculata* L. Личинки *Atripsodes annulicornis* Steph., *Atripsodes cinereus* Curt. и *Tinodes waeneri* L. ранее в Сямозере не были отмечены. Биомасса ручейников достигала 1.3 г/м<sup>2</sup>, численность 690 экз./м<sup>2</sup>.

Каменисто-песчаные луды в Сямозере являются не только местами активного нагула рыб, но и нерестилищами сямозерского сига и ряпушки. Сиговые рыбы с осенним нерестом и длительным инкубационным периодом по ряду причин резко сократили свою численность в Сямозере (Стерлигова и др., 2002). В связи с этим интерес представляет оценка способности донных беспозвоночных, обитателей луд, питаться икрой сига, что рассматривается автором как один из факторов, определяющих численность сиговых. Специальными исследованиями автора установлено, что крупные личинки ручейников *Phryganea striata* L. способны питаться икрой сига (рис. 2), и могут выедать от 5 до 30% ее количества на нерестилищах. Это может оказывать влияние на эффективность естественного воспроизводства сига в озере (Павловский, 1987).

Анализ результатов изучения структурной организации и обилия макрозообентоса различных биотопов Сямозера показал, что наиболее сложной структурой и наибольшей биомассой и численностью отличается макрозообентос зарослевой литорали. Наиболее “простым” по своему строению и биоразнообразию является сообщество макрозообентоса илов глубинной части озера. Сообщества макрозообентоса каменисто-песчаных луд по сложности структурной организации сходны с сообществом донных животных песчаной прибойной литорали, но превосходит его по биомассе и численности. По структуре и биомассе макрозообентоса Сямозера относится к мезотрофным озерам хирономидной группы, или α – мезотрофным по «шкале трофности» (Китаев, 1984).

## ГЛАВА 4. МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В МАКРОЗООБЕНТОСЕ СЯМОЗЕРА

### Многолетняя динамика биомассы и численности макрозообентоса.

Исследование многолетней динамики макрозообентоса является одной из составляющих при изучении изменения экосистем водоемов во времени. Без таких знаний невозможно решение задач прогнозирования будущего экосистем. Для анализа многолетней динамики биомассы и численности макрозообентоса Сямозера использованы средние за вегетационный сезон и данные осенних гидробиологических съемок. Изменения средней за вегетационный сезон величины биомассы макрозообентоса составили от  $1.3 \pm 0.2$  г/м<sup>2</sup> в 1973 г. до  $3.3 \pm 0.3$  г/м<sup>2</sup> в 1955 г. (табл. 3). Амплитуда многолетних колебаний средней биомассы макрозообентоса на мягких грунтах Сямозера по осенним показателям изменялась от 0.9 г/м<sup>2</sup> до 5.1 г/м<sup>2</sup> (табл. 4).

Таблица 3

Многолетняя динамика структурных характеристик макрозообентоса мягких грунтов Сямозера (средние показатели за вегетационный сезон)

ПОКАЗАТЕЛИ	ГОДЫ				
	1955	1961	1973	1974	1982
Объем выборки n	242	311	144	155	180
Количество таксонов S	12	10	10	13	16
Индекс Шеннона H, бит/экз	1.75	1.69	1.35	1.44	2.07
его максимальное значение Hmax	3.58	3.32	3.32	3.70	4.00
его минимальное значение Hmin	0.073	0.07	0.10	0.03	0.02
Индекс выравненности (%) $I=(H-Hmin)/(Hmax-Hmin)$	48.43	50.03	38.87	38.42	51.45
Индекс Симпсона IS ( $0 \leq IS \leq 1$ )	0.41	0.39	0.54	0.55	0.28
$N_{TOTAL}$ экз./м <sup>2</sup> (N – численность)	689±67	230±38	154±18	281±30	2820±327
Стандартная ошибка $N_{TOTAL}$ в %	10	17	12	11	12
Относительная $N_{CIRONOMIDAE}$ в %	58	55	71	72	33
Относительная $N_{OLIGOCHEATA}$ в %	24	27	19	14	33
Относительная $N_{BIVALVIA}$ в %	11	13	3	3	6
Сумма N % трех таксонов	93	95	93	85	72
$B_{TOTAL}$ г / м <sup>2</sup> (B – биомасса)	3.3±0.3	1.7±0.2	1.3±0.2	1.5±0.2	2.4±0.2
Стандартная ошибка $B_{TOTAL}$ в %	10	14	13	13	10
Относительная $B_{CIRONOMIDAE}$ в %	48	65	88	73	60
Относительная $B_{OLIGOCHEATA}$ в %	17	6	5	12	24
Относительная $B_{BIVALVIA}$ в %	15	11	2	6	7
Сумма B % трех таксонов	80	82	95	91	91

Как видно на рис. 2, изменения общей биомассы и численности макрозообентоса Сямозера в целом для озера имеют достоверные многолетние колебания, что отмечено и для других озер (Балушкина, 1987; Драбкова, 1996).

Главную роль в формировании количественных показателей макрозообентоса в Сямозере во все годы играли, как и во многих озерах, личинки хирономид (Тодераш, 1984; Балушкина, 1987). Субдоминантами в 1930–1950-е годы были двустворчатые моллюски, а в 1970–1990-е – олигохеты (Соколова, 1962, 1977). Это справедливо не для озера в целом, а для отдельных заливов Сямозера (Павловский, 1999). Характер изменений, происходящих в макрозообентосе заливов Сямозера, был исследован на примере сообществ донных беспозвоночных в районе мыса Шапнаволок, находящегося юго-западнее истока р. Сяпся, и в Курмойльском заливе, который по сведениям из литературы, являлся наиболее продуктивным в Сямозере (Соколова, 1962). Как видно из данных таблицы 3 и рис. 3, макрозообентос Сямозера в 1980–1990-е годы имел более сложную структурную организацию по сравнению с 1950–1970 годами.

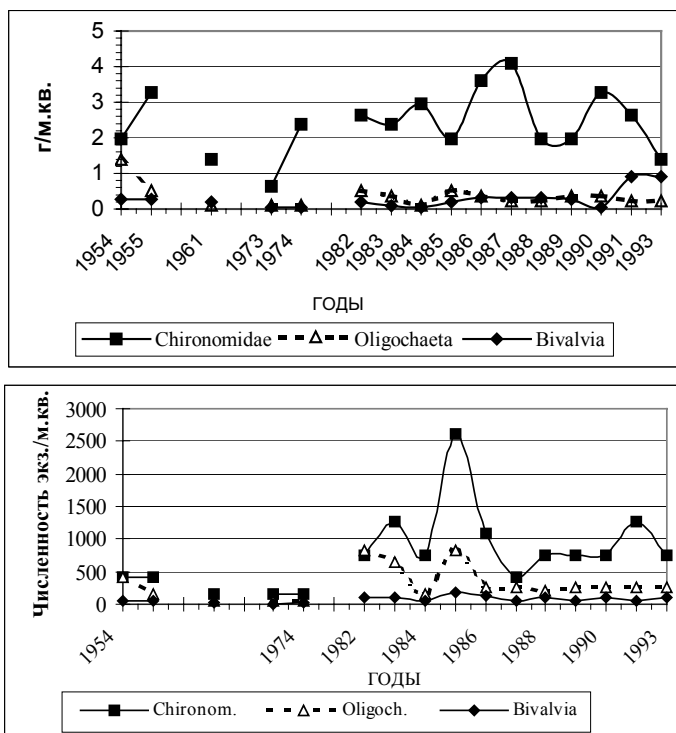


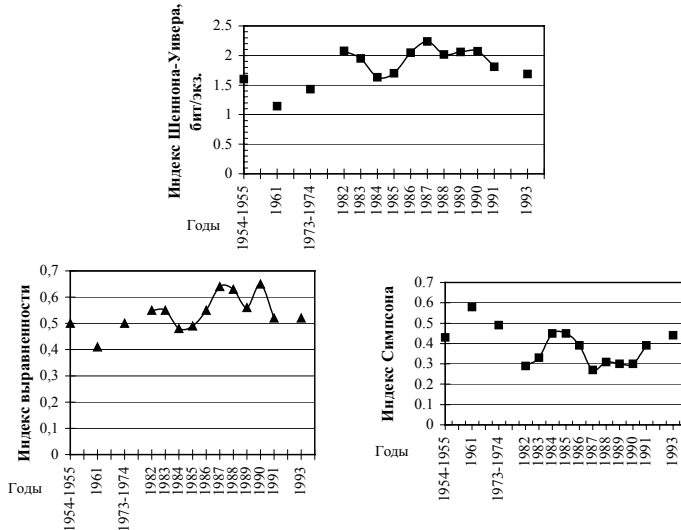
Рис. 2. Сглаженные значения биомассы и численности макрозообентоса для осени разных лет (результаты дисперсионного анализа при  $P = 0.95$ )

Таблица 4

Биомасса и численность макрозообентоса оз. Сямозеро  
в разные годы (осенний период)

Годы	Биомасса в г/м <sup>2</sup> и в % от общей биомассы						Численность в экз/м <sup>2</sup> и в % от общей численности							
	Ch.	%	Ol.	%	Biv.	%	Total	Ch.	%	Ol.	%	Biv.	%	Total
1954	1.85	45	1.40	34	0.24	6	4.12 ± 1.45	493	49	416	41	73	7	1004 ± 393
1955	3.27	76	0.50	12	0.30	7	5.42 ± 1.28	422	60	157	22	60	9	702 ± 157
1961	1.54	81	0.10	5	0.20	11	1.91 ± 0.39	134	74	28	17	13	8	177 ± 36
1973	0.64	71	0.13	15	0.01	2	0.90 ± 0.18	156	63	60	25	10	4	248 ± 41
1974	2.41	92	0.09	4	0.05	2	2.60 ± 0.77	168	67	54	22	21	9	249 ± 45
1982	2.70	74	0.56	15	0.17	5	3.65 ± 0.69	854	36	844	36	119	5	2362 ± 618
1983	2.35	75	0.40	13	0.11	4	3.13 ± 0.83	1269	49	640	25	95	4	2570 ± 659
1984	2.95	89	0.10	3	0.04	1	3.30 ± 0.74	707	61	140	12	51	4	1165 ± 375
1985	2.00	55	0.49	14	0.21	14	3.66 ± 1.15	2620	62	795	19	197	5	4242 ± 1289
1986	3.61	71	0.38	7	0.36	9	5.08 ± 0.78	1085	60	231	13	139	10	1806 ± 361
1987	4.09	82	0.24	5	0.30	6	5.00 ± 1.54	339	40	216	25	62	7	858 ± 235
1988	2.10	73	0.23	8	0.31	15	2.86 ± 0.62	740	46	200	13	124	8	1606 ± 595
1989	1.94	68	0.32	11	0.28	11	2.83 ± 0.77	795	48	263	16	48	3	1642 ± 756
1990	3.29	85	0.34	9	0.04	1	3.85 ± 0.95	739	40	262	14	91	5	1920 ± 751
1991	2.59	86	0.21	7	0.06	3	3.00 ± 0.77	1262	57	250	11	95	5	2237 ± 907
1993	1.24	71	0.26	15	0.11	7	1.74 ± 0.36	706	62	253	22	103	9	1143 ± 453

Ch. – хирономиды, Ol. – Олигохеты, Biv. – двустворчатые моллюски, Total – Общая биомасса и численность всего макрозообентоса.



Индекс выравнинности – I, Симпсона – IS  $\leq 0$ ,  $IS \leq 1$

Рис. 3. Динамика информационных индексов структурной организации сообществ осеннего макрозообентоса Сямозера

#### 4.1 МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В МАКРОЗООБЕНТОСЕ ЗАЛИВОВ СЯМОЗЕРА

##### Динамика биомассы и численности макрозообентоса.

Для сравнительной оценки макрозообентоса в заливе у мыса Шапнаволок привлечены результаты наблюдений автора (1982–2005 гг.) и архивные данные предыдущих лет. Дно Сямозера, в месте расположения садков для товарного выращивания радужной форели, выстилают типичные для этого водоема на глубинах свыше 6 метров зеленоватые тонкодисперсные илы, на которых господствуют хирономиды *Chironomus* sp. и *Procladius* sp. Субдоминанты - олигохеты и двустворчатые моллюски.

Средняя за вегетационный сезон численность и биомасса доминирующих групп макрозообентоса залива в ряду многолетних наблюдений изменялась от 1 г/м<sup>2</sup> до 9.1г/м<sup>2</sup>, численность от 65 экз./м<sup>2</sup> до 400 экз./м<sup>2</sup>. Из литературных источников известно, что под влиянием антропогенного воздействия (ускорения эвтрофирования) в водоемах наблюдается рост численности олигохет (Панов, Алимов и др., 1997). В Сямозере у садков увеличилась относительная численность и биомасса олигохет, по-прежнему доминируют хирономиды (рис. 4). Дисперсионный анализ динамики биомассы и численности хирономид в профундали залива по результатам наблюдений автора показал, что в 2003–2005 гг. биомасса хирономид находилась в пределах естественных многолетних их колебаний в 1955–1982 гг. (рис. 5).

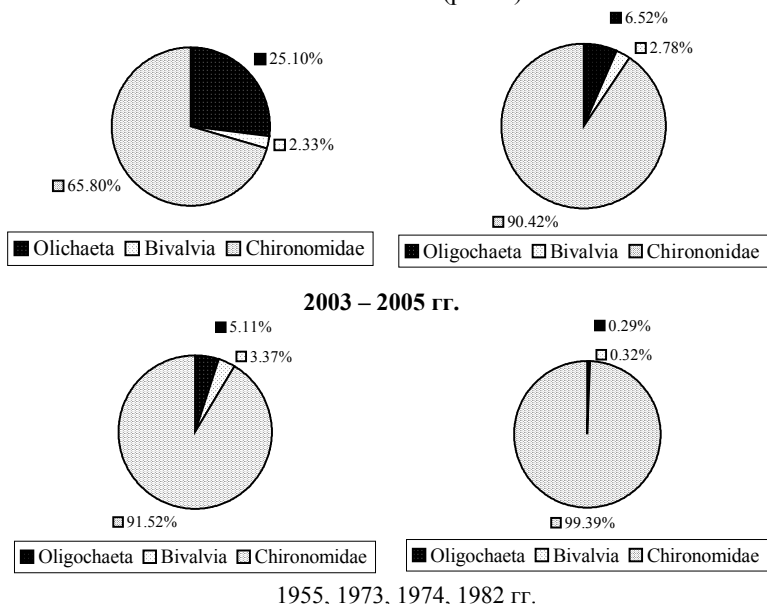


Рис. 4. Среднегодовые за вегетационный сезон относительные численности и биомассы основных групп макрозообентоса в заливе Шапнаволок



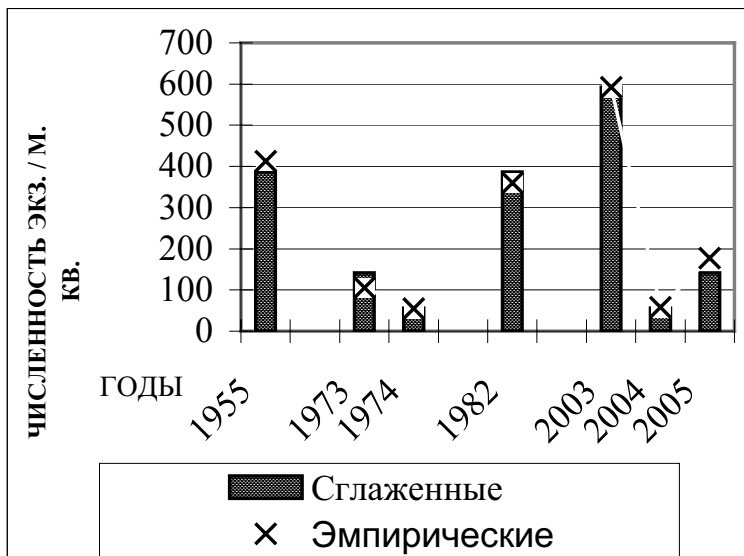
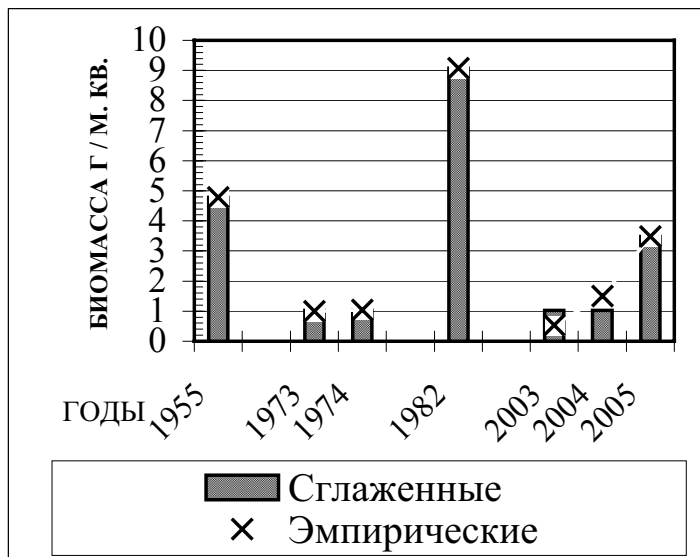


Рис. 5. Средние биомассы и численности хирономид за вегетационный сезон для разных лет в заливе Шапнаволок (колонки – сглаженные значения по результатам дисперсионного анализа при  $P = 0.95$ , символы – эмпирические данные)

Сравнительный анализ состояния макрозообентоса не выявил достоверных изменений в донном сообществе профундали залива в период эксплуатации форелевой фермы в 2003–2005 гг.

Изменение индивидуальной массы организмов макрозообентоса.

Для изучения изменения индивидуальной массы организмов макрозообентоса Курмойльского залива были привлечены результаты осенних (сентябрь – октябрь) наблюдений на одной и той же станции. Животные достигали максимальных размеров к концу вегетационного сезона. Достоверное уменьшение индивидуальной средней массы было установлено у хирономид на песчаных и илисто-песчаных грунтах побережья на глубине 0–2 м (табл. 5, рис. 6). Фауна личинок хирономид была представлена, главным образом, 9 видами (Павловский, 2000).



Рис. 6. Динамика индивидуальной средней массы личинок хирономид для осени разных лет на литорали Курмойльского залива (сглаженные значения – результаты дисперсионного анализа при  $P = 0.99$ ).  
Примечание: недостающие значения для графиков получены интерпретацией эмпирических данных

Как видно из данных табл. 5 индивидуальная средняя масса личинок хирономид с 1954 г. по 1974 г. изменялась от  $0.59 \pm 0.12$  до  $3.68 \pm 0.54$  мг, с 1982–1993 гг. от  $0.23 \pm 0.12$  до  $1.24 \pm 0.54$  мг. Полученные результаты указывают на изменение соотношения видов хирономид в сторону увеличения численности более мелких форм, вследствие увеличения трофности залива (рис.6).

Таблица 5

Индивидуальная средняя масса личинок хирономид на литорали  
Курмойльского залива для разных лет (осень, мг)

	1954 г.	1956 г.	1959 г.	1960 г.	1961 г.	1974 г.	1982 г.
Эмпирические данные	3.68±0.54	2.40±0.60	1.44±0.50	0.59±0.12	1.79±0.16	1.99±0.41	1.16±0.66
Сглаженные значения*	2.62	2.62	0.92	0.92	0.92	2.62	0.92
	1983 г.	1985 г.	1986 г.	1988 г.	1989 г.	1990 г.	1993 г.
Эмпирические данные	0.72±0.28	0.23±0.12	0.86±0.44	0.66±0.19	1.24±0.54	0.54±0.32	0.94±0.41
Сглаженные значения*	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92

Сглаженные значения\* – результаты дисперсионного анализа при  $P = 0.99$ .

#### 4.2. МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПРОДУКЦИИ МАКРОЗООБЕНТОСА

Функциональным показателем, который позволяет оценить скорость образования органического вещества (биомассы) донными сообществами за вегетационный сезон является продукция, которая непосредственно зависит от средней биомассы за то же время (Алимов, 1982, 1989). Продукция макрозообентоса мягких грунтов за вегетационный сезон 1987 г. (за 135 суток), рассчитанная по  $P/B$  – коэффициентам составила  $11.2 \text{ г/м}^2$  (рис. 7).

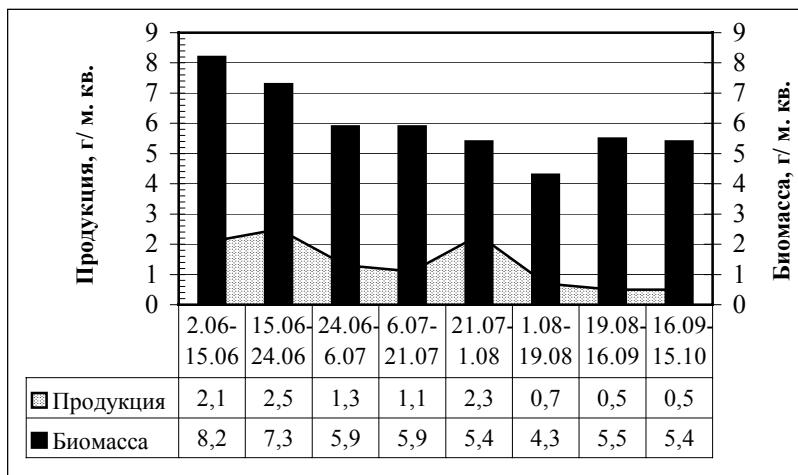


Рис. 7. Биомассы и продукции макрозообентоса Сязозера за вегетационный сезон 1987 г.

Продукция определенная расчетным методом (Алимов, 1982, 2000) составила  $13.5 \text{ г/м}^2$ . Если принять осеннюю биомассу макрозообентоса ( $5 \text{ г/м}^2$  в октябре 1987 г.) за величину близкую к среднегодовой, то величина продук-

ции по осенней биомассе практически равна продукции за вегетационный сезон и составила  $11 \text{ г/м}^2$ . Исходя из полученных результатов, используя многолетнюю динамику осенней биомассы макрозообентоса Сямозера, была ретроспективно оценена продукция за предыдущие годы (рис. 8, табл. 6).

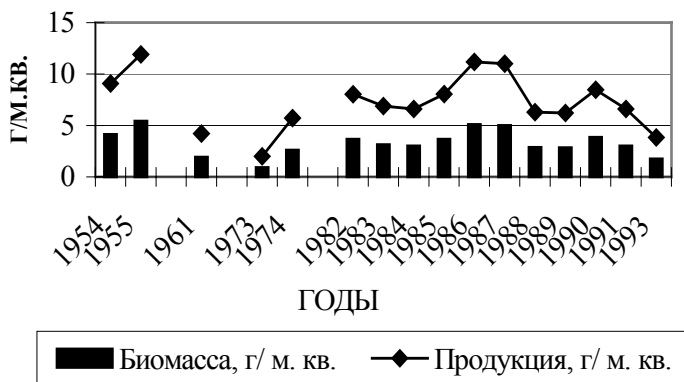


Рис. 8. Многолетняя динамика продукции и биомассы макрозообентоса Сямозера

Таблица 6

Среднегодовые величины продукция макрозообентоса и зоопланктона Сямозера

Годы	Показатели		
	$P_B \text{ г/м}^2$	$P_{зп}^* \text{ г/м}^2$	$P_B \text{ в \% от } P_{зп}$
50-е гг.	10.5	35.2	29.8
60-е гг.	4.2	50.3	8.3
70-е гг.	3.8	140.7	2.7
80-е гг.	8.1	207.7	3.9
90-е гг.	6.3	180.9	3.5

$P_B$  – продукция зообентоса мягких грунтов.  $P_{зп}^*$  – продукция зоопланктона (Стерлигова и др., 2000).

Как видно из данных таблицы 6 и на рис. 8 максимальная величина продукции макрозообентоса за вегетационный сезон в 1982–1993 гг. составила  $11 \text{ г/м}^2$ , что практически равнозначно её величине в 1955 г. Наименьшее значение продукции донных животных для непрерывного ряда наблюдений (за 1982–1993 гг.) отмечено для 1993 г. –  $4 \text{ г/м}^2$ , сопоставимо с минимальной величиной продукции в 1973 г. –  $1 \text{ г/м}^2$ . В ряду многолетних непрерывных наблюдений амплитуда колебаний величины продукции макрозообентоса в Сямозере составила от 2 до  $11 \text{ г/м}^2$ . Первичная продукция за вегетационный сезон в 1980-е годы измерялась величиной в  $757 \text{ г/м}^2$  (Стерлигова и др., 2002), т.е. расчетная продукция макрозообентоса, составляла в 1980-е гг. 1.1% от продукции фитопланктона. Как видно из данных таблицы 6, начиная с 1960-х гг. наблюдается снижение отношения величины продукции макрозообентоса к продукции зоопланктона.

## ВЫВОДЫ

1. В результате многолетних исследований определен и уточнен видовой состав макрозообентоса Сямозера, включающий 182 таксона беспозвоночных, относящихся к 7 типам, 10 классам, 19 отрядам и 66 семействам, из которых наибольшим разнообразием (52 вида и рода) отличается семейство Chironomidae.

2. Изучен макрозообентос основных биотопов Сямозера. Наибольшие его биомассы отмечены в затишной зарослевой литорали ( $8.7 \text{ г/м}^2$ ) и на илах профундали ( $7.3 \text{ г/м}^2$ , наименьшие – для каменисто-песчаных луд ( $5.7 \text{ г/м}^2$ ) и песчаной прибойной литорали ( $2.8 \text{ г/м}^2$ ). Самая высокая численность ( $9878 \text{ экз./м}^2$ ) наблюдалась на каменисто-песчаных лудах. В затишной зарослевой литорали численность макрозообентоса –  $3094 \text{ экз./м}^2$ , на песчаной прибойной литорали –  $1986 \text{ экз./м}^2$ , наименьшая – на илах профундали –  $181 \text{ экз./м}^2$ .

3. Амплитуда многолетних колебаний средней биомассы макрозообентоса на мягких грунтах Сямозера в осенние месяцы изменялась от  $0.9 \text{ г/м}^2$  до  $5.1 \text{ г/м}^2$ .

4. Литофильная донная фауна каменисто-песчаных луд озера включает 13 систематических групп беспозвоночных, с преобладанием хирономид, ручейников и моллюсков. Наиболее благоприятными условиями для обитания макрозообентоса являются пелагические луды (средняя летняя численность –  $9.9 \text{ тыс. экз./м}^2$ , биомасса –  $5.7 \text{ г/м}^2$ ).

5. Выявлено, что крупные личинки ручейников (*Phryganea striata* L.) питаются икрой сига и могут выедать от 5 до 30% ее количества на нерестилищах, что может оказывать влияние на эффективность естественного воспроизводства сига в озере.

6. В период 1980–1990 годов в Сямозере структура сообщества макрозообентоса имела более сложную организацию, и характеризовалась большими значениями индексов Шеннона-Уивера и выравненности, и меньшими величинами индекса Симпсона по сравнению с 50–70 годами, что свойственно водоемам умеренной трофности. Макрозообентос зарослевой литорали отличался наиболее сложной структурой, биологическим разнообразием и количественными параметрами.

7. Сравнительный анализ состояния макрозообентоса не выявил достоверных изменений в донном сообществе профундали залива в период эксплуатации форелевой фермы (2003–2005 гг.) в Сямозере (губа Шапнаволок).

8. Для макрозообентоса Сямозера, при повышении уровня трофии, отмечено увеличение амплитуды межгодовых колебаний численности и биомассы, для высокоτροφного Курмойльского залива рост численности мелких форм личинок хирономид.

9. Впервые для Сямозера определена продукция макрозообентоса (мягкие грунты), которая за вегетационный сезон 1987 г. составляла  $11.2 \text{ г/м}^2$ . Начиная с 1960-х гг. наблюдается снижение отношения величины продукции макрозообентоса к продукции зоопланктона.

10. По структуре и биомассе макрозообентоса Сямозеро относится к мезотрофным озерам хирономидной группы, или по «шкале трофности» к  $\alpha$  – мезотрофным.

## По материалам диссертации опубликованы следующие материалы:

1. Павловский С.А., Стерлигова О.П. 1983. Устройство для наблюдения за развитием икры озёрных рыб // Рыбное хозяйство. № 9. С. 39.
2. Стерлигова О.П., Павловский С.А. 1984. Экспериментальное изучение выедания икры *Coregonus lavaretus* L. ершом и беспозвоночными // Вопросы ихтиологии. Т. 24, вып. 6. С. 1036–1039.
3. Павловский С.А., Стерлигова О.П. 1986. О роли ерша *Gymnocephalus cernuus* (L.) и донных беспозвоночных как потребителей икры сязозерского сига *Coregonus lavaretus pallasi* (Val.) Сязозера // Вопросы ихтиологии. Т. 26, вып. 5. 1986. С. 765–770.
4. Павловский С.А. 1987. Донная фауна нерестилищ и её влияние на выживание икры сязозерского сига // Сб. тр. ГосНИИ оз. и реч. рыб. х-ва НПО по ПРОМ. и тепловод. рыбовод. № 263. С. 99–105.
5. Sterligova O., Pavlovsky S., Komulainen S. 1988. Reproduction of coregonids in the eutrophicated Lake Sjamozero (Karelian ASSR) // Finish fisheries research. Finland, № 9. P. 485–488.
6. Стерлигова О.П., Титова В.Ф., Бушман Л.Г., Павловский С.А. 1988. Состояние сиговых рыб Сязозера // Биология сиговых рыб. М.: Наука. С. 205–224.
7. Павловский С.А. 1990. Влияние каменистых луд на откорм сязозерского сига // Тез. докл. IV Всесоюзного совещания по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб. Вологда. С. 59–60.
8. Павловский С.А. 1990. Реакция макрозообентоса на процесс эвтрофирования Сязозера // Тез. докл. XIII сессии Учёного совета по пробл. "Биол. ресурсы Белого моря и вод-в Европ. Севера". Сыктывкар. С. 52.
9. Стерлигова О.П., Бушман Л.Г., Павловский С.А. 1991. Изменение экосистемы Сязозера под влиянием антропогенных факторов // Антропогенные изменения экосистем малых озёр. СПб, Гидрометеиздат. С. 283–286.
10. Бушман Л.Г., Павловский С.А., Стерлигова О.П. 1991. Реакция гирибиocenозов на усиление антропогенной нагрузки (оз. Сязозера, юж. Карелия). // Тез. VI съезда ВГБО. Мурманск. С. 159–158.
11. Стерлигова О.П., Бушман Л.Г., Павловский С.А. 1993. Изменение экосистемы Сязозера под влиянием антропогенных факторов // Антропогенные изменения экосистем малых озёр. Сп. – б. Гидрометеиздат. С. 283–286.
12. Sterligova O.P., Komulainen S.F., Pavlovsky S.A., Shchurov I.L. 1995. Influence of the trout farm on lake-riverine ecosystem of salmon river Lishma // Intern.Symp. University of Lodz.UNESCO/MAB "Fish and Land/Inland Water Ecotones". 22-24 May. Zakopane, Poland. P. 26.
13. Павловский С.А. 1997. Макрозообентос некоторых озёр Феноскандии при различных видах природопользования // Тез. докл. международной конф. "Финно-угорский мир: состояние природы и региональная стратегия защиты окружающей среды" Сыктывкар. С. 131–132.
14. Pavlovskyy S.A. 1999. Long-term observations of macrozoobenthos of Lake Sjamozero // Abstracts. Third Nordic Benthological Meeting. Jyväskylä, Finland. P.45.

15. Павловский С.А. 1999. Многолетние наблюдения за макрозообентосом Сямозера // Оперативно-информационные материалы. Петрозаводск. С. 50.
16. Павловский С.А. 1999. Результаты изучения макрозообентоса Сямозера за период с 1933 по 1993 года // Материалы 11 Международной конференции "Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского севера". Петрозаводск. С. 157–159.
17. С.А. Павловский, О.П. Стерлигова. 2000. Изменение экосистемы Сямозера под влиянием факторов антропогенного происхождения: результаты мониторинга за 60 лет // Мат - лы межд. конф. "Поморье в Баренц – регионе на рубеже веков: экология, экономика, культура". Архангельск. С. 173–174.
18. Olga P. Sterligova, Sergey F. Komulainen, Sergey A. Pavlovsky, Igor L. Shchurov, Nikolay V. Ilmast, Yroslav A.Kuchko. Effect of the trout farm on the lake-river ecosystem of the salmon river Lizma // *Ecolhydrology & hidrobiology*. Vol 1, No 1-2, 219-228. 2001.
19. Павловский С.А. 2001. Структурно-функциональные характеристики макрозообентоса Сямозера по результатам многолетних наблюдений // Тез. докл. VIII съезда Гидроб. Общества РАН. Калининград. С. 299–300.
20. Стерлигова О.П., Павлов В.Н., Ильмаст Н.В., Павловский С.А., Комулайнен С.Ф., Кучко Я.А. 2002. Экосистема Сямозера (биологический режим, использование) // коллективная монография. Петрозаводск, Карельский Научный Центр. 120 с.
21. Павловский С.А. 2003. Структура и динамика биомассы макрозообентоса Сямозера // Тез. докл. II Международная конференция "Разнообразие беспозвоночных животных на Севере". Сыктывкар, 17–22 марта 2003 г. С. 62–63.
22. Павловский С.А. 2003. Влияние антропогенных факторов на структуру и динамику биомассы макрозообентоса водоемов Восточной Финноскандии. ОЗЁРНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды // Материалы II Межд. научн. конференции 22–26 сентября 2003 г., Минск – Нарочь. Минск. С. 494–496.
23. Стерлигова О.П., Павловский С.А., Ильмаст Н.В., Павлов В.Н., Кучко Я.А. 2003. Изменение потока вещества и энергии в Сямозере за 50 лет // Материалы Международной конференции 28–31 октября 2003 года. Борок. С. 121.
24. Павловский С.А. 2004. Биологическое разнообразие и структурные характеристики макрозообентоса Сямозера // Материалы Международной конференции "Экологические проблемы северных регионов и пути их решения". Апатиты, 31 августа – 3 сентября 2004 г. С. 75–78.
25. Павловский С.А. 2004. Многолетняя динамика показателей биологического разнообразия и структурных характеристик макрозообентоса Сямозера // Материалы Международной конференции "Проблемы особо охраняемых природных территорий Европейского Севера". Сыктывкар. 25–29 октября 2004. С. 113–115.
26. Павловский С.А. 2006. Оценка состояния макрозообентоса озер на отдельных этапах товарного выращивания радужной форели // Материалы Международной конференции 10–12 октября 2006 г. Апатиты. Ч. 1. С. 195–197.

Изд. лиц. № 00041 от 30.08.99. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Бумага офсетная. Гарнитура «Times». Печать офсетная.  
Уч.-изд. л.1,0. Усл. печ. л. 1,4.  
Тираж 100 экз. Изд. № 41. Заказ № 677

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