

*На правах рукописи*



УДК 574.587

Барбашова Марина Александровна

**МАКРОБЕНТОС ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА И ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ  
ПОД ВЛИЯНИЕМ ФАКТОРОВ СРЕДЫ**

03.02.08 – экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Санкт-Петербург

2015

Работа выполнена в лаборатории гидробиологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт озераведения Российской академии наук

Научные руководители: **Слепухина Татьяна Дмитриевна**,  
доктор биологических наук

**Курашов Евгений Александрович**,  
доктор биологических наук, профессор,  
заведующий лабораторией гидробиологии  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Институт озераведения РАН

Официальные оппоненты: **Щербина Георгий Харлампиевич**,  
доктор биологических наук, главный научный  
сотрудник лаборатории экологии водных  
беспозвоночных Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки Институт биологии  
внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок

**Сулопарова Ольга Николаевна**,  
кандидат биологических наук, заведующая  
лабораторией гидробиологии и оценки воздействия на  
водные биоресурсы Федерального государственного  
бюджетного научного учреждения «Государственный  
научно-исследовательский институт озерадного и  
речного рыбного хозяйства», Санкт-Петербург

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение  
науки Институт водных проблем Севера Карельского  
научного центра РАН, Петрозаводск

Защита состоится «31» марта 2015 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного  
совета Д 002.064.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении  
науки Институт озераведения РАН по адресу:  
196105, Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, 9, ауд. 212.

Факс: +7 (812) 388-73-27  
Телефон: +7 (812) 387-02-60  
E-mail: [dissovet@limno.org.ru](mailto:dissovet@limno.org.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института озераведения РАН и на  
сайте [http://www.limno.org.ru/ref/bma\\_d.pdf](http://www.limno.org.ru/ref/bma_d.pdf)

Автореферат разослан «    » \_\_\_\_\_ 2015 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат биологических наук



Беляков В.П.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Макробентос широко используется в различных странах при мониторинге континентальных водоемов. Бентосные биоценозы закреплены локально, поэтому лучше других сообществ характеризуют экологическое состояние конкретного биотопа. Донные беспозвоночные отличаются сравнительно длительными жизненными циклами и могут интегрировать эффекты внешних воздействий за долгий период, а также реагировать на происходящие изменения перестройками структуры сообщества и количественного развития.

Ладожское озеро занимает шестнадцатое место по площади и четырнадцатое по объему среди крупнейших пресноводных водоемов планеты. Уникальность озера определяется не только его размерами и особенностями морфометрии озерной котловины, но и своеобразием флоры и фауны. Это единственный водоем в России, в котором в полном составе представлен комплекс ледниково-морских и ледниковых реликтовых организмов.

Ладожское озеро – основной источник питьевого, промышленного и сельскохозяйственного водоснабжения для Санкт-Петербурга, а также ряда других городов и поселков Ленинградской области и Карелии, расположенных на его побережье. Через озеро проходят важные водно-транспортные пути (Беломорско-Балтийский и Волго-Балтийский). На озере ведется рыбный промысел, имеются возможности для массового туризма и отдыха. Кроме того, озеро оказывает существенное влияние на реку Неву, Невскую губу, восточную часть Финского залива. Такое большое значение озера в жизни Северо-Запада России требовало особого внимания к экологической ситуации в водоеме, к загрязнению его воды, донных отложений и состоянию экосистемы. Необходимо было постоянно иметь информацию обо всех основных биологических сообществах озера, к каковым, несомненно, относится и макрозообентос. В конце 1990-х гг. в рамках международной программы TACIS была разработана программа мониторинга по показателям зообентоса (Slepukhina et al, 2000), которая являлась составной частью комплексного мониторинга (Viljanen, Drabkova, 2000; Viljanen et al, 2000).

Исследования донных беспозвоночных Ладожского озера, выполненные в Институте озероведения РАН, охватывают более пяти десятилетий. Наши работы продолжили многолетний ряд наблюдений. Актуальность постоянного изучения макробентоса в крупнейшем пресноводном водоеме обусловлена тем, что сведения об этом сообществе донных организмов необходимы для оценки экологического состояния

экосистемы озера, эффективного управления его водными ресурсами и оценки тенденций изменения под воздействием факторов среды.

**Цель** настоящей работы – оценить современное состояние макрозообентоса Ладожского озера и выявить тенденции его изменения под влиянием природных и антропогенных факторов.

Для достижения намеченной цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Изучить видовой состав донных макробеспозвоночных.
2. Оценить уровень количественного развития и особенности распределения макробентоса в открытых районах озера.
3. Проанализировать сезонные и межгодовые изменения макробентоса.
4. Оценить тенденции изменения макробентоса озера в связи с воздействием природных и антропогенных факторов.
5. Дать характеристику сообществ макробеспозвоночных в зарослях макрофитов.
6. Оценить изменения в структуре макробентоса литоральной зоны в связи с инвазиями чужеродных видов амфипод.
7. Проанализировать данные многолетнего мониторинга состояния донных биоценозов в Щучьем заливе, как модельном водоеме, подвергавшемся интенсивному антропогенному воздействию.
8. Провести оценку качества воды в различных районах озера по состоянию сообществ макробентоса.

#### **Основные положения, выносимые на защиту.**

1. На современном этапе развития Ладожского озера макробентосные сообщества в профундали озера характеризуются стабильностью.
2. Инвазии чужеродных видов амфипод в настоящее время являются основным фактором трансформации сообществ макробентоса в литорали озера.

#### **Научная новизна.**

В результате исследований состава, распределения и количественного развития макробентоса оценено современное состояние сообществ донных беспозвоночных. Выявлены особенности пространственного распределения макробентоса в открытых районах озера. На основании многолетних наблюдений определен общий уровень развития макробентоса, выявлены пределы его межгодовых колебаний. Установлено отсутствие отрицательных последствий антропогенного эвтрофирования и существующего уровня загрязнения для реликтовой фауны озера. Показано, что в настоящее время *Gmelinoides fasciatus* продолжает оставаться доминирующим видом в литорали озера. Впервые выявлены новые виды-вселенцы понто-каспийского происхождения *Pontogammarus*

*robustoides*, *Chelicorophium curvispinum* и байкальского – *Micruropus possolskii*.

**Практическая значимость.**

Созданная база данных по макробентосу входит в состав базы данных «Ладожское озеро», представленной на сайте Института озероведения РАН ([www.limno.org.ru](http://www.limno.org.ru)). Разработана программа мониторинговых исследований макробентоса Ладожского озера, которая является составной частью комплексного мониторинга. Полученные материалы были использованы для оценки экологического состояния юго-западного района озера и разработке рекомендаций по выбору места альтернативного водозабора для г. Санкт-Петербург.

Все исследования выполнялись в соответствии с планом научно-исследовательских работ Института озероведения РАН по основным темам: «Исследование закономерностей функционирования и тенденций изменения экосистемы Ладожского озера, поиск путей совершенствования природопользования в его бассейне» (1991–1995); «Разработка системы управления качеством воды Ладожского озера на основе оценки его природно-ресурсного и экологического потенциала» (ГР. № 01.9.70004018, 1996–2000); «Экосистемный мониторинг Ладожского озера как основа диагностики стрессовых ситуаций при природных и антропогенных воздействиях» (ГР. № 01.2001.112571, 2001–2005); «Природно-ресурсный потенциал Ладожского озера и тенденции его изменения» (ГР. № 01.2006.11270, 2006–2008); «Разработка сценариев развития экосистемы Ладожского озера и качества его воды на перспективу до 2100 года» (ГР. № 01200958878, 2009–2012). Материалы исследований были использованы в проекте РФФИ N 96-04-49499 «Прибрежно-водные экотоны больших озер» (1996–1998); в международных проектах ТАСИС «Разработка и реализация интегрированной программы природоохранного мониторинга Ладожского озера: охрана и устойчивое использование ресурсов (DIMPLA)» TSP40/97 (1998–2000), «Управление водными ресурсами Ладожского озера и его бассейна» (2002–2004); в договорах с ГУП «Водоканал СПб» (2006–2009); в программах Президиума РАН: проект № П-27 «Исследование закономерностей биологических инвазий в водных экосистемах бассейна Финского залива Балтийского моря» (ГР. № 01200958873, 2009–2011), проект № 30 «Экологическая оценка последствий и прогноз биологического загрязнения водных экосистем Северо-Запада Европейской части РФ» (ГР. № 01201261213, 2012–2014).

**Личный вклад автора.** В основу работы положены материалы полевых исследований выполненных автором в ходе комплексных экспедиций Института озероведения РАН за период 1994–2012 гг. Отбор

проб в полевых условиях (в большинстве случаев), разборка проб, видовое определение донных беспозвоночных (до 1999 г. видовой состав групп Oligochaeta, Hirudinea, Amphipoda и Mollusca был определен Т. Д. Слепухиной), анализ, математическая и статистическая обработка материала выполнена непосредственно автором. В отдельные годы пробы макробентоса отбирались В.В. Гузиватым и Д.Д. Кузнецовым, в течение вегетационного сезона 2004 г. в бухте Петрокрепость и в литоральных рейсах 2006 г. и 2009 г. – Е.А. Курашовым.

Для проведения многомерного статистического анализа были использованы данные сотрудников лаборатории гидрохимии и гидрологии. Для оценки многолетних изменений использовались литературные и архивные материалы Г.А. Стальмаковой и Т.Д. Слепухиной.

Доля участия автора в совместных публикациях пропорциональна числу авторов.

**Апробация работы и публикации.** Материалы диссертации докладывались и обсуждались на следующих симпозиумах и конференциях: VII съезде Гидробиологического общества РАН (Казань, 1996), Международной конференции «Крупные озера Европы – Ладожское и Онежское» (Петрозаводск, 1996), Всероссийском семинаре «Проблемы изучения краевых структур биоценозов» (Саратов, 1997), II, III и IV международных симпозиумах по Ладожскому озеру (Йоэнсуу, Финляндия, 1996; Петрозаводск, 1999; Великий Новгород, 2002), III Nordic Benthological Meeting (Ювяскюля, Финляндия, 1999), VI Всероссийском гидрологическом съезде (Санкт-Петербург, 2004), I и II международных конференциях «Биоиндикация в экологическом мониторинге пресноводных экосистем» (Санкт-Петербург, 2006, 2011), II Всероссийской научной конференции с международным участием «Проблемы изучения краевых структур биоценозов» (Саратов, 2008), Всероссийской конференции с международным участием «Водные и наземные экосистемы: проблемы и перспективы исследований» (Вологда, 2008), II European Large Lakes Symposium. Vulnerability of large lake ecosystems - monitoring, management and measures (Нортелье, Швеция, 2009), V Поволжской гидроэкологической конференции (Казань, 2009), IV международной конференции «Современные проблемы гидроэкологии» (Санкт-Петербург, 2010), III и IV Международных симпозиумах «Чужеродные виды в Голарктике» (Мышкин, 2010; Борок, 2013), Международной конференции «Экология водных беспозвоночных» (Борок, 2010), конференции «Международный Полярный Год 2012 – от знаний к действиям» (Монреаль, Канада, 2012), Международной школе-конференции «Актуальные проблемы изучения ракообразных

континентальных водоемов» (Борок, 2012), 32-м Лимнологическом Конгрессе (Венгрия, Будапешт, 2013), а также на научных семинарах лаборатории гидробиологии ИНОЗ РАН и отчетных сессиях Ученого Совета ИНОЗ РАН (1998, 2004, 2007).

По теме диссертации опубликовано 35 печатных работ, из них 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов и списка литературы из 206 библиографических ссылок, из которых 43 на иностранных языках. Она изложена на 165 страницах, включает 20 рисунков, 19 таблиц и 3 приложения.

**Благодарности.** Выражаю огромную благодарность моему научному учителю и руководителю Т.Д. Слепухиной. Искренне признательна своему научному руководителю Е.А. Курашову, а также В.В. Скворцову и В.П. Белякову за консультации на протяжении всех лет работы, ценные советы и замечания при написании диссертации. Хочу поблагодарить сотрудников лаборатории гидробиологии и коллег Института озераведения РАН за постоянное внимание и поддержку. Большое спасибо всем участникам экспедиций (в особенности В.В. Гузиватому, С.Г. Каретникову, Д.Д. Кузнецову, Ш.Р. Позднякову) помогавшим отбирать пробы макробентоса, а также команде НИС «Талан» за помощь во время многолетних полевых исследований на Ладожском озере.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **ГЛАВА 1. Физико-географическая и лимнологическая характеристика Ладожского озера**

Ладожское озеро – крупнейший пресноводный водоем Европы. Площадь зеркала озера составляет 17765 км<sup>2</sup>, максимальная глубина – 230 м, средняя – 47.8 м, объем воды в озере – 847.8 км<sup>3</sup> (Науменко, 2013).

В главе представлены морфометрические, гидрологические и гидрохимические характеристики озера, а также особенности распределения донных отложений. Дано описание биологических сообществ: высшей водной растительности, перифитона, фитопланктона, бактериопланктона, зоопланктона, мейобентоса и ихтиофауны.

### **ГЛАВА 2. Материалы и методы исследования**

В работе использованы материалы по макробентосу, собранные автором в ходе комплексных исследований Ладожского озера, проводимых Институтом озераведения РАН.

Материал включает: 1. Серии проб (29 съемок), отобранных по всей

акватории озера с 1994 г. по 2012 г. во время рейсов НИС «Талан». Отбор проб осуществлялся летом – осенью (июнь – ноябрь); 2. Серию проб, взятых в 2004 г. (с мая по ноябрь) в бухте Петрокрепость на ст. 114; 3. Мониторинговые съемки 1 – 2 раза в год в Щучьем заливе с 1994 по 2012 г.; 4. Съемки литоральных рейсов в 2006 г. и 2009 г.

Всего за период исследования собрано и обработано 510 количественных проб: 434 пробы на 80 станциях открытой части озера, 45 проб на 3 станциях Щучьего залива, 31 проба в зарослях макрофитов по всему периметру озера.

При обобщении и анализе данных учитывалось районирование озера на шесть лимнических районов: впадины (глубины более 140 м), глубоководный (100–140 м), склоновый (70–100 м), район озерного уступа (50–70 м), переходный (18–50 м) и мелководный (0–18 м) (Науменко, 1995).

В открытой части озера и в Щучьем заливе для сбора макробентоса на песчаных грунтах применялся дночерпатель Петерсена, на илистых – Экмана-Берджа (площадь захвата  $1/40 \text{ м}^2$ ; по 2 выемки в каждой точке). Пробы грунта промывались через капроновый газ № 38 (размер ячеи 168 мкм) и разбирались в полевых условиях. Макробеспозвоночные фиксировались 70% этиловым спиртом. Через 2 – 3 месяца после фиксации (когда беспозвоночные в пробах достигали постоянного веса) проводилась разборка проб по систематическим группам, подсчет и взвешивание.

Отбор проб в зарослях макрофитов осуществлялся с помощью пробоотборника Панова-Павлова (трубы из листового железа с площадью захвата  $0.125 \text{ м}^2$  (Панов, Павлов, 1986)). Данный прибор позволяет собрать количественные пробы беспозвоночных, обитающих как на грунте, так и среди растений. На двух литоральных станциях в Щучьем заливе пробы отбирались с помощью пластиковой трубы с площадью захвата  $0.08 \text{ м}^2$ , модифицированного пробоотборника Панова-Павлова (Барков, 2006). Пробы промывались через капроновый газ с диаметром ячеи 125 мкм и фиксировались 4% формальдегидом. В лаборатории пробы разделяли на фракции с помощью набора почвенных сит с отверстиями диаметром от 2 до 10 мм. Сита ставили в сачок, куда попадали самые мелкие беспозвоночные. Промытые крупные фракции пробы, оставшиеся на почвенных ситах, разбирали целиком в кювете с чистой водой. Мелкую фракцию просматривали под биноклем в счетной камере. Беспозвоночных сортировали по группам, подсчитывали количество особей и определяли биомассу беспозвоночных.

Масса обнаруженных животных в обоих случаях определялась на торсионных весах ВТ-500. Перед взвешиванием беспозвоночных



обсушивали на фильтровальной бумаге.

Для определения видовой принадлежности донных организмов использовались следующие определительные таблицы: В.Я. Панкратовой (1970, 1977, 1983), О.В. Чекановской (1962), Определитель пресноводных ... (1977), В. И. Попченко (1988), Т. Timm (1999), С. Г. Лепнева (1964, 1966).

Для характеристики состояния сообществ донных беспозвоночных учитывали видовой состав, число видов, частоту встречаемости ( $f$ , %), численность, ( $N$ , экз.  $m^{-2}$ ), биомассу ( $B$ , г  $m^{-2}$ ), индекс видового разнообразия Шеннона ( $H$ , бит экз. $^{-1}$ ), индекс выровненности Пиелу ( $P$ ). Биологические характеристики (численность и биомасса) были выражены как средняя арифметическая  $\pm$  SE (стандартная ошибка средней).

Для оценки качества вод и в различных районах озера использовали интегральный индекс Балускиной (Балускина, 1997), в который включены: индекс сапротоксности Яковлева, биотический индекс Вудивисса в модификации Яковлева (Яковлев, 1988), хирономидный индекс Балускиной (Балускина, 1987) и олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея (Goodnight, Whitley, 1961). Индексы были преобразованы и выражены в процентах от их максимальных значений, а затем суммированы. В Щучьем заливе и близлежащей акватории озера использовали индекс «разности выровненности» ( $D_E$ ) (Денисенко, 2006).

Для изучения связей в бентосных сообществах, а также влияния различных факторов среды использовали методы многомерной статистики (кластерный, факторный анализ методом главных компонент). Для оценки достоверности различий между периодами наблюдений использовали метод дисперсионного анализа. Перед статистической обработкой данные преобразовывали путем логарифмирования  $\ln(x+1)$ . Весь массив собранного и обработанного материала был обобщен в виде электронной базы данных, созданной в пакете MS Excel. Для обработки полученных данных и графического представления статистических связей был использован стандартный пакет Statistica 8.0 для Windows.

### **ГЛАВА 3. Фаунистический состав макробентоса**

Всего за период исследований 1994 – 2012 гг. в составе донной и фитофильной фауны макробентоса нами отмечено 259 таксонов животных, из которых наиболее широко представлены хирономиды (83 вида и форм), олигохеты (45 видов), моллюски (26 двустворчатых и 17 видов брюхоногих), ручейники (24 вида). Зарегистрировано также 10 видов пиявок, 9 – жуков, по 7 видов амфипод и поденок, 7 – двукрылых (без хирономид), 4 – водных клопов, 3 – турбеллярий, по 2 вида изопод, пауков

и стрекоз, а также по одному виду мизид, ногохвосток, вислоккрылок и сетчатокрылых. До вида не определялись группы Hydridae, Mermithidae, Hydracarina, Lepidoptera, некоторые Enchytraeidae, Diptera и Turbellaria. Большинство встреченных видов имеет широкое географическое распространение (всесветное, Голарктика, Палеарктика).

В открытых районах озера на глубинах от 4 до 236 м донные животные представлены в основном 4 таксономическими группами: Oligochaeta, Chironomidae, Amphipoda и Mollusca. Малощетинковые черви – самая распространенная группа животных. Они обитают в озере на всех глубинах и типах грунтов. Встречаемость олигохет составила 99.5 %, хирономид – 88.5%, амфипод – 77%, моллюсков – 34.8%. Сравнивая наши данные с материалами базы данных за период 1976–1984 гг. (Меншуткин и др., 1987) можно отметить, что встречаемость основных групп в целом осталась прежней, а комплекс доминирующих видов не изменился.

Среди олигохет обычны *Lamprodrilus isoporus* Svetlov, *Stylodrilus heringianus* Clap. и *Spirosperma ferox* Eisen. Хирономиды редко наблюдаются на глубинах более 50 м. Наиболее типичными представителями хирономид в центре озера являются *Trissocladius parataticus* (Tchern.) и *Paracladopelma camptolabis* (Kieffer). Своеобразие фауны Ладожского озера придает наличие реликтовых ракообразных: амфипод – *Monoporeia affinis* (Lindstrom), *Pallasiola quadrispinosa* (Sars), *Relictocanthus lacustris* (Sars), мизиды *Mysis oculata* var. *relicta* Loven и изоподы *Saduria entomon* (L.).

Моллюски встречаются в основном до глубин 30 м. Двустворчатые моллюски представлены мелкими видами сем. Sphaeriidae, Pisidiidae и Euglesidae. На глубинах более 50 м изредка попадаются моллюски *Conventus conventus* (Clessin). В прибрежье в приустьевых участках рек отмечаются также моллюски сем. Unionidae. Среди брюхоногих моллюсков обычны затворки р. *Valvata*. В мелководных южных бухтах, вдоль западного и восточного побережий эпизодически встречаются турбеллярии, мермитиды, гидры, пиявки, гидрокарины, байкальская амфипода *Gmelinoides fasciatus* Stebb., изопода *Asellus aquaticus* L., личинки поденок, ручейников и хелеид.

Число таксонов сокращается по мере увеличения глубины. Для открытых районов озера характерен бедный видовой состав донной фауны, особенно ниже изобаты 50 м. Минимальное количество таксонов (10) обнаружено в глубоководном районе, максимальное (121) – в мелководном районе.

## ГЛАВА 4. Современное состояние и многолетние изменения макробентоса открытых районов озера

### 4.1. Количественное развитие, структура и особенности распределения донных беспозвоночных

Отдельные лимнические районы отличаются как по абсолютным значениям количественных показателей, так и по соотношению основных групп макробентоса. Если на глубинах более 100 м преобладают олигохеты, то с уменьшением глубин возрастает роль амфипод, так в склоновом районе эта группа уже составляет 44% численности и 45% биомассы макробентоса (рис. 1).

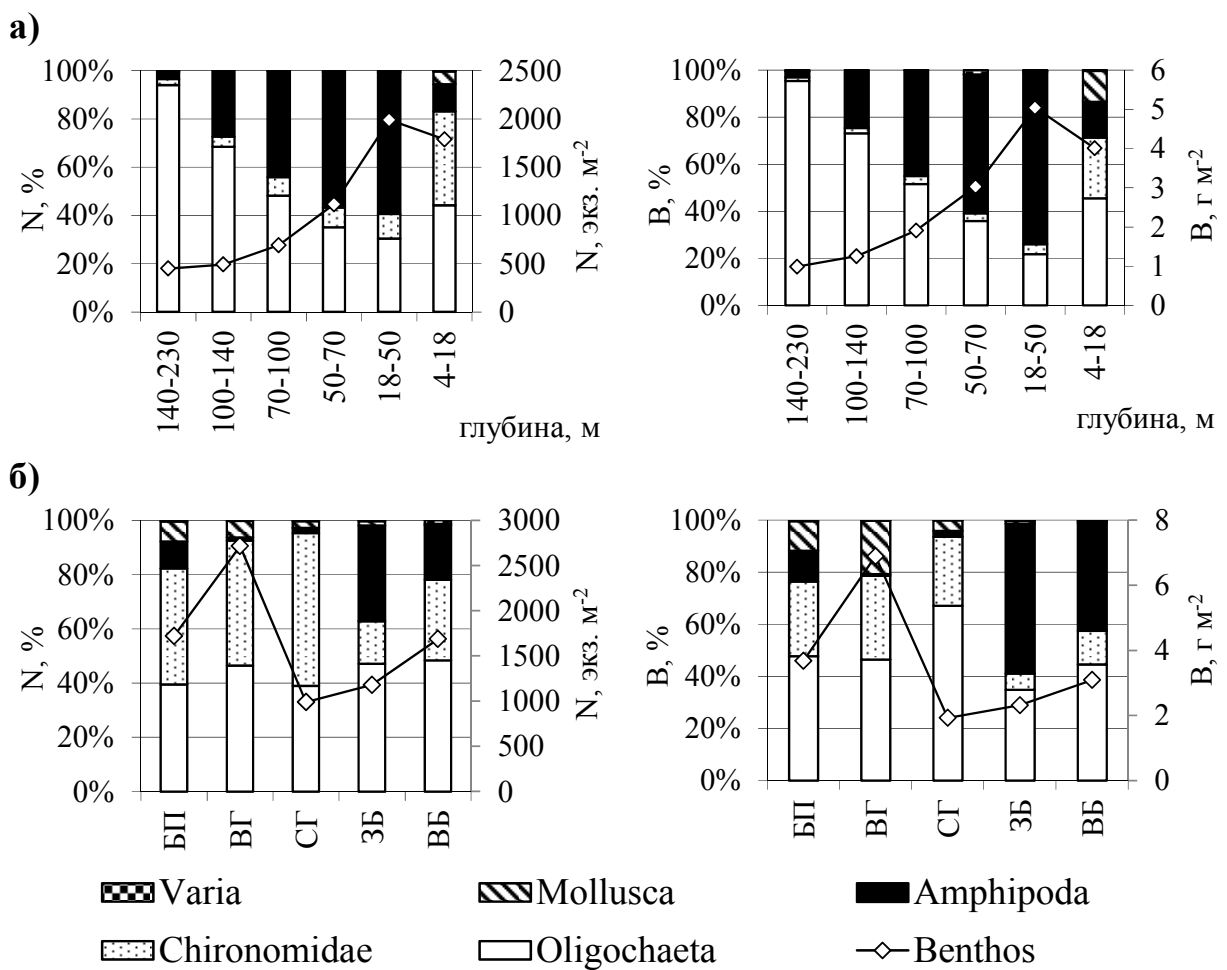


Рисунок 1. Структура сообщества макробентоса по численности (N) и биомассе (B) в открытых районах озера (усредненные данные за 1994 – 2012 гг.): а) на различных глубинах; б) на участках мелководного района (БП – бухта Петрокрепость, ВГ – Волховская губа, СГ – Свирская губа, ЗБ – западный берег, ВБ – восточной берег).

В переходном районе наблюдается наиболее высокий уровень количественных показателей макробентоса (пределы колебания: 220 –

11440 экз. м<sup>-2</sup>, 0.20 – 31.38 г м<sup>-2</sup>), что связано с массовым развитием реликтовых амфипод (в среднем 59% численности и 73% биомассы донных беспозвоночных). Преобладающим видом является *M. affinis*. В мелководном районе значительна доля олигохет (в среднем 44% численности, 46% биомассы) и хирономид (39% и 26% соответственно). На долю амфипод приходится лишь 11% численности и 15% биомассы всего бентоса.

В разделе также рассмотрены особенности пространственного распределения бентоса на различных участках мелководного района.

#### 4.2. Сезонная динамика донных биоценозов в бухте Петрокрепость в 2004 г.

Рассмотрены особенности сезонной динамики макробентоса в южной части озера на основе исследований, которые проводились в бухте Петрокрепость с 20 мая по 4 ноября 2004 г. на ст. 114 (60° 01.1' N, 31° 15.0' E; глубина 6 м, грунт мелкий песок). Численность зообентоса в течение вегетационного сезона варьировала от 920 до 5180 экз. м<sup>-2</sup>, а биомасса от 1.72 до 9.965 г м<sup>-2</sup> (в среднем 2300 экз. м<sup>-2</sup> и 4.439 г м<sup>-2</sup>). По численности в среднем за сезон преобладали хирономиды (43.8%) и олигохеты (38.4%), доля моллюсков и амфипод составила 11.1% и 5.7% соответственно, на остальные группы приходилось только 1% общей численности макрофауны. По биомассе доминировали олигохеты (63.4%), хирономиды (17.5%), доля моллюсков составила 11.9%, амфипод 6.8%.

Сезонная динамика сообщества макробентоса в 2004 г. характеризовалась одним ярко выраженным летним пиком численности, который приходился на середину июля и двумя пиками биомассы: в мае (9.965 г м<sup>-2</sup>) и в ноябре (7.186 г м<sup>-2</sup>). Максимальная численность донных беспозвоночных была связана с массовым развитием хирономид (66%), а высокие значения биомасс – с развитием олигохет (59% в мае; 90% в ноябре).

Учитывая схожесть донных отложений, температурного режима и видового состава макробентоса в южной мелководной части озера можно предположить, что ход сезонной динамики в Волховской и Свирской губах на песчаных биотопах будет достаточно близок к таковой, характерной для губы Петрокрепость.

#### 4.3. Многолетняя изменчивость макробентоса

В районе впадин долговременные исследования проводились на ст. 105. В работе Г.А. Стальмаковой (1968) в профундали озера для глубин более 50 м в составе фауны олигохет указывалось только три вида: *L. isoporus*, *S. heringianus*, *S. ferox*. Эти виды характерны для олиготрофных и

мезотрофных водоемов. В середине 1980-х годов на глубинах более 100 м стали встречаться также  $\alpha$ -мезосапробные виды олигохет *Limnodrilus sp.* и *Potamothrix hammoniensis*, которые являются показателями органического и токсического загрязнения. Было высказано предположение, что возрастание доли  $\alpha$ -мезосапробных олигохет связано прежде всего с процессом антропогенного эвтрофирования озера (Slepukhina et al, 1996, Slepukhina 1990, Слепухина и др. 2000). Однако в архивных материалах Г.А. Стальмаковой было обнаружено, что уже в 1960 г. доля  $\alpha$ -мезосапробных олигохет *P. hammoniensis* и Tubificidae gen. sp. juv. составляла 33 – 45% численности.

В настоящее время доля  $\alpha$ -мезосапробных олигохет значительна на глубинах более 70 м: в районе впадин до 41% численности олигохет, в глубоководном – 48%, в склоновом районе – 33%. В то же время они редки (4%) в районе озерного уступа, в котором чаще встречаются илы с рудными корками. Вероятно более широкое распространение в озере олигохет *L. isoporus*, *S. heringianus* и *S. ferox* на всех типах донных отложений связано с более длительной историей их проникновения в Ладожское озеро и способностью адаптироваться к грунтам с различной структурой, в отличие от тубифицид предпочитающих илистые отложения.

Таким образом, сопоставление данных за разные периоды исследования на станциях с максимальными глубинами показало, что нет достаточных оснований для утверждения о росте доли  $\alpha$ -мезосапробных олигохет в донных сообществах макробентоса. Изменения в видовом составе олигохет в глубоководных районах в отдельных биотопах связаны как с проявлением их экологических особенностей, так и со структурными особенностями грунта, при этом рудные корки являются естественным природным фактором ограничивающим развитие бентоса. В многолетнем аспекте можно констатировать определенную стабильность количественных показателей макробентоса в районе впадин.

Исследования структуры донных биоценозов в центральном районе озера (глубины 56 – 72 м) на станциях 55 (60° 47.1' N, 31° 32.1' E) и 82 (60° 59.2' N, 31° 09.0' E) показало, что сообщества макробентоса состоят из ограниченного числа видов беспозвоночных (14 таксонов). В донных сообществах преобладают *M. affinis* (до 54.8% общей биомассы) и олигохеты (до 41.7%). Характер межгодовых колебаний при ограниченном числе видов сильно зависит от особенностей индивидуального развития особей доминирующих в сообществе видов. Прежде всего, это бокоплав *M. affinis* и олигохеты *L. isoporus* и *S. heringianus*.

Для оценки многолетних изменений макробентоса были сопоставлены среднемноголетние значения за следующие периоды: 1960–1961, 1975–1986, 1993–2005 и 2006–2012 гг. Дисперсионный анализ выявил значимые различия между периодами наблюдений по показателям численности и биомассы макробентоса и его отдельных групп. Анализ данных показал общую тенденцию увеличения уровня развития донных беспозвоночных вплоть до начала 2000-х годов. В дальнейшем (период 2006 – 2012 гг.) наблюдалось снижение количественных показателей бентоса. Учитывая, что в период 1993–2005 гг. большинство проб отбирались в осенний период, вероятно межгодовые изменения макробентоса в центральном районе озера объясняются, прежде всего, большой сезонной вариабельностью показателей численности и биомассы *M. affinis*. Кроме того, несмотря на существенные межгодовые флуктуации количественных показателей макробентоса, эти флуктуации не сопровождались изменением его видовой и трофической структур, а реликтовый бокоплав *M. affinis* во все годы (за редким исключением) остался доминирующим видом в сообществе донных животных.

Таким образом, видовой состав донных биоценозов, их доминирующий комплекс и соотношение основных групп остаются достаточно стабильными на протяжении длительного периода времени. Однако значения численности и биомассы бентоса в центральном районе озера несколько выросли по сравнению с 1960-ми годами прошлого столетия, что свидетельствует о повышении трофического статуса донных биотопов.

В конце раздела приводятся данные о многолетних колебаниях количественных показателей на двух станциях (114 и 112 (60° 09.0' N, 31° 18.4' E)) в бухте Петрокрепость и на станции 1 (60° 09.6' N, 32° 21.0' E) в Волховской губе. Отмечается, что в южных заливах видовой состав и структура сообщества макробентоса меняются незначительно, однако количественное развитие бентоса на некоторых станциях южного района озера находится у нижней границы пределов межгодовых колебаний.

#### 4.4. Изменения в реликтовой фауне амфипод в многолетнем аспекте

Ранее считалось, что антропогенное эвтрофирование Ладожского озера и его загрязнение привело к сокращению численности *P. quadrispinosa* и даже выпадению некоторых видов (*R. lacustris*) из реликтовой фауны амфипод (Меншуткин и др., 1987; Slepukhina et al, 1996). В последующих публикациях эта гипотеза нашла свое продолжение. Более частое обнаружение в пробах *P. quadrispinosa* и изредка *R. lacustris* в 1990-х годах было воспринято как восстановление реликтовой фауны в связи со

снижением антропогенной нагрузки и улучшением экологического состояния озера (Слепухина и др. 2000, Барбашова, Слепухина, 2002).

Но было ли сокращение реликтовых ракообразных? В разделе приводится обзор результатов исследований реликтовой фауны амфипод в публикациях Ц.И. Иоффе (1948) и Г.А. Стальмаковой (1968). Авторами этих работ было показано, что в Ладожском озера отмечается более низкая встречаемость *P. quadrispinosa* чем *M. affinis*, а *R. lacustris* относится к редким видам.

Проведенный сравнительный анализ данных по численности и биомассе амфипод за периоды 1931–1933 гг. и 1994–2012 гг. показал, что их характер распределения по глубинам и типам грунта не изменился. Современное распределение амфипод в озере мало отличается от распределения в 1930-е годы, а количественные характеристики реликтовых амфипод в разные периоды наблюдений довольно близки. Более того, сравнение встречаемости видов *M. affinis* и *P. quadrispinosa* за период 1976–1984 гг., когда наблюдалось выпадение видов из реликтовой фауны, близко к нашим данным по встречаемости за период 1994–2012 гг.

Все эти данные свидетельствуют не в пользу гипотезы о снижении роли и выпадении некоторых видов из фауны реликтовых амфипод в период, когда озеро подвергалось антропогенному эвтрофированию. В настоящее время в озере обитают все амфиподы, которые относятся к комплексу реликтовых ракообразных. Такая встречаемость реликтовой фауны связана с наличием благоприятных условий для обитания этих организмов в озере, что и способствовало сохранению этой фауны до наших дней.

## **ГЛАВА 5. Сообщества макробеспозвоночных в литоральной зоне озера**

### *5.1. Структура сообществ макробентоса в зарослях макрофитов*

Исследование структуры донных биоценозов в зарослях макрофитов в 2006 г. выявило высокие видовое богатство (205 таксонов), численность (до 39784 экз. м<sup>-2</sup>) и биомассу (до 111.54 г м<sup>-2</sup>) макробентоса. Суммарная численность в среднем по озеру составила 14472 ± 2157 экз. м<sup>-2</sup>, а биомасса – 30.57 ± 4.69 г м<sup>-2</sup>. Донные биоценозы разнообразны по составу и соотношению отдельных таксонов в общей численности и биомассе. По численности в среднем преобладали амфиподы (58%) и хирономиды (21%), доля олигохет и моллюсков составила 14% и 3% соответственно, на остальные группы бентоса приходилось 4% общей численности макрофауны. По биомассе доминировали амфиподы (57%), моллюски (16%), доля хирономид составила 12%, олигохет 5%. Значительные

различия в пространственном распределении беспозвоночных связаны с неоднородностью природных биотопов и различным антропогенным воздействием.

Показано, что в настоящее время *G. fasciatus* продолжает оставаться доминирующим видом в литорали озера. В растительных ассоциациях тростника его средняя численность составляла  $14366 \pm 2913$  экз. м<sup>-2</sup> (63% численности всего бентоса), биомасса –  $24.84 \pm 4.69$  г м<sup>-2</sup> (66%).

### 5.2. Макробентос залива Щучий

Рассмотрен процесс восстановления донной фауны в Щучьем заливе (61°05' N, 30°05' E), как зоны экологического риска, после прекращения его сильного загрязнения. Показано, что бентосные сообщества сформировались под влиянием сильного антропогенного воздействия. В настоящее время макробентос залива характеризуется высоким развитием  $\alpha$ -мезосапробных и полисапробных видов олигохет и хирономид, а также чужеродных видов амфипод. Особенностью многолетней динамики зообентоса является высокая изменчивость его количественных показателей, что связано с особенностями межгодовых колебаний факторов среды. В целом, по уровню развития макробентоса залив может быть охарактеризован как эвтрофный.

### 5.3. Чужеродные виды амфипод в биоценозах литоральной зоны

В последние десятилетия в Ладожском озере наблюдается увеличение видового разнообразия амфипод, в основном из-за расширения ареалов видов байкальского и понто-каспийского происхождения. Проникновению амфипод в озеро способствовали факторы в той или иной степени связанные с деятельностью человека. В настоящее время в фауне озера прибавилось 4 вида амфипод. Первым новым видом стал байкальский бокоплав *Gmelinoides fasciatus* (Панов, 1994). Вектором первичной инвазии *G. fasciatus* в различные регионы России послужили намеренные интродукции с целью улучшения кормовой базы рыб. Этот вид после самопроизвольного вселения из озер Карельского перешейка в первой половине 1980-х годов XX столетия занял доминирующее положение в большинстве литоральных биоценозов озера. Вселение *G. fasciatus* привело к увеличению продуктивности бентосных сообществ и более эффективной утилизации энергии, поступающей в литоральную зону. Вселение *G. fasciatus* можно рассматривать как один из важнейших факторов трансформации всей литоральной зоны Ладоги, изначальный облик которой навсегда утрачен (Литоральная зона ..., 2011).



Другой байкальский вид *Micruropus possolskii* Sowinsky был обнаружен нами в 2012 г. в заливе Щучий. Скорее всего, в результате случайной непреднамеренной интродукции *M. possolskii* был занесен в бассейн Ладожского озера вместе с *G. fasciatus* и в дальнейшем проник в озеро.

Появлению в озере представителей понто-каспийского комплекса, вероятно, способствовал ряд причин: интенсификация судоходства, климатические изменения, повышенная минерализация воды в Волховской губе. В 2006 г. в этом районе озера был встречен *Pontogammarus robustoides* Sars, а в 2009 г. – *Chelicorophium curvispinum* (Sars). Ареал обитания этих чужеродных амфипод пока ограничен границами Волховской губы.

В разделе рассмотрены вероятные пути проникновения чужеродных видов, факторы, способствующие их натурализации в озере и возможность дальнейшего распространения инвазивных амфипод в Ладожском озере.

## **ГЛАВА 6. Оценка влияния факторов среды на изменчивость показателей состояния сообществ макробентоса**

### *6.1. Влияние факторов среды на структуру и количественные показатели макробентоса*

Влияние факторов среды оценивали при помощи факторного анализа методом главных компонент. Для анализа был взят почти весь массив данных (364 наблюдений) за период 1994–2012 гг., за исключением станций на которых не была измерена придонная температура воды. Были проведены две серии расчетов: в первом варианте использовали показатели численности групп макробентоса и массовых видов, во втором варианте показатели биомассы.

Было получено, что фактор 1, отвечающий за изменения в составе бентоса, связан с изменением глубины. Этот фактор в обоих вариантах анализа выделял условия неблагоприятные для большинства представителей макробентоса. С увеличением глубин наблюдалось снижение количественных показателей для олигохет, хирономид, моллюсков и всего бентоса, также уменьшалось количество видов и величина индекса Шеннона. При этом не выявлено достоверных корреляций показателей массовых видов с данным фактором (кроме *S. ferox* по численности), что связано с широким распространением этих видов в озере на всех глубинах.

Фактор 2 в обоих вариантах анализа отражал тесную связь в распределении *M. affinis*, амфипод и всего бентоса, в также обратную связь с индексом Пиелу (табл. 1). Низкий индекс Шеннона, соответственно и

уменьшение индекса выравненности часто связано с доминированием *M. affinis* в донных биоценозах.

Фактор 3 в первом случае имел положительную связь с глубиной, выявляя четкую закономерность, что с увеличением глубины возрастает роль илистых грунтов. Во втором случае также наблюдалась связь биомассы олигохет с донными отложениями представленными илами.

Таблица 1. Факторные нагрузки по главным компонентам, рассчитанные по показателям численности (расчет 1) и биомассы (расчет 2) групп и массовых видов макробентоса в открытой части Ладожского озера.

Переменная	Факторы расчета 1				Факторы расчета 2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Глубина	<b>0.62</b>	-0.18	<b>0.57</b>	-0.03	<b>0.65</b>	-0.13	<b>-0.55</b>	-0.02
Температура	<b>-0.58</b>	0.44	-0.34	-0.20	<b>-0.61</b>	0.42	0.36	-0.13
Ил	0.45	-0.15	<b>0.60</b>	-0.07	0.45	-0.14	<b>-0.60</b>	0.02
Ил с рудными корками	0.32	-0.12	-0.03	-0.15	0.31	-0.12	-0.01	-0.24
Ил песчаный	-0.36	-0.29	0.01	<b>0.58</b>	-0.33	-0.32	0.08	<b>0.51</b>
Песок	-0.35	0.40	-0.23	<b>-0.66</b>	-0.36	0.41	0.27	<b>-0.59</b>
Песок крупный	0.03	0.23	-0.47	0.33	0.02	0.25	0.34	0.33
<i>Lamprodrilus isoporus</i>	-0.40	-0.28	0.17	-0.32	-0.18	-0.29	-0.24	<b>-0.55</b>
<i>Spirosperma ferox</i>	<b>-0.52</b>	-0.16	0.14	0.24	-0.36	-0.34	-0.07	0.21
<i>Stylodrilus heringianus</i>	-0.01	-0.58	0.13	0.18	0.14	-0.54	-0.20	0.08
<i>Monoporeia affinis</i>	-0.21	<b>-0.87</b>	-0.23	-0.08	-0.09	<b>-0.85</b>	0.30	-0.07
Benthos	<b>-0.79</b>	-0.52	0.15	-0.08	<b>-0.65</b>	-0.67	-0.16	-0.05
Oligochaeta	<b>-0.71</b>	-0.18	0.37	-0.08	<b>-0.64</b>	-0.21	<b>-0.53</b>	-0.17
Chironomidae	<b>-0.73</b>	0.23	0.29	-0.01	<b>-0.67</b>	0.06	-0.33	-0.11
Amphipoda	-0.21	<b>-0.86</b>	-0.24	-0.08	-0.11	<b>-0.87</b>	0.33	0.02
Mollusca	-0.46	0.11	0.27	0.06	-0.51	0.04	-0.33	0.20
Varia	-0.07	0.17	-0.20	0.08	-0.02	-0.18	-0.04	0.18
Количество видов	<b>-0.82</b>	0.28	0.13	0.08	<b>-0.84</b>	0.16	-0.11	0.08
Индекс Шеннона	<b>-0.56</b>	0.55	0.19	0.23	<b>-0.63</b>	0.44	-0.19	0.23
Индекс Пieloу	0.21	<b>0.72</b>	0.27	0.23	0.12	<b>0.69</b>	-0.29	0.27
% дисперсии	22.58	18.17	8.74	6.87	19.93	18.22	9.39	7.00

Фактор 4 в первом варианте выделял различия в составе песчаных грунтов, которые не были объяснены предыдущими факторами. При этом

отсутствовали корреляции с показателями макробентоса. Во втором варианте анализа фактор выделял вариабельность *L. isoporus*, отражая его связь с песчаными грунтами.

Таким образом, в большом озере со сложной котловиной, в открытых районах озера глубина является мощным интегральным фактором определяющим характер биотопов и структуру донных биоценозов. При этом следует помнить, что непосредственное влияние на организмы оказывают такие экологические факторы, связанные с глубиной, как гидрологический и температурный режимы, характеристики грунта, седиментация взвешенных веществ из водной толщи и т.д.

### 6.2. Использование характеристик макробентоса для оценки качества вод различных районов озера

В разделе рассматриваются варианты применения различных индексов для оценки качества вод озера по показателям макробентоса.

В Щучьем заливе по данным результатов исследований 2001–2009 гг. у дамбы и в центре залива качество вод по IP оценивалось как «умеренно-загрязненные», в 2004 г. оно было близко к границам класса «загрязненных» вод.

В юго-западном районе данные, полученные в разные годы (1994–2005 гг.) по оценке состояния одних и тех же участков акватории озера, показывают, что оно остается практически неизменным (колеблется от «чистых» до «умеренно загрязненных»). В целом, состояние донных сообществ оценивается как стабильное. Основу фауны олигохет представляли виды, типичные для олиготрофных водоемов, требовательные к высокому содержанию кислорода у дна *L. isoporus* и *S. ferox*. Здесь также обычны реликтовые ракообразные *M. affinis* и *P. quadrispinosa*, которые переносят лишь слабую степень загрязнения органическими и токсическими веществами и являются показателями олиго-β-мезосапротоксобной зоны. Биоиндикация по показателям макробентоса показывает высокое качество воды в этом районе озера.

### Выводы

1. За период исследования 1994–2012 гг. в составе донной и фитофильной фауны было обнаружено 259 таксонов, среди которых преобладали олигохеты (45 видов), хирономиды (83) и моллюски (43). Видовой состав с середины XX века не претерпел существенных изменений в открытых районах озера и обогатился в литоральной зоне за счет видов-вселенцев.

2. С увеличением глубины разнообразие и количественные показатели (численность, биомасса) макробентоса понижаются, в составе донного сообщества увеличивается доля малоцетинковых червей. Наиболее продуктивной зоной озера является переходный район (глубины 18–50 м), где в массе развиваются амфиподы (прежде всего *M. affinis*). Показатели количественного развития макробентоса низки в северных глубоководных участках Ладожского озера и на порядок выше в южных. Уровень развития макробентоса в бухте Петрокрепость и Свирской губе соответствует таковому в олиготрофных и слабо мезотрофных водоемах, а в Волховской губе – типично мезотрофных.

3. Сезонная динамика сообщества макробентоса в южной части Ладоги, изученная на примере бухты Петрокрепость, характеризуется одним ярко выраженным летним пиком численности в июле и двумя пиками биомассы: в мае и в ноябре. Максимальная численность связана с массовым развитием хирономид (66%), а высокие значения биомасс – с развитием олигохет (59% в мае; 90% в ноябре).

4. В районах впадин, глубоководном, склоновом и озерного уступа видовой состав донных биоценозов, их доминирующий комплекс, соотношение основных групп и количественное развитие продолжают оставаться достаточно стабильными на протяжении длительного периода времени. Наблюдаемые вариации обусловлены особенностями характеристик донных отложений конкретных биотопов. Макробентос южной части озера характеризуется высокой пространственной и временной вариабельностью как видового состава и структуры донных сообществ, так и их количественных показателей.

5. Характер современного распределения амфипод мало отличается от распределения амфипод в 1930-е годы. Не установлено отрицательного влияния антропогенного эвтрофирования и существующего уровня загрязнения на реликтовую фауну Ладожского озера.

6. Изучен процесс восстановления донных биоценозов Щучьего залива, как зоны экологического риска и модельного водоема, после прекращения его интенсивного загрязнения. В настоящее время бентосные сообщества залива характеризуются высоким развитием  $\alpha$ -мезосапробных и полисапробных видов олигохет и хирономид, а также чужеродных видов амфипод. Особенностью многолетней динамики зообентоса является высокая изменчивость его количественных показателей, что связано с особенностями межгодовых колебаний факторов среды. В целом, по уровню развития макробентоса залив может быть охарактеризован как эвтрофный, а его воды как «умеренно – загрязненные».

7. Структура донных биоценозов и распределение количественных показателей макробентоса в различных районах литоральной зоны озера отличаются значительной пространственной изменчивостью, влияние антропогенных факторов часто является решающим для сукцессий донных сообществ. Колебания биомассы и численности макрозообентоса связаны с высоким разнообразием местообитаний и неоднородностью распределения донных беспозвоночных. В настоящее время во многих прибрежных биотопах преобладает *G. fasciatus*, в высокой степени изменивший структуру сообществ беспозвоночных.

8. Появление в Ладожском озере в 2006 – 2012 гг. новых видов-вселенцев: двух видов понто-каспийского комплекса *Pontogammarus robustoides*, *Chelicorophium curvispinum* и байкальской амфиподы *Micruropus possolskii*, несет угрозу новых экосистемных (структурно-функциональных) перестроек в литоральной зоне озера.

9. Биоиндикация по показателям макробентоса (видовой состав, уровень количественного развития донных беспозвоночных, их относительная стабильность, биоиндикационные индексы) характеризует юго-западную зону как незагрязненную, показывает высокое качество воды в этом районе озера.

10. Главным интегрирующим фактором развития сообществ макробентоса в открытых районах Ладожского озера является глубина, влияющая на гидрологический, гидрохимический режимы, характер донных отложений и количество поступающей из верхних слоев водоема органики. В мелководном районе и литорали озера важная роль принадлежит также антропогенным факторам: загрязнению, инвазии водных организмов.

### **Список основных работ, опубликованных автором по теме диссертации**

#### **В изданиях, рекомендованных ВАК:**

1. Денисенко, С.Г. Результаты оценки экологического благополучия сообществ зообентоса по индексу «разности выравненностей» ( $D_E'$ ) / С.Г. Денисенко, **М.А. Барбашова**, В.В. Скворцов, В.П. Беляков, Е.А. Курашов // Биология внутренних вод. — 2013. — № 1. — С. 46-55.

2. **Барбашова, М.А.** Многолетние изменения макробентоса центральной части Ладожского озера / М.А. Барбашова // Вода: химия и экология. — 2014. — № 8. — С. 55-61.

#### **В других изданиях:**

3. Slepukhina, T. Concepts for ecological monitoring of Lake Ladoga / T. Slepukhina, G. Frumin, **M. Barbashova**, L. Barkan. — Proceedings of the

second International Lake Ladoga Symposium. — Joensuu, 1997. — № 117. — P. 16-25.

4. Распопов, И.М. Прибрежно-водные экотоны больших озер. / И.М. Распопов, И.Н. Андроникова, Т.Д. Слепухина, Г.Ф. Расплетина, М.А. Рычкова, **М.А. Барбашова**, О.Н. Доценко, Е.В. Протопопова. — СПб, 1998. — 54 с.

5. Финогенова, Н.П. Состав и количественные показатели донных беспозвоночных / Н.П. Финогенова, Т.Д. Слепухина, С.М. Голубков, Е.В. Балущкина, Я.И. Старобогатов, **М.А. Барбашова** — Финский залив в условиях антропогенного воздействия, под ред. В.А. Румянцева, В.Г. Драбковой. — СПб; 1999. — С. 189-211.

6. Науменко, М.А. Современное экологическое состояние Волховской губы Ладожского озера / М.А. Науменко, В.А. Авинский, **М.А. Барбашова**, В. В. Гузиватый, С.Г. Каретников, Л.Л. Капустина, Г.И. Летанская, Г.Ф. Расплетина, И.М. Распопов, М.А. Рычкова, Т.Д. Слепухина, О.А. Черных. // Экологическая химия. — 2000. — № 9 (2) — С. 90-105.

7. Slepukhina, T. Proposal for the macro- and meiobenthos monitoring programme of Lake Ladoga. / T. Slepukhina, E. Kurashov, E. Koskenniemi, R. Palomaki, T. Polyakova, **M. Barbashova** // Environmental monitoring in Lake Ladoga. Proposal for a monitoring programme. — eds. A.-L. Holopainen, M. Rahkola-Sorsa, M. Viljanen — University of Joensuu, Karelian Institute, Working papers. — 2000. — V. 1 — P. 49-67.

8. Слепухина, Т.Д. Многолетние сукцессии и флуктуации макрозообентоса в различных зонах Ладожского озера / Т.Д. Слепухина, **М.А. Барбашова**, Г.Ф. Расплетина. — Ладожское озеро. — Петрозаводск, 2000. — С. 249-255.

9. **Барбашова, М.А.** Макробентос и его многолетняя изменчивость в открытых районах озера / М.А. Барбашова, Т.Д. Слепухина — Ладожское озеро — прошлое, настоящее, будущее. Под ред. В.А. Румянцева, В.Г. Драбковой. — СПб.: Наука, 2002. — С. 202-210.

10. **Барбашова, М.А.** Макрозообентос литоральной зоны заливов шхерного района озера / М.А. Барбашова, Т.Д. Слепухина — Ладожское озеро — прошлое, настоящее, будущее. Под ред. В.А. Румянцева, В.Г. Драбковой. — СПб.: Наука, 2002. — С. 259-264.

11. Игнатьева, Н.В. Оценка качества донных отложений Ладожского озера по химическим и биологическим показателям / Н.В. Игнатьева, **М.А. Барбашова** — Охрана и рациональное использование водных ресурсов Ладожского озера и других больших озер. Труды IV- Международного симпозиума по Ладожскому озеру. Великий Новгород, Россия, 2-6

сентября 2002. — СПб.: АССПИН, 2003. — С. 91-96.

12. Распопов, И.М. Многолетний мониторинг формирования биоты на месте экосистемы, разрушенной стоками целлюлозно-бумажного производства (залив Щучий, Ладожское озеро) / И.М. Распопов, И.Н. Андроникова, **М.А. Барбашова**, Е.В. Протопопова, М.А. Рычкова // Охрана и рациональное использование водных ресурсов Ладожского озера и других больших озер. — СПб.: АССПИН, 2003. — С. 338-342.

13. **Барбашова, М.А.** Использование структурных характеристик макробентоса для оценки качества вод юго-западного района Ладожского озера / М.А. Барбашова // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. Сборник материалов международной конференции. — СПб.: ЛЕМА, 2007. — С. 267-272.

14. Kurashov, E.A. First record of the invasive Ponto-Caspian amphipod *Pontogammarus robustoides* G.O. Sars, 1894 from Lake Ladoga, Russia / E.A. Kurashov, **М.А. Barbashova** // Aquatic Invasions. — 2008. — V. 3 (2). — P. 243-246.

15. Курашов, Е.А. Роль байкальского вселенца *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) в формировании трансграничного потока вещества и энергии в литоральной зоне Ладожского озера / Е.А. Курашов, Д.В. Барков, А.Г. Русанов, **М.А. Барбашова**. — Проблемы изучения краевых структур биоценозов. Материалы 2-ой Всероссийской научной конференции с международным участием (7-9 сентября 2008). — Саратов: Издательство Саратовского университета, 2008. — С. 54-58.

16. **Барбашова, М.А.** Сезонная динамика структурных и количественных показателей макрозообентоса в центральной части бухты Петрокрепость Ладожского озера / М.А. Барбашова. — Водные экосистемы: трофические уровни и проблемы поддержания биоразнообразия. Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Водные и наземные экосистемы: проблемы и перспективы исследований». Вологда, 24-28 ноября 2008 г. — Вологда, 2008. — С. 134-137.

17. Курашов, Е.А. Первое обнаружение понто-каспийской инвазивной амфиподы *Chelicorophium curvispinum* (G.O. Sars, 1895) (Amphipoda, Crustacea) в Ладожском озере / Е.А. Курашов, **М.А. Барбашова**, В.Е. Панов // Российский Журнал Биологических Инвазий. — 2010. — № 3. — С. 62-72.

18. **Барбашова, М.А.** Оценка экологического состояния Щучьего залива Ладожского озера по структуре сообществ макробентоса / М.А. Барбашова. — Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем II. Сборник материалов международной конференции. — СПб, 2011. — С.

210-217.

19. **Барбашова, М.А.** Макрофауна литоральной зоны Ладожского озера / М.А. Барбашова, Е.А. Курашов — Литоральная зона Ладожского озера, под ред. Курашова Е.А. — СПб.: Нестор-История, 2011. — С. 219-251.

20. Курашов, Е.А. Общая характеристика состава чужеродных видов в литоральной зоне Ладожского озера / Е.А. Курашов, **М.А. Барбашова**, Д.В. Барков, Д.С. Дудакова, Л.А. Кудерский, А.Г. Русанов. — Литоральная зона Ладожского озера, под ред. Курашова Е.А. — СПб.: Нестор-История, 2011. — С. 279-284.

21. Курашов, Е.А. Инвазивные амфиподы как фактор трансформации экосистемы Ладожского озера / Е.А. Курашов, **М.А. Барбашова**, Д.В. Барков, А.Г. Русанов, М.С. Лаврова // Российский журнал биологических инвазий. — 2012. — № 2. — С. 87-104.

22. Курашов, Е.А. Чужеродные виды ракообразных в водных экосистемах бассейна восточной части Финского залива Балтийского моря / Е.А. Курашов, **М.А. Барбашова**, Д.С. Дудакова, С.А. Малявин. — Актуальные проблемы изучения ракообразных континентальных водоемов. Сборник лекций и докладов Международной школы-конференции. — Кострома: ООО Костромской печатный дом, 2012. — С. 209-212.

23. **Барбашова, М.А.** Находка байкальской амфиподы *Micruropus possolskii* Sowinsky, 1915 (Amphipoda, Crustacea) в Ладожском озере / М.А. Барбашова, С.А. Малявин, Е.А. Курашов // Российский Журнал Биологических Инвазий. — 2013. — № 3. — С. 16-23.

24. Курашов, Е.А. Бентос озера / Е.А. Курашов, **М.А. Барбашова**, Д.С. Дудакова. — Ладога, ред. В.А. Румянцев, С.А. Кондратьев. — СПб.: Нестор-История, 2013. — С. 309-319.

25. **Барбашова, М.А.** Макробентос как индикатор состояния озера / М.А. Барбашова. — Ладога, ред. В.А. Румянцев, С.А. Кондратьев. — СПб.: Нестор-История, 2013. — С. 355-358.