

Государственный научно-исследовательский институт
озерного и речного хозяйства
(ГосНИОРХ)

РГБ ОД

13 ДЕК 2001

На правах рукописи

Мельник

Марина Михайловна

Специальность: 03.00.18

Современное состояние макрозообентоса

Псковско – Чудского озера

03.00.18 – Гидробиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Санкт-Петербург

2000

Работа выполнена в Государственном научно-исследовательском институте
озерного и речного рыбного хозяйства.

Научный руководитель: доктор биологических наук
Т. Д. Слепухина

Официальные оппоненты: доктор биологических наук
М. Б. Иванова

кандидат биологических наук
О. И. Мицкевич

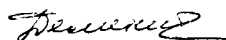
Ведущая организация: Институт озераведения РАН

Защита диссертации состоится 26 декабря 2000 г. в 13 часов на заседании спе-
циализированного совета К 117.03.01 при Государственном научно-
исследовательском институте озерного и речного рыбного хозяйства по адресу:
199053, Санкт-Петербург, В-53, наб. Макарова, 26

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГосНИОРХ.

Автореферат разослан «25» ноября 2000 г.

Ученый секретарь специализированного совета
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник

 М. А. Дементьева

E082.362, 0
E082.52(2)1.Нековско-Чудско, 0

Актуальность темы:

Одна из важнейших проблем современности – ухудшение экологической обстановки во многих регионах, что приводит к истощению вод как природного ресурса, вследствие чего оценка состояния экосистем озер и тенденция их изменения приобретает особо важное значение.

Интенсивная хозяйственная деятельность на водосборе одного из крупнейших озер Северо-Запада России – Псковско-Чудском озере в семидесятых-восемидесятых годах привела к накоплению в озере нежелательных компонентов, нарушающих его природную устойчивость. По ряду показателей в начале девяностых годов был сделан вывод о повышении уровня трофии водоема, что вызвало изменения в структуре и количественном развитии основных составляющих его биоты.

Бентические сообщества, как наиболее стабильные по сравнению с планктонными и нектонными, являются важнейшим звеном в оценке экологической ситуации в водоеме.

Необходимым условием достоверной оценки происходящих в водоеме процессов является наличие сравнительного материала за более или менее длительный период времени. Данная работа продолжила многолетний ряд наблюдений за развитием макрозообентоса Псковско-Чудского озера, его структурно-функциональной организацией в связи с колебаниями природных факторов и антропогенным влиянием.

Цель и задачи исследования: охарактеризовать состояние макрозообентоса Псковско-Чудского озера на современном этапе и оценить происходящие в нем изменения. Для выполнения поставленной цели были решены следующие задачи:

- Выявление фаунистического состава, доминирующих видов и уровня количественного развития макрозообентоса открытой части водоема на современном этапе изучения.
- Анализ сезонных и межгодовых изменений основных донных сообществ.

- Изучение структуры популяций и сезонной динамики массовых видов олигохет.
- Оценка роли видов – вселенцев в макрозообентосе.
- Определение степени загрязнения водоема под влиянием антропогенного воздействия по зообентосу в современных условиях.

Научная новизна. В результате исследований состава, распределения и количественного развития бентофауны описано современное состояние сообществ донных беспозвоночных в условиях антропогенного воздействия, включая массовое развитие новых видов. Впервые выяснена роль *Gmelinoides fasciatus* (Stebb.) в аборигенных сообществах Псковско-Чудского озера и особенности структуры популяции этого вида в сезонном аспекте. Впервые подробно изучены структура популяций и сезонная динамика двух массовых видов олигохет (*Potamothrix hammoniensis* (Mich.) и *Limnodrilus hoffmeisteri* (Clap.)) в Псковско-Чудском озере. Выявлена сезонная и межгодовая динамика основных биоценозов открытой части Псковско-Чудского озера. Впервые выявлены многолетние изменения в занимающем основную часть дна Псковского озера пеллофильном ценозе. Оценено состояние экосистемы озера по макрозообентосу на современном этапе.

Практическое значение. Материалы диссертации могут быть использованы для решения экологических проблем Псковско-Чудского озера при планировании хозяйственной деятельности. Полученные результаты следует учитывать при прогнозировании изменений экосистем крупных мелководных озер Северо-Запада России. Результаты работы вошли составной частью в ежегодные отчеты по теме № 45/1 «Разработать прогноз выпова во внутренних водоемах ...» (1993-1998 гг.) и в отчет «Оценка современного состояния экосистемы Псковско-Чудского озера в условиях прогрессирующего антропогенного воздействия».

Апробация работы. Основные результаты работы были представлены на научно-практической конференции: «Проблемы экологии и рационального

природопользования Северо-Запада России» (Псков, октябрь 1995 г.), международной научно-практической конференции: «Северо-Запад России: Проблемы экологии и устойчивого развития» (Псков, ноябрь 1996 г.), научной конференции, посвященной 50-летию деятельности Новгородской лаборатории ГосНИОРХ: «Рыбохозяйственное использование озера Ильмень и водоемов Северо-Запада» (Новгород, сентябрь 1998 г.), международной общественно-научной конференции: «Проблемы и перспективы сбалансированного развития в бассейне Псковско-Чудского озера» (Псков, ноябрь 1998 г.), XIV КОМИ республиканской молодежной конференции: «Актуальные проблемы биологии и экологии» (Сыктывкар, апрель 2000 г.), международной научной конференции «Проблемы гидроэкологии на рубеже веков» (Санкт-Петербург, октябрь 2000 г.), международной конференции: «Проблемы гидроэкологии на рубеже веков» (Санкт-Петербург, октябрь 2000), региональной общественно-научной конференции с международным участием, посвященной 155-летию Русского географического общества: «Социальные и экологические проблемы Балтийского региона» (Псков, ноябрь 2000 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 работ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, восьми глав, выводов, приложения и списка цитируемой литературы, включающего 150 источников (из них 40 иностранных авторов). Работа иллюстрирована 23 таблицами и 20 рисунками. Общий объем рукописи 162 страниц.

Глава 1. Физико-географическая и лимнологическая характеристика Псковско – Чудского озера.

Псковско-Чудское озеро относится к числу крупнейших внутренних водоемов Европы.

Озеро состоит из трех частей или плесов: наиболее обширного и глубокого, называемого Чудским озером южного, называемого Псковским озером и соединяющего их проливообразного Теплого озера. Ясно выраженной границы между этими озерами не существует.

Псковско-Чудское озеро мелководно. Самый большой из плесов, Чудское озеро, является и самым глубоководным (по преобладающим глубинам). Средняя глубина его равна 8,3 м при максимальной 12,9 м, на 80 % площади его глубины свыше 6 м. Вся центральная часть характеризуется ровным дном на глубине 8 – 10 м.

Основными грунтами дна водоема являются пески и илы, распределение которых в основном зависит от морфометрии озерного ложа.

Воды Псковско-Чудского озера по химическому составу относятся к гидрокарбонатно-кальциевому классу, к группе кальция со средней минерализацией воды (Баранов, 1961; Куллус, Мерила, 1966; Костюченко и др. 1974).

Вода в водоеме хорошо прогревается. Максимум температуры воды наблюдается обычно в июле. На поверхности в центральной части температура воды достигает 21° - 22° С, в придонных слоях – 17° С. Газовый режим водоема в течение всего года является благоприятным для жизнедеятельности гидробионтов. Активная реакция воды Псковско-Чудского водоема слабощелочная, диапазон сезонных колебаний показателей рН воды составляет 6,0 – 9,0 (среднее 8,14).

Облик растительности озера формируют умеренно-эвтрофные виды, господствуют тростник обыкновенный, камыш озерный и рдест пронзеннолистный.

Альгофлора озера (планктон, перифитон, бентос с учетом планктона устьевых участков рек, насчитывает около 1000 видовых и внутривидовых таксонов водорослей (Ястремский, 1986). По составу доминирующих видов, с учетом классификации Д. Хатчинсона (Hutchinson, 1967), фитопланктон водоема характеризуется как эвтрофный диатомово-синезеленый. В Псковском озере средняя за вегетационный сезон (май – октябрь) биомасса фитопланктона ($19,5 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$) выше, чем в Чудском ($12,6 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$) в 1,5 раза. Размах колебаний этого показателя по годам в Псковском озере находился в пределах $7,5 - 41,0 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$, в Чудском – $4,9 - 27,8 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$. Со второй половины восьмидесятых годов отмечает-

ся четкая тенденция к повышению общей биомассы фитопланктона и увеличению показателей максимального развития водорослей – эвтрофентов.

В составе зоопланктона пелагиали определены 268 таксонов. Средняя за вегетационный сезон биомасса в этих районах варьировала от 0,57 до 3,99 г·м⁻³ в Псковском и от 0,35 до 3,04 г·м⁻³ в Чудском озере. В девятые годы наблюдалось увеличение общей биомассы зоопланктона по сравнению с предшествующим десятилетием, особенно в Псковском озере (в 1,6 раза). Отмечены изменения в соотношении групп зоопланктона в сторону преобладания Cladocera, а также увеличения численности Rotatoria (Афанасьев и др., 1997), что сказывается на уменьшении индивидуального веса зоопланктеров (Noges, Haberman, 1996).

В Псковско-Чудском озере и устьевых участках его притоков обитает в настоящее время 31 вид рыб, из них промысловое значение имеют семь видов: чудской сиг, снеток, судак, лещ, щука, окунь и плотва.

Псковско-Чудское озеро – самый высокопродуктивный водоем Северо-Запада России, уловы рыбы достигают 15,1 тыс. т (1972 г.), что составляет 40,2 кг/га (Бессонов, 1976).

Глава 2. Основные этапы изучения зообентоса Псковско – Чудского озера

В истории изучения зообентоса Псковско-Чудского озера можно выделить два основных периода исследований (экспедиционный и период стационарных регулярных исследований) и три основных направления (фаунистическое, продукционно-рыбохозяйственное и оценка антропогенного влияния на макрозообентос).

Первое изучение зообентоса было проведено в 1935-1936 гг. в восточной части водоема, входившей в то время в состав СССР. Материалы обработаны и опубликованы Ц. И. Иоффе (1939, 1948).

В середине 60-х годов завершается период эпизодических экспедиционных исследований и начинается регулярное стационарное изучение водоема.

Первое обобщение результатов комплексного систематического исследования макрозообентоса Псковско – Чудского озера за 1964-1978 гг. было сделано в 1982 г. (Минина, 1982; Тимм, Тыльп, 1982). Псковско-Чудское озеро классифицировано как эвтрофный водоем с некоторыми чертами мезотрофии.

В восьмидесятые годы преимущество получает рыбохозяйственный, продукционный аспект изучения зообентоса как кормовой базы бентосоядных рыб. Псковско-Чудской водоем был отнесен к высококормным озерам, вполне обеспечивающим пищевые потребности всех бентофагов (Антипова, 1980, 1980а, 1980б, 1981, 1982). Продукционное направление отражено и в публикациях эстонских ученых (Тимм, 1986, 1986а, 1987, 1987а, 1987б).

В девяностые годы приоритет получает изучение антропогенного влияния на зообентос водоема, уточнение его трофического статуса. С российской и эстонской стороны по этим вопросам имеется целый ряд работ (Антипова, Мельник, 1992; Антипова, 1995, 1995а; Антипова, 1997; Афанасьев и др. 1997; Timm, Kangur, Timm, Timm, 1996а, 1996б).

Глава 3. Материал и методы исследований.

Материал для настоящей работы собирался в 1993-1998 гг. при комплексных систематических исследованиях Псковско – Чудского озера. Сбор проб осуществлялся ежемесячно (май – октябрь) в открытой части водоема (7 стационарных станций) Псковского и Чудского озер по продольному профилю водоема с юга на север. Одновременно с этим (1993-1994 гг.) собирались материалы в устьевых участках основных притоков Псковско – Чудского озера и в открытой части мелководий. Всего за период исследований было собрано 330 проб, из них 250 в открытой части озера.

Для сбора макрозообентоса применялся дночерпатель Петерсена с площадью $1/40 \text{ м}^2$, по 2 выемки грунта на каждой станции. Обработка проб проводилась по общепринятым методикам (Методические указания ..., 1983).

Для характеристики структуры донных ценозов использовали «индекс плотности» $\sqrt{pB}$, где p – встречаемость, B – средняя биомасса (Броцкая, Зенкевич, 1939), (Методика изучения ..., 1975).

При вычислении средней биомассы ценозов крупные моллюски *Dreissena polymorpha*, *p. Anodonta*, *Unio* не учитывались.

Для анализа пространственно-временной структуры популяций доминирующих видов олигохет промерено 4000 особей (по диаметру 8-го сегмента) из разных участков озера. При разборке проб учитывались коконы *Potamothena hammoniensis* (подсчитывалось количество яиц).

Размерные группы бокоплавов *Gmelinoides fasciatus* устанавливались по общей длине (расстояние от переднего края головной капсулы до заднего края тельсона), всего промерено 3000 особей. Подсчитывалось количество яиц в выводковых сумках самок.

В основе оценки сапробиологического состояния водоема по макрозообентосу лежал олигохетный индекс Гуднайта-Уитли (Goodnight, Whitley, 1961) в модификации Пареле (1975).

При анализе причин сезонных и межгодовых колебаний количественных показателей макрозообентоса автором использовались материалы по гидрометеорологическому и гидрохимическому режимам водоема, взятые из научных отчетов сотрудников Псковского отделения ГосНИОРХ (Смирнова Е. Н.).

Для обработки материалов использовались стандартные статистические методы (вариационный, корреляционный анализ) (Лакин, 1973, 1980). Расчеты проведены на компьютере Intel Pentium – II в программе Microsoft Excel'97.

Глава 4. Видовой состав и распределение макрозообентоса в бентали Псковско- Чудского водоема.

В составе бентофауны Псковско-Чудского озера нами было обнаружено 162 вида, из них 43 - олигохеты, 53 - хирономиды и 33 вида моллюсков. Общее количество видов и форм макробеспозвоночных Псковско-Чудского озера по последним пересмотренным спискам составляет 421 вид (Timm и др., 1996а).

Наиболее широко представлены хирономиды (111 таксонов), моллюски (83) и олигохеты (59). Подавляющее число видов бентофауны являются эвритопными, с широким ареалом распространения.

Качественный состав бентоса и его количественное распределение связаны с глубиной, типом грунтов, типом и степенью зарастаемости в прибрежной зоне, а также с уровнем загрязнения различных участков озера.

Особенно многообразна по качественному составу литоральная фауна в зарослях макрофитов. Здесь встречаются практически все виды животных, обитающих в озере. Богатством видов отличаются и скопления *Dreissena polymorpha* (сублитораль), образующие дрейссеновое «кольцо» на большей части периметра Псковско-Чудского озера. Небольшим видовым разнообразием характеризуется фауна на песчаном и илисто-песчаном дне без растительности и дрейссены на севере Чудского озера. Ограниченный видовой состав (обычно в пределах 30 видов) имеет и занимающая до 60% (Псковское) – 80 % (Чудское) площади озера профундаль.

Общими для обоих озёр являются, по крайней мере, три четверти всех отмеченных видов.

Отличия в составе бентофауны обусловлены разностью глубин, особенностями гидролого-гидрохимического режима, степенью трофности озёр и т.д. Своеобразие Чудского озера заключается в присутствии видов, характерных преимущественно для холодноводных олиготрофных водоёмов: *Stylodrilus heringianus*, *Orthocladus saxicola*, *Monodiamesa bathyphila*, *Pallasiola quadrispinosa*.

В открытой части Псковско-Чудского водоема выделено 5 ценозов, из них основными являются пелофильные с доминированием *Chironomus plumosus* и псаммопелофильные с доминированием *Dreissena polymorpha*.

Занимающий большую часть бентали Псковского озера пелофильный ценоз имеет ограниченный видовой состав (не более 30 видов) с преобладанием хирономид (14). Основную часть биомассы сообщества (57 %) составляли

моллюски (Pisidiidae и виды р. Valvata), на долю хирономид приходилось только 35 % средневегетационной биомассы ценоза.

Ценоз *Dreissena polymorpha*, расположенный в южной части Псковского озера, также характеризуется небольшим количеством видов (не более 26), в 1994 г. всего 20 видов, 8 из которых – хирономиды. Биомасса доминирующего вида в среднем за сезон составляла $120,17 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$. Средневегетационная биомасса ценоза без учета *D. polymorpha* всего $8,82 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, почти половину ее обеспечивают 3 вида олигохет.

Основную часть дна Чудского озера занимает пелофильный ценоз с доминированием *Chironomus plumosus*. В отличие от Псковского озера уровень биомассы этого сообщества определяют хирономиды (84 %), в первую очередь *C. plumosus*. В его составе всего 15 видов и форм, 9 из них – хирономиды.

Наиболее богатым в качественном и количественном отношении является ценоз *D. polymorpha* в южной части Чудского озера – 33 вида, из них 12 видов хирономид и 10 – олигохет. Биомасса дрейссены в отдельные месяцы составляла до 2 кг, что в десятки и сотни раз превышает биомассу других ценозов. Наличие дрейссены способствует увеличению количественных показателей бентоса благодаря фильтрационной деятельности, что отмечается и для ряда других водоемов (Щербина, 2000 и др.). Здесь поселяются виды, питающиеся агглютинатами дрейссены, и велика роль хищников: пиявка *Ergobdella octoculata* занимает 2-е место по «индексу плотности» после дрейссены.

Принципиальное отличие ценотической структуры бентоса мелководий от таковой в открытой части озера состоит в том, что в прибрежье ценозы гораздо разнообразнее и более ограничены в пространстве.

На большинстве мелководных станций доминировали моллюски, как крупные (*D. polymorpha*, р. *Unio*, *Anodonta*, *Viviparus viviparus*), так и мелкие (Pisidiidae и Sphaeriidae). Во многих устьях рек ведущую роль играли малощетинковые черви, чаще всего тубифициды.

Глава 5. Сезонная и межгодовая динамика макрозообентоса открытой части Псковско – Чудского озера

Характер сезонной динамики зообентоса водоема в целом определяет состояние пелофильного ценоза, занимающего основную часть площади.

Пелофильные ценозы. Многолетние ежемесячные наблюдения на стационарных станциях № 18, 19 (Псковское озеро) и № 10 (Чудское) показали, что для профундали типичны два максимума количественных показателей – весенний и осенний, и минимум – летний.

Особенности сезонных изменений при ограниченном видовом составе и ярко выраженном доминировании *S. plumosus* (по биомассе) и *P. hammoniensis* (по численности) определяются чертами их жизненных циклов.

В Псковском озере в годы исследований (1994-1998 гг.) значительный вклад в формирование динамики биомассы в донных сообществах профундали вносили моллюски, в основном виды рода *Valvata* (в среднем 21 – 36 % численности и 27 – 54 % биомассы в разные месяцы).

Весной (апрель – май) популяции хирономид, в первую очередь *S. plumosus*, состоят преимущественно из личинок III – IV возраста. С прогревом воды до оптимальных температур (9 – 10° C) в начале мая (в Чудском озере как правило на две недели позже) начинается окукливание и вылет имаго. Продолжительность и сроки массового вылета зависят от гидрометеоусловий конкретного года. В мае численность личинок хирономид в Псковском озере в разные годы составляла 410 - 1080 экз. · м⁻² при биомассе 2,98 - 6,98 г · м⁻², в Чудском озере – 260 - 1160 экз. · м⁻² с биомассой 3,23 - 19,93 г · м⁻².

К июлю в связи с завершением вылета имаго всех массовых видов хирономид их численность и биомасса падают в 2 (Псковское озеро) – 3 раза (Чудское озеро). В разные годы плотность хирономид в Псковском озере колебалась в пределах 160 – 550 экз. · м⁻², биомасса варьировала от 0,34 до 5,06 г · м⁻², в Чудском озере 0 – 800 экз. · м⁻² и 0 – 9,12 г · м⁻² соответственно. Максимальная

за 5 лет величина численности и биомассы для июля, наблюдаемая в Чудском озере в 1997 г., формировалась в основном за счет *Einfeldia carbonaria*.

В августе в Чудском озере наблюдается дальнейшее снижение численности и биомассы (средняя за 5 лет плотность организмов в профундали 206 экз. м⁻², биомасса 1,63 г · м⁻²), в Псковском озере в отдельные годы зафиксировано некоторое повышение.

Осень (сентябрь, октябрь) характеризуется подъемом численности и биомассы, особенно четко это выражено в Чудском озере в связи с более поздними сроками весеннего вылета имаго и неполным вылетом летней генерации *S. plumosus*. Появляется и молодежь, потомки летних генераций массовых видов, за счет чего осенью увеличивается плотность хирономид.

Для сезонных изменений в популяциях олигохет пелофильных ценозов характерно уменьшение плотности червей от весны к началу лета, затем увеличение их численности при одновременном падении биомассы, и рост обоих показателей к осени. По осредненным за 5 лет величинам эта тенденция ярче выражена в Чудском озере. Такой ход сезонной динамики связан с особенностями жизненного цикла доминирующего вида – *P. hammoniensis*, составляющего 80 – 100 % биомассы олигохет центральной части озер. Этот вид тубифицид имеет растянутый период размножения, в 2 пиками интенсивности, весенним и летним (гл. 6).

Количественные показатели моллюсков, вносящих существенный вклад в создание численности и биомассы профундали Псковского озера за период открытого сезона 1994-1998 гг. колебались в пределах 60 – 1130 экз. м⁻² и 0,25 – 23,07 г м⁻², максимальные значения в разные годы приходились на разные месяцы. В Чудском озере их численность за 5 лет не превышала 160 экз. м⁻², а биомасса 1,61 г · м⁻² (май 1997 г.).

Межгодовые количественные изменения донной фауны пелофильных ценозов в Чудском озере также обусловлены главным образом состоянием попу-

ляции доминирующего вида - *S. plumosus*, что в значительной мере зависит от гидрометеорологических условий конкретного года.

Следует отметить, что в настоящее время среднесезонный уровень биомассы в Псковском озере определяется не столько хирономидами, сколько моллюсками. Максимальная среднесезонная величина биомассы за период исследований в Псковском озере наблюдалась в 1998 г. и составляла $20,64 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, при этом 70 % приходилось на долю моллюсков. В Чудском озере максимум отмечался в 1996 г. – $16,90 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, из них 80 % составляли хирономиды.

Псаммопелофильные ценозы. В псаммопелофильных сообществах *D. polymorpha* сублиторали Псковского (ст. № 20) и Чудского (ст. № 13) озер установить закономерности сезонных изменений бентоса сложнее, так как они в отличие от профундали определяются большим количеством видов из нескольких систематических групп. Кроме моллюсков олигохет и хирономид значительную роль здесь играют пиявки и ручейники, создавая в Чудском озере 27 – 46 % среднесезонной биомассы ценоза, в Псковском озере их участие в создании биомассы не превышало 4 %.

Численность гидробионтов в этих сообществах, как и в пелофильных ценозах, формируется олигохетами, но в отдельные годы в Псковском озере основу численности составляли хирономиды.

Сезонные изменения в популяциях олигохет, представленных гораздо большим числом видов по сравнению с профундалью, выражаются в повышении численности малощетинковых червей с мая по октябрь депрессией в августе. Параллельно изменяется величина биомассы.

В Псковском озере в ценозе *D. polymorpha* безусловно доминируют *L. hoffmeisteri* и *P. hammoniensis*, поэтому ход сезонных изменений в популяциях малощетинковых червей определяется этими двумя видами. В этом сообществе они имеют самые высокие количественные показатели для открытой части Псковско-Чудского озера. В более разнообразной фауне олигохет дрейсеновых банок в южной части Чудского озера доля *P. hammoniensis* гораздо ниже, в

разные годы на протяжении открытого сезона всплески количественных показателей червей связаны с разными видами.

Высокое видовое разнообразие хирономид в псаммопелофильных сообществах ведет к возникновению неоднократных пиков и депрессий в ходе сезонных изменений численности и биомассы этой группы. Массовыми видами, оказывающими значительное влияние на количественные показатели этой группы, являются виды р. *Procladius*, *Polypedilum*, *Glyptotendipes* и *Tanytarsini*.

Значение моллюсков (без вида-эдификатора) было выше в Псковском озере. Четких закономерностей сезонных колебаний этой группы не обнаружено, по средним за 5 лет показателям их численность и биомасса в Псковском озере выше весной и осенью, в Чудском озере – летом.

Таким образом, за период исследований максимальные показатели численности в псаммопелофильных сообществах отмечались в Псковском и Чудском озерах в 1996 г. в связи с высоким уровнем развития группы малошетинок червей, максимум биомассы в Псковском озере приходился на 1995 г. и был обусловлен высокими показателями популяции *Chironomus plumosus* в этом районе озера, в Чудском озере в 1996 г. при доминировании моллюсков, олигохет и пиявок.

В целом за исследуемый период в открытой части озера доминированием во всех сообществах хирономид, особенно *C. plumosus*, выделяется 1995 г., в 1996 г. заметно увеличился уровень развития олигохет, а 1997 г. характеризуется высокой численностью и биомассой мелких моллюсков, преимущественно видов р. *Valvata*.

Несмотря на практически неизменный видовой состав пелофильных ценозов, за более чем тридцатилетний период можно выделить некоторые тенденции изменения структуры и количественных показателей бентоса в Псковском озере.

Олигохетофауна центральной части Псковского озера в настоящее время сократилась до 5 видов, среднесезонная биомасса олигохет пелофильного со-

общества по сравнению с предыдущим десятилетием несколько снизилась. В 1994-1998 гг. она колебалась в пределах $0,47 - 2,60 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$. Степень доминирования *P. hammoniensis* увеличилась с $45 - 80 \%$ в 70-е – 80-е годы до $81 - 100 \%$ в 90-е.

Структурные изменения связаны с увеличением доли моллюсков (*Pisidiidae*, виды р. *Valvata*) в создании биомассы сообществ профундали. Так, в среднем за 1981-1985 гг. моллюски составляли $9,78 \%$ биомассы пелофильных ценозов Псковского озера (Асельборн, 1987), в 1986 – 1992 гг. уже $16,1 \%$, а в 1993 – 1998 гг. – $36,2 \%$ (таблица).

В целом по Псковско-Чудскому озеру отмечается некоторое повышение среднесезонной биомассы профундали, с $12,25 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ (1970 – 1978 гг.) до $14,7 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ (1989-1998 гг.).

В девяностые годы увеличилась амплитуда межгодовых и сезонных колебаний биомассы донных беспозвоночных в Псковском озере, в последнее десятилетие размах межгодовых колебаний в Псковском озере составил от $4,78$ до $52,87 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, в Чудском от $4,36$ до $15,57 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$.

Глава 6. Структура популяций и сезонная динамика массовых видов олигохет Псковско – Чудского озера

Среди малощетинковых червей Псковско-Чудского озера наиболее многочисленными являются тубифициды *Potamothrix hammoniensis* и *Limnodrilus hoffmeisteri*. *P. hammoniensis* в Псковско-Чудском озере доминирующий и практически единственный вид олигохет в профундали, но кроме того в больших количествах он встречается в сублиторали и многих устьях рек с заиленным грунтом. *L. hoffmeisteri* в Псковско-Чудском озере наиболее обилен на заиленных песках в южной части Псковского озера, авандельте р. Великой и устье р. Гдовки.

Размерно-возрастная структура популяций и сезонная динамика этих видов олигохет рассматривается в районах их максимального обилия – в авандельте р. Великой и в устье р. Гдовки.

Таблица

Количественные показатели различных групп беспозвоночных пело-
фильных ценозов Псковского озера в 1981 – 1998 гг. (% от биомассы)

Годы	Chironomus	Oligochaeta	Mollusca	$\frac{\text{Численность, экз. м}^{-2}}{\text{Биомасса, г м}^{-2}}$
1981	68,8	8,1	15,1	$\frac{2280}{20,34}$
1982	13,4	30,5	19,6	$\frac{3080}{3,87}$
1983	67,7	7,2	4,1	$\frac{2335}{14,37}$
1984	75,4	18,9	4,2	$\frac{4550}{29,69}$
1985	68,6	23,5	5,9	$\frac{4251}{22,62}$
1986*	51,4	29,1	14,5	$\frac{1964}{6,67}$
1989	85,8	8,8	2,8	$\frac{1440}{19,92}$
1990	42,7	40,4	6,3	$\frac{989}{4,78}$
1991	77,4	10,3	6,1	$\frac{1658}{25,22}$
1992**	39,5	7,9	50,8	$\frac{1130}{32,41}$
1993	95,3	3,4	1,2	$\frac{1965}{52,87}$
1994	26,1	9,1	57,2	$\frac{1143}{9,28}$
1995	67,1	7,1	16,4	$\frac{1833}{15,85}$
1996	9,8	29,1	26,4	$\frac{3211}{8,95}$
1997	4,9	3,4	80,4	$\frac{1783}{13,80}$
1998	23,8	3,6	71,2	$\frac{1340}{19,83}$

* 1981 – 1986 гг. – по данным Н. А. Асельборн (1987)

** 1989-1992 гг. – по данным Л. Ф. Антиповой (1989-1992)

Potamothrix hammoniensis. Интенсивность размножения *P. hammoniensis* в условиях чрезвычайно высокого содержания органического вещества в устье р. Гдовки очень высока на протяжении всего вегетационного сезона. Непрерывность и интенсивность размножения обеспечивается преемственностью поколений производителей (весенний максимум определяется «старыми» червями, с июня к ним подключаются двухлетки).

В динамике *P. hammoniensis* в авандельте р. Великой в 1993 г. наблюдалось 2 пика численности, в апреле и июле при более низкой в целом численности червей. Динамика плотности популяций *P. hammoniensis*, как и ее абсолютные величины в устье р. Гдовки и авандельте р. Великой были разные, что может объясняться как разным физиологическим состоянием червей, так и элиминацией в результате выедания. Пресс бентофагов на олигохет, несомненно, выше в авандельте р. Великой, поскольку в отличие от устья р. Гдовки с высоким уровнем органического и механического загрязнения, здесь место нагула многих видов рыб. Именно в мае, когда было отмечена особенно высокая убыль червей, приступает к активному питанию основной бентофаг озера – лещ, идущий на нерест из близлежащих районов. Кроме того, вполне вероятно, что популяция *P. hammoniensis* из устья р. Гдовки вследствие чрезвычайно благоприятных трофических условий отличается более высокой жизнестойкостью и плодовитостью.

Растянутость периода размножения и наличие 2 пиков интенсивности размножения на мелководьях подтверждается июньским «срезом» популяции из разных районов Псковско – Чудского озера (июнь 1994 г.). В близкие сроки в популяциях *P. hammoniensis* совершенно разная размерно-возрастная структура, по которой их можно объединить в несколько групп. Первый вариант размерно-возрастной структуры описывает популяцию после откладки коконов, второй вариант – начало откладки коконов. Между этими вариантами есть все возможные промежуточные.

Таким образом, как и следовало ожидать, при достаточно больших размерах озера и определенном разнообразии условий в разных точках в один и те же сроки популяция *P. hammoniensis* имеет разную размерно-возрастную структуру. В одних районах в середине июня черви не размножаются, в других они готовятся к размножению, в-третьих, видимо, только что отложили коконы, т. е. разнообразие условий ведет к разным срокам начала размножения и скорости развития.

Limnodrilus hoffmeisteri. Для популяции *L. hoffmeisteri* тоже характерен растянутый период размножения с весенним и летним пиками интенсивности. Более высокими количественными показателями он отличался в авандельте р. Великой. В отличие от *P. hammoniensis* анализ его размерно-возрастной структуры в разных районах озера в одно и то же время оказался одинаков.

Сравнение скоростей роста (по d_{VIII}) показало, что у *L. hoffmeisteri* она в 2 раза выше.

Глава 7. Перестройка донных сообществ под влиянием

видов - вселенцев.

В течение XX века в бентосе Псковско-Чудского озера появилось 2 новых вида, сильно изменивших биоценотическую структуру населения дна водоема: двустворчатый моллюск *Dreissena polymorpha* (Pallas) и бокоплав *Gmelinoides fasciatus* (Stebb).

Первое известное подтверждение нахождения *D. polymorpha* в отдельных районах Псковско-Чудского озера было сделано Ц. И. Иоффе (1939), по материалам экспедиций 1935-1936 гг. В настоящее время *Dreissena polymorpha* расселилась по всему озеру, образуя в сублиторали "дрейссенное кольцо", мощный естественный биофильтр. Ее биомасса в отдельные периоды достигает $3195 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$.

Gmelinoides fasciatus в Псковско-Чудском озере впервые обнаружен в 1972 г. и встречается постоянно с 1980 г. (Timm, Timm, 1993). Этот вид бокоплава, наряду с *Rivulogammarus lacustris* (Sars), в ходе широких акклиматизаци-

онных работ байкальских ракообразных вселялся в Псковско-Чудское озеро в начале 70-х годов. *G. fasciatus* оказался более жизнестойким конкурентом по отношению к *R. lacustris* в Псковско-Чудском озере.

С конца 80-х годов *Gmelinoides* стал обычным и многочисленным во всей литорали и сублиторали. *G. fasciatus* заселил всю мелководную зону, от уреза воды до 2,0 м, отдельные экземпляры встречаются на глубинах до 6,0 м. Большая часть популяции концентрируется на глубине 0,4 – 1,5 м.

По отношению к грунтам эвритропен, как правило это пески с разной степенью заиления с неразложившимися растительными остатками (стебли, древесина).

G. fasciatus вошел в состав подавляющего большинства местных мелководных биоценозов, заняв в некоторых из них доминирующее положение.

Объект исследования в 1993 г. являлся доминантом в макрозообентосе открытых мелководий на 24% станций, что говорит о значении этого вселенца в автохтонных зообентоценозах. Естественно, что здесь количественные показатели *G. fasciatus* весьма велики: численность 1520-29580 экз. · м⁻² (в среднем 7100 экз. · м⁻²), биомасса 2,75-136,69 г · м⁻² (33,75 г · м⁻²). На долю бокоплавов приходилось 23 – 97 % численности (в среднем 72 %) и 30 – 99 % биомассы (71 %) всего макрозообентоса.

На грубоволокнистом торфоподобном детрите у Мтежского мыса на глубине 1,0 м на долю бокоплавов пришлось 96 % численности гидробионтов, на слаборазложившейся древесине в устье р. Ровьи (1,3 м) *Gmelinoides* составлял по численности 99 % зообентоса.

В зообентоценозах, где господствовал *Gmelinoides*, второе после него место занимали мелкие двустворчатые моллюски (4 станции из 6). Это различные виды *Euglesa*, реже *Pisidium amnicum*. Их численность колебалась от 40 до 2000 экз. · м⁻² (средняя 700 экз. · м⁻²), а биомасса от 0,23 до 7,66 г · м⁻² (средняя 3,50 г · м⁻²). На их долю приходилось от 1 до 30 % численности (в среднем 11 %) и от 2 до 19 % биомассы (в среднем 14 %).

На 28 % станций бокоплав уступал первенство мелким двустворчатым моллюскам. Состав фауны моллюсков не везде одинаков: в устье р. Теребищенки, у д. Орлово и о. Вороний это только мелкие виды *Euglesa*, в устье р. Липенки и Черной к ним добавляются шаровки (чаще *Sphaerium corneum*, реже *S. rivicola*), в устье р. Самолва - *Sphaeriidae* и *Pisidium amnicum*, а в устье р. Толбы - представители всех трех родов.

Численность мелких двустворчатых моллюсков в сообществах этого типа 420 – 4400 экз. · м⁻² (в среднем 1630 экз. · м⁻²), биомасса 2,19 – 84,76 г · м⁻² (18,67 г · м⁻²). На долю двустворчатых моллюсков приходится 9 – 52 % численности (26 %) и 38 – 79 % (средняя 56 %) биомассы зообентоса. Плотность бокоплавов колебалась от 140 до 10400 экз. · м⁻² (средняя 3300 экз. · м⁻²), биомасса 0,18 – 9,48 г · м⁻² (412 г · м⁻²), т. е. в 2,2 и 8,2 раза соответственно ниже, чем там, где они доминировали. Доля *G. fasciatus* по численности 7 – 76 % (средняя 41 %), а по биомассе 2 – 37 % (средняя 19 %). Таким образом, в этих сообществах бокоплав вместе с *Sphaeriidae* и *Pisidiidae* создают ядро ценоза (75 % биомассы).

На сильно заиленных песках *Gmelinoides* входит в состав сообществ с доминированием крупных моллюсков - имитация твердых грунтов.

Особенно многочисленными были бокоплав в друзах дрейссены: средняя их численность 6060 экз. · м⁻², биомасса - 24,64 г · м⁻². Однако доля бокоплавов в дрейссенном сообществе заметно ниже, чем в вышеописанных ценозах: 56 % по численности и 39 % по биомассе.

В скоплениях перловиц *Unio tumidus* средняя численность *G. fasciatus* 11060 экз. · м⁻², биомасса - 44,61 г · м⁻². На долю бокоплавов приходилось 46 % численности и 42 % биомассы всего зообентоса (без самих перловиц). В ценозе с обилием беззубок *Anodonta anatina* у о. Колпино численность *Gmelinoides* равнялась 2080 экз. · м⁻², биомасса 8,17 г · м⁻² (34 % и 25 % зообентоса соответственно). В скоплениях *Viviparus viviparus* численность *G. fasciatus* также была высокой: в среднем 3280 экз. · м⁻² с биомассой 9,11 г · м⁻², но их доля

в макрозообентосе (даже без живородок) невелика: 45 % по численности и 20 % по биомассе.

На сильно заиленных песках в устье р. Обдех и дельте р. Великой отмечены довольно высокие количественные показатели бокоплавов в сообществе с доминированием тубифицид *Limnodrilus hoffmeisteri* и *Potamothrix hammoniensis*. Средняя численность тубифицид очень высока: 818 экз. · м⁻² при биомассе 45,80 г · м⁻², равно как и их доля в макрозообентосе: 68 % по численности и 62 % по биомассе. Бокоплавы составляют 16 % численности (1850 экз. · м⁻²) и 18 % биомассы (13,59 г · м⁻²). Вместе тубифициды и бокоплавы образуют 84 % численности и 80 % биомассы макрозообентоса, т. е. определяют специфику ценоза. Из других гидробионтов здесь заметное место занимали *Pisidiidae* (до 10 % биомассы), *Hirudinea* (до 6 %).

Изучение размерной структуры популяции *Gmelinoides fasciatus* в Псковско-Чудском озере в 1992 г. показало, что длина отдельных особей колеблется от 1,5 до 12,7 мм. Основу популяции составляли бокоплавы с длиной тела 2,6 – 5,5 мм.

Следует отметить, что в Псковском озере индивидуальная масса мало-размерных рачков (длиной 1,5 – 3,5 мм) заметно превосходит таковую рачков из естественных мест обитания и других водоемов вселения. Характерной особенностью размерной структуры популяций является присутствие во всех пробах, собранных в июле, августе и сентябре мелких рачков (1,5 – 2,5 мм), наибольшее количество которых наблюдалось в июле. Небольшие размеры яйценосных самок в конце лета свидетельствуют о том, что к размножению приступают особи, относящиеся к поколению текущего года, таким образом интенсивность размножения остается высокой весь вегетационный сезон (Михайлов, Антипова, Мельник, 2000).

Исходя из размерно-возрастной структуры его популяции в разные сезоны (по материалам 1993 г.) очевидно наличие не менее двух генераций за сезон.

Глава 8. Оценка состояния экосистемы Псковско – Чудского водоема по макрозообентосу

Псковско-Чудское озеро по уровню количественного развития макрозообентоса на современном этапе классифицируется как эвтрофный водоем.

В основу оценки сапробиологического состояния Псковско-Чудского озера по макрозообентосу был положен олигохетный индекс Гуднайта – Уитли (Goodnight, Whitley, 1961) в модификации Пареле (1975), так как он наиболее показателен для эвтрофных водоемов, где тубифициды обычны и многочисленны практически во всей бентали.

Дополнительно фиксировалось присутствие гидробионтов-индикаторов сапробности из других систематических групп по спискам В. И. Жадина (1950), Х. Бегера (Beger, 1966) и D. M. Rosenberg (1993). Использовалась несколько видоизмененная шкала сапробности по Фьердингстаду (1964), в которой уровни загрязнения располагаются в нисходящем порядке: копрозойный, α и β полисапробный (I – III степени), α -мезосапробный (I – III), β -мезосапробный (I – III), α -олигосапробный (I – III), β -олигосапробный (I – III), катаробный.

Степень загрязненности грунтов Псковско-Чудского озера, установленная по олигохетному индексу и индикаторным организмам, в 1993 г. колебалась от α -мезосапробной (условно грязный грунт) до β -олигосапробной (условно чистый грунт).

1. Грязный (α -мезосапробный грунт).

Самая высокая загрязненность отмечена в р. Гдовке (грунт α -мезосапробный I, олигохетный индекс «D» = 89,6), в нижнем течении р. Великой, включая ее авандельту (α -мезосапробный II, D = 81,5 – 83,9) и в Аноховой губе (α -мезосапробный II, D = 80,7).

Состояние переходное от α к β -мезосапробности характерно для р. Самолвы (α -мезосапробный III, D = 59,4) и центральной и северной частям акватории Псковского озера (D = 61,5 – 63,1).

2. Загрязненный (β -мезосапробный) грунт.

Такой уровень загрязнения зафиксирован в р. Пимже (β -мезосапробный II, $D = 56,0$) и в Кулейском заливе (грунт β -мезосапробный III, $D = 37,1$). На II – III стадиях β -мезосапробности находятся грунты в центральной и северной частях Чудского озера ($D = 44,0 - 55,4$).

3. Слабо загрязненный (α -олигосапробный) грунт.

Такой уровень сапробности, хотя и с некоторыми чертами предыдущего, отмечен в р. Желче (α -олигосапробный I, $D = 35,6$). Еще меньше загрязнен грунт на мелководьях в районе Подборовья (α -олигосапробный III, $D = 14,1$). Здесь в бентосе доминируют реликтовые олигохеты *Lamprodrilus isoporus*. По величине олигохетного индекса ($D = 20,6$), можно предположить, что олигосапробные грунты преобладают и на юге Чудского озера (севернее острова Пийрисаар).

4. Условно чистый (β -олигосапробный) грунт.

Наиболее чистые грунты обнаружены по северо-восточному побережью Псковского озера от устья р. Липенки до устья р. Нимоловки (β -олигосапробные II, $D = 5,2 - 7,5$).

Таким образом, районами максимального загрязнения грунтов в озере являются р. Великая и ее авандельта, Анохова губа, р. Самолва и, особенно р. Гдовка, испытывающие наиболее сильное антропогенное воздействие. Умереннее загрязнены р. Пимжа и Кулейский залив. Наименее загрязнены прибрежные мелководья в северной части Псковского и южной части Чудского озер (возможно восточного побережья Теплого). Они могут быть использованы в качестве контрольных. Грунты открытой части Псковского озера α - β мезосапробны, Чудского β -мезосапробны.

Выводы

1. Макрозообентос Псковско-Чудского озера в видовом отношении достаточно богат: за время исследований (1993-1998 гг.) было обнару-

жено 162 таксона, из них 43 вида олигохет, 53 вида хириномид и 33 вида моллюсков.

2. По составу и обилию макрозообентоса в озере выделено 2 зоны: открытая часть озера (центральная) и зона открытых мелководий.

3. В открытой части озера выделено 5 ценозов, из них основными являются пелофильные с доминированием *Chironomus plumosus* и псаммопелофильные с доминированием *Dreissena polymorpha*. В мелководной зоне ценозы многочисленны и узколокализированы, в большинстве из них доминируют моллюски. В устьях большинства притоков ведущую роль играли малощитинковые черви, чаще всего тубифициды.

4. Характер сезонной динамики зообентоса водоема в целом определяется состоянием пелофильных ценозов, занимающих основную часть площади дна водоема. Типичны два максимума количественных показателей – весенний и осенний, и летний минимум.

5. На фоне относительной стабильности среднесноголетней величины количественных показателей в пелофильном ценозе Псковского озера изменилась структура сообщества, в частности возросла степень доминирования *Potamothrix hammoniensis*, увеличилась доля моллюсков (*Pisidiidae*, виды р. *Valvata*) в создании биомассы профундали.

6. В период исследований выявлены особенности биологии массовых видов олигохет на мелководьях Псковско-Чудского озера. Установлено, что *P. hammoniensis* дает одно поколение в год, *Limnodrius hoffmeisteri* – несколько поколений. Сезонная динамика и количественные показатели их популяций определяются трофическими и температурными условиями местообитания.

7. Акклиматизированный в озере байкальский бокоплав *Gmelinoides fasciatus* освоил все типы грунтов, стал постоянным компонентом макрозообентоса в мелководной зоне, войдя в группу доминантов.

8. Сапробность Псковско-Чудского озера по макрозообентосу снижается как в мелководной зоне, так и по продольной оси центральной части акватории с юга на север от α -мезосапробной (условно грязный грунт) до β -олигосапробной (условно чистый грунт)

Список публикаций по теме диссертации

Антипова Л. Ф., Мельник М. М. Изменения зообентоценозов Псковско-Чудского водоема в условиях антропогенного эвтрофирования // Сб. «Экологические проблемы Северо – Запада России» – Псков. – 1992.

Мельник М. М. Оценка изменения уровня трофии Псковского озера по состоянию бентических сообществ // Проблемы экологии и рационального природопользования Северо – Запада России: Тез. докл., октябрь 1995, г. Псков. – Псков, 1995. – С. 44-45.

Афанасьева Е. А., Концевая Н. Я., Мельник М. М., Тарасова С. Г., Смирнова Е. Н., Ястремский В. В. Состояние экосистемы Псковско-Чудского озера при современном уровне трофии // Проблемы экологии и рационального природопользования Северо – Запада России: Тез. докл., октябрь 1995, г. Псков. – Псков, 1995. – С. 44-45.

Афанасьева Е. А., Антипова Л. Ф., Концевая Н. Я., Мельник М. М., Михайлов А. Е., Тарасова С. Г., Смирнова Е. Н., Ястремский В. В. Современное состояние экосистемы Псковско-Чудского озера // Северо – Запад России: Проблемы экологии и устойчивого развития: Мат. межд. конф., ноябрь 1997, г. Псков. – Псков, 1997. – С. 144-159.

Мельник М. М., Михайлов А. Е. Некоторые изменения олигохетофауны центральной части Псковского озера и дельты реки Великой // Проблемы и

перспективы сбалансированного развития в бассейне Псковско-Чудского озера: Мат. межд. конф., ноябрь 1998, г. Псков. – Псков, 1998. – С. 66-67.

Мельник М. М. Исследование пелофильного ценоза Псковского озера // Инф. Листок Псковского ЦНТИ № 127-98. – Псков, 1998.

Мельник М. М. Изменения в развитии зообентоса пелофильных ценозов Псковского озера // Тез. докл. конф. молодых спец. ГосНИОРХ, март 1998, г. С.-Петербург. – С.-Петербург 1999. – С. 19-21.

Ястремский В. В., Смирнова Е. Н., Мельник М. М., Иванова Т. Е. Рыбохозяйственный аспект гидролого-химических и гидробиологических исследований Псковско-Чудского озера // Мат. научной конф., сентябрь 1998, г. Новгород. – Новгород, 1998. – С. 100-101.

Мельник М. М. Особенности размножения *Potamothenis hammoniensis* в условиях повышенного содержания органических веществ (р. Гдовка) // XIV КОМИ республиканская молодежная конф., апрель 2000 г., г. Сыктывкар. – Сыктывкар, 2000. – 137 с.

Мельник М. М. Макрозообентос Псковско-Чудского озера в условиях меняющегося антропогенного воздействия // Тез. докл. международной конф., октябрь 2000, г. С.-Петербург. – С.-П., 2000. – С. 112-113.

Мельник М. М. Размножение *Potamothenis hammoniensis* (Mich) в условиях антропогенной нагрузки // Мат. общественно-научной конф., ноябрь 2000, г. Псков. – Псков, 2000. – С. 101-102.

Михайлов А. Е., Антипова Л. Ф., Мельник М. М. Некоторые особенности биологии *Gmelinoides fasciatus* (Stebb.) в Псковско-Чудском озере // Мат. общественно-научной конф., ноябрь 2000, г. Псков. – Псков, 2000. – С. 104-106.



ЛР № 021251 от 23.10.97. Подписано в печать 23.11.2000. Формат 60 × 90/16. Бумага тип. Печать ризограф. Заказ 319. Тираж 80 экз.

Санкт-Петербургская государственная химико-фармацевтическая академия
Издательство СПбХФА — член Издательско-полиграфической
ассоциации вузов Санкт-Петербурга
197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 14