



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра прикладной и системной экологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(магистерская диссертация)

На тему «Использование подводных видеосъемок для изучения кормовой базы
рыб Ладожского озера»

Исполнитель Воробьева Юлия Олеговна

Руководитель канд. геогр. наук, доцент

Зуева Надежда Викторовна

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

Канд. геогр. наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Алексеев Денис Константинович

(фамилия, имя, отчество)

«21» 06 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. Характеристика Ладожского озера	7
1.1 Физико-географическая характеристика водоема	7
1.2 Подводный рельеф.....	13
1.3 Почвенный покров и растительный мир	21
1.4 Гидрологические процессы.....	28
1.5 Рыбохозяйственная характеристика и ихтиофауна	33
1.6 Современное экологическое состояние.....	46
2 Кормовая база рыб Ладожского озера	49
2.1 Высшая водная растительность	49
2.2 Макрозообентос	56
3 Материалы и методы исследования.....	61
3.1 Подводная видеосъемка	61
3.2 Район и сроки проведения исследования	64
3.3 Проведение подводных видеосъемок	65
3.3.1 Описание оборудования	65
3.3.2 План и схема проведения видеосъемок	67
3.4 Методика обработки видеоматериалов	70
3.5 Сравнение с традиционными методами отбора проб	71
4 Результаты исследования	75
4.1 Первый внутренний разрез.....	76
4.1.1 Внутренний профиль № 1	76
4.1.2. Внутренний профиль № 2	80

4.2	Вторичный внешний разрез	85
4.2.1	Внешний профиль № 1	85
4.2.2	Внешний профиль № 2	90
4.3	Анализ данных с GoPro	94
4.3.1.	Внешний разрез.....	94
4.3.2.	Внутренний разрез	98
4.4	Антропогенное воздействие.....	101
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		102
Список литературы		106
Приложение А		112
Приложение Б.....		114
Приложение В		135

ВВЕДЕНИЕ

Ладожское озеро является уникальным объектом с богатейшим туристско-рекреационным потенциалом, а также водоемом рыбохозяйственного значения, что способствует развитию отрасли и экономики региона.

Озеро играет ключевую роль в регулировании климата в регионе и Санкт-Петербурге. Его большая поверхность влияет на температуру воздуха и влажность, что обеспечивает более мягкую погоду в городе и окрестностях.

Озеро представляет собой не только уникальный природный водоем, но и важнейший элемент гидротехнической и хозяйственной инфраструктуры Северо-Западного региона России. Его акватория служит ключевым источником пресной воды для нужд Санкт-Петербурга, а также для ряда населенных пунктов, расположенных на территории Ленинградской области и Республики Карелия.

Высокое биоразнообразие озерной экосистемы обусловлено обилием водных организмов и растительности, обитающих как в толще воды, так и в донных биотопах. Исходя из вышесказанного, пресноводные ресурсы Ладожского водного бассейна следует рассматривать в качестве стратегически важного, хотя и возобновляемого, но уязвимого природного резерва, качество которого напрямую зависит от общего состояния окружающей природной среды как в пределах самого водоема, так и на прилегающих территориях его водосбора [40].

Мониторинг озера является ключевым условием для сохранения уникального водоема и предотвращения возникновения катастрофических ситуаций.

Гидробионты имеют огромное значение в жизни экосистемы крупнейшего европейского озера – Ладоги, они определяют его экологическое состояние, формируя свою среду обитания [41].

Тема – Использование подводных видеосъемок для изучения кормовой базы рыб Ладожского озера. Объект – Ладожское озеро. Предмет – кормовая база рыб Ладожского озера.

Целью настоящей работы является использование подводных видеосъемок для изучения кормовой базы рыб Ладожского озера. Физико-географическая характеристика Ладожского озера приводится по литературным данным.

Для изучения кормовой базы рыб применяются различные методы, включая полевые наблюдения, эксперименты, моделирование и мониторинг.

Оценки состояния кормовой базы рыб будет проводиться с помощью использования подводных видеосъемок.

Целью настоящей работы является использование подводных видеосъемок для изучения кормовой базы рыб Ладожского озера. Физико-географическая характеристика Ладожского озера приводится по литературным данным.

Актуальность выбранной темы продиктована необходимостью повышения эффективности изучения кормовой базы рыб в Ладожском озере с опорой на инновационные методы видеомониторинга, способные восполнить существующие пробелы в данных.

Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

1. Дать физико-географическую характеристику Ладожского озера, в том числе рыбохозяйственную;
2. Изучить кормовую базу рыб Ладожского озера, которую можно зафиксировать с помощью подводных видеосъемок;
3. Собрать данные подводных видеосъемок в районе Валаамского архипелага за 2023 год;
4. Отработать методику дешифровки видеоматериалов;
5. Представить результаты, полученные в ходе дешифровки видеоматериалов и кадров;
6. Выявить зависимости распределения кормовой базы рыб.

Практическая значимость выражена в возможности использования полученных в работе данных для изучения кормовой базы рыб Ладожского озера в рамках прохождения курса учебных дисциплин по направлениям подготовки бакалавров 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура и 05.03.06 Экология и

природопользование. Кроме того, полученные в ходе работ уникальные фото- и видеоматериалы могут быть использованы для последующих работ в данной тематике.

Структура работы: выпускная квалификационная работа на 138 страниц включает в себя введение, 4 главы, заключение, в котором содержатся выводы по написанной работе, а также список использованной литературы и приложения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование макрозообентоса побережья озёр играет одну из ключевых ролей в изучении кормовой базы рыб. Ладожское озеро, являясь крупнейшим пресноводным водоемом Европы, служит удобной площадкой для подобных исследований благодаря своему биологическому разнообразию и сложной организации мелководий [19 - 21, 40].

Высокое биоразнообразие озерной экосистемы обусловлено обилием водных организмов и растительности, обитающих как в толще воды, так и в донных биотопах.

Гидробионты имеют огромное значение в жизни экосистемы крупнейшего европейского озера – Ладоги, они определяют его экологическое состояние, формируя свою среду обитания [38].

В ходе выполнения исследования были сделаны следующие выводы:

1. Ладожское озеро представляет собой крупнейшую по площади пресноводную акваторию на европейском континенте. Островной состав Ладожского озера отличается выраженной пространственной неоднородностью. Озеро выполняет роль естественного климатического модератора, стабилизируя температурный режим прилегающих территорий.

2. В Ладожском озере обитают от 53 до 58 видов и разновидностей рыб, из которых наиболее многочисленными по видовому составу являются представители семейства карповых. Постоянная ихтиофауна Ладожского озера представлена преобладающим числом видов, чьи жизненные циклы полностью связаны с данным водоемом. В результате устойчивого давления со стороны человеческой деятельности наблюдается сокращение численности таких представителей ихтиофауны, как озерный лосось, форель, паля и сиговые формы, мигрирующие между озером и впадающими в него водотоками. На основании анализа характеристик и биологических функций водной экосистемы, Ладожское озеро может быть отнесено к объектам высшей категории рыбохозяйственного значения.

3. К числу основных компонентов, непосредственно либо опосредованно участвующих в формировании кормовой базы рыб, относятся: подводные заросли высших водных растений (макрофитная растительность), микроскопические фотосинтезирующие организмы, свободно плавающие в толще воды (фитопланктон), а также зоопланктонные и бентосные сообщества, служащие прямым источником питания.

4. В исследуемом внутреннем разрезе района Большой Никоновской бухты во внутреннем профиле № 1 были отмечены и классифицированы следующие типы грунтов: песчано-валунный и песчаный тип с наилком. Микрорельеф дна выражен слабо, рельеф, уплощенный с небольшими колебаниями глубины. Зафиксированы реликтовые рачки-мизиды, которые встречались преимущественно в скоплениях, особенно в сочетании с молодь рыб, количество мизид не превышало 24 экземпляра. Молодь рыб, неопределенная до вида насчитывала 2 экземпляра. Активность мизид наблюдается в пределах всего временного окна, что подтверждает их стабильное присутствие в этой зоне. Придонная зона глубже 20 м служит важным кормовым горизонтом, где сосредоточена основная биомасса мизид. Температура воды значительно снижается при увеличении глубины, что характерно для термоклинных слоев в водных объектах, данные имеют низкую вариативность по глубине, но более выраженную по температуре, наблюдается постепенное снижение температуры с 8,07 °C на глубине 21,34 м до 7 °C на 22,71 м, что свидетельствует о наличии выраженного температурного градиента.

5. В исследуемом внутреннем разрезе района Большой Никоновской бухты во внутреннем профиле № 2 были отмечены и классифицированы следующие типы грунтов: песчано-валунный и песчаный. Зафиксированы реликтовые рачки-мизиды, которые встречались в сочетании с молодь рыб. По проведенным визуальным подсчетам количество мизид, которых удалось определить, не превышало 8 экземпляров. Молодь рыб, неопределенная до вида насчитывала 7 экземпляров. Данный профиль отражает важную кормовую зону для молоди рыб в придонной части озера, где сочетаются наличие кормовых

объектов, подходящие термические условия и микроструктурированное дно, обеспечивающее защиту и концентрацию биоценоза. Отмечена слабая зависимость температуры от глубины, отмечена стабильность температуры, резкие колебания глубины могут быть связаны с техническими особенностями измерений ТНПА.

6. В исследуемом внешнем разрезе района о. Овсяный во внешнем профиле № 1 отмечены и классифицированы следующие типы грунтов: валунный, песчано-валунный и песчаный тип с наилком. На песчаном грунте отмечены мизиды в количестве двух экземпляров. Всего в ходе дешифровки профиля было зафиксировано не больше 3 мизид. Среди гидробионтов ярким представителем стала молодь рыб, неопределенная до видов, в количестве 17 экземпляров. Данный разрез демонстрирует характерную модель распределения кормовой базы и потребителей в пределах термостабильной, глубокой прибрежной зоны. Наблюдается сильная отрицательная зависимость между глубиной и температурой, данные по глубине и температуре имеют значительную вариативность, временной анализ выявил устойчивый тренд увеличения глубины и снижения температуры, что характерно для погружения ТНПА.

7. В исследуемом внешнем разрезе района о. Овсяный во внешнем профиле № 2 отмечены и классифицированы следующие типы грунтов: валунный, песчано-валунный. Всего в ходе дешифровки профиля было зафиксировано не больше 6 мизид. Отмечена молодь рыб, неопределенная до вида в количестве 5 экземпляров. Основная концентрация гидробионтов наблюдается в глубокой части разреза, начиная с глубин около 20 метров. Здесь зафиксировано значительное количество мизид, распределенных по дну вблизи крупных валунов. Локализация в этих участках указывает на наличие кормовой базы, сформированной за счет скоплений органического материала и относительно стабильных температурных условий. Молодь рыб активно использует придонное пространство с высокой плотностью мизид, что указывает

на важную кормовую функцию участка. Отмечена сильная отрицательная линейная зависимость: с увеличением глубины температура понижается.

8. При дешифровке видеопроб с экшн-камеры GoPro получены данные по внешнему и внутреннему разрезу. Наиболее частыми находками во внешнем разрезе стали реликтовые рачки-мизиды, встречались преимущественно в скоплениях, особенно в сочетании с молодью рыб. По проведенным визуальным подсчетам количество мизид на 8 видеопроб составило 511 экземпляров. Таким образом была выявлена зона кормления молоди рыб. единичной особью в видеопробах, стал брюхоногий моллюск, который располагался на скально-валунном субстрате. При классификации грунтов отмечены: песочные грунты, а также песочные с характерными волнами-грядами, песочно-валунные.

9. Наиболее частыми находками во внутреннем разрезе (GoPro) стали реликтовые рачки-мизиды, встречались преимущественно в скоплениях, особенно в сочетании с молодью рыб. По проведенным визуальным подсчетам количество мизид на 11 видеопроб составило 452 экземпляров, в то время как количество неопознанной до вида молоди рыб не превысило 5 экз. Зафиксированы колонии гидр на твердом субстрате. При классификации субстрата отмечены следующие типы: скальный, песчано-каменный и песчаный.

10. Во всех исследованных участках были зафиксированы следы антропогенного загрязнения, выраженные в пластиковых изделиях (стакан, пакеты, обломки посуды), металлических предметах (ржавые элементы), стеклянных бутылках и элементах бытового мусора (тарелки, подносы, плотные пленки и даже детская коляска). Кроме того, было отмечено загрязнение, представляющее собой ствол дерева на глубине 20 метров. Наибольшая концентрация находок отмечена в первом внутреннем разрезе, что может свидетельствовать о близости к точкам выхода туристических маршрутов или мест обитания людей.

Список литературы

1. А. А. Кучко. Валаам – феномен природы. Научно-популярное издание. А. А. Кучко, Н. А. Белоусова, Ю. П. Курхинен [и др.]. Петрозаводск: Карелия. 1988. С. 108;
2. Агроклиматические ресурсы Карельской АССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. 115 с.;
3. Адрианов А.В., Тарасов В.Г., Щербатюк А.Ф. Применение и перспективы сезонного видеомониторинга на особо охраняемых морских акваториях залива Петра Великого (Японское море). Вестник ДВО РАН. 2005. № 1. С. 19-26;
4. Амантов А.М. Этапы геологического развития Ладожского озера // Эволюция природных обстановок и современное состояние геосистемы Ладожского озера. СПб.: Издательство Российского Географического общества, 1993. С. 5–13;
5. Анализ морфометрических характеристик подводного рельефа Ладожского озера на основе цифровой модели / М. А. Наumenко // Известия РАН. Сер. Географическая. Известия РАН. Сер. Географическая. - 2013. - С.62-72.
6. Антропогенное эвтрофирование Ладожского озера / под ред. Петровой Н.А. Л.: Наука, 1982. 304 с;
7. Атлас Ленинградской области / гл. ред. Д. А. Субетто. – СПб.: Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2022. – 112 с.;
8. Барбашова М. А., Курашов Е. А. Макрофауна литоральной зоны Ладожского озера // Литоральная зона Ладожского озера. СПб.: Наука, 2011. С. 219–252;
9. Бизиков В.А., Болтнев Е.А., Петров Е.А., Петерфельд В.А., Черноок В.И. 2019. Экспериментальная авиасъемка байкальской нерпы с использованием БПЛА большой дальности // Труды ВНИРО. Т. 175. С. 226-229;

10. Бузмаков А.С., Санников П.Ю., Андреев Д.Н. 2016. Подготовка и применение материалов аэрофотосъемки для изучения лесов // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 18. № 2 (2). С. 313-316;
11. Гидролокационное обследование дна при геоморфологических исследованиях Ладожского озера / Н. А. Нестеров, М. А. Наumenко, В. В. Гузиватый, С. Г. Каретников // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2015. – № 39. – С. 17-24;
12. Дуленин А.А. Возможности визуального опознавания сообществ сублиторальной растительности в хозяйственных целях // Рыбохозяйственный комплекс России: 300 лет российской академической науке. II Международная научно-практическая конференция. Москва: 2024в. С. 125-130;
13. Дуленин А.А. Комплексный подход к организации прибрежных рыбохозяйственных исследований в условиях сокращения их финансирования // Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление. Мат-лы Всеросс. науч. конф., посвящ. 85-летию КамчатНИРО. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2017а. С. 112-118;
14. Дуленин А.А. О применимости визуальных наблюдений для оценки обилия макрофитов на примере сахарины японской северо-западной части Татарского пролива // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование. Мат-лы VII Всеросс. науч.-практич. конф. с междунар. участием. Ч. 1. Петропавловск-Камчатский, 2016б. С. 80-84;
15. Дятлов М.А. Рыбы Ладожского озера. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2002. - 281 с.;
16. Воякина Е. Ю. Цианобактериальные «цветения» в Ладожском озере в районе Валаамского архипелага. Е. Ю. Воякина, Е. Н. Чернова. Актуальные проблемы планктонологии. IV Всероссийская конференция с международным участием: материалы конференции. Калининград: ФГБОУ ВО КГТУ. 2022. С. 42-45;
17. Запорожец О.М., Запорожец Г.В. 2017. Использование фото- и видеофиксации для оценки количества производителей тихоокеанских лососей

на нерестилищах и путях их миграций: некоторые методические подходы // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 47. С. 77-90;

18. Зенкевич Н.Л. Фотокамеры для съемки дна на больших глубинах/Зенкевич Н.Л.// Тр. Института океанологии АН СССР. 1960. Т. XLIV. 66-80;

19. Зуев Ю.А. Особенности распределения массовых видов ракообразных на прибрежном склоне Ладожского озера // Биология внутренних вод. 2023. № 2. 210-223;

20. Зуев Ю.А., Зуева Н.В. Обилие зообентоса на прибрежном склоне у скалистых берегов о. Валаам (Ладожское озеро) // Биология внутренних вод. 2024. Т. 17. № 2. 243-255;

21. Зуев Ю.А., Зуева Н. В. Опыт исследования макрозообентоса каменистой литорали Ладожского озера // Учен. зап. Рос. гос. гидрометеорологического ун-та. 2013. № 30. С. 134–147;

22. Инвазивные амфиподы как фактор трансформации экосистемы Ладожского озера / Е. А. Курашов, М. А. Барбашова, Д. В. Барков [и др.] // Российский журнал биологических инвазий. – 2012. – Т. 5, № 2. – С. 87-104;

23. Калесник С.В. Ладожское озеро. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 160 с;

24. Коротаев А.А., Новопашин Л.А. 2015. Применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга сельскохозяйственных угодий и посевных площадей в аграрном секторе // Аграрный вестник Урала. Т. 12. № 142. С. 38-42;

25. Кудерский Л.А. Пути формирования ихтиофауны Ладожского озера // Общество, среда, развитие. 2007. № 3 (4). С. 102–110;

26. Кудерский Л.А. Состав и промысловое значение рыбного населения Ладожского озера // Сборник научных трудов ГосНИОРХ. 2009а. Вып. 334. С. 138-212;

27. Кудерский Л.А. Состояние рыбных ресурсов Ладожского озера // Ладожскому озеру — надежную защиту. Санкт-Петербург: ИНОЗ РАН. 2009б. С. 73–85;
28. Ладога: [монография] / В. А. Румянцев и др.; под ред. В. А. Румянцева, С. А. Кондратьева ; Российская акад. наук, Ин-т озероведения. - Санкт-Петербург : Нестор-История, 2013. 467 с;
29. Ладожское озеро и достопримечательности его побережья. Атлас / ред. В.А. Румянцев. – СПб.: Нестор-История, 2015. – 200 с.;
30. Мещанинова Е.Г., Николюкина В.О. 2018. Перспективы использования БПЛА при осуществлении земельного надзора // Экономика и экология территориальных образований. Т. 2. № 3. С. 122-128;
31. Мокиевский В.О. Подводная видеосъемка как метод количественного изучения бентоса // Современные методы и средства океанологических исследований: сб. ст. XIV международной научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ 2015)». – Т. II. – М., 2015. – С. 311–315;
32. Молчанов И.В. Ладожское озеро. Л.-М.: Гидрометеиздат, 1945. 552 с;
33. Науменко, М. А. Анализ морфометрических характеристик подводного рельефа Ладожского озера на основе цифровой модели / М. А. Науменко // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2013. – № 1. – С. 62-72;
34. Озера Карелии. Справочник / Под ред. Н.Н. Филатова, В.И. Кухарева. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2013. – 464 с.;
35. Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: материалы V Международной научной конференции 12–17 сентября 2016 г., Минск – Нарочь / сост. и общ. ред. Т. М. Михеева. – Мн.: БГУ, 2016. – С. 229-231;

36. Попов Е.А. Физико-географическая характеристика шхерной части Ладожского озера // Комплексные исследования шхерной части Ладожского озера. – М.-Л.: ИАН СССР, 1961 – 163 с.;
37. Пьянов А. А. Обзор современных методов эколого-ландшафтных исследований прибрежных акваторий // Географические и геоэкологические исследования на дальнем востоке. Владивосток: "Издательство Дальнаука", 2019. 107-115;
38. Распопов И.М. Видовое разнообразие высших водных и прибрежно-водных растений в литоральной зоне Ладожского озера // Фиторазнообразие восточной Европы. № 7. Тольятти: Изд. «Кассандра», 2009. С. 173–180;
39. Распределение эпифауны макробентоса в дальневосточном морском заповеднике ДВО РАН по материалам дистанционной подводной видеосъемки Жариков В.В., Лысенко В.Н. / В. В. Жариков ; соавт. Лысенко В.Н. // Биология моря. Биология моря. - 2016. - С.231-240;
40. Румянцев В.А., Кудерский Л.А. Ладожское озеро: общая характеристика, экологическое состояние // Общество. Среда. Развитие. 2010. № 1. С. 171-182;
41. Современное состояние и проблемы антропогенной трансформации экосистемы Ладожского озера в условиях изменяющегося климата / Под редакцией д.ф.-м.н. С.А. 89 Кондратьева, д.г.н. Ш.Р. Позднякова, академика РАН, проф. В.А. Румянцева. ИНОЗ РАН, Москва, 2021. 640 с.;
42. Степанова А.Б., Воякина Е.Ю., Бабин А.В., Зуева Н.В., Зуев Ю.А. Результаты исследований прибрежной зоны Ладожского озера в районе Валаамского архипелага (1998-2019 гг.) в РГГМУ // Гидрометеорология и экология. 2020. № 60. С. 325-350;
43. Субетто Д.А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. СПб.: Изд. РГПУ им. А.И. Герцена, 2009. 344 с.;
44. Тихомирова Л. П. Питание ладожских сигов // Рыбохозяйственное изучение внутренних водоемов. 1975. № 16. С. 14–20;

45. Тихомирова Л. П., Болотова Т. Т. Питание сига-лудог Ладожского озера // Известия ГосНИОРХ. 1977. Т. 116. С. 91–98;
46. Тихомирова Л.П., Болотова Т.Т. 1977. Питание сига-лудог Ладожского озера // Изв. ГосНИОРХ. Т.116. С.91-96;
47. Christie K.S., Gilbert S.L., Brown C.L., Hatfield M., Hanson L. 2016. Unmanned aircraft systems in wildlife research: current and future applications of a transformative technology // *Frontiers in Ecology and the Environment*. V. 14. Issue 5. P. 241-251;
48. Maselko J.M., Connor W.P. 2016. Testing unmanned aircraft systems for salmon spawning surveys // *FACETS*. V. 1. P. 187-204;
49. Toonen H.M., Bush S.R. 2018. The digital frontiers of fisheries governance: fish attraction devices, drones and satellites // *J. of Environmental Policy and Planning*. V. 22 (1). P. 125-137;
50. Weissensteiner M. H., Poelstra J. W., Wolf J. B.W. 2015. Low-budget ready-to-fly unmanned aerial vehicles: an effective tool for evaluating the nesting status of canopy-breeding bird species // *J. of Avian Biology*. V. 46. P. 001-006.