

На правах рукописи



Севостьянова Екатерина Александровна

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ ВОДОЕМОВ
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ
(НА ПРИМЕРЕ Г. КАЛИНИНГРАДА)**

1.5.15 Экология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата
биологических наук

Калининград – 2024

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Калининградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «КГТУ»), Федеральное агентство по рыболовству

Научный руководитель:

кандидат геолого-минералогических наук
ЦУПИКОВА Надежда Александровна

Официальные оппоненты:

МИНГАЗОВА Нафиса Мансуровна, доктор биологических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»), заведующий кафедрой природообустройства и водопользования Института управления, экономики и финансов, заведующий лабораторией Оптимизации водных экосистем

ДМИТРИЕВА Ольга Александровна, кандидат биологических наук, Государственный научный центр Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Защита состоится 16 декабря 2024 г. в 14-00 часов на заседании диссертационного совета Д 37.2.007.05 на базе ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» по адресу: г. Калининград, ул. Профессора Баранова, д. 43, Зал заседаний диссертационных советов (ауд. 101).

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», электронные варианты представлены на сайте: https://www.klgtu.ru/upload/dissertations/sevostianova/sevostianova_diss.pdf

Автореферат разослан «__» октября 2024 г.

Отзывы на автореферат следует посылать по адресу: 236022, Калининград, Советский пр., д. 1, ФГБОУ ВО «КГТУ», диссертационный совет Д 37.2.007.05, председателю Науменко Е.Н., а также по электронной почте: elena.naumenko@klgtu.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук



С.В. Агафонова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Водоемы и окружающая их территория – важная составляющая городских рекреационных общественных пространств. Они являются частью ландшафтно-архитектурного облика городов и способствуют повышению привлекательности городской среды в случае их благоприятного эстетического и экологического состояния.

Сведения о водоемах, находящихся в городской черте, стали появляться не так давно и, в основном, посвящены исследованию их отдельных компонентов. Позднее пруды начинают рассматриваться не просто как объекты природной среды, но и как объекты городской и пригородной рекреации (Авакян, 1973; Бушмелева, 1986; Васильев, 1988; Мингазова, 1999; Розумная, 2003; Климович, 2008). Уже в публикациях 1970-х гг. указывается, что рекреационное использование водных объектов является одним из основных источников негативного воздействия на их экологическое и санитарное состояние (Васильев, 1975; Фальковская, 1978; Миронова, 1979). Последствия интенсивного использования водных объектов рассмотрены в ряде работ, посвященных их экологическому состоянию, устойчивости и способности к самоочищению (Дмитриев, 2000, 2013; Зинченко, 2006; Мингазова, 2010, 2014).

Малые водоемы, являясь элементом урбоэкосистемы, отличаются специфическими лимнологическими показателями, из-за чего они обладают сниженной способностью к самоочищению, повышенным риском антропогенного загрязнения. Возможность своевременного выявления и нормирования антропогенного воздействия во многом зависит от полноты и достоверности используемой для этих целей информации о состоянии водных объектов. В связи с этим изучение экологического состояния водных объектов с учетом видов их использования, оценка стабильности экосистем небольших водоемов приобретают особую актуальность для сохранения одного из компонентов эколого-природного каркаса города. Актуальность подтверждает количество работ по теме исследования в других регионах Российской Федерации (Синицкий, 2002; Мингазова, 2008, 2013, 2014; Бучельников, 2014; Деревенская, 2019; Галеева, 2023; Акмалова, 2023) и зарубежных странах (Nakanson, 1981; Biggs, 2005; Scheffer, 2006; Downing, 2006; Thornhill, 2013; Hassall, 2014; Richardson, 2022; Rocher-Ros, 2023; Vilenica, 2024; Zhang, 2024; Jandaghian, 2024).

Степень разработанности темы. Большой вклад в развитие региональных исследований Калининградской области внесли работы, посвященные загрязнению рек области и озера Виштынецкого, состоянию ихтиоценозов внутренних водоемов (Орленок, 2003; Нагорнова, 2012; Берникова, 2013; Шибаета, 2013; Шибаета, 2014; Семенова, 2015; Винокурова, 2016; Дмитриева, 2017; Цупикова, 2018; Зотов, 2020). Сфера их изучения затрагивала в основном водоемы и водотоки области. Малые

городские водоемы описаны фрагментарно, поэтому их виды, размеры, объемы воды, как правило, неизвестны, а экологические характеристики, за редким исключением, отсутствуют.

Цель работы: изучение особенностей и выявление закономерностей изменения экологического состояния малых городских водоемов разных типов с учетом влияния внешней биогенной нагрузки (на примере г. Калининграда).

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

1. Проанализировать влияние морфометрических параметров исследуемых водоемов на их эколого-биологические особенности в черте урбоэкосистем г. Калининграда.

2. Изучить сезонную динамику гидрохимических показателей.

3. Исследовать качественные и количественные характеристики фито- и зоопланктона.

4. Оценить экологическое состояние водных объектов по трофическим и сапро-биологическим показателям.

5. Определить величину внешней биогенной нагрузки на исследуемые водоемы.

Объект исследования: десять малых водоемов, расположенных в черте г. Калининграда.

Предмет исследования: экологическое состояние малых водоемов г. Калининграда по гидрохимическим показателям и характеристикам фито- и зоопланктона.

Научная новизна. Впервые для десяти городских водоемов г. Калининграда, различающихся по происхождению, лимнологическим характеристикам, характеру и уровню биогенной нагрузки, выполнена оценка экологического состояния по гидрохимическим показателям и характеристикам фито- и зоопланктона; построены карты-схемы, отражающие качество воды по 15 показателям; проведены морфометрические съемки с последующим построением батиметрических карт; установлено, что даже самые крупные из рассматриваемых водных объектов относятся к категории «малых»; для отдельных водоемов впервые получена гидробиологическая характеристика (описаны таксономическая структура и количественные характеристики фито- и зоопланктона); показано, что «цветение» некоторых водоемов г. Калининграда обусловлено не только цианопрокариотами, но также и динофитовыми водорослями, доминирующими по биомассе летом. Охарактеризован диапазон основных гидрохимических характеристик, выполнен анализ их сезонной и межгодовой изменчивости. Выявлено, что к показателям, наиболее часто превышающим допустимые значения, относятся биогенные вещества (в водоемах

руслового типа), и железо общее (во всех мелководных прудах); проведено сравнение калининградских водоемов по различным трофическим и сапро-биологическим показателям и сформированы предположения об их информативности.

Теоретическая значимость работы. Исследование подтверждает повышенную уязвимость малых экосистем к изменению факторов внешней среды. Полученные данные вносят большой вклад в развитие региональных исследований в области экологии и гидробиологии малых водоемов и могут послужить базой для паспортизации городских водоемов г. Калининграда.

Мониторинг позволил охарактеризовать межгодовую динамику гидрохимических, гидробиологических показателей малых водоемов в городских условиях. Результаты исследования дают возможность прогнозировать изменение экологического состояния водных объектов под воздействием внешних факторов.

Практическая значимость работы. Полученные результаты в будущем могут послужить основой для реализации программы благоустройства, охраны и рационального использования малых водоемов администрацией г. Калининграда, карты-схемы экологического состояния городских водоемов могут применяться при выполнении работ по городскому планированию, оценке ущерба от хозяйственной деятельности. Создана информационная база для выполнения паспортизации водоемов г. Калининграда.

Результаты диссертационного исследования внедрены и используются в работе Министерства природных ресурсов и экологии Калининградской области при осуществлении деятельности в сфере изучения, использования, охраны водных объектов, а также в целях предотвращения и ликвидации негативного воздействия на поверхностные водные объекты (акт внедрения от 27.09.2024), в образовательном процессе ФГБОУ ВО «КГТУ» при подготовке студентов бакалавриата по направлению 05.03.06 Экология и природопользование на дисциплинах «Социальная экология», «Геоэкология», «Картографирование природопользования», «Учение о гидросфере» (акт внедрения от 30.08.2023).

Методология и методы исследования. В основе работы лежит анализ экосистем малых городских водоемов, направленный на оценку их экологического состояния, таксономического состава изучаемых гидробионтов и определение воздействия внешних факторов. Водные объекты представляют собой сложные системы, представляющие совокупность физических, химических и биологических компонентов, которые требуют применения интегрированных подходов в исследовательской практике. Методология исследования включает в себя использование разнообразных общенаучных методов, которые служат для сбора данных, их анализа и интерпретации с целью понимания динамики и взаимодействия рассматриваемых компонентов экосистем (морфология ложа дна, состав воды, фитопланк-

тон, зоопланктон). Полученные результаты статистически обработаны с применением специализированных программ и визуализированы с помощью ГИС-технологий.

Положения, выносимые на защиту:

1. Временная гетерогенность гидрохимических показателей (перманганатная окисляемость, азот аммонийный, общее железо) и характеристик фитопланктона (структура численности и биомассы) свойственна русловым и мелководным копаным водоемам г. Калининграда вследствие влияния их морфологических особенностей на условия формирования экосистем.

2. Неоднозначность в толковании используемых индексов свидетельствуют о различной степени их информативности и применимости для малых водоемов г. Калининграда.

3. Ухудшение экологического состояния проточных водоемов г. Калининграда по сравнению с бессточными акваэкосистемами обусловлено аллохтонными поллютантами.

Степень достоверности результатов. Достоверность полученных результатов подтверждается большим массивом накопленного фактического материала, применением методов математического анализа и картографирования, использованием утвержденных методов анализа, статистической обработки данных и компьютерных программ Statistica v.6.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, Okla., USA), MS Excel, Golden Software Surfer и ArcGis.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы были представлены на региональных, всероссийских и международных конференциях: VIII, X, XIII Всероссийских научно-практических конференциях «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование» (Петропавловск-Камчатский, 2017, 2019, 2022), VIII молодежном экологическом Конгрессе «Северная Пальмира» (Санкт-Петербург, 2017), V, VI, VII, VIII, IX, X, XI Балтийском морском форуме в рамках Всероссийской научной конференции «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов» (Калининград, 2016, 2017, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023), Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов Юргинского технологического института (Томск, 2020), Всероссийской научной конференции «Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире» (Казань, 2021), II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Водные биоресурсы и аквакультура юга России» (Краснодар, 2022).

Декларация личного участия. Автором самостоятельно произведена постановка проблемы и определение задач для ее решения. Автор лично осуществлял отбор проб на все виды анализов, самостоятельно проводил гидрохимическое опре-

деление содержания исследуемых веществ в водах водоемов, выполнял анализ фитопланктона по материалам, собранным в 2019-2022 гг., участвовал в съемке рельефа дна водоемов, построении батиметрических карт, выполнял расчеты и анализ полученных результатов.

Часть результатов, представленных в диссертации, получена в ходе участия автора в выполнении инициативной НИР 01-44-002.2 «Изучение экологического состояния городских прудов Калининграда» совместно с другими исполнителями.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликована 21 работа, в том числе 4 статьи в ведущих рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК РФ.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 174 страницах и состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы (181 наименование, из которых – 26 на иностранных языках), 8 приложений. Иллюстративный материал основной части включает 11 таблиц и 58 рисунков.

Соответствие паспорту специальности. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 1.5.15 Экология (п. 7, п.10).

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю канд. геол.-мин. наук Н.А. Цупиковой, заведующему кафедрой водных биоресурсов и аквакультуры д-ру биол. наук, профессору С.В. Шибаеву, директору института рыболовства и аквакультуры канд. биол. наук, доценту О.А. Новожилову, канд. биол. наук А.В. Алдушину, канд. биол. наук, доценту О.В. Казимирченко, канд. биол. наук Е.А. Масюткиной, ведущему инженеру О.С. Суэтиной, заместителю директора по научной и международной деятельности канд. биол. наук А.С. Бурбах, а также сотрудникам, студентам и аспирантам кафедры водных биоресурсов и аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ» за всестороннюю помощь и поддержку при выполнении диссертационного исследования. Отдельно хочу выразить признательность своей семье за проявленное терпение, понимание, активное участие и поддержку.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

В главе дается обзор гидрологических, гидрохимических и гидробиологических работ, посвященных внутренним водоемам. Отмечается общая направленность работ начала XX века, выражающаяся в изучении условий жизни рыб и использовании водных объектов для нужд сельского хозяйства. В качестве наиболее известных и получивших широкое признание рассматриваются работы А.А. Лебединцева, Н.К. Дексбаха, Г.Г. Винберга, Г.Ю. Верещагина и Л.Л. Россолимо, О.А. Алекина, В.И. Жадина.

Рост урбанизации и переоценка значимости водных объектов, когда озера и пруды приобретают не только хозяйственное, но и рекреационное назначение, послужили толчком для появления работ, посвященных их экологическому состоянию, устойчивости и способности к самоочищению, а также изучению сходства в функционировании искусственных и естественных водоемов в Российской Федерации (Мингазова, 2008, 2013, 2014; Зинченко, 2018; Деревенская, 2019) и зарубежных странах (Hakanson, 1981; Biggs, 2005; Scheffer, 2006; Downing, 2006; Thornhill, 2013; Hassall, 2014; Richardson, 2022; Rocher-Ros, 2023; Vilenica, 2024; Zhang, 2024; Jandaghian, 2024).

Направление общего тренда развития исследований в Калининградской области совпадает с таковым в России, где большее внимание ученых сосредоточено на более крупных водных объектах, имеющих рыбохозяйственное значение. Отмечается появление фрагментарных описаний водоемов Калининградской области и недостаточность изученности малых городских водоемов, отсутствие сведений об их типологии, размерах, и, за редким исключением, экологических характеристиках.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор гидрохимических проб на водоемах осуществлялся ежемесячно с марта по ноябрь в соответствии с утвержденным регламентом по семи веществам, перечень анализов расширялся в ходе комплексной съемки и составлял 14 элементов (Рекомендации..., 2012). Анализы проводились по общепринятым методикам (Характеристики..., 2016).

Анализ фитопланктона осуществлялся с применением общепринятых методик (Мордухай–Болтовской, 1975; Руководство..., 1983). Пробы для учета таксономического состава, численности и биомассы фитопланктона отбирали из фотического слоя летом 2021-2022 гг. Фиксацию проб проводили раствором Люголя с добавлением формалина и ледяной уксусной кислоты. Пробы концентрировали методом прямой фильтрации воды через мембранные фильтры с диаметром пор 5,0 и 1,2 мкм. Определение биомассы проводилось счетно-объемным стереометрическим методом (Методика..., 1975). В работе использовался ряд определителей (Комарек, 1998, 2005, 2013; Беякова, 2006; Волошко, 2008; Капустин, 2011; Крахмальский, 2011; Медведева, 2014) и онлайн база данных Algaebase. Индекс сапробности рассчитывался по методу Пантле-Букка в модификации Сладечека (1973). Степень «цветения» воды определялась по шкале М.Л. Пидгайко (1969). Оценка экологического состояния производилась по У. Мишке (2002).

Сбор зоопланктона проводился с помощью малой сети Джели из газа № 70 в центральной части водоемов тотальным ловом от дна до поверхности. Пробы фиксировали 40% формалином до конечной концентрации в пробе 4%. Обработка собранного материала выполнялась общепринятыми методами (Методические рекомендации..., 1982; Абакумов, 1992) с использованием определителей (Мануйлова,

1964; Кутикова, 1970; Определитель ..., 2010; Коровчинский и др., 2021). В работе рассматривается ряд общепринятых структурных показателей (Андроникова, 1996): численность организмов (тыс. экз./м³), биомасса (г/м³), общее число таксонов, соотношение численности основных систематических групп. Расположение объектов исследования представлено на рисунке 1.

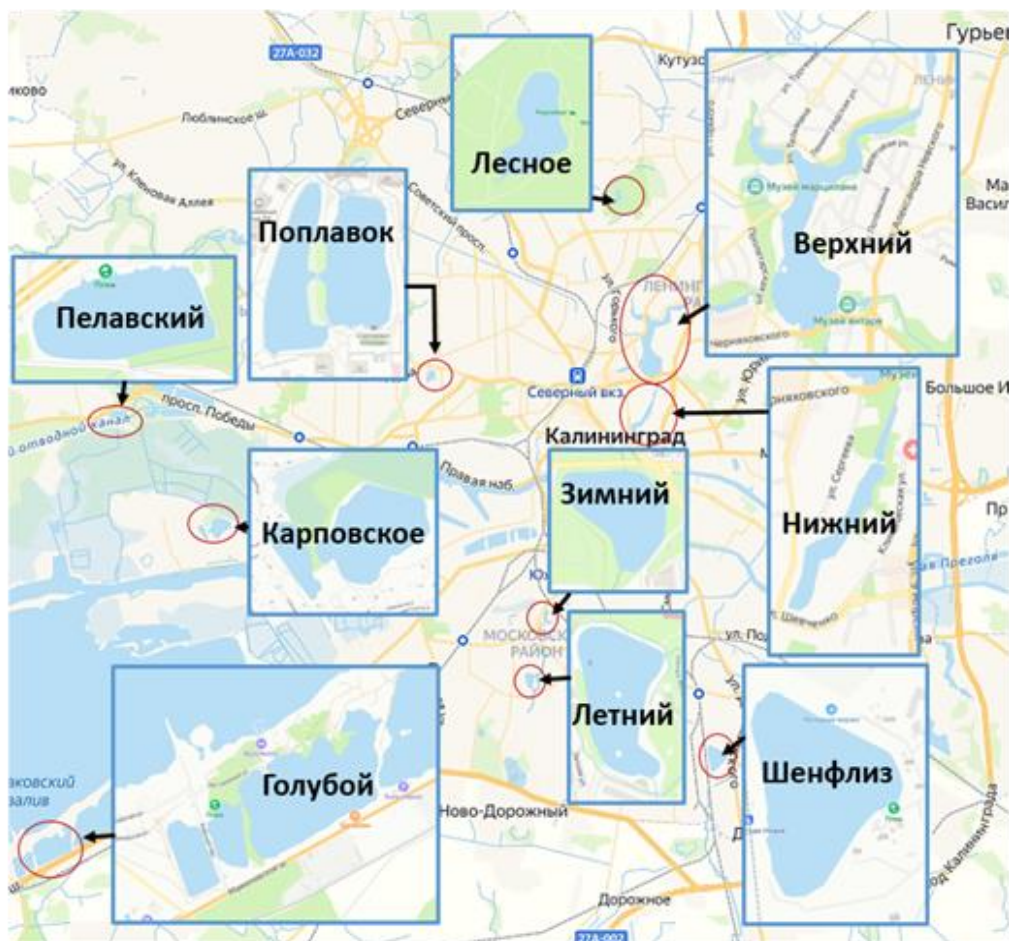


Рисунок 1 – Схема расположения исследуемых водоемов

Все полученные данные подвергнуты статистической обработке с использованием программ Statistica v.6.0, MS Excel. При анализе данных рассчитывали средние показатели и их погрешности. Корреляция рассматриваемых параметров проводилась по методу Спирмена с уровнем значимости $p < 0,05$.

Для определения морфометрических характеристик была проведена батиметрическая съемка с использованием эхолотации и последующей обработкой материалов с использованием геоинформационных систем Golden Software Surfer и ArcGis.

Оценка трофического статуса и сапробности проводилась в соответствии с ГОСТ 17.1.2.04-77 и по методике О.П. Оксюк и др. (1993), трофического индекса – по Р.Е. Карлсону (1977), А.Ю. Милиус (1979), коэффициенту трофии (E/O) (Андроникова, 1996), рекреационной нагрузки – по Н.Г. Прудниковой (2003). Внешняя

нагрузка в работе представлена рассредоточенной эмиссией химических веществ (Кондратьев, 2010). Величины допустимой нагрузки рассчитывались по Р.А. Фолленвайдеру (1968). Степень нарушенности состава вод по гидрохимическим показателям рассчитывалась по схеме, предложенной Е.П. Овчаровой и О.В. Кадацкой (2014), расчет индекса загрязнения воды производился по шести ингредиентам (Методические..., 1988).

ГЛАВА 3. ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассматриваемые водные объекты рассредоточены по территории города. Водоемы карьерного типа, используемые в купальных целях, расположены на периферии, другие пруды, как правило, локализованы в центральных частях каждого из административных районов г. Калининграда. Они одновременно выполняют несколько функций, но в основном используются как ландшафтно-декоративные объекты инфраструктуры и места городского и пригородного отдыха. Все пруды являются объектами любительского рыболовства. В летнее время на водоемах карьерного типа организуются пляжная и купальная зоны.

Водоемы дифференцированы по способам сооружения, степени благоустроенности, проточности, бассейновой принадлежности и минерализации.

По происхождению: русловые пруды (Верхний, Нижний, Зимний); пруды-копани (Лесной, Поплавок, Летний); водоемы карьерного происхождения (Пелавский, Карповский, Голубой, Шенфлиз). По степени благоустроенности водоемы были разделены на: благоустроенные (Верхний, Нижний, Поплавок, Летний); неблагоустроенные (Лесной, Карповский, Голубой, Шенфлиз, Пелавский (благоустроен в 2023), Зимний). Пруды разделены по принципу бассейновой принадлежности: Калининградский залив (пруд Голубой), р. Преголя (правобережная часть – пруды Карповский, Пелавский, Поплавок, Лесной, Верхний и Зимний, левобережная часть – Летний, Зимний и Шенфлиз). Проведена дифференциация водоемов по степени их проточности: проточные (Верхний – продольно-поперечный тип; Нижний, Зимний – продольный тип); бессточные (Летний, Поплавок, Лесной, Пелавский, Карповский, Шенфлиз, Голубой). Величина минерализации у большинства водоемов была схожа. Все пруды мало- и среднеминерализованные (до 500 мг/л), пруды Голубой и Зимний характеризовались повышенной минерализацией (до 1000 мг/л) (Алекин, 1970).

Морфометрические и гидрологические характеристики изучаемых водоемов ранее не были известны. Все они имеют искусственное происхождение и относятся к категории малых по площади (ГОСТ 17.1.1.02—77). Водоемы карьерного типа имеют более значительные средние и максимальные глубины по сравнению с копанами и русловыми прудами (рисунок 2).

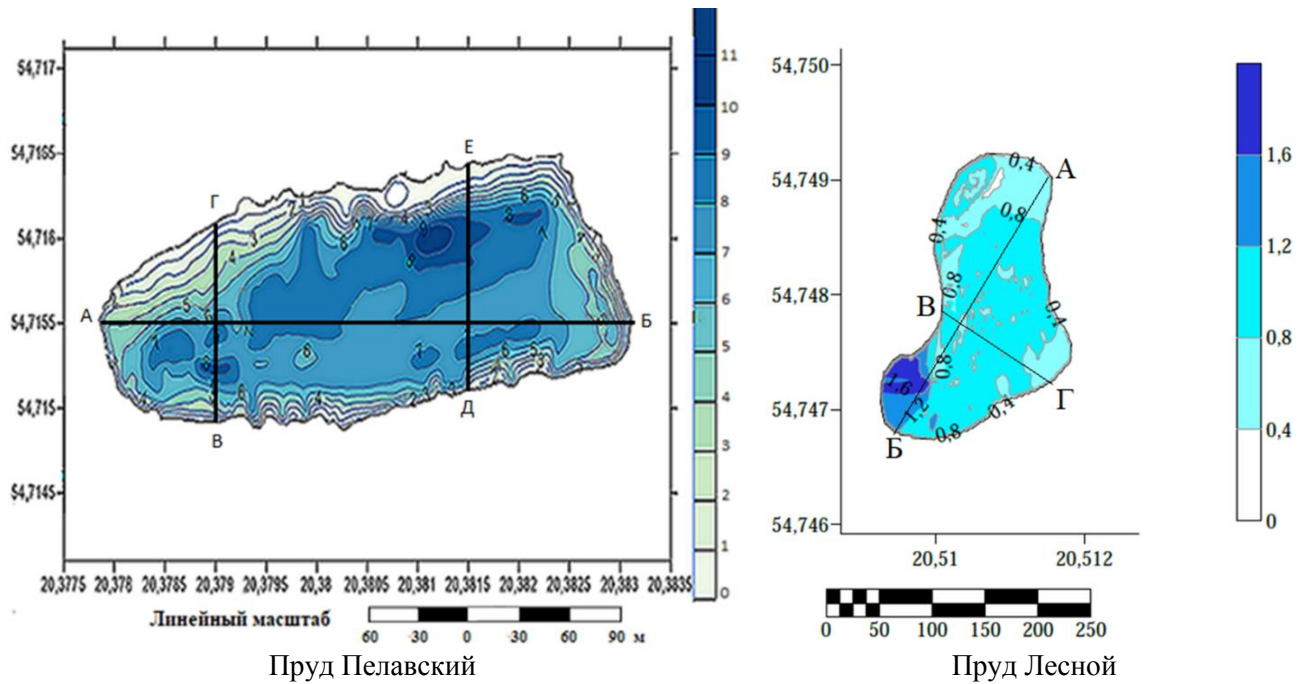


Рисунок 2 – Батиметрические карты некоторых изучаемых водоемов

Все пруды, кроме системы Верхнего-Нижнего, относятся к водоемам с малым и очень малым удельным водосборным бассейном. Для группы водоемов карьерного типа, как правило, характерно сложное строение котловины с резким перепадом глубин, более крутым подводно-береговым склоном и расчлененным на несколько частей дном, более значительным объемом вод по сравнению с копаными водоемами. Ложе русловых водоемов также имеет сложный рельеф с узкими котловинами, вытянутыми вдоль основной оси проточности.

Строение ложа дна, проточность и размер водосборного бассейна определяют особенности протекания биологических и гидрохимических процессов. Прослеживалось влияние морфометрических параметров на некоторые гидрохимические показатели и характеристики фитопланктона. Средняя теснота связи наблюдалась между величиной перманганатной окисляемости, содержанием общего железа и средней, максимальной глубинами. Площадь водосборного бассейна и величина удельного водосбора также характеризовались средней теснотой связи с азотом аммонийным и фосфором фосфатов. Общая численность и биомасса фитопланктона коррелировали с долей мелководий рассматриваемых прудов (0,53-0,55).

ГЛАВА 4. ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

За период наблюдений показатели температуры воды в водоемах были схожи между собой. В мелководных водоемах часто наблюдалась гомотермия, отмечались значительные колебания значений, связанные с сильной зависимостью от погодных условий. Глубоководные водоемы демонстрировали большую стабильность и меньшую амплитуду кратковременных температурных изменений.

При интенсивном развитии фитопланктона прозрачность снижалась. По величине коэффициента относительной прозрачности большинство водоемов относилось к оптически мелководным водоемам (Китаев, 2007).

Отмечена гетерогенность в изменении водородного показателя (рН) в исследуемых прудах – от 6 до 10. В сезонной динамике его увеличение происходило весной, с ростом температуры воды.

Абсолютное содержание кислорода в водоемах купального назначения не опускалось ниже рекомендуемой нормы. Наименьшие концентрации обнаруживались в среднегодовой динамике осенью во время распада органического вещества. Стабильно высокое в течение всего периода, без выраженного годового хода, содержание кислорода наблюдалось в водоеме, прошедшем экологическую реабилитацию, и в пруду парковой зоны (пруды Поплавок и Лесной). Нарушение нормативов и высокая вариабельность сезонного хода неоднократно отмечались в водоемах руслового типа (наиболее низкие значения вблизи устьев впадающих водотоков) и пруду Летнем. Относительное содержание кислорода колебалось в широком диапазоне – от значительного недосыщения осенью в большинстве прудов (до бета-альфамезосапробных вод) до перенасыщения воды кислородом летом (более 150% – до полисапробных вод) (ГОСТ, 1977).

Величина перманганатной окисляемости (ПО) наблюдалась от повышенной (8,5-13,4 мгО/л) в русловых прудах и водоемах с малым объемом вод до эпизодически высокой (до 22 мгО/л) в Летнем. В сезонном ходе повышенная перманганатная окисляемость наблюдалась во всех прудах в весенне-летний период во время увеличения интенсивности продукционных процессов. Сезонный ход перманганатной окисляемости в отдельно взятые годы имел «пилообразный» вид во всех прудах, что свидетельствует о сильном влиянии на экосистему процессов поступления аллохтонных веществ и внутренних процессов деструкции органики. В отдельные периоды мониторинга прослеживалась тесная связь между суммой атмосферных осадков и изменением величины перманганатной окисляемости. Отмечается явный тренд роста величины окисляемости в одном из водоемов руслового типа (пруд Нижний). По содержанию органических веществ все водоемы, кроме Верхнего и Летнего, относились к среднему классу. Значения БПК₅ во всех исследуемых объектах летом были выше нормативного значения.

Содержание аммонийного азота (NH_4^+) в водах исследуемых водоемов значительно колебалось (таблица 1). Во многих прудах обнаруживались концентрации, превышающие ПДК_{рх} в несколько раз (наибольшие – в проточных водоемах). В сезонной динамике содержание азота аммонийного, как и перманганатной окисляемости, изменялось «пилообразно». Концентрации биогенного элемента имели среднюю тесноту связи с площадью водосборного бассейна. Отмечен тренд на

уменьшение содержания азота аммонийного, особенно в системе водоемов руслового типа Верхний-Нижний, что, возможно, связано с работой администрации города по устранению стоков во впадающие ручьи, являющиеся частью водосборного бассейна. Улучшение состояния пруда Пелавского, вероятно, обусловлено рекультивацией рядом расположенного полигона. Других минеральных соединений азота в водах прудов растворено мало.

Таблица 1 – Среднесезонные значения показателей, наиболее часто превышающих ПДК в водоемах г. Калининграда

Параметр	Сезон	Тип водоема						
		Карьеры				Непроточные пруды-копани		
		Шенфлиз	Пелавский	Карповский	Голубой	Лесной	Поплавок	Летний*
NH ₄ ⁺ , мгN/л	весна	0,17±0,04	0,88±0,30	0,30±0,09	0,37±0,05	0,29±0,05	0,24±0,08	1,12±0,36
	лето	0,19±0,07	1,06±0,40	0,35±0,08	0,23±0,06	0,21±0,03	0,24±0,04	1,07±0,20
	осень	0,16±0,03	1,34±0,08	0,31±0,05	0,48±0,05	0,21±0,04	0,17±0,02	0,88±0,23
PO ₄ ³⁻ , мгP/л	весна	0,00±0,00	0,03±0,01	0,02±0,01	0,00±0,00	0,02±0,01	0,02±0,01	0,06±0,01
	лето	0,01±0,01	0,02±0,01	0,02±0,01	0,01±0,01	0,03±0,01	0,03±0,01	0,11±0,06
	осень	0,01±0,01	0,08±0,04	0,03±0,02	0,01±0,00	0,01±0,01	0,04±0,01	0,06±0,02
Fe ²⁺ +Fe ³⁺ , мгFe/л	весна	0,11±0,02	0,14±0,02	0,23±0,02	0,08±0,02	0,19±0,05	0,15±0,05	0,19±0,01
	лето	0,07±0,01	0,12±0,03	0,29±0,07	0,04±0,01	0,27±0,03	0,18±0,03	0,52±0,15
	осень	0,04±0,02	0,09±0,04	0,41±0,05	0,05±0,00	0,15±0,04	0,13±0,02	0,23±0,23

Продолжение таблицы 1

Параметр	Сезон	Тип водоема		
		Проточные водоемы		
		Верхний	Нижний	Зимний
NH ₄ ⁺ , мгN/л	весна	1,14±0,22	0,50±0,04	0,68±0,28
	лето	1,10±0,34	0,61±0,1	0,20±1,46
	осень	1,53±0,08	0,74±0,2	0,61±0,16
PO ₄ ³⁻ , мгP/л	весна	0,05±0,02	0,08±0,01	0,15±0,05
	лето	0,12±0,06	0,12±0,03	0,16±0,06
	осень	0,15±0,03	0,10±0,02	0,14±0,04
Fe ²⁺ +Fe ³⁺ , мгFe/л	весна	0,29±0,04	0,26±0,04	0,23±0,02
	лето	0,21±0,04	0,36±0,08	0,21±0,06
	осень	0,21±0,02	0,31±0,06	0,23±0,01

Примечание: красным цветом выделены значения, превышающие ПДК_{рх}; * до благоустройства был проточным водоемом

Фосфора фосфатов (PO₄³⁻) в водоемах карьерного и копанного типа немного и меньше ПДК_{рх} для мезотрофных и олиготрофных водоемов. В водоемах руслового типа содержание PO₄³⁻ значительно выше. В межгодовой динамике отмечается обогащение фосфором фосфатов вод некоторых проточных водоемов – прудов Зимнего и Нижнего, а также в водоеме, после благоустройства утратившем связь с впадавшим ранее каналом (пруд Летний). В остальных водоемах минерального фосфора содержалось очень мало.

Особенностью гидрохимического режима рек и озер Калининградской области является высокое содержание железа общего (Fe²⁺+Fe³⁺), вследствие чего для

всех водоемов, в особенности мелководных, характерно превышение нормативов по этому веществу. В водоемах карьерного типа его концентрации были значительно ниже, наблюдалась отрицательная корреляционная связь между содержанием железа и глубиной водоема (до минус 0,72).

По гидрохимическим показателям отмечалось явное снижение качества вод в водоемах руслового типа, а также ранее имевших связь с водотоками.

ГЛАВА 5. ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Таксономический состав фитопланктона отличался среди водоемов различных групп – от 36 до 81 таксонов водорослей летом 2021 г. и от 34 до 62 таксонов в 2022 г. из восьми систематических отделов. Наибольшее число таксонов встречалось в более загрязненных водоемах и, напротив, наименьшее – в водоемах с благополучным состоянием по ряду гидрохимических показателей. Наибольшим видовым богатством отличались зеленые водоросли, обилие которых достигало 54 таксонов в пруду Верхнем в 2021 г. Более 20% от их числа являлись представителями семейства Scenedesmaceae. Эколого-географический анализ показал, что в составе фитопланктона городских мелководных водоемов г. Калининграда по местообитанию водорослей ведущее положение занимают планктонные формы (78-94% от общего числа микроводорослей с известным положением). В водоемах карьерного типа их доля чуть ниже (71-85%). Во всех объектах отмечается широкое распространение космополитов (81-94%) и индифферентных по отношению к величине рН и солености (68-88%) видов.

Средняя численность фитопланктона сильно зависела от степени развития цианопрокариот и за время наблюдения находилась в диапазоне 1,5-385 млн кл./л. Наибольшая численность отмечалась в 2021 г. в мелководных прудах Летнем и Нижнем (276-383 млн кл./л: Цианопрокариота более 90%). В пруду Летнем доминировали водоросли рода *Microcystis* (54%), в пруду Нижнем подобное развитие получил *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault, 1886. Меньшее количественное развитие фитопланктона наблюдалось в водоемах купального назначения (кроме Карповского – доминировали *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988 в комплексе с *Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann) Komárek, 1974). В большинстве водоемов биомасса фитопланктона достигала степени «сильное цветение» (Пидгайко, 1969), в среднем варьировала между 20-35 мг/л. Набор видов, входящих в доминирующие комплексы летнего фитопланктона, был схож для некоторых водоемов – прудов Верхнего и Зимнего. Прослеживается роль динофитовых в увеличении биомассы водоемов карьерного типа, в прудах с наибольшей долей мелководий (от 80 до 100%) наблюдалось доминирование *Ceratium hirundinella* (O.F.Müller) Dujardin, 1841 (рисунок 3). Кластеризация прудов по численности фитопланктона позволила выделить две группы: водоемы с высокой численностью и малой.

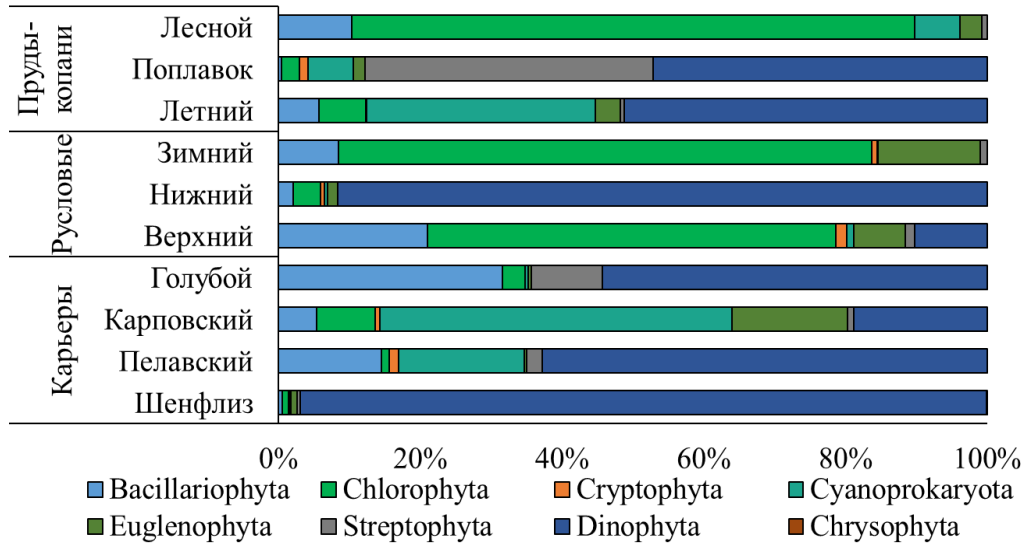


Рисунок 3 – Структура биомассы фитопланктона водоемов в 2022 г.

С помощью ранговой корреляции Спирмена показана зависимость отделов водорослей от растворенных в воде веществ. Анализ позволил выявить положительную достоверную зависимость в развитии зеленых и эвгленовых водорослей от рассматриваемых гидрохимических элементов (более 0,6), кроме pH (у обоих отделов) и фосфора фосфатов (у эвгленовых). Общая численность фитопланктона достоверно положительно коррелировала с кислородом, азотистой группой, а также долей мелководий (более 0,5). Общая биомасса прямо и достоверно влияла на изменения БПК₅.

В составе исследованных водных объектов было идентифицировано 63 таксономические единицы зоопланктонных организмов. Разнообразие зоопланктона в исследованных водоемах г. Калининграда колебалось от 17 до 35 видов (рисунок 4).

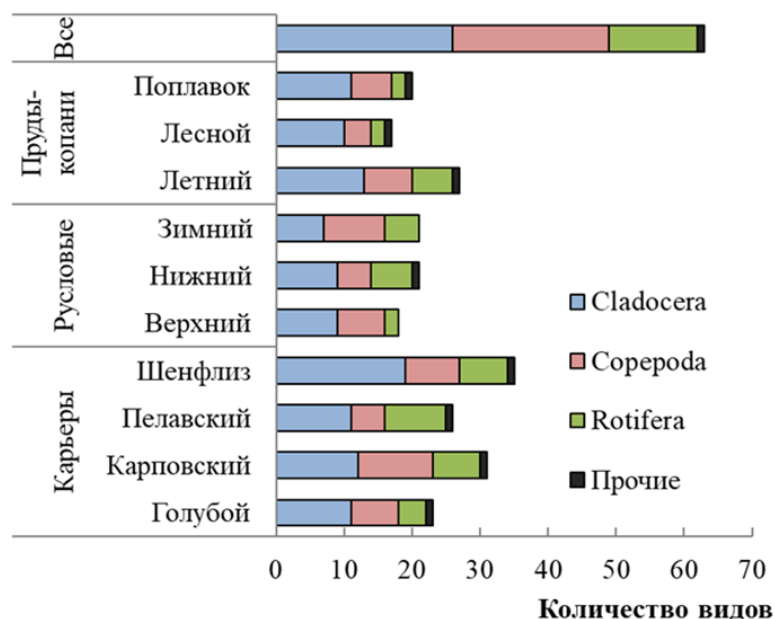


Рисунок 4 – Разнообразие зоопланктона в водоемах Калининграда

В изменении количества видов прослеживалась зависимость от типа и размера водного объекта. В более мелких водных объектах, таких как пруды-копани и русловые пруды, разнообразие зоопланктона было несколько ниже, чем в более крупных водоемах карьерного типа.

Практически во всех водоемах более широко представлены ветвистоусые ракообразные. Во всех пробах встречались представители кладоцер *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1776), *Daphnia cucullata* (G.O. Sars, 1862), *Daphnia longispina* (O.F. Müller, 1776), *Diaphanosoma brachyurum* (Liévin, 1848), а также коловраток *Keratella quadrata* (O.F. Müller, 1786).

Численность зоопланктона изменялась в широких пределах – от 20 до 900 тыс. экз./м³. Высокая численность зоопланктона наблюдалась в прудах Нижнем и Верхнем, меньше всего зоопланктона обнаружено в пруду Голубом. Доминирующий комплекс видов представлен в большей степени мелкими видами эвтрофных водоемов, массовое развитие которых характерно для летнего периода. Численность веслоногих ракообразных, преимущественно, превышала численность других групп зоопланктона. Среди доминирующих видов практически повсеместно преобладает вид *Bosmina longirostris*, в Нижнем пруду в массе развивались коловратки *Asplanchna priodonta* (Gosse, 1850). Биомасса зоопланктона в исследованных водоемах также изменяется в широких пределах, от 0,3 до 12,5 г/м³ с преобладанием кладоцер. В пруду Пелавском доминировали копеподы, в пруду Нижнем – крупные коловратки.

ГЛАВА 6. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Полученные в предыдущих главах данные использованы для определения класса загрязнения, сапробности и трофности прудов и построения карт-схем экологического состояния.

Трофический статус прудов нестабилен и изменяется по сезонам. По химическим показателям по классу сапробности к более чистым или слабозагрязненным относились все водоемы карьерного типа, а также пруд, прошедший полную экологическую реабилитацию, и мелководный объект, расположенный в парковой зоне (олиго-β-мезосапробные: Голубой, Шенфлиз, Поплавок, Лесной; β-мезосапробные: Карповский, Пелавский). Проточные водоемы имели более высокий класс сапробности – α-мезо-полисапробные (система Верхний-Нижний, Летний-Зимний). Пруд Летний также ранее имел связь с каналом МПО-5а, на котором сооружен пруд Зимний. Схожее распределение водоемов по классам качества вод наблюдалось и по классификации О.П. Окснюк и др. (1993). Водоемы купального назначения, пруды Поплавок и Лесной были значительно чище, чем водоемы руслового типа и пруд Летний. Наибольший уровень загрязнения отмечен в прудах руслового типа, и, вероятно, связан с поступлением вод загрязненных водотоков, впадающих

в водоемы. Более ранние исследования пруда Поплавок указывали на сильное загрязнение его вод, в частности, фосфором и легкоокисляемой органикой. Текущее состояние водоема свидетельствует о качественной рекультивации. Полученные данные подтверждает рассчитанная величина индекса загрязнения воды (ИЗВ). Качество вод снижалось у станций, расположенных вблизи устьев впадающих водотоков. Нарушенность состава вод русловых водоемов и ранее проточного пруда Летнего по гидрохимическим показателям указывает на необходимость выполнения работ по их экологической реабилитации.

По шкале экологического состояния водоемов (Mischke, 2002), основанной на биомассе фитопланктона, неудовлетворительное качество имеют пруды Верхний, Нижний, Зимний, Карповский, Голубой, состояние других водоемов изменялось в ходе мониторинга (рисунок 5).

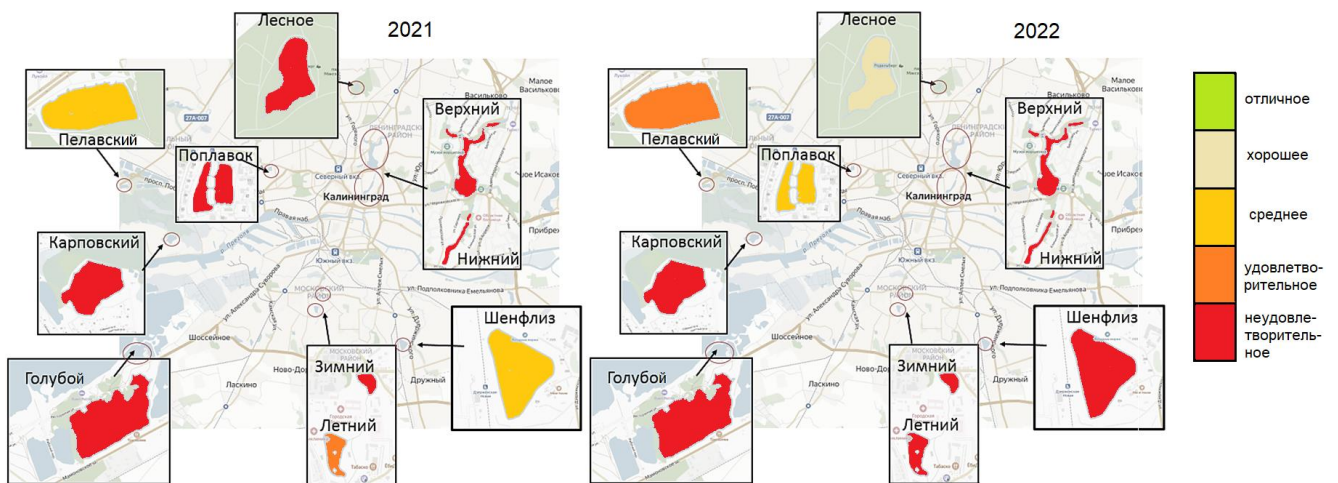


Рисунок 5 – Карта-схема экологического состояния водоемов по биомассе фитопланктона (по У. Мишке, 2002)

Индекс сапробности, рассчитанный по характеристикам фитопланктона, варьировал несущественно – от 1,9 до 2,3, что характеризовало воды всех прудов как β -мезосапробные. Полученные значения позволяют описать качество вод водоемов в летний период как умеренно загрязненное. Согласно индексу трофности Милиус все водоемы относятся к эвтрофному или переходному к гиперэвтрофному типу. Наибольшие значения индекса наблюдались в Летнем и Нижнем прудах.

По показателям трофического типа водоемов, основанным на соотношении видов-индикаторов зоопланктона, все водоемы являются эвтрофными, пруд Верхний – переходным к гиперэвтрофным. Водоемы карьерного типа, пруды Поплавок и Лесной по развитию зоопланктона можно отнести к олиготрофным; пруды Нижний, Летний, Голубой – к мезотрофным; пруды Верхний и Зимний – к эвтрофным. Значения индекса сапробности в исследуемых водоемах изменялись в диапазоне от 1,42 до 1,79. Более высокие значения индекса (выше 1,70) наблюдались в русловых прудах Верхнем, Нижнем, Зимнем. Показатель межбиоценотических связей (отно-

шение биомассы зоопланктона к фитопланктону) подтверждает снижение активности зоопланктона по сравнению с фитопланктоном в эвтрофных водоемах (в среднем менее 0,5) (Андронникова, 1996) (таблица 2).

Таблица 2 – Оценка экологического состояния водоемов г. Калининграда по исследуемым показателям

Тип	Водоем	Показатель											
		Фитопланктон			Зоопланктон				Гидрохимия				
		Шкала экологического состояния	Численность	Индекс сапробности	ИТ	Е/О	Биомасса	Индекс сапробности	$\frac{N_{Clausena}}{N_{Copepoda}}$	Сапробность	Трофность	Оксиген и др.	ИЗВ
Карьеры	Шенфлиз	Переходное (ср-неуд)	О-М	β	Э	Э	М	о	О	о-β	М-Э	Вполне-достаточно чистый	Чистый
	Пелавский	Переходное (ср-уд)	М-Э	β	Э	Э	О	о	О	β	Э	Слабо загрязнен	Чистый
	Карповский	Неуд	Э	β	Э	Э	М	β	О	β	Э	Вполне-достаточно чистый	Чистый
	Голубой	Неуд	М	β	Э-ГП	Э	О	β	М	о-β	М-Э	Вполне-достаточно чистый	Чистый
Русловые	Верхний	Неуд	Э	β	Э-ГП	ГП	Э	β	Э	α-р	Э-ГП	Умеренно-сильно загрязнен	Загрязнен
	Нижний	Неуд	Э	β	Э-ГП	Э	М	β	М	α-р	Э-ГП	Умеренно-сильно загрязнен	Умеренно загрязнен
	Зимний	Неуд	Э	β	Э	Э	Э	β	Э	α-р	Э-ГП	Слабо-умеренно загрязнен	Умеренно загрязнен
Пруды-копани	Летний	Удовл	Э	β	Э-ГП	Э	Э	β	М	α-р	Э-ГП	Умеренно-сильно загрязнен	Загрязнен
	Поплавок	Переходное (ср-неуд)	М	β	Э-ГП	Э	М	о	О	о-β	М-Э	Вполне-достаточно чистый	Чистый
	Лесное	Переходное (хор-неуд)	М-Э	β	М-ГП	Э	М	о	О	о-β	М-Э	Вполне-достаточно чистый	Чистый

Русловые водоемы, а также объекты, ранее имевшие связь с водотоками, согласно многопараметровой оценке являются наиболее загрязненными по сравнению с водоемами карьерного типа и бессточными малыми водоемами. При их благоустройстве, помимо работ в принимающем водоеме, следует обеспечить экологическую реабилитацию впадающих водотоков.

Полученные результаты анализа по трофическим и сапро-биологическим показателям и другим использованным индексам экологического состояния указывают на существенные различия в их возможной интерпретации. Очевидно, что не все индексы, особенно в условиях рейдовых съемок, возможно использовать для получения достоверных сведений об экологическом состоянии водоемов. Наиболее чувствительным индикатором малых водоемов г. Калининграда из рассмотренных

в работе является фитопланктон, который быстро реагирует на изменения параметров среды в условиях явной временной гетерогенности гидрохимических показателей. Для оценки «хронического» загрязнения, вероятно, более предпочтительно использовать гидробионтов с долгим жизненным циклом. Повышенная восприимчивость городских водных объектов к изменению внешних условий указывает на необходимость проведения многокомпонентных исследований при оценке их экологического состояния.

ГЛАВА 7. ВНЕШНЯЯ НАГРУЗКА

Туристско-рекреационная деятельность оказывает значительное влияние на прибрежные территории водоемов. Для водоемов карьерного типа было проведено исследование по изучению доли вносимых биогенных веществ в воду от отдыхающих. Выявлены значительные различия в удельной нагрузке между водоемами (0,02-250 мг/м³ азота и фосфора суммарно). Они объясняются морфометрическими особенностями, посещаемостью соответствующих зон отдыха и их благоустроенностью.

Погодные условия Калининграда не способствуют регулярному пляжному отдыху жителей, что приводит к повышенному спросу на эту услугу в отдельные, особенно теплые летние дни и увеличению мест неорганизованного отдыха. Это все чаще становится весомым фактором негативного воздействия на водные экосистемы (Ланцова, 2009; Охоткина, 2015). Существующая рекреационная нагрузка допустима, однако увеличение спроса на отдых может повлиять на экологическое состояние водоемов с малым объемом воды.

Внешняя биогенная нагрузка формируется ландшафтными особенностями и антропогенной деятельностью в водосборных бассейнах водных объектов. Удельный водосбор исследуемых водоемов очень мал, что говорит о большей роли в питании прудов атмосферных осадков и подземных вод. Наибольшая рассредоточенная валовая биогенная нагрузка, поступающая с водосборной площади, предполагается для копаных водоемов и пруда Шенфлиз. В целом, различия между остальными водоемами карьерного типа невелики. Масса биогенных веществ, поступающих в карьерные водоемы, не превышает допустимую нагрузку, рассчитанную по модели Р.А. Фолленвайдера (1968). Нарушение допустимой фосфорной нагрузки выявлено в прудах Зимнем, Поплавке, Лесном, Летнем. Предполагается превышение допустимой нагрузки в системе прудов Верхний-Нижний вследствие большей площади водосборного бассейна. Согласно расчетам допустимой азотной нагрузки, превышение количества азота, поступающего с территорий водосборов, наблюдается в прудах Поплавок и Лесном. Несмотря на это, в обоих прудах не выявлено превышения содержания азота аммонийного, нитритов или нитратов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итогом выполненного исследования являются следующие выводы:

1. Выявлено, что морфометрические показатели водоемов искусственного происхождения г. Калининграда (доля мелководий, глубина, параметры водосборного бассейна) влияют на развитие фитопланктона и изменение отдельных гидрохимических характеристик (перманганатная окисляемость, азот аммонийный, фосфор фосфатов и железо общее), что подтверждается преимущественно средней степенью корреляционной связи.

2. Гидрохимические условия малых городских водоемов характеризуются выраженной короткопериодной изменчивостью состава воды и вариабельностью сезонного хода отдельных показателей (перманганатная окисляемость, азот аммонийный, фосфор фосфатов), которые в водоемах руслового типа в комплексе с дефицитом кислорода и превышением ПДК биогенных элементов указывают на их более сильное загрязнение по сравнению с обводненными карьерами и копаными прудами.

3. Наибольшим таксономическим богатством фитопланктона отличались загрязненные водоемы руслового типа и пруд Карповский, видовое разнообразие зоопланктона зависело от типа водоема. Доминирующий комплекс видов представлен преимущественно видами эвтрофных водоемов, массовое развитие которых характерно для летнего периода. Широкая амплитуда численности и биомассы фитопланктона (1,5-385 млн. кл/л и 4,7-47,1 мг/л), зоопланктона (200-700 тыс. экз./м³ и 0,3-12,5 г/м³) были связаны как со степенью загрязненности водоемов, так и с долей мелководий, что подтверждается средней и тесной положительной корреляцией. Фитопланктон имел большее число связей с гидрохимическими показателями, такими как соединения азота, БПК₅ и кислород. Количественные характеристики зоопланктона имели среднюю и тесную степени связи с морфологическими особенностями (площадь водосбора, изрезанность береговой линии).

4. Анализ сапро-биологических и трофических индексов выявил существенные различия в их возможной интерпретации. При использовании характеристик с короткопериодной изменчивостью (гидрохимические показатели и фитопланктон) экологическое состояние водоемов чаще характеризовалось как неблагоприятное, по характеристикам зоопланктона качество воды оценивалось как более высокое. Вариабельность реакции городских водоемов на изменение внешних воздействий требует проведения многокомпонентных исследований при оценке их экологического состояния. Результаты оценки экологического состояния прудов свидетельствуют о необходимости реабилитации водоемов руслового типа, а также пруда Летнего, ранее имевшего связь с водотоками.

5. Рекреационная нагрузка на водоемы карьерного типа (0,02-250 мг/м³ азота и фосфора суммарно) не превышает допустимую. Это делает их приоритетными

для организации рекреации (пруды Пелавский, Карповский, Голубой и Шенфлиз). Рассредоточенная нагрузка выше допустимой установлена в русловых водоемах и в пруду Летнем, что согласуется с полученными результатами по их экологическому состоянию.

Рекомендации. При изучении экологического состояния малых водоемов, ввиду короткопериодной изменчивости их гидрохимических и биологических показателей, рекомендуется проводить более длительные наблюдения. Для получения объективной оценки качества воды представляется целесообразным использовать несколько индикаторов. В программу благоустройства городских водных объектов необходимо включать их экологическую реабилитацию, которая в водоемах руслового типа должна начинаться с санации впадающих водотоков.

Перспективы дальнейшей разработки темы. Описанное экологическое состояние водоемов, быстрая изменчивость качества их вод и тесная связь с антропогенной нагрузкой, включающей в том числе диффузный биогенный сток, рекреационную нагрузку, поступление загрязняющих веществ с водотоками, указывают на необходимость проведения регулярных наблюдений. Выявленные особенности информативности некоторых гидробиологических показателей подчеркивают потребность сравнения текущих данных с более стабильными во времени представителями фауны водоемов, например, бентосом. В связи с большим количеством и разнообразием водных объектов Калининграда текущее исследование может рассматриваться как один из этапов дальнейшей комплексной работы по паспортизации водных объектов города.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ по профилю специальности:

1. Оценка экологического состояния озера Карповского в 2019 г. / **Е.А. Лозицкая (Е.А. Севостьянова)**, О.С. Бугранова, О.В. Казимирченко, Н.А. Цупикова // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2020. – № 59. – С. 73-87. DOI 10.46845/1997-3071-2020-59-73-87.

2. Цупикова, Н.А. Некоторые гидролого-гидрохимические особенности и проблемы малых городских прудов на примере пруда Поплавок / Н.А. Цупикова, **Е.А. Севостьянова** // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2021. – № 62. – С. 50-64. DOI 10.46845/1997-3071-2021-62-50-64.

3. Экологическое состояние пруда Шенфлиз как пример характеристики водоема карьерного типа в условиях рекреационной нагрузки / **Е.А. Севостьянова**, А.С. Меньшенин, О. В. Казимирченко [и др.] // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2023. – № 71. – С. 56-70. DOI: 10.46845/1997-3071-2023-71-56-70.

4. Экологическое состояние водоемов городской черты Калининграда на разных этапах благоустройства / **Е.А. Севостьянова**, Е.Д. Кухарук, В.В. Моисеенко,

Н.А. Цупикова // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2024. – № 68. – С. 75-88. DOI: 10.17217/2079-0333-2024-68-75-88.

Прочие публикации по теме исследования

1. Бугранова, О.С. Сезонная изменчивость фитопланктона на фоне гидрохимических показателей пруда Пелавского (г. Калининград) в 2015-2016 гг. / О.С. Бугранова, Н.А. Цупикова, **Е.А. Лозицкая (Е.А. Севостьянова)** // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2017. – № 47. – С. 22-33.

2. **Лозицкая, Е.А. (Севостьянова Е.А.)** Влияние рекреационной нагрузки на экологическое состояние пр. Пелавского (г. Калининград) в 2016 г. / Е.А. Лозицкая, Н.А. Цупикова // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: VIII Всерос. науч.-практ. конф., посвященная 75-летию рыбохозяйственного образования на Камчатке (12–14 апреля 2017 г.): материалы: в 2 ч. / отв. за вып. Н.Г. Ключкова. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2017. – Ч. II. – С. 139-143.

3. **Лозицкая, Е.А. (Севостьянова Е.А.)** Изучение влияния рекреационной нагрузки на пруд Пелавский по гидрохимическим показателям в 2016-2017 гг. / Е.А. Лозицкая // Сборник научных трудов молодых ученых, аспирантов, студентов и преподавателей VIII молодежного экологического Конгресса «Северная Пальмира (22-24 нояб. 2017 г., Санкт-Петербург). – НИЦЭБ РАН, 2017. – С. 78-83.

4. Бугранова, О.С. Динамика развития фитопланктона пр. Пелавского (г. Калининград) в вегетационные сезоны 2015-2016 гг. / О.С. Бугранова, Н.А. Цупикова, **Е.А. Лозицкая (Е.А. Севостьянова)** // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: труды: V Балт. мор. форум: Всерос. науч. конф. (23-24 мая 2017 г.). – Калининград: КГТУ, 2017. – С. 237-242.

5. Цупикова, Н.А. Морфометрические характеристики пруда Пелавского (г. Калининград) / Н.А. Цупикова, **Е.А. Лозицкая (Е.А. Севостьянова)**, А.В. Алдушин // Известия Калининградского государственного технического университета – 2018 – № 49. – С. 55-66.

6. **Лозицкая, Е.А. (Севостьянова Е.А.)** Изучение внешней нагрузки на пр. Пелавский (г. Калининград) в 2016-2018 гг. / Е.А. Лозицкая, Н.А. Цупикова // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: VI Балтийский морской форум: материалы. – Калининград, 2018. – С. 327-338.

7. **Лозицкая, Е.А. (Севостьянова Е.А.)** Сравнительный анализ изменения гидрохимических показателей пруда Карповского в 1990 и 2018 гг. / Е.А. Лозицкая, Н.А. Цупикова, Т.А. Берникова // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: X Национальная (всероссийская) науч.-практ. конф. (19–21 марта 2019 г.): материалы. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – С. 111-114.

8. **Лозицкая, Е.А. (Севостьянова Е.А.)** Анализ динамики качества вод в пруду Пелавском (Калининград) за период 2015-2019 гг. / Е.А. Лозицкая, Н.А. Цупкикова // VII Международный Балтийский морской форум [Электронный ресурс]: материалы. – Электрон. дан. – Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2019. – Т. 3. – С. 347-359.

9. Бугранова, О.С. Динамика и условия развития фитопланктона пруда Поплавок (г. Калининград) в 2017 году / О.С. Бугранова, **Е.А. Лозицкая (Е.А. Севостьянова)**, Н.А. Цупкикова // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов (г. Юрга, 13-14 нояб. 2020 г.): сб. тр. – Томск, 2020. – С. 95-101.

10. Морфометрические особенности озера Карповского (Калининград) / **Е.А. Лозицкая (Е.А. Севостьянова)**, Н.А. Цупкикова, Т.А. Берникова // VIII Международный Балтийский морской форум: материалы. – 2020. – С. 148-157.

11. Бугранова, О. С. Динамика и условия развития фитопланктона пруда Верхнего (Калининград) в 2015-2017 гг. / О.С. Бугранова, **Е.А. Лозицкая (Е.А. Севостьянова)**, Н.А. Цупкикова // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: VIII Междунар. Балтийский морской форум: материалы. – Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2020. – С. 53-62.

12. **Севостьянова, Е.А.** Оценка рекреационной нагрузки на водоемы купального назначения Калининграда в 2018 году / Е.А. Севостьянова, Н.А. Цупкикова // Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире: Всерос. науч. конф.: материалы. – 2021. – С. 1616-1621.

13. **Севостьянова, Е.А.** Абиотические условия развития фитопланктона пруда Пелавского (Калининград) в вегетационные сезоны 2015-2017 гг./ Е.А. Севостьянова, Н.А. Цупкикова, О.С. Суэтина // IX Национальная научная конференция «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов»: материалы IX Международного Балтийского морского форума: 2021, – С. 161-168.

14. Современное экологическое состояние водоемов рекреационного назначения Калининграда / **Е.А. Севостьянова**, А.С. Меньшенин, А.Э. Никрашевская, А.С. Глинская, Н.А. Цупкикова // XIII Национальная (всероссийская) научно-практическая конференция (29–30 марта 2022 г.): материалы / отв. за вып. Т.А. Ключкова. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2022. – С. 193-197.

15. Tsupikova N., **Sevostianova E.**, Popova A. 2022. Influence of Water Quality in Urban Water Reservoirs of Kaliningrad on the State of Amateur Fishing. In: Arkhipov, A.G. (eds) Sustainable Fisheries and Aquaculture: Challenges and Prospects for the Blue Bioeconomy. Environmental Science and Engineering. Springer, Cham. P. 73-81.

16. **Севостьянова, Е.А.** Гидрохимические условия прудов Летнего и Зимнего (Калининград) летом 2021 года / Е.А. Севостьянова, А.С. Меньшенин, Н.А. Цупкикова // Водные биоресурсы и аквакультура Юга России: III Всерос. науч.-практ.

конф. студентов, аспирантов и молодых учёных: материалы / ответственный редактор Г. А. Москул; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кубанский государственный университет. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2022. – С. 102-104.

17. **Севостьянова, Е.А.** Экологическое состояние некоторых малых водоемов Калининграда (пруды Летний и Поплавок) по альгологическим и гидрохимическим показателям / Е.А. Севостьянова, Н.А. Цупикова, С.В. Шibaев // X Национальная научная конференция; X Междунар. Балтийский морской форум [Электронный ресурс]: материалы: в 7 т. – Электрон. дан. – Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – Т. 3. – С. 234-239.