

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

На правах рукописи

ЗОЛОТАРЕВА ТАТЬЯНА ВЛАДИМИРОВНА

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ВИДА-ВСЕЛЕНЦА *KELLICOTTIA BOSTONIENSIS* ROUSSELET, 1908
В РАЗНОТИПНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ
БАССЕЙНА СРЕДНЕЙ ВОЛГИ**

1.5.15 – Экология (биологические науки)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук, профессор
Шурганова Галина Васильевна

Нижний Новгород

2021

Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Литературный обзор.....	10
1.1. Биологические инвазии в водных экосистемах	10
1.2. Распространение вида-вселенца <i>K. bostoniensis</i> в водных объектах стран мира	15
Глава 2. Общая характеристика района исследований	21
Глава 3. Материалы и методы исследований	41
Глава 4. Видовой состав зоопланктона и его экологическая характеристика	51
Глава 5. Распространение и численность вида-вселенца <i>K. bostoniensis</i> в водных объектах бассейна Средней Волги	56
Глава 6. Межгодовая и сезонная динамика развития <i>K. bostoniensis</i>	70
6.1. Межгодовые изменения численности вида-вселенца в сообществах зоопланктона Пустынской озерно-речной системы	70
6.2. Сезонная динамика развития <i>K. bostoniensis</i> в сообществах зоопланктона озер.....	77
Глава 7. Вертикальное распределение вида-вселенца <i>K. bostoniensis</i> в стратифицированных и нестратифицированных озерах.....	92
Глава 8. Морфологическая изменчивость <i>K. bostoniensis</i> в разнотипных водных объектах.....	103
Заключение	116
Выводы	118
Список литературы	120
ПРИЛОЖЕНИЕ	148

Введение

Актуальность исследования. Одним из важнейших последствий антропогенного влияния на экосистемы является быстрое расселение видов на значительные расстояния за пределы их природного ареала (Дгебуадзе, 2002; Попов, 2013; Науменко, Телеш, 2019 и др.). В настоящее время процесс биологических инвазий затронул водные объекты большинства стран мира (Дгебуадзе, 2002; De-Carli et al., 2017; Науменко, Телеш, 2019; Mantovano et al., 2021 и др.). Накоплены сведения о сложности и неоднозначности влияния видов-вселенцев на водные объекты, изменении их экологического состояния, трансформации сообществ гидробионтов (Дгебуадзе и др., 2008; Davis et al., 2011; Bomfim et al., 2016; Leuven et al., 2017 и др.). Актуальность исследования вселения новых видов в пресноводную биоту бассейна р. Волги и каскада ее водохранилищ, необходимость выявления и ранжирования чужеродных видов по степени их инвазионной активности и угрозы биоразнообразию, исследование путей их проникновения и распространения отражены в пятом национальном докладе «Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации» (2015).

В настоящее время не ослабевает интерес исследователей разных стран мира к изучению распространения и влияния одного из немногих трансконтинентальных зоопланктонных видов-вселенцев – североамериканской коловратки *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) на планктонные сообщества Европы (Josefsson, Andersson, 2001; Streble, Krauter, 2006; Lehtovaara et al., 2014 и др.) и Южной Америки (De Paggi, 2002; Peixoto et al., 2010; Oliveira et al., 2019; Mantovano et al., 2021 и др.).

В водных объектах России вид впервые зарегистрирован в 2000 г. в двух бессточных озерах Карельского перешейка (Иванова, Телеш, 2004) и к настоящему времени распространен в более 100 водоемах и водотоках (Макарцева, Родионова, 2011; Лазарева, Жданова, 2014; Zhdanova et al., 2016; Крайнев и др., 2018; Сярки, 2019 и др.). Сравнительно недавно вид-вселенец *K. bostoniensis* был обнаружен в водохранилищах, реках и озерах бассейна Верхней и Средней Волги (Жданова,

Добрынин, 2011; Bayanov, 2014; Zhdanova et al., 2016; Shurganova et al., 2017; Золотарева и др., 2020б и др.).

Однако, до настоящего времени не выявлены закономерности натурализации вида-вселенца *K. bostoniensis*, не определено действие абиотических и биотических факторов среды на его численность и распределение. Зачастую не приводится характеристика видовой структуры планктонных сообществ, в которых идентифицирована чужеродная коловратка, не изучено ее влияние на родственный аборигенный вид *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879). Не установлены адаптационные возможности вида-вселенца, в частности, морфологические признаки, недостаточно изучены особенности вертикального распределения вида в водоемах, а также его сезонная и межгодовая динамика. Решение этих задач на новом методическом уровне представляется актуальным.

Цель и задачи исследования. Цель работы: оценка численности, экологических предпочтений, а также морфологической изменчивости вида-вселенца *K. bostoniensis* в планктонных сообществах разнотипных водных объектов бассейна Средней Волги в зависимости от факторов среды.

Задачи:

1. Идентифицировать видовой состав и определить экологическую приуроченность зоопланктона исследованных водных объектов (водохранилищ, рек, озер), в которых обнаружен вид-вселенец *K. bostoniensis*.

2. Определить численность вида-вселенца *K. bostoniensis* и диапазон абиотических параметров среды (глубина, прозрачность, температура воды, pH, концентрация растворенного кислорода) водоемов и водотоков, в которых он обитает.

3. Провести сравнение межгодовых и сезонных показателей обилия *K. bostoniensis* в сообществах зоопланктона, выявить факторы среды, влияющие на изменение численности вида.

4. Изучить вертикальное распределение *K. bostoniensis* в стратифицированных и нестратифицированных озерах.

5. Определить морфологическую изменчивость вида-вселенца в разнотипных водных объектах.

Научная новизна и теоретическая значимость работы. В работе рассматривается ряд вопросов, связанных с актуальными теоретическими проблемами экологии: оценки биоразнообразия, континуальности и дискретности видовой структуры сообществ гидробионтов, выявление распространения и диапазона условий обитания, биотопической приуроченности, морфологической изменчивости видов-вселенцев в гидробиоценозах разнотипных водных объектов.

Впервые выявлено распространение вида-вселенца *K. bostoniensis* в водохранилищах, реках и озерах бассейна Средней Волги. Установлено, что вид обитает в водных объектах, характеризующихся широким диапазоном глубины, прозрачности, активной реакции среды, концентрации растворенного в воде кислорода. Коловратка доминирует в глубоких стратифицированных озерах, медиали и прудовых расширениях медленнотекущих водотоков с мезотрофными и эвтрофными условиями, слабощелочной и щелочной реакцией среды.

Впервые проанализировано обилие вида-вселенца *K. bostoniensis* в сообществах зоопланктона в межгодовом аспекте и установлено резкое снижение его численности после периода массового развития на начальном этапе натурализации.

Впервые с помощью регрессионных моделей зависимости численности *K. bostoniensis* от факторов среды установлена статистически значимая положительная корреляция численности вида с температурой, прозрачностью и pH воды, а также численностью зоопланктонных хищников.

Впервые при проведении исследований сезонной динамики *K. bostoniensis* в сообществах зоопланктона озер выявлены различия в количественном развитии родственных видов *K. bostoniensis* и *K. longispina* в течение вегетационного периода. Установлено максимальное обилие вида-вселенца в осенний период, аборигенного – в летний период.

Впервые выявлены различия вертикального распределения вида-вселенца в стратифицированных и нестратифицированных озерах. Установлено, что в

стратифицированных водоемах *K. bostoniensis* достигает максимального обилия в зоне мета- и гипolimниона, при отсутствии температурной стратификации водных масс вид обитает в придонной области.

Впервые при проведении анализа морфологических характеристик *K. bostoniensis* в водных объектах бассейна Средней Волги установлено, что наиболее крупные особи *K. bostoniensis* обитают в глубоких мезотрофных водных объектах с высокой прозрачностью.

Практическая значимость. Проведенная инвентаризация зоопланктонных организмов разнотипных водных объектов вносит существенный вклад в изучение биоразнообразия гидробионтов водоемов и водотоков бассейна Средней Волги. Исследование зоопланктона водных объектов, включая изучение видов-вселенцев, особо охраняемых природных территорий (ООПТ) имеют важное значение для решения основных задач ООПТ: инвентаризации фауны и мониторинга состояния биоты.

Продолжение исследований сообществ зоопланктона водных объектов г. Нижний Новгород, особенно в условиях вселения в них чужеродных видов, вносит вклад в осуществление мониторинга состояния водных экосистем в условиях значительного антропогенного воздействия.

На основе материала многолетних исследований зоопланктона написана глава «Методы классификации гидробиоценозов на основании сходства видовой структуры» в учебном пособии «Экологический мониторинг. Часть IX» (2017) для студентов (бакалавров и магистров), аспирантов и преподавателей, занимающихся вопросами экологического мониторинга. Основные положения и выводы диссертационной работы используются при чтении лекционных курсов «Охрана окружающей среды», «Учение о гидросфере», «Современные проблемы гидробиологии» в Институте биологии и биомедицины ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-34-90013 «Экологические и морфометрические особенности вида-вселенца *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) в разнотипных водоемах бассейна

Средней Волги» – конкурс на лучшие проекты, фундаментальных научных исследований, выполняемые молодыми учеными, обучающимися в аспирантуре («Аспиранты»), грантов Русского географического общества «Экспедиция Плавучий университет Волжского бассейна» 2016-2020 гг. (проекты 10/2016 И, 04/2017-Р, 06/2018-Р, 02/2019-Р, 07/2020-Р).

Соответствие паспорту научной специальности. Результаты проведенного исследования соответствуют шифру специальности 1.5.15 – экология, конкретно области исследования – экологии сообществ.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Вид-вселенец *K. bostoniensis* является эврибионтным, о чем свидетельствует его обитание как в мелких небольших, так и в крупных глубоких водных объектах бассейна Средней Волги, характеризующихся широким диапазоном активной реакции среды (от 5,2 до 9,1), цветности (от 47° до 1245° Pt-Со шкалы), концентрации растворенного кислорода (от 0,9 мг/л до 12,6 мг/л), прозрачности воды (от 0,3 м до 2,7 м).

2. Вид *K. bostoniensis* достигает максимальной численности и является доминирующим в глубоких стратифицированных озерах, медиали и прудовых расширениях медленнотекущих водотоков, предпочитает эвтрофные и мезотрофные водные объекты со слабощелочной и щелочной реакцией среды.

3. Сезонная динамика родственных видов, вселенца *K. bostoniensis* и аборигенного *K. longispina*, различаются: пик развития вида-вселенца приходится на осенний период, аборигенного – на летний.

4. В водных объектах бассейна Средней Волги наибольшая общая длина тела *K. bostoniensis*, обусловленная длиной переднего и заднего шипов, характерна для глубоких мезотрофных водных объектов, что подтверждается положительной корреляцией длины тела с глубиной и прозрачностью.

Апробация работы. Основные результаты и положения диссертации были доложены и обсуждены на следующих **международных конференциях и конференциях с международным участием**: 17-м, 18-м, 19-м, 20-м ежегодных Международных научно-промышленных форумах «Великие реки» (Нижний

Новгород, 2015, 2016, 2017, 2018), III Международной конференции «Актуальные проблемы планктонологии» (Зеленоградск, 2018), II Международной конференции «Озера Евразии: проблемы и пути их решения» (Казань, 2019), XII Съезде Гидробиологического общества при РАН (Петрозаводск, 2019), Международной конференции «Экология водных беспозвоночных» (Борок, 2020); **всероссийских конференциях:** 68-й, 69-й, 70-й, 71-й, 73-й, 74-й ежегодных Всероссийских школах-конференциях «Биосистемы: организация, поведение, управление» (Нижний Новгород, 2015, 2016, 2017, 2018, 2020, 2021), Всероссийской молодежной гидробиологической конференции «Перспективы и проблемы современной гидробиологии» (Борок, 2016), III и V Всероссийских научных конференциях «Проблемы экологии Волжского бассейна» (Нижний Новгород, 2018, 2020), Всероссийской конференции «Волга и её жизнь» (Борок, 2018); **региональных конференциях:** молодежной научной конференции с советником Президента Российской Федерации, специальным представителем Президента РФ по вопросам климата А.И. Бедрицким (Нижний Новгород, 2016), XXIII и XXV Нижегородских сессиях молодых ученых «Естественные, математические науки» (Нижний Новгород, 2018, 2020). Результаты работы были представлены на расширенном заседании Нижегородского отделения Гидробиологического общества при РАН (Нижний Новгород, 2021).

Личный вклад автора в работу. В диссертационной работе представлены результаты собственных семилетних (2013-2020 гг.) полевых исследований зоопланктона водных объектов бассейна Средней Волги, выполненных лично автором в составе экспедиций, организованных кафедрой экологии Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского и в составе экспедиций грантовых проектов РФФИ № 19-34-90013 «Экологические и морфометрические особенности вида-вселенца *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) в разнотипных водоемах бассейна Средней Волги» и РГО «Плавучий университет Волжского бассейна 2016-2020». Результаты получены автором самостоятельно, либо при его непосредственном участии в

коллективных работах. Актуальность диссертационной работы, цель, задачи, обобщения и выводы сформулированы лично автором.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 59 научных работ, в том числе 15 статей в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, 40 материалов докладов и тезисов международных и всероссийских конференций, 3 тезиса докладов региональных конференций, одно учебное пособие.

Структура и объем работы. Диссертационная работа включает введение, 8 глав, заключение, выводы, список литературы (229 источников, в том числе 89 зарубежных), приложение. Диссертация изложена на 147 страницах, проиллюстрирована 17 таблицами и 25 рисунками. Приложение включает табличный материал, представленный на 27 страницах.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность и искреннюю благодарность за неоценимую всестороннюю поддержку и помощь, внимательное и чуткое руководство своему научному руководителю и учителю д.б.н. Г.В. Шургановой. Автор выражает глубокую признательность за конструктивную критику, ценные замечания и помощь в статистической обработке данных д.б.н. В.Н. Якимову; за квалифицированные советы и внимание к работе д.б.н. Д.Б. Гелашвили. Автор также выражает благодарность за всестороннюю помощь и моральную поддержку на всех этапах работы своим коллегам и друзьям: к.б.н. Д.Е. Гаврилко, к.б.н. И.А. Кудрину, к.б.н. М.Ю. Ильину, В.С. Жихареву, А.А. Колесникову, Е.А. Обедиентовой, преподавателям и сотрудникам кафедры экологии ННГУ. Автор искренне признателен за ценные советы, поддержку и внимание к работе д.б.н. А.В. Крылову; за помощь в сборе гидробиологического материала к.б.н. Н.А. Старцевой; за моральную поддержку В.В. Шурганову. Отдельные слова благодарности за всестороннюю помощь автор выражает мужу К.Н. Золотареву, родителям В.И. и Е.Г. Куклиным, Н.А. и Л.В. Золотаревым.

Глава 1. Литературный обзор

1.1. Биологические инвазии в водных экосистемах

Значительное увеличение антропогенной нагрузки на экосистемы в последние годы и десятилетия приводит к серьезным изменениям в масштабах биосферы. В результате наблюдается трансформация (увеличение или сокращение) ареалов видов, и накопление загрязняющих веществ в воде, воздухе и почве. В свою очередь, деградация сообществ обуславливает снижение биологического разнообразия (Реймерс, 1994; Дгебуадзе, 2002).

Одним из важнейших последствий антропогенного влияния на экосистемы является быстрое расселение видов на значительные расстояния за пределы их природного ареала (Дгебуадзе, 2002; Попов, 2013; Науменко, Телеш, 2019 и др.). Проблема вселения видов входит в число важнейших экологических проблем, так как инвазии чужеродных видов являются одной из основных угроз биоразнообразию, наряду с разрушением естественных местообитаний (Панов, 2002; Самые опасные ..., 2018). Важно выявлять чужеродные виды, ранжировать по степени их инвазионной активности и угрозе биоразнообразию, прогнозировать вероятные изменения в сообществах при их вселении, чтобы не допустить необратимых изменений в экосистемах (Дгебуадзе и др., 2008; Лазарева, 2008; Сохранение биоразнообразия..., 2015; Macedo et al., 2020).

Усиление интереса к биологическим инвазиям, анализ масштабов и последствий вселения видов произошло начале XIX в. (Виноградова и др., 2009; Попов, 2013). Научное направление, «инвазионная биология», стало развиваться с 1960 -х гг. после выхода книги Ч. Элтона (Ch. Elton) «The ecology of invasion by animals and plants» (Попов, 2013). Изменения, вызванные расселением, а также происходящие в сообществах перестройки, вызывают интерес ученых всего мира. Это подтверждается стремительным ростом числа работ в мировой научной литературе, освещающих тему биологических инвазий.

Так, данные по многим чужеродным видам гидробионтов представлены в международных информационных ресурсах: The Global Invasive Species Database (International Union for Conservation of Nature, 2011), National Invasive Species

Information Center CISA (<https://www.invasivespeciesinfo.gov/subject/databases>), Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (<http://www.europe-alien.org/>), "Чужеродные виды на территории России" на портале ИПЭЭ РАН (<http://www.sevin.ru/invasive/priortargets/BckgrPriorTarg.html>).

Чужеродный вид («вид-вселенец») – вид, который обнаружен за пределами своего естественного (исторического) ареала (Дгебуадзе, 2011, 2014).

Инвазионный (инвазийный) вид – вид-вселенец, который натурализовался (образовал устойчивую самовоспроизводящуюся популяцию за пределами исторического ареала) и нанес существенный вред аборигенным видам и экосистемам (Дгебуадзе, 2011, 2014).

К биологическим инвазиям принято относить все случаи проникновения видов в экосистемы, расположенные за пределами их первоначального (обычно, естественного) ареала (Дгебуадзе, 2002; Лазарева, 2008). Таким образом, вселение чужеродных видов, происходящее в ходе их естественных перемещений, обусловленных колебаниями численности и климатическими изменениями, интродукции (целенаправленное или случайное антропогенное перемещение вида за пределы его природного ареала) и реинтродукции важных в хозяйственном использовании организмов, случайные переносы, в частности с балластными водами судов, с сельскохозяйственной продукцией других стран являются биологическими инвазиями (Дгебуадзе, 2002). В качестве основного наиболее информативного показателя для оценки интенсивности биологических инвазий применяется доля вселенцев в составе фауны (relative alien species richness), а также относительное обилие в сообществе (relative alien species abundance) (Catford et al., 2012). Установлено, что нарушенные человеком экосистемы быстрее заселяются чужеродными видами (Лазарева, Жданова, 2014).

К настоящему времени накоплены сведения о сложности и неоднозначном характере влияния видов-вселенцев, даже самых «агрессивных», на сообщества-реципиенты. Так, один из агрессивных инвазийных представителей гидробионтов – дрейссена (*Dreissena polymorpha*) – способствовала восстановлению некоторых «мертвых» участков оз. Эри (система Великих озер, США, Канада) благодаря

снижению содержания органического вещества в воде (Davis et al., 2011; Hettinger, 2001). Вопрос о положительном или отрицательном влиянии чужеродных видов на экосистемы остается открытым и вызывает споры среди ученых (Cadotte, McMahon, Fukami, 2006; Davis et al., 2011; Bomfim et al., 2016; Leuven et al., 2017; Arcifa et al., 2020).

Успешность натурализации видов-вселенцев зависит от многих факторов: наличия путей и способов расселения, эффективных адаптивных стратегий, широкой экологической валентности, высокой конкурентной способности, численности расселяющихся особей и уязвимости экосистемы (Телеш, 2006; Науменко, Телеш, 2019). Поэтому крайне важно изучать жизненный цикл и адаптационные возможности вселенцев с целью прогноза распространения и возможного контроля их количественного развития (Дгебуадзе и др., 2008; Лазарева, 2008; Leuven et al., 2017; Mantovano et al., 2020).

В настоящее время процесс биологических инвазий затронул водные объекты большинства стран мира (Дгебуадзе, 2002; De-Carli et al., 2017; Науменко, Телеш, 2019; Mantovano et al., 2021 и др.).

Зоопланктонные организмы обладают характеристиками, способствующими их быстрому распространению и натурализации. Высокая устойчивость покоящихся фаз, постоянный перенос водными массами и ветром (покоящиеся стадии), межвидовая гибридизация ракообразных, короткие циклы развития способствуют быстрому расселению и успешной натурализации зоопланктеров (Дгебуадзе и др., 2008).

Среди зоопланктонных видов-вселенцев наиболее изучены представители ветвистоусых и веслоногих ракообразных. Так, имеются сведения о серьезном влиянии на экосистемы водоемов Северной Америки двух представителей семейства *Cercopagidae*, *Bythotrephes cf. longimanus* и *Cercopagis pengoi*, проникших в Великие озера с балластными водами судов (Bur et al., 1986; Makarewicz et al., 2001). Вид *Cercopagis pengoi* также зарегистрирован в бассейне Балтийского моря (Krylov et al., 1999; Науменко, 2017; Науменко, Телеш, 2019). Эта

инвазия оказала значительное воздействие на зоопланктон обоих регионов (Strecker, Arnott, 2008; Walsh et al., 2016; Науменко, Телеш, 2019).

Вид-вселенец ветвистоусый рачок *Daphnia lumholtzi*, обитатель водных объектов Африки, Азии и Австралии, был завезен в Северную Америку (Havel, Hebert, 1993; Havel et al., 2000; De Vires et al., 2006), стремительно распространился в Южной Америке (Zanata et al., 2003). Установлено, что этот вид оказывает очень сильное негативное влияние на аборигенные экосистемы (Havel et al., 1995; Swaffar, O'Brien, 1996). Согласно оценке его инвазионного потенциала, вид также может вселиться в Европейские озера и значительно сократить численность местных видов дафний (Wittman et al., 2013).

В водоемах Африки и Новой Зеландии активно распространяется вид-гибрид "американской" *Daphnia pulicaria* и "панарктической" *D. pulex*. Этот вселенец неспособен к половому размножению, но быстро увеличивает численность партеногенетически и, таким образом, вытеснил аборигенные виды группы *pulex* (Mergeay et al., 2004).

Однако существуют также примеры антропогенного распространения таксонов, вселение которых не оказало негативного влияния на нативные экосистемы. Так, в Северную Америку были занесены "европейские" *Daphnia galeata* и *Bosmina cf. coregoni*, которые дали гибриды с местными формами. Ведутся работы, направленные на изучение генетических аспектов вселения европейской *Daphnia magna* и *D. curvirostris* в Северную Америку (Bekker et al., 2012; Kotov, Bekker, 2016). Эти виды обитают преимущественно в экосистемах временных водоемов и их вселение не привело к серьезным изменениям в нативных экосистемах.

Согласно сведениям монографии «Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100)» (2018), почти одну треть опасных вселенцев в Российской Федерации составляют гидробионты – рыбы и беспозвоночные животные. В большинстве исследований приводится информация только о появлении в экосистеме нового вида. Лишь для ряда инвазийных видов проведены исследования морфологии, особенностей экологии, генетического полиморфизма (например, у рыб (Golubtsov

et al., 1993), моллюсков рода *Dreissena* (Орлова и др., 2015), байкальского бокоплава *Gmelinoides fasciatus* (Panov, Berezina, 2002), ветвистоусого рачка *Cercopagis pengoi* (Самые опасные..., 2018; Науменко, Телеш, 2019) и др.).

Актуальность исследования вселения новых видов в пресноводную биоту бассейна р. Волги и каскада ее водохранилищ, необходимость выявления и ранжирования чужеродных видов по степени их инвазионной активности и угрозы биоразнообразию, исследование путей их проникновения и распространения отражены в пятом национальном докладе «Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации» (2015).

В бассейне р. Волги расселению организмов способствуют созданный каскад водохранилищ, судоходство, интродукция чужеродных видов. Согласно литературным данным, зоопланктонные вид-вселенцы находят убежище в литоральной зоне, заливах водохранилищ и устьях рек притоков. При формировании благоприятных условий они проникают в открытую часть водохранилищ и могут приводить к смене комплексов доминирующих видов (Лазарева, 2008).

Исследования, проводимые в бассейне р. Волги, показали, что к настоящему времени в своем распространении продвинулись на север вверх по р. Волге и р. Каме ряд зоопланктонных видов: южные пресноводные ракообразные (*Diaphanosoma orghidani*, *Acanthocyclops americanus*) и коловратки (*Asplanchna henrietta*, *Brachionus diversicornis*, *B. budapestiensis*, *Pompholyx sulcate*, *Conochiloides coenobasis*) (Лазарева и др., 2018а). В Нижнекамском и Горьковском водохранилищах выявлен теплолюбивый рачок *Diaphanosoma mongolianum*. В низовьях Волги – тропическая копепода *Thermocyclops taihokuensis* (Лазарева, 2021). Три солоноватоводных вида ракообразных (*Heteroscope caspia*, *Eurytemora caspica* и *Cercopagis pengoi*) расселились вверх по Каме до Камского водохранилища. Выявлено широкое распространение в Волге до устья Камы средиземноморской копеподы *Calanipeda aquaedulcis*. Отмечено наибольшее число чужеродных видов ракообразных в Куйбышевском водохранилище, транзитном водоёме для Волжского вектора инвазий (Лазарева и др., 2018б). Расширяет ареал

распространения в бассейне Волги и Камы *Cercopagis pengoi*, продвигаясь вверх по бассейнам этих рек (Lazareva, 2019).

Таким образом, процесс биологических инвазий затронул многие водные объекты мира, в том числе и расположенные в бассейне р. Волги. Участвовавшие находки зоопланктонных видов-вселенцев в бассейне р. Волги свидетельствуют об их активном распространении в водных экосистемах, поэтому очевидна необходимость выявления и ранжирования видов-вселенцев по степени их инвазионной активности и угрозы биоразнообразию, исследование путей их проникновения. Особую важность приобретают мониторинговые исследования гидроэкосистем, в которых натурализовались виды-вселенцы.

1.2. Распространение вида-вселенца *K. bostoniensis*

в водных объектах стран мира

В настоящее время не ослабевает интерес исследователей разных стран мира к изучению распространения и влияния одного из немногих трансконтинентальных зоопланктонных видов-вселенцев – североамериканской коловратки *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) на планктонные сообщества Европы (Josefsson, Andersson, 2001; Streble, Krauter, 2006; Lehtovaara et al., 2014 и др.) и Южной Америки (De Paggi, 2002; Peixoto et al., 2010; Oliveira et al., 2019; Mantovano et al., 2021 и др.). Этот вид широко распространился за пределы своего исторического ареала (рисунок 1.2.1).

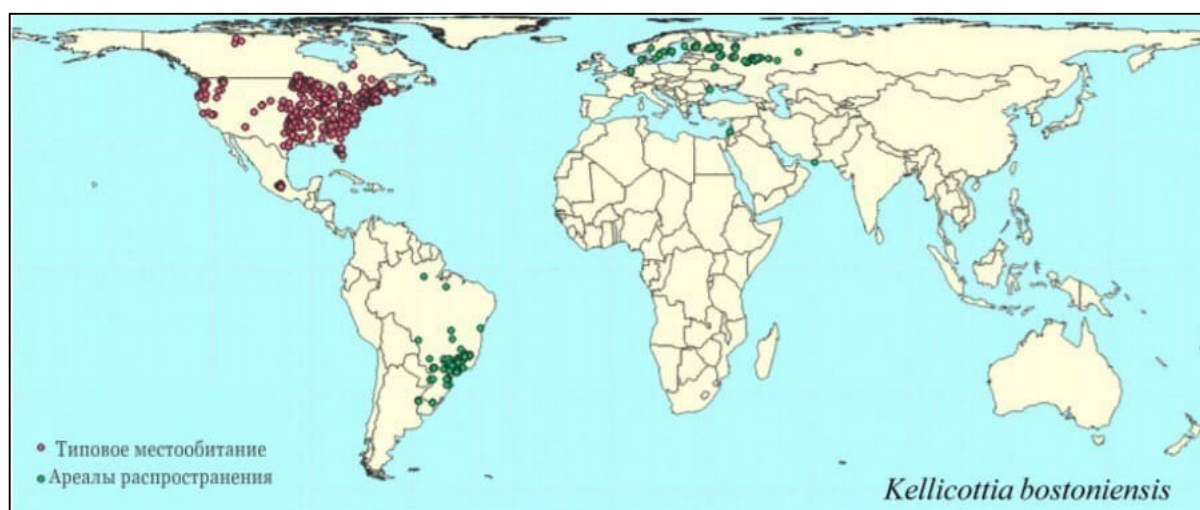


Рисунок 1.2.1. Карта зарегистрированных местообитаний североамериканской коловратки *K. bostoniensis* (Mantovano et al, 2020)

Вид *K. bostoniensis* впервые был идентифицирован в искусственном водоеме г. Бостон (Ahlstrom, 1938).

На переднем крае панциря коловратки расположено четыре неравных шипа (рисунок 1.2.2); размеры тела с учетом длинны шипов, ≤ 380 мкм (Koste, 1978, Жданова, Добрынин, 2011) (рисунок 1.2.3).

О пищевых предпочтениях вида известно крайне мало. Согласно экспериментальным исследованиям, коловратка *K. bostoniensis* питается автотрофными и гетеротрофными флагеллятами, ее влияние на гетеротрофных бактерий и пикофитопланктон не установлено (Oliveira et al., 2019). Кроме того, в рамках исследования F.R. Oliveira et al. (2019) при наличии *K. bostoniensis* в модельном сообществе было выявлено снижение численности ифузорий.

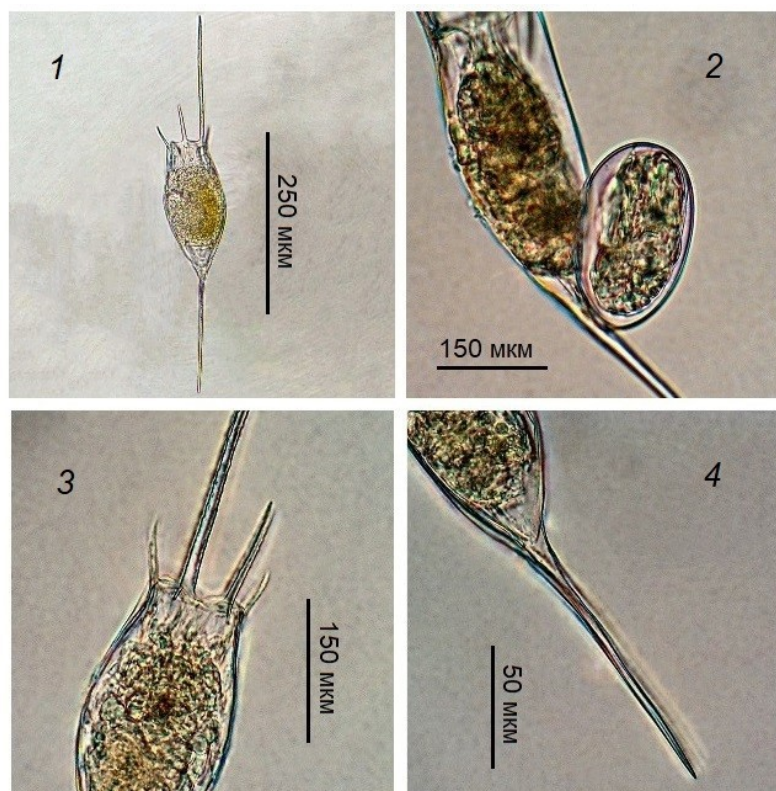


Рисунок 1.2.2. Вид-вселенец *K. bostoniensis*: 1 – внешний вид; 2 – панцирь с яйцом; 3 – шипы переднего края панциря; 4 – задний шип

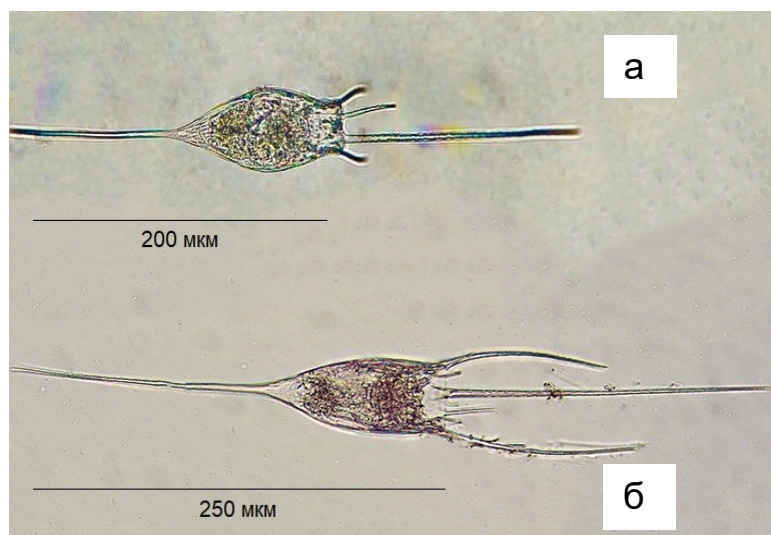


Рисунок 1.2.3. Родственные виды р. *Kellicottia*: а - *K. bostoniensis*, б - *K. longispina*

Родственный аборигенный для водных объектов Европы и России вид *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879) населяет пелагиаль озер. На переднем спинном крае панциря этого вида имеются шесть непарных неравных шипов. Средний правый шип длинный, левый более короткий. Общая длина тела составляет 400 до 1000 мкм (Кутикова, 1970; Определитель ..., 2010) (рисунок 1.2.3).

В Северной Америке коловратка *K. bostoniensis* обнаружена в Великих озерах, устьевых областях рек и в болотах (Błędzki, Ellison, 2003). Вид-вселенец выявлен в составе зоопланктона водных объектов Бразилии (Lopes et al. 1997; Bezerra-Neto et al. 2004, Peixoto и др. 2010, Padovesi-Fonseca и др. 2011, Garraffoni & Lourenço 2012, Bomfim et al. 2016, Picapedra et al., 2015; Mantovano et al., 2020; Picapedra et al., 2021). В Аргентине вид населяет участки водотоков как с высокой, так и замедленной скоростью течения (De Paggi, 2002). Моделирование ареала глобального распространения *K. bostoniensis*, проведенное с использованием данных о распространении вида и учетом некоторых климатических факторов (количество осадков, температура самого теплого и холодного месяца и др.), свидетельствует о высокой вероятности его дальнейшего распространения в странах Европы (Хорватии, Франции и Германии). Возможно вселение *K. bostoniensis* в водные объекты Восточной Азии, в которых вид на данный момент не зарегистрирован (Mantovano et al., 2020).

Распространение *K. bostoniensis* – один из примеров пресноводных биоинвазий, обусловленных деятельностью человека (Dumont, 1983; Pejler, 1998). Появление вида в Европе связывают с его переносом балластными водами судов (Gray et al., 2007). Так, в Европе *K. bostoniensis* была обнаружена в 1943 году. К началу 21 века ареал вида существенно расширился: он стал обычным для водоемов юга Швеции (Josefsson, Andersson, 2001). Вид обнаружен в водных объектах Швеции, загрязненных сточными водами целлюлозно-бумажной промышленности, в сравнительно широком диапазоне условий среды (pH 4,8–8,5, концентрации растворенного кислорода – 2,4–12,0 мг/л, цветности – 20–150 мг Pt/л) (Josefsson, Andersson, 2001). В Западной Европе *K. bostoniensis* обитает в малых (<3 км²) и крупных (>200 км²), в мелководных (<1 м) и глубоких (>20 м) водоемах с диапазоном трофности от олиго- до эвтрофии (Balvay, 1994). Также коловратка выявлена в гумидных, ацидных и слабозагрязненных водоемах Нидерландов (Leentvaar, 1961), Финляндии (Lehtovaar et al., 2014) и Франции (Balvay, 1994). В озерах Скандинавии высокая численность *K. bostoniensis* установлена в диапазоне температуры воды от 9°C до 15°C, вид был идентифицирован в составе зоопланктона с конца апреля до ноября, максимальная доля яйценосных самок регистрировалась в августе (Arnemo et al., 1968).

В реках Германии (Эмс и Эльба) коловратка также была идентифицирована (Streble, Krauter, 2006). Обнаружен этот вид и в реке Огрже Чешской республики (Kosik et al., 2011). В 2013 г. коловратка *K. bostoniensis* была идентифицирована в зоопланктоне старицы р. Сож (Республика Беларусь) (Vezhnavets, Litvinova, 2015).

В водных объектах России вид впервые зарегистрирован в 2000 г. в двух бессточных озерах Карельского перешейка (Иванова, Телеш, 2004) и к настоящему времени распространен в более 100 водоемах и водотоках (Макарцева, Родионова, 2011; Лазарева, Жданова, 2014; Zhdanova et al., 2016; Крайнев и др., 2018; Сярки, 2019 и др.).

Самым северным местообитанием коловратки в России является Выгозерское водохранилище (Карелия), расположенное на 63° северной широты.

Единичные экземпляры *K. bostoniensis* были обнаружены в зоопланктоне водохранилища в июле 2007 г. К лету 2011 г. вид присутствовал только в пелагиали. В августе 2017 г. он был встречен по всем районам водохранилища, и его численность достигала 100-780 экз./м³. По количеству аборигенный вид *K. longispina* (Kellicott, 1879) превосходил чужеродную коловратку в 5-76 раз в зависимости от условий (Сярки, 2019).

K. bostoniensis населяет водоемы бассейна Онежского озера, отмечена в Ладожском озере и некоторых его притоках (Лобуничева и др., 2011; Макарецца, Родионова, 2011; Алешина и др., 2014; Фомина, Сярки, 2015).

В бассейне р. Волги *K. bostoniensis* распространена на юг до 55° с.ш. (озера бассейнов рек Ока и Пра). Коловратка обитает во многих водоемах и водотоках разных областей России: Вологодской, Ленинградской, Новгородской, Тверской, Владимирской, Нижегородской и Рязанской (Bayanov, 2014; Жданова и др., 2016; Shurganova et al., 2017, 2019). Самой восточной находкой *K. bostoniensis* является озерная часть Камского водохранилища (56-57° в.д.) (Крайнев и др., 2018).

Сравнительно недавно вид-вселенец *K. bostoniensis* был обнаружен в водохранилищах, реках и озерах бассейна Верхней и Средней Волги (Жданова, Добрынин, 2011; Bayanov, 2014; Zhdanova et al., 2016; Shurganova et al., 2017; Золотарева и др., 2020 и др.). Чужеродный вид обитает в Ивановском, Угличском и Шекснинском водохранилищах (Лазарева, Жданова, 2014). Установлено совместное распространение двух представителей этого рода для участков водохранилищ с глубиной более 5 м, в то время как в мелководных озерах часто находили только *K. bostonieinsis*. В крупных водохранилищах бассейна Верхней Волги в основном встречалась исключительно *K. longispina* (Лазарева, Жданова, 2014).

Расселение чужеродного вида *K. bostonieinsis* в водных объектах на континентах, связывают с его распространением по течению рек или миграциями водоплавающих птиц. Так как водоемы-местообитания вида-вселенца *K. bostoniensis* зачастую не имеют видимого стока, вероятно, покоящиеся яйца в эти биотопы занесены именно птицами (Жданова и др., 2016). В засушливых регионах

широко распространен такой перенос покоящихся яиц гидробионтов, поднятых ветром вместе с пылью с побережья водоемов (Аладин, Плотников, 2004). В свою очередь, при избыточном увлажнении распространение коловраток с ветром маловероятно, поскольку даже при снижении уровня воды коловратки и их яйца оказываются в сыром грунте (Жданова и др., 2016).

Диапазон предпочтений вида-вселенца *K. bostoniensis* очень широк. Согласно литературным данным, вид достигает высокой численности при температуре воды от 5 до 20 °С. В водоемах России пик численности *K. bostoniensis* обычно приходится на июль (Жданова и др., 2016).

По данным Д.Е. Гаврилко (2019) чужеродная коловратка *K. bostoniensis* избегает заросли макрофитов и предпочитает зону открытой воды, что характеризует её как планктонный вид.

Высокая способность к распространению и высокая численность вида-вселенца во многих водных объектах свидетельствуют о его значительном адаптивном потенциале (Macedo et al, 2020).

Несмотря на широкое распространение K. bostoniensis до настоящего времени не выявлены закономерности натурализации этого вида, не определено действие абиотических и биотических факторов среды на численность и распределение вида-вселенца. Зачастую не приводится характеристика видовой структуры планктонных сообществ, в которых идентифицирована чужеродная коловратка, не изучено ее влияние на родственный аборигенный вид K. longispina. Не установлены адаптационные возможности вида-вселенца, в частности, морфологические признаки, которые определяются комплексом абиотических и биотических факторов среды. Недостаточно изучены особенности вертикального распределения вида в водоемах, сезонная и межгодовая динамика K. bostoniensis. Решение этих задач на новом методическом уровне является актуальным.

Глава 2. Общая характеристика района исследований

Исследования проводились на водохранилищах Средней Волги: Горьковском, Чебоксарском и Куйбышевском, на многочисленных водотоках и водоемах бассейна Чебоксарского водохранилища, в том числе в устьевых областях его притоков, а также в устьевых областях притоков Куйбышевского водохранилища.

Водохранилища Средней Волги: Горьковское, Чебоксарское, Куйбышевское

Горьковское, Чебоксарское и Куйбышевское водохранилища являются четвертой, пятой и шестой ступенями Волжского каскада водохранилищ и относятся к водоемам Средней Волги (Волга и ее жизнь, 1978; Минеева, 2004; Степанова, 2004). Общая площадь бассейна р. Волги составляет 1360 тыс. км². Большая часть территории водосбора (65%) приходится на низменности с высотой до 200 м, меньшую часть (35 %) занимают возвышенности. Бассейн р. Волги расположен в умеренном климатическом поясе. Водохранилища Средней Волги, как и другие водохранилища волжского каскада, являются равнинными. Горьковское и Чебоксарское водохранилища относятся к категориям очень крупных, Куйбышевское – крупнейших водохранилищ (Эдельштейн, 1998).

Горьковское водохранилище окончательно заполнено в 1957 г., расположено в подзоне южной тайги. Длина водохранилища составляет 430 км, максимальная ширина 15 км, средняя глубина 5,5 м, максимальная – у плотины Горьковской ГЭС 24 м, общая площадь водного зеркала 1591 км² (таблица 2.1.1). Водохранилище расположено на территориях 4 областей: Ярославской, Костромской, Ивановской, Нижегородской. Верхняя часть водохранилища (от г. Рыбинска до г. Костромы) имеет конфигурацию речного русла, ниже г. Юрьевец – озеровидное расширение. Водные массы формируются за счет Рыбинского водохранилища, крупных притоков рек Унжа и Немда и самого Горьковского водохранилища (Современная экологическая..., 2000; Экологические проблемы..., 2001; Шурганова, Черепенников, 2005).

Таблица 2.1.1

Морфометрические характеристики водохранилищ Средней Волги и показатели условного водообмена (по: Современная экологическая..., 2000; Минеева, 2004)

Водохранилище	V , км ³		S , км ²	L , км	D , км	H , м		$K_{\text{вод}}$ год ⁻¹
	Полн ый	Полез ный				Сред няя	Максима льная	
Средняя Волга								
Горьковское	8,80	3,9	1591	430	15,0	5,5	22,0	6,1
Чебоксарское*	<u>12,60</u>	<u>5,4</u>	<u>1270</u>	<u>321</u>	<u>16,0</u>	<u>5,8</u>	<u>21,0</u>	20,9
	4,6	0	1080	321	16,0	4,2	21,0	
Куйбышевское	57,30	33,90	6150	510	27,0	9,3	41,0	4,2

Примечание. V – объем, S – площадь, L – длина, D – максимальная ширина, H – глубина, $K_{\text{вод}}$ – коэффициент условного водообмена; * проектные данные над чертой, при современном подпорном уровне – под чертой.

Чебоксарское водохранилище заполнено в 1981 г., занимает центральную часть Среднего Поволжья на границе двух подзон лесной зоны: южной тайги и смешанных хвойных и широколиственных лесов (Харитонычев, 1978; Волга и ее жизнь, 1978). Длина водохранилища составляет 321 км, максимальная ширина 16 км, средняя глубина 4,2 м, максимальная – 21 м, общая площадь водного зеркала 1270 км² (таблица 2.1). Водохранилище расположено на территории трех субъектов Российской Федерации: Нижегородской области, Республики Марий-Эл и Республики Чувашии.

Наиболее крупные правые притоки р. Ока и р. Сура, левые – р. Керженец и р. Ветлуга. Площадь водосборного бассейна водохранилища 604 тыс. км². Бассейн водохранилища расположен в зоне достаточной увлажненности. Берега водохранилища в средней и нижней частях (от устья р. Оки до Чебоксарской ГЭС) ассиметричны: правый берег – высокий и крутой, левый – низкий, пологий (Харитонычев, 1978; Волга и ее жизнь, 1978). Водные массы Чебоксарского водохранилища, главным образом, формируются за счет двух разнородных потоков: волжского из Горьковского водохранилища и окского. Озерная часть представлена водной массой, сформированной волжскими, окскими водами и водами боковых притоков (Экологические проблемы..., 2001; Бикбулатов и др., 2002; Шурганова, 2007).

Большинство исследованных нами рек и озер расположено на территории водосбора Чебоксарского водохранилища, включающего ландшафты лесного Заволжья (левобережье области), низменного Окско-Волжского междуречья

(Балахнинское полесье) и лесостепного Правобережья, различающихся комплексом характеристик (Харитонычев, 1978).

Так, климат лесного Заволжья (левобережье Нижегородской области) холодный и влажный. Длительность зимы составляет около пяти месяцев, снеготаяние оканчивается в конце апреля. Весной характерны заморозки. Лето короткое. Количество осадков 550–600 мм (Агафонов, 1974). В северной части, расположенной в пределах обширной низменной Волжско-Ветлужской низины, среднегодовая температура воздуха составляет 2,3–2,9°C (География Горьковской..., 1991). Ландшафт пологохолмистый таежно-лесной и низинно-полесский (Ветлужский и Волжско-Керженский края) (Агафонов, 1974). Почвы южного Заволжья преимущественно дерново-слабоподзолистые, в поймах и террасах Волги и Керженца залегают дерновые аллювиальные почвы. Междуречья Заволжья плоские с большим количеством верховых болот, торфяников и мелких озер. Почвы дерново-слабоподзолистые, песчаные и супесчаные, а также торфяно-болотные (Харитонычев, 1978). Водотоки лесного Заволжья характеризуются относительно высокими скоростями течения, повышенной гумификацией (более 410° Pt-Co шкалы), нейтральными и слабокислыми условиями, низкой электропроводностью (Шурганова и др., 2017).

Водные объекты Балахнинского полесья представлены водоемами и водотоками г. Нижнего Новгорода, расположенными на территории Балахнинской низменности. Для этой территории характерно заболачивание, связанное с опусканием территории, плоским рельефом с малыми уклонами, неглубокое залегание грунтовых вод. Основная роль в формировании рельефа принадлежит эрозионно-аккумулятивным процессам рек Ока и Волга (Экологическое состояние..., 2005). Водотоки характеризуются высоким содержанием органических веществ и солей железа, имеют желто-бурый цвет (Харитонычев, 1978). Обладают, главным образом, нейтральной и слабокислой реакцией среды и более высокой электропроводностью по сравнению водными объектами лесного Заволжья.

Правобережье Чебоксарского водохранилища характеризуется более сухим и теплым климатом, по сравнению с левобережным Заволжьем. Зима длится около 4,5 месяцев. Заморозков меньше. Лето, как правило, жаркое и сухое, длится три месяца. Осадков за год выпадает 450–550 мм (Агафонов, 1974). Почвы Приволжской возвышенности сложены легко размываемыми, рыхлыми коренными породами, с этим связано образование оврагов, оползней, карстов. Увалы сменяются пологими и волнистыми склонами. Преобладают серые лесные почвы, оподзоленные и выщелоченные черноземы (Харитонычев, 1978). Водотоки лесостепного Правобережья, медленно текущие с низкой цветностью вод (до 143,0° Pt-Co шкалы), более высокой, по сравнению с водными объектами левобережья, электропроводностью, нейтральной и слабощелочной реакцией среды (Шурганова и др., 2017), более высоким содержанием биогенов (Воденеева, Охалкин, Старцева, 2014).

Куйбышевское водохранилище заполнено в 1957 г. – крупнейшее водохранилище в Европе, самое крупное на р. Волга. Длина водохранилища составляет 510 км, максимальная ширина 27 км, средняя глубина 9,3 м, максимальная – 41 м, общая площадь водного зеркала 6150 км² (таблица 2.1). Расположено на территории пяти субъектов РФ: Республики Марий Эл, Республики Татарстан, Самарской области, Ульяновской области, Чувашской Республики, в подзоне лиственных лесов. Преимущественный тип почвы водосбора – выщелоченные черноземы (Законнов, Законнова, 2008).

Водотоки

Проведено исследование рек, протекающих по территории г. Нижнего Новгорода (Черная, Вьюница, Левинка, Гниличка, Ржавка, Параша, Рахма, Кова, Старка), а также Шуваловского канала. Обследованы устьевые области притоков водохранилищ: р. Трестьянка, р. Пыра, р. Ока, р. Везлома, р. Кудьма, р. Керженец, р. Сундовик, р. Ветлуга, р. Кама, р. Казанка, а также реки особо охраняемых природных территорий (ООПТ) ГПБЗ «Керженский» (Керженец, Рустайчик, Черная, Пугай), заказника «Пустынский» (р. Сережа и Протока, соединяющая озера

Великое и Свято), памятника природы «Озеро Чарское и прилегающий лесной массив» (р. Чара).

Река Трестьянка – правый приток Чебоксарского водохранилища, протекает по территории Балахнинского низинного полесья. Длина реки – 17 км, исток расположен в лесу у д. Малинино (Ресурсы поверхностных..., 1966).

Река Пыра – правый приток Чебоксарского водохранилища, протекает по территории Балахнинского низинного полесья. Длина реки – 36 км, площадь водосборного бассейна 155 км² (Ресурсы поверхностных..., 1966).

Река Черная – правый приток Чебоксарского водохранилища. Протекает в северо-западной части г. Нижнего Новгорода. Исток реки расположен в болотистой холмистой местности за пределами города. Длина водотока – 19 км. Площадь водосбора 61,2 км². Ширина русла составляет 3-4 м, глубина около 1 м. В устьевой области ширина русла – 12-14 м, глубина – 1,8 м (Экологическое состояние ..., 2005).

Река Гниличка – левый приток р. Оки. Исток реки расположен в болотистой местности на окраине г. Нижнего Новгорода. Долина реки характеризуется высокой заболоченностью, в верхнем течении достигает 60 % (Экологическое состояние ..., 2005). Русло водотока перекрыто дамбами, вследствие чего образовались четыре прудовых расширения.

Река Вьюница – левый приток р. Гниличка, протекает по окраине г. Нижний Новгород. Длина водотока – 10,5 км. Бассейн реки заболочен. По течению реки расположены три прудовых расширения.

Река Левинка – правый приток Чебоксарского водохранилища, протекает по территории г. Нижнего Новгорода. Длина реки составляет 6,1 км. На некоторых участках русло реки образует прудовые расширения (Экологическое состояние ..., 2005).

Река Параша – левый приток р. Левинка (правый приток Чебоксарского водохранилища), впадает в неё в 3,2 км от устья. Длина водотока – 7,5 км, протекает по нижней части г. Нижнего Новгорода. Река формирует оз. Сормовское с

отходящим от него постепенно суживающимся участком, впадающим в р. Левинку (Экологическое состояние ..., 2005).

Река Ржавка – левый приток р. Оки, впадает в неё на расстоянии 6 км. от устья. Длина водотока – 3,5 км, ширина русла небольшая составляет 3-5 м, скорость течения 0,25 м/сек. (Геохимическая оценка..., 1992). Река протекает по территории г. Нижнего Новгорода, исток расположен в 64 метрах от входа в подземный коллектор Шуваловского канала. Часть русла р. Ржавки также заключена в коллектор. Таким образом, русло водотока состоит из трех участков: верхний, с низким уровнем воды и слабой скоростью течения, средний, представленный подземным коллектором, и нижний – слияние вод р. Ржавки с притоком р. Борзовкой и стоком из коллектора. Берега реки захламлены бытовыми отходами, на значительном протяжении расположены гаражные массивы (Экологическое состояние ..., 2005).

Шуваловский канал – система антропогенно преобразованных озер, соединенных проточными участками, образованная на месте Шуваловских болот. Водный объект расположен в нижней части г. Нижний Новгород, истоком является заболоченный участок. До создания канала на его месте находилось около 15 небольших озер. Вода из канала стекает в подземный коллектор, соединенный с р. Ржавкой, затем эти водные массы поступают в р. Оку. Канал заполняется атмосферными осадками и грунтовыми водами – оба источника поступления воды по величине практически одинаковы (Экологическое состояние ..., 2005). Канал состоит из 6 озерных расширений, соединенных протоками.

Река Рахма – правый приток Чебоксарского водохранилища. Исток реки расположен в заболоченной низине Приокского района г. Нижнего Новгорода. Длина – 18 км, площадь бассейна – 132 км². Одна из немногих рек города, обладающая сетью притоков, включающей тринадцать водотоков (Экологическое состояние ..., 2005).

Река Кова – левый приток р. Рахмы. Берет начало из родника, протекает по нагорной части г. Нижнего Новгорода. Длина – 3,5 км. Дно реки ровное, песчаное,

отдельные участки покрыты сероватым налетом, местами дно топкое, покрыто илом и мусором (Экологическое состояние ..., 2005).

Река Старка – приток р. Кова. Исток реки – ручей, расположенный в нагорной части г. Нижний Новгород. Длина водотока около 11 км. Естественное русло и гидрологический режим реки нарушены, вследствие антропогенного воздействия (прокладки тротуаров и переходов). Водоток имеет 10 притоков (Экологическое состояние ..., 2005)

Река Ока – крупнейший правый приток Волги, на территории Нижегородской области расположен участок реки длиной 270 км. Средняя ширина р. Оки у г. Павлово в межень – около 400 м, у г. Нижнего Новгорода – 800 м. Правый берег в пределах области до впадения р. Теши – низкий, затем – высокий (География горьковской..., 1978). Устьевой участок р. Оки характеризуется значительным загрязнением в черте г. Нижнего Новгорода, так как в устье транзитом поступают загрязнители с территорий 7 областей Российской Федерации: Орловской, Московской, Калужской, Тульской, Рязанской, Владимирской и Нижегородской. В устьевой области отмечено превышение ПДК железа, марганца, меди, цинка, никеля, свинца, сульфатов, азота аммонийного и нитритного, фосфатов, нефтепродуктов, фенолов (Состояние окружающей ..., 2013; Охапкин и др., 2015). Вследствие высокого содержания биогенных элементов р. Ока является одним из основных источников эвтрофирования Чебоксарского водохранилища (Терешина и др., 2018).

Река Сережа – приток р. Оки второго порядка. Длина водотока составляет 196 км. Начало берет из родника в ложине. Река протекает по территории 7 районов Нижегородской области. В пределах водосбора реки большое количество карстовых воронок, озер провального типа, соединяющихся протоками, и мелких речек (Агафонов, 1974). Ширина реки в нижнем течении 50–60 м, глубина на плесах 1–2 м, в омутах – 15 м, около 0.5 м на перекатах. Верховье летом пересыхает. (Харитонычев, 1978). Гидрохимическая характеристика вод реки представлена в таблице 2.2.1.

Гидрохимические показатели р. Сережи, Протоки, р. Чара (июль 2014 г.)
(по данным филиала ФГБНУ «Нижегородская лаборатория ГосНИОРХ»)

Показатели	р. Сережа	Протока	р. Чара
Цветность, град.	66,4	86,8	-
Мутность, мг/л	1,1	1,1	1,7
Жесткость, мг-экв/л	2,1	1,8	1,7
Кальций, мг/л	22,0	18,0	10,0
Магний, мг/л	12,0	10,8	14,4
Гидрокарбонаты, мг/л	88,0	61,6	61,6
Хлориды, мг/л	12,0	12,0	14,0
Сульфаты, мг/л	8,3	10,3	16,1
Минерализация, мг/л	142,3	112,7	116,1
Железо общ., мг/л	0,262	0,423	93,0
Азот аммонийный, мг/л	0,345	0,402	0,670
ПО, мг O ₂ /л	16,8	19,2	32,2

Протока – водоток, соединяющий оз. Великое и оз. Свято, расположенный справа по течению р. Сережи. Площадь ее составляет 25,3 га, длина — 1,7 км, средняя ширина — 60 м, средняя глубина — 1,8 м, максимальная глубина — 3,5 м. В летний период характеризуется гомотермией (Лаврова, Кузнецова, 2000). Гидрохимическая характеристика представлена в таблице 2.2.1.

Река Чара – левый приток р. Сережи, протекает по территории Нижегородской области. Длина водотока 34 км, площадь бассейна 198 км². Река впадает в оз. Чарское с восточной стороны и вытекает из него на север. В засушливые годы пересыхает (Бакка, Киселева, 2008). Гидрохимическая характеристика представлена в таблице 2.2.1.

Река Везлома – левый приток Чебоксарского водохранилища. Длина – 52 км, площадь водосборного бассейна – 408 км². Исток реки расположен в болоте. Верхнее течение расположено на заболоченной территории, в среднем течении река соединена с мелиоративными каналами и системой прудов, в нижней части образует многочисленные озера и старицы.

Река Кудьма – правый приток Чебоксарского водохранилища. Исток расположен на водоразделе с р. Сережа. Длина 144 км, площадь водосбора 3220 км². Русло реки извилистое, в среднем течении искусственно спрямленное. Река

имеет разные по высоте берега: низкие, пологие и крутые, обрывистые. Глубина реки от 0,5-0,8 м до нескольких метров в омурах (Природа Горьковской..., 1974).

Река Керженец – левый приток Чебоксарского водохранилища. Длина водотока 290 км (Фридман, Кораблева, 2001). В работе представлены исследования устьевой области реки, а также среднего течения, в пределах заповедника «Керженский». В речном русле преобладают плесовые участки с медленным течением (0,1-0,3 м/с) и глубинами 1-2 метра, также встречаются омуты с глубинами до 14,8 м. Ширина реки в межень 30-40 м. В пределах заповедника имеет неясно выраженную долину с пологими склонами, переходящими в заболоченные равнинные пространства. Дно ровное, песчаное и песчано-илистое. Берега высокие крутые, местами обрывистые (Фридман, Кораблева, 2001).

На территории заповедника «Керженский» в р. Керженец впадают притоки: **р. Рустайчик, р. Черная, р. Пугай** и др. Бассейны рек сильно заболочены, долины выражены слабо, с пологими и очень пологими склонами. Русла извилистые, неразветвленные, во многих местах захламлены хворостом и поваленными деревьями. Дно неровное, песчано-илистое. Ширина рек в межень составляет от 0,5-2,0 до 5-10 м. Глубины колеблются от 3-20 см до 1,5 м. Скорости течения невысокие 0,1-0,3 м/с (Манкиш, Баянов, 2001). Гидрохимическая характеристика р. Керженец и его притоков представлена в таблице 2.2.2.

Таблица 2.2.2

Гидрохимическая характеристика водотоков ГПБЗ «Керженский»
(Летопись природы, 2012)

Показатель	р. Керженец	р. Черная	р. Пугай	р. Рустайчик
Цветность	93	159	119	200
Сумма ионов, мг/л	79	63	46,8	61,4
HCO_3^{2-} , мг/л	39,7	36,6	23,4	36,6
SO_4^{2-} мг/л	12,2	7,5	8,5	6,6
Cl^- , мг/л'	6,0	3,0	2,6	3,3
$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, мг/л	14,5	11,1	8,7	11,5
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$, мг/л'	5,7	3,9	2,8	3,3
$\text{Fe}_{\text{общ.}}$, мг/л'	0,28	1	1	0,75
$\text{P}_{\text{общ.}}$, мкг/л	65	98,5	156	140
$\text{N}_{\text{мин.}}$, мг/л	0,55	0,73	0,54	1,1
O_2 , мг/л	6,64	6,52	7,04	5,3
ХПК, мг/л	31,6	59,1	51,9	42,3
БПК_5 , мг/л	1,4	1,2	2,3	2,3

Река Сундовик – правый приток Чебоксарского водохранилища. Длина – 97 км, площадь водосбора – 1120 км². В среднем течении ширина достигает 15–20 м, в приустьевой части 35–40 м. Средняя глубина 1–2 м, максимальная – 4 м. Течение быстрое, дно в основном песчаное и галечное (Ресурсы поверхностных..., 1966).

Река Ветлуга – левый приток Чебоксарского водохранилища. Протекает по территории Кировской, Костромской, Нижегородской областей и Республики Марий-Эл. Длина реки – 889 км, площадь водосборного бассейна – 39 400 км². Левый берег низменный, правый высокий (до 100 м) сложен мергелями и песчаниками. Течение медленное, русло образует много стариц.

Река Казанка – левый приток Куйбышевского водохранилища. Устье реки изменено, перегорожено несколькими транспортными дамбами, представлено цепью искусственных заливов с почти полным отсутствием течения. Длина реки 142 км, площадь водосборного бассейна 2600 км². Р. Казанка – извилистая, в бассейне широко развит карст. Ширина русла в межень составляет от 10 м до 20 м, глубина изменяется от 0,5 м до 1,5 м, скорость течения 0,1–0,3 м/с.

Река Кама – левый самый крупный приток р. Волги, впадающий в Куйбышевское водохранилище. Длина реки составляет 1805 км, река обладает развитой системой притоков (более 74,7 тыс.), площадь водосборного бассейна более – 507 тыс. км². В низовьях Кама течёт по широкой (до 15 км) речной долине. Ширина русла составляет 450–1200 м (Лазарева, 2020). Исследования проводились в устьевой области реки.

Озера

Исследования проводились на разнотипных озерах Нижегородской области, имеющих статус ООПТ, либо расположенные в пределах ООПТ, а также на озерах г. Нижнего Новгорода.

Озера Кочешковское и Титковское. Водоемы расположены на территории памятника природы регионального значения «Озера Кочешковское и Титковское и окружающий их лесной массив». *Озеро Кочешковское* имеет округлую форму с низкими, в основном заболоченными берегами, в некоторых местах переходящими

в сплаvinу, глубина его 13 м. Дно озера илистое, у берегов – торфянистое. По урезу воды располагается пояс прибрежной растительности шириной 1–6 м, в котором преобладают папоротник телиптерис болотный, осоки и заросли камыша озерного с куртинами тростника. На мелководьях с глубиной 1–2 м присутствует кувшинка чисто-белая, кубышка желтая, элодея канадская, на глубине встречаются заросли рдеста длиннейшего и харовых водорослей (Бакка, Киселева, 2008). *Озеро Титковское* также округлой формы, диаметром около 150 м. Берега низкие, пологие, склоны озерной котловины очень крутые. Глубина озера достигает 15 м, вода очень прозрачная. По урезу воды озера представлена прибрежная растительность. На глубинах 0,5–2,0 м вдоль берегов озера располагается пояс кувшинок и кубышек, встречается редкий вид – кувшинка белая. На глубинах 1–3 м сплошным поясом шириной около 10 м расположены заросли элодеи канадской (Бакка, Киселева, 2008).

Озера характеризуются высокой прозрачностью воды – 2,3 м оз. Кочешковское и 3,2 м оз. Титковское, слабощелочной реакцией среды – pH 7,7–8,0.

Озеро Жаренское – памятник природы регионального значения. Площадь – 13,6 га. Озеро элового происхождения, окружено верховым болотом. К озеру примыкает осоковосфагновая полоса шириной от 2 до 8 м с зарослями клюквы. Около уреза воды болото постепенно переходит в озерную сплаvinу, образованную сфагновыми мхами, осоками, телиптерисом болотным, сабельником болотным (Бакка, Киселева, 2008). Максимальная глубина озера составляет 13 м, pH – 7,4–8,4, отмечается высокая прозрачность воды – 2,5 м и низкая электропроводность – 19 мкСм/см. Гидрохимическая характеристика представлена в таблице 2.3.1.

Таблица 2.3.1

Гидрохимическая характеристика некоторых озер
(по данным лаборатории хроматографии, масс-спектрометрии и элементарного анализа
НИИ химии ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2019 – 2020 гг.)

	Аммоний, мг/дм ³	Гидрокарбонаты, мг/дм ³	Взвешенные частицы, мг/дм ³	Нитраты, мг/дм ³	Нитриты, мг/дм ³	Фосфаты, мг/дм ³	Сульфаты, мг/дм ³	Хлориды, мг/дм ³	Железо, мг/дм ³	Марганец, мг/дм ³	Медь, мг/дм ³	Кальций, мг/дм ³	Кремний, мг/дм ³	Цинк, мг/дм ³	Свинец, мг/дм ³	Никель, мг/дм ³	Магний, мг/дм ³
Жаренское	0,29	12	<3	0,9	<0,2	<0,25	1,6	2,0	0,15	0,009	<0,001	1,9	<0,05	-	-	-	-
Нестиар	-	61,6	-	-	-	-	63	2,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Светлояр	0,13	73	<3	1,2	<0,2	0,10	3,1	6,0	0,13	0,010	<0,001	13,0	0,06	-	-	-	-
Парковое	0,10	71	7	0,29	<0,2	<0,25	16	54	0,06	0,015	<0,001	19	<0,05	0,003	0,314	<0,001	8,9
Гурьяново	-	-	-	<0,2	<0,5	0,2	15,1	6,1	1,0	0,03	0,977	5,7	0,25	0,106	-	-	4,5
Пермяковское	-	-	-	0,81	<0,5	<0,25	42,9	37,5	0,1	0,01	0,014	31,3	0,04	0,1	<0,001	0,06	12,9
Счастливое	-	-	-	<0,2	<0,5	<0,25	20,9	33,2	0,3	0,06	0,012	28,2	0,31	0,224	<0,001	0,508	11,2
Светлоярское	-	-	-	<0,2	<0,5	<0,25	31,4	57,2	0,13	0,03	<0,001	19,1	0,23	-	-	-	9,7
Сортировочное	0,44	92	4	0,7	<0,2	<0,25	23	27	0,7	0,06	<0,001	24	0,4	<0,005	<0,001	<0,001	7,9

Озеро Нестиар – памятник природы регионального значения. Озеро овальной формы эолового происхождения, значительная максимальная глубина 20 м свидетельствует о возможных карстовых процессах. На юго-востоке из озера вытекает ручей, относящийся к бассейну р. Люнды. Северо-восточные склоны берега высокие, остальные низкие и пологие, заболоченные. В озере хороша развита прибрежная и водная растительность, имеются участки широкой осоково-сфагновой сплавины, обширные заросли тростника, куртины рогоза, тростянки овсяничной и других высоких прибрежных растений. Озеро является местом обитания редких видов животных и растений Красной книги Нижегородской области (Бакка, Киселева, 2008).

Озеро Светлояр – памятник природы федерального значения. Озеро яйцевидной формы, максимальная длина – 462 м, ширина – 338 м. Южный и юго-западный берега высокие, западный берег более пологий, северный и восточный берега пологие. Наиболее глубокая южная часть водоема (32,7 м), средняя глубина – 9,5 м. Глубины в оз. Светлояр распределяются в виде трёх ступеней в диапазонах: 0–2, 4–8 и 20–26 м. Озеро характеризуется слабовыраженной литоральной зоной, сложенной илистыми и песчано-илистыми грунтами. Северо-восточный, северный и западный берега образованы сплавиной. Водная растительность расположена по периметру всего водоёма, на глубинах до 5 м, и покрывает водную поверхность примерно на 30% (Урбанавичуте, 2015). Оз. Светлояр – димиктический водоём с выраженными гидрологическими сезонами года. Вода озера характеризуется малой минерализацией, нейтральной реакцией среды, относится к гидрокарбонатному классу группы кальция в летнее время или магния в зимний период. Между поверхностным и придонным горизонтами озера ярко выражены различия в ионном составе и концентрации биогенов (Баянов, 2008). По ряду показателей (морфометрия, прозрачность, перманганатная окисляемость) водоем относится к олиготрофным водным объектам. В озере очень высокая прозрачность – до 6 м в летний период, весной и осенью прозрачность понижается до 2,5–2,7 м (Баянов, 2008; Баянов, Макеев, 2016). Гидрохимическая характеристика озера приведена в таблице 2.3.1.

Пойменные озера р. Керженец: Гришино, Драничное, Сиротинное, Новая Старица, Черный Яр, Чернозерское-1, Чернозерское-2, Черное, Круглое, Нижнее Рустайское. Озера расположены в пойме среднего течения р. Керженец на территории ГПБЗ «Керженский». Гидрохимическая характеристика озер представлена в таблице 2.3.2.

Таблица 2.3.2

Гидрохимическая характеристика пойменных озер р. Керженец в 2017 г.

Водный объект	Гришино	Драничное	Чернозерское-1	Чернозерское-2	Черный Яр	Сиротинное	Новая Старица
Минерализация, мг/л	60,2	54,9	58,1	70,9	50,2	46,9	57,8
Температура, °С	12,8	12,7	17,4	15,3	14,7	22,5	20,8
O ₂ , мг/л	5,5	5,0	2,18	7,2	6,3	3,6	1,65
Взвешенные вещества, мг/л	2,2	5,5	6,6	6,3	7,7	4,4	22,9
Цветность, град.	163,4	247,0	257,4	217,5	422,2	210,9	1048,2
Fe, мг/л	0,28	0,93	0,55	0,6	1,22	0,4	3,3
Жесткость, мг-экв./л	0,64	0,60	0,42	0,56	0,4	0,4	0,73
Аммонийный азот, мг/л	0,42	0,44	0,61	0,18	0,77	0,47	1,21
Нитриты, мг/л	0,02	0,03	0,05	0,02	0,06	0,03	0,09
Нитраты, мг/л	0,24	0,09	0,38	0,21	0,59	0,35	1,55
Минеральный азот, мг/л	0,66	0,57	1,04	0,41	1,42	0,86	2,84
Минеральный фосфор, мг/л	0,04	0,09	0,14	0,1	0,22	0,10	0,29
Перманганатная окисляемость, мгO ₂ /л	13,6	20,0	37,6	12,0	46,4	16,9	62,9

Озеро Гришино имеет подковообразную форму, расположено по левому берегу р. Керженец. Площадь водоема – 2,4 га, максимальная глубина – 2 м, средняя – 1,5 м (Баянов, Кривдина, 2011).

Озеро Драничное расположено по левому берегу р. Керженец, в 20-30 м от русла реки. Площадь составляет 1,28 га, длина озера – 0,54 км, средняя ширина – 40 м. Средняя глубина в межень – 1,0 м (максимальная – до 2,5 м). Форма старицы подковообразная. В восточной части озеро связано с рекой протокой, в меженный

период она пересыхает, ложе закоряжено, берега крутые. Зарастаемость высшей водной растительностью акватории озера достигает 10%. Грунт ложа песчаный, покрытый илом, детритом, листовым опадом (Баянов, Кривдина, 2013).

Озеро Сиротинное вытянутой подковообразной формы с незначительной изрезанностью береговой линии. Площадь 2,4 га. Озеро проточно только в период половодья, питание происходит в основном за счет поверхностного стока. Дно озера илисто-песчаное. Озеро эвтрофное с низкой минерализацией (Баянов, Кривдина, 2013). Средняя глубина – 1 м, максимальная – 2,5 м.

Озеро Новая Старица вытянутой формы, площадью 4 га, расположено по левому берегу р. Керженец и соединено с ней протокой. Средняя глубина 2 м, максимальная – 3,2 м.

Озеро Черный Яр расположено по левому берегу р. Керженец, в 100 м на восток от русла реки. Площадь – 4,64 га. Длина озера – 1,21 км, средняя ширина – 50-70 м. Средняя глубина в межень – 1,5 м (максимальная – до 2,5 м). Форма старицы подковообразная. Протокой связано с оз. Черноезерское-1. Ложе закоряжено. Берега крутые, покрыты старым смешанным лесом (70-150 лет). В основном преобладают сосновые насаждения, на южном берегу – участки ельника. Зарастаемость высшей водной растительностью открытой акватории озера не более 1% (Баянов, Кривдина, 2013).

Озеро Черноезерское-1 расположено по левому берегу в 70 м от р. Керженец. Площадь – 2,4 га, длина озера – 0,71 км, средняя ширина – 50-70 м. Средняя глубина в межень – 1,0 м (максимальная – до 3 м). Форма старицы подковообразная. Имеется связь протокой с оз. Черный Яр. Ложе закоряжено. Берега крутые со смешанным лесом возрастом 80-150 лет. На восточном берегу преобладают сосновые насаждения, на остальных – еловые. Рядом с озером обнаружены следы жизнедеятельности бобров. Зарастаемость высшей водной растительностью открытой акватории озера составляет не более 5%, на отдельных участках практически отсутствует. Грунт ложа песчаный, покрыт илом, детритом, листовым опадом (Баянов, Кривдина, 2013).

Озеро Чернозерское-2 расположено по левому берегу реки Керженец, на северо-восток от русла. Площадь – 5,66 га, длина – 1,79 км, средняя ширина – 30 м. Средняя глубина в межень – 0,7 м (максимальная – 2,0 м). Форма старицы серповидная, с удлиненной южной частью ложа. Ложе закоряжено. Озеро мелкое, сильно заболочено, заросшее высшей водной растительностью. Берега крутые (около 450 м), поросшие молодым смешанным лесом (30-50 лет). На западном берегу встречаются участки черноольшанника, на южном берегу – участки дубрав. На восточном берегу в основном преобладают сосновые насаждения. Отмечена деятельность бобров, в т.ч. бобровая плотина в южной части озера. Зарастаемость высшей водной растительностью открытой акватории озера достигает 70%. Грунт ложа песчаный, покрыт илом, детритом и листовым опадом (Баянов, Кривдина, 2013).

Озеро Черное предположительно является карстовым озером (Фридман, Кораблева, 2001). Озеро имеет глубокую (до 16 м) воронку в южной части и две впадины (8 и 12 м) в северной, сильно изрезанную береговую линию. Общая площадь – 17 га. По характеру водообмена оз. Черное – проточное, питается ключами и небольшими болотными ручейками, дает начало одноименной реке. Озеро характеризуется стратификацией водных масс. Слой термоклина лежит на глубинах от 2,0 до 5,0 м, температура понижается на 4,4 °С каждый метр. Температура гипolimниона составляет 7,7 – 4,9 °С (Баянов, Юлова, 2001). Из-за относительно небольшой площади зеркала, значительной глубины и высоких берегов (за исключением северного) ветровое перемешивание не приводит к глубокому прогреву водной массы и насыщению ее кислородом. Эпилимниальный слой составляет 3,0–3,5 м, термоклин простирается до 5,5–6,0 м. Основная масса вод сосредоточена в холодном гипolimниальном слое. В верхнем пятиметровом горизонте в летнее время наблюдается перенасыщение воды кислородом (115–120%). На глубинах 5–9 м наблюдается резкий оксиклин, еще глубже кислород практически отсутствует (Баянов, Юлова, 2001).

Озеро Круглое – пойменное озеро р. Керженец, имеет старичное происхождение. Проточно только в период половодья. Площадь озера – 1,0 га,

средняя глубина – 2,0 м, максимальная – 6,0 м. Озеро эвтрофное с низкой минерализацией. Дно озера илисто-песчаное (Баянов, Кривдина, 2013).

Озеро Нижнее Рустайское – водоем пойменного типа, образовавшийся из старицы р. Керженец. Имеют вытянутую форму и незначительную изрезанность береговой линии. Площадь озера – 0,8 га. Средняя глубина – 2,0 м; максимальная – 6,0. По характеру водообмена оз. Нижнее Рустайское проточное в течение всего года, имеет ключевое питание. Дно озера илисто-песчаное (Баянов, Кривдина, 2013).

Озера, расположенные на территории г. Нижнего Новгорода.

Озеро Парковое – создано искусственно на месте выемки песка, используется для рекреации. Заполнение озера происходит за счет грунтового питания, осадков и поверхностного стока. Водоем бессточный, потеря воды осуществляется путем испарения и водообменом с грунтовыми водами. Конфигурация озера напоминает цифру «8». Общая площадь зеркала – 7,8 га, средняя глубина – 2,8 м, максимальная – 5,8 м (Экологическое состояние..., 2005). Гидрохимическая характеристика озера приведена в таблице 2.3.1.

Озеро Счастливое – создано искусственно на месте заболоченного понижения. Водоохранная зона озера находится на второй надпойменной террасе р. Оки, сложенной переслаиванием песков, супесей и суглинков и имеет плоский пониженный рельеф. Дно озера илисто-песчаное. Заполнение водой происходит за счет грунтового питания, жидких осадков и поверхностного стока. Озеро бессточное, притоки в озеро отсутствуют. Ложе озера представляет собой выемку корытообразной формы с резким спадом глубин в прибрежье и плоским дном. Общая площадь зеркала – 2,5 га, средняя глубина – 3,2 м, максимальная – 6,0 м (Экологическое состояние..., 2005). Гидрохимическая характеристика водоема приведена в таблице 2.3.1.

Озеро Светлоярское – создано искусственно на месте бывшего карьера силикатного завода в результате заполнения его котлована грунтовыми водами родников. Озеро неправильной овальной формы и вытянуто с юго-востока на север. Водоохранная зона расположена на второй надпойменной террасе р. Волги. Берега

невысокие – 1 – 3,5 м. Дно озера песчаное и песчано-илистое. Водоем бессточный, притоки отсутствуют. Общая площадь зеркала – 12,3 га, средняя глубина – 5,1 м, максимальная – 11,3 м (Экологическое состояние..., 2005). Гидрохимическая характеристика озера приведена в таблице 2.3.1.

Озеро Сортировочное – памятник природы, крупный, измененный мелиорацией водоем, образовавшийся на месте болотного массива. Водоем создан для понижения уровня грунтовых вод на примыкающих ранее заболоченных территориях Заречной части города Нижний Новгород. В озеро поступает вода, которая через канал Сортировочный стекает в приток Оки р. Ржавку. Дренажная система позволила построить поселок Сортировочный, продолжает регулировать уровень грунтовых вод. Озеро было расширено и углублено, используется в рекреационных целях. Водоем имеет сложную неправильную форму. На большом, вытянутом с севера на юг острове и местами на берегах озера сохранились остатки болотных экосистем. Общая площадь – 23,0 га, максимальная глубина – 11,3 м, средняя – 5,1 м (Экологическое состояние..., 2005). Гидрохимическая характеристика водоема представлена в таблице 2.3.1.

Озеро Гурьяново имеет вытянутую форму, общая площадь – 18,3 га. Максимальная глубина – 5,8 м, средняя – 2,8 м. Озеро соединено каналом с р. Пыррой. Канал, соединяющий водоем с р. Черной засыпан, поэтому сток из озера затруднен. Гидрохимическая характеристика озера приведена в таблице 2.3.1.

Озеро Пермьковское – искусственного происхождения, образовано на месте карьера, из которого производился забор песка для строительства домов. Общая площадь – 49,0 га, максимальная глубина – 13,0 м, средняя – 3,0 м. Гидрохимическая характеристика водоема приведена в таблице 2.3.1.

Озера Пустынской озерно-речной системы: Великое, Свято, Глубокое, Паровое, Долгое. Водоемы образовались в результате карстовых процессов по руслу р. Сережа и на прилегающей территории. Карст Пустынского заказника образован как карбонатами (известняки, доломиты, мергели), так и сульфатами (гипс, ангидрит), развит карст карбонатно-сульфатного типа. Как и почти

повсеместно в закарстованных районах Нижегородской области, карст относится к покрытому типу (Асташин и др., 2016).

Протяженность всей системы, включающей также озера Нарбус, Кругленькое, Карасево, с запада на восток по течению р. Сережи – 6.5 км, с севера на юг – 3.6 км, общая площадь – 303,1 га.

Грунт берегов озер представлен песчаным, каменисто-песчаным, песчано-глинистым, иногда торфяным. Правый берег как правило высокий, обрывистый. По берегам и в воде до глубины 3-4 метров развита прибрежная и водная растительность (Лукина, 1970; 1974).

Максимальная глубина озер варьирует от 4,0 до 14,5 м, прозрачность воды – 0,9–1,8 м. Трофический статус изменяется от мезотрофного до эвтрофного (Челышева, Охапкин, 2019). Воды оз. Великое характеризуются летней гомотермией, а оз. Свято летней стратификацией (Лаврова, Кузнецова, 2000). Гидрохимическая характеристика озер представлена в таблице 2.3.3.

Таблица 2.3.3

Гидрохимическая характеристика Пустыньских озер и оз. Чарское
(по данным филиала ФГБНУ «Нижегородская лаборатория ГосНИОРХ» 2014 г.)

Показатели	Великое	Свято	Глубокое	Паровое	Долгое	Чарское
Цветность, град	65,3	128,7	58,2	74,6	74,6	143,0
Мутность, мг/л	1,1	2,2	1,1	1,1	1,1	-
Жесткость, мг-экв/л	2,4	1,1	2,2	2,3	2,6	0,9
Кальций, мг/л	24,0	10,0	22,0	22,0	28,0	14,0
Магний, мг/л	14,4	7,2	13,2	14,4	14,4	2,4
Гидрокарбонаты, мг/л	96,8	44,0	88,0	88,0	96,8	26,4
Хлориды, мг/л	16,0	12,0	14,0	14,0	16,0	12,0
Сульфаты, мг/л	11,2	10,9	8,8	8,5	16,3	14,9
Минерализация, мг/л	162,4	84,1	146,0	146,9	171,5	69,7
Электропроводность, мS/см	219,0	69,0	220,0	211,0	269,0	55,0
Железо общ., мг/л	0,256	0,437	0,285	0,297	0,277	0,262
Азот аммонийн, мг/л	0,287	0,345	0,345	0,268	0,287	0,854
ПО, мг O ₂ /л	19,2	24,8	16,8	15,2	15,2	29,6

Озеро Чарское расположено на территории государственного памятника природы регионального значения «Озеро Чарское и прилегающий лесной массив». Общая занимаемая площадь памятника природы составляет 195,9 га (Бакка, Киселева, 2008). Крупное карстовое озеро, имеет площадь 31 га, максимальная глубина 16 м, средняя составляет 3–4 м. Прозрачность в летний период изменяется от 1 до 1,3 м (по диску Секки). Озеро имеет неправильную форму, проточное, вытянуто с запада на восток, береговая линия сильно изрезана. Высота южного берега – 1,5-2 м северного – 5-6 м, местами до 10 м. Склоны котловины пологие, дно неровное, песчано-илистое. Озеро с уникальным гидрологическим режимом – в отдельные годы значительная часть воды уходит в карстовые полости, водоем значительно мелеет, относится к типу «подвешенное озеро с подземным стоком в поглощающие поноры» (Баянов, Кривдина, Логинов, 2014). Гидрохимическая характеристика озера приведена в таблице 2.3.3.

Таким образом, нами исследован обширный спектр разнотипных водных объектов – водохранилищ, их притоков, озер. Водоемы и водотоки расположены на территориях, значительно различающихся по геологическому строению, рельефу, климатическим условиям, почвенному и растительному покрову, находятся в районах с разной степенью антропогенной нагрузки. Водные объекты имеют разное происхождение, морфометрические, гидрохимические и гидрофизические характеристики.

Глава 3. Материалы и методы исследований

В работе использованы гидробиологические пробы, собранные в период с 2013 по 2020 гг., как при проведении маршрутных съемок, так и при стационарных сезонных наблюдениях на акваториях водоемов и водотоков бассейна Средней Волги (таблица 3.1, рисунок 3.1):

1) водохранилищ: Горьковском, Чебоксарском, Куйбышевском;

2) водотоков и их устьевых областей: р. Трестьянка (устье), р. Пыра (устье), р. Левинка, р. Черная (нижнее течение и устье), р. Вьюница, р. Гниличка, р. Ржавка, р. Параша, р. Рахма, р. Кова, р. Старка, Шуваловский канал, р. Ока (устье), р. Везлома, р. Кудьма, р. Сережа, р. Керженец, р. Сундовик (устье), р. Ветлуга, р. Чара, р. Рустайчик, р. Черная (ГПБЗ «Керженский»), р. Пугай, Протока, р. Кама, р. Казанка;

3) озер: Кочешковское, Титковское, Жаренское, Нестиар, Светлояр, Сиротинное, Черный Яр, Драничное, Черноезерское-1, Черноезерское-2, Гришино, Новая Старица, Черное, Круглое, Нижнее Рустайское, Маховское, Малое Круглое, Парковое, Сортировочное, Гурьяново, Пермьяковское, Счастливое, Светлоярское, Чарское, Великое, Свято, Глубокое, Паровое, Долгое.

Таблица 3.1

Общая характеристика материала исследований

Водоток	Период исследований	Количество проб	
		Количественные	Качественные
1	2	3	4
Горьковское водохранилище	2018	8	8
Чебоксарское водохранилище	2015–2020	120	30
Куйбышевское водохранилище	2020	8	5
р. Трестьянка	2017	6	3
р. Пыра	2017	6	2
р. Левинка	2014–2015	30	5
р. Черная	2014, 2017	12	6
р. Вьюница	2013, 2017	30	5
р. Гниличка	2014, 2017	20	6
р. Ржавка	2014	15	5
р. Параша	2014	10	4

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
р. Рахма	2014	3	1
р. Кова	2014–2015	10	4
р. Старка	2015	20	5
Шуваловский канал	2013–2015	40	10
р. Ока	2015, 2016	27	10
р. Везлома	2017	10	4
р. Кудьма	2013	30	5
р. Сережа	2013–2017	60	20
р. Керженец	2013–2015, 2017, 2019	50	20
р. Сундовик	2019	3	1
р. Ветлуга	2018–2019	21	6
р. Чара	2014	8	2
р. Рустайчик	2013	3	2
р. Черная (ГПБЗ «Керженский»)	2014	2	1
Р. Пугай	2014	6	3
Протока	2013–2017	78	30
р. Кама	2020	3	3
р. Казанка	2020	3	3
оз. Кочешковское	2019	5	3
оз. Титковское	2019	5	3
оз. Жаренское	2019–2020	10	6
оз. Нестиар	2019	5	3
оз. Светлояр	2019	5	3
оз. Сиротинное	2017	9	3
оз. Черный Яр	2017	9	3
оз. Драничное	2017	9	3
оз. Чернозерское-1	2017	9	3
оз. Чернозерское-2	2017	9	3
оз. Гришино	2017	9	3
оз. Новая Старица	2017	9	3
оз. Черное	2020	5	2
оз. Круглое	2020	5	2
оз. Нижнее Рустайское	2020	5	2
оз. Маховское	2020	5	2
оз. Малое Круглое	2020	5	2
оз. Парковое	2019–2020	46	8
оз. Сортировочное	2019–2020	46	8
оз. Гурьяново	2019	3	1
оз. Пермьяковское	2019	3	1
оз. Счастливое	2019	3	1
оз. Светлоярское	2019	3	1
оз. Чарское	2014	7	2
оз. Великое	2013–2017	35	10
оз. Свято	2013–2017	38	10

Окончание таблицы 3.1

1	2	3	4
оз. Глубокое	2014	5	2
оз. Паровое	2014	5	2
оз. Долгое	2014	5	2
Итого		959	306
Всего		1265	

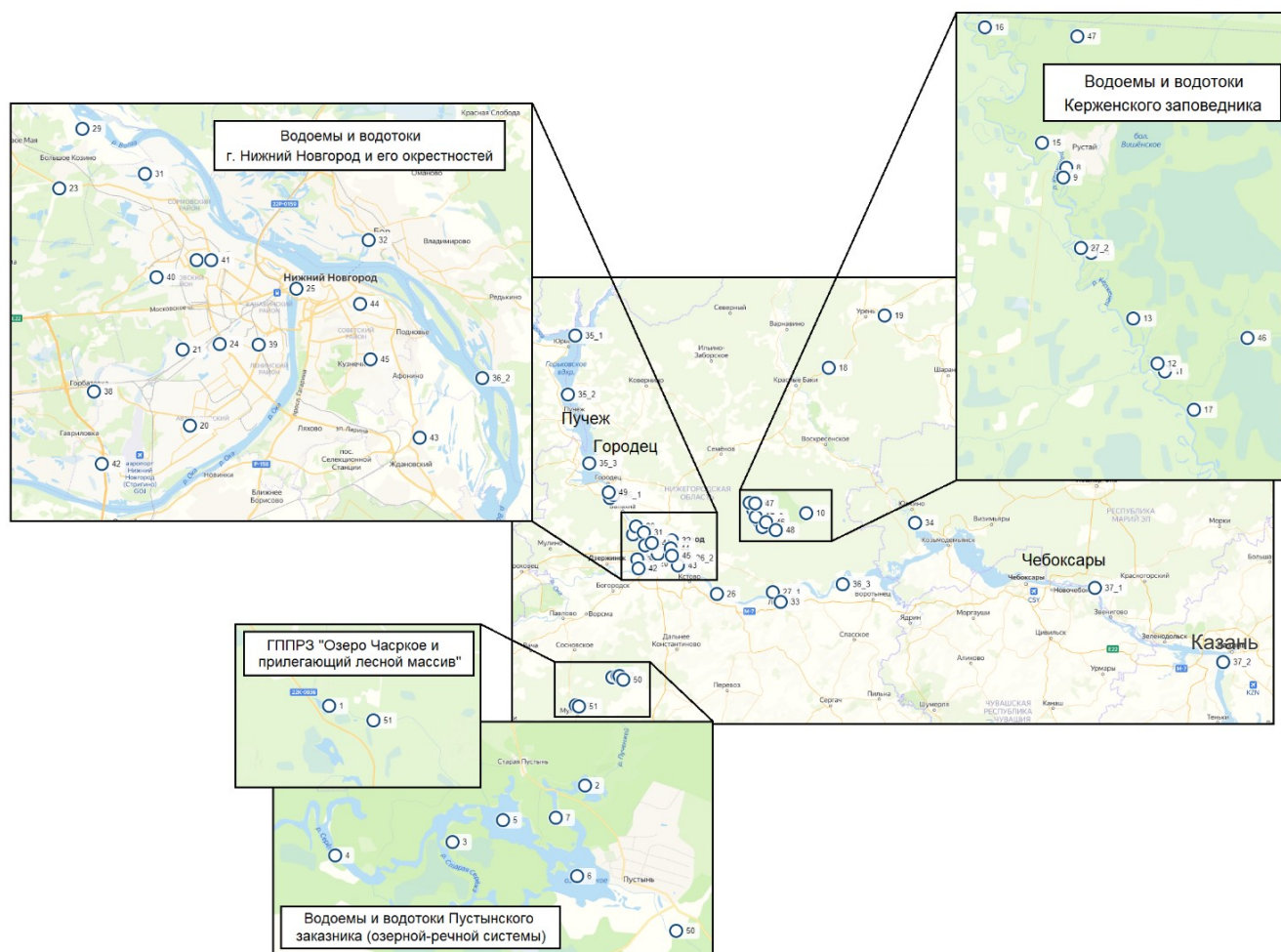


Рисунок 3.1. Схема расположения исследованных водных объектов
в бассейне Средней Волги

Пробы отбирали с помощью планктонной сети Джеди (диаметр входного отверстия 18 см, размер ячеей 70 мкм), путем процеживания столба воды от дна до поверхности или 200 л воды через сеть Апштейна (газ №64) в медиальной зоне рек и пелагиали озер. Исследования вертикального распределения коловратки проводились на акваториях 7 озер (Жаренское, Свято, Сортировочное, Черное, Нижнее Рустайское, Парковое, Великое) в июле 2017, 2019, 2020 гг. Отбор гидробиологического материала по глубинам осуществлялся батометром Рутнера

объемом 3 л в дневное время с 9:00 до 15:00 часов Московского времени. С каждого горизонта отбирали 12 л воды и процеживали через сеть Апштейна с ячейей 70 мкм. Собранный материал фиксировали 4% раствором формалина и этикетировали.

Одновременно со сбором зоопланктонных проб проводили измерения комплекса абиотических параметров среды. Прозрачность воды определяли по белому диску Секки. Значения температуры, активной реакции среды (pH) и электропроводности воды измеряли с использованием мультипараметрического зонда YSI Pro 1030 (YSI, США). Содержание кислорода в воде определяли при помощи анализатора растворенного кислорода МАРК 302М (ВЗОР, Россия).

Пробы зоопланктона обрабатывали согласно с общепринятым в практике гидробиологических исследований счетно-весовым методом (Методические рекомендации ..., 1982). Для разбора проб использовали бинокулярный микроскоп Carl Zeiss Stemi 2000C (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Германия). Детальную микроскопическую обработку и точную идентификацию видов проводили на микроскопе Meiji Techno MT4200L (Meiji Techno, Япония).

Идентификация зоопланктонных видов, установление их экологической приуроченности проводилось на основе ряда определителей и руководств (Рылов, 1948; Кутикова, 1970, 2005; Смирнов, 1971, 1976; Коровчинский, 2004; Kotov & Štifter, 2006; Определитель зоопланктона ..., 2010; Kotov & Bekker, 2016; Korovchinsky, 2018). Определение вида-вселенца *K. bostoniensis* осуществлялось с использованием работ отечественных и зарубежных гидробиологов (Жданова, Добрынин, 2011; Paggi, 2002).

Среди традиционно используемых в гидробиологических и экологических исследованиях показателей в работе использовались следующие: численность, биомасса, индекс доминирования Паляя-Ковнацки (Шитиков и др., 2003), индекс Шеннона (Margalef, 1957), индекс выравненности Пиелу (Pielou, 1966).

Расчет численности зоопланктона проводили по формуле:

$$N = (n \times 39,32) / h,$$

где N – количество организмов в 1 м³ воды, тыс. экз./м³; n – количество организмов в пробе, тыс. экз.; h – глубина отбора пробы, м.

Биомассу зоопланктона определяли умножением числа организмов каждого вида на их индивидуальную массу:

$$B = N \times m,$$

где B – биомасса зоопланктона в 1 м³ воды, г/м³; N – количество организмов в 1 м³ воды, тыс. экз. /м³; m – индивидуальная масса организмов, мг.

Для расчета индивидуальной массы (W , мг) организмов использовалась формула зависимости между длиной и массой (Балушкина, Винберг, 1979):

$$W = g \times l^b,$$

где l – длина тела животного (мм), g – масса при длине, равной 1 мм, b – степенной коэффициент.

Расчет средней индивидуальной массы зоопланктона производили по следующей формуле:

$$\bar{w}_{\text{мг}} = \frac{B_{\text{зп}}}{N_{\text{зп}}},$$

где $B_{\text{зп}}$ – суммарная биомасса зоопланктона, $N_{\text{зп}}$ – суммарная численность зоопланктона.

Индекс доминирования Паля-Ковнацки рассчитывали по формуле (Шитиков и др., 2003):

$$D = 100 \times P_i \frac{n_i}{\sum_{i=1}^S n_i},$$

где $\frac{n_i}{\sum_{i=1}^S n_i}$ – относительное обилие, P_i – частота встречаемости (%) i -го вида (отношение числа проб, на которых вид встретился, к общему числу проб). При $D = 100-10$ вид является доминантом, $D = 10-1$ – субдоминантом, $D = 1-0,1$ – адоминантом группы a ; $D = 0,1-0,01$ адоминантом группы b .

Оценку видового разнообразия зоопланктонных сообществ проводили на основе информационного индекса Шеннона (Margalef, 1957):

$$\bar{H} = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i,$$

где S – общее число видов в пробе, p_i – доля i -го вида от общей численности (или биомассы) всех видов в пробе, или удельное обилие каждого вида.

Оценка выравнинности видов осуществлялась с помощью индекса Пielou (Pielou, 1966):

$$e = \frac{\overline{H}}{\log_2 S},$$

где $\overline{H}$ – индекс видового разнообразия Шеннона, S – число видов.

Упорядочивание и классификация полученного материала проводилась с помощью современных подходов ординации и кластерного анализа.

Выделение сообществ зоопланктона, анализ их видовой структуры проводилось на основе метода многомерного векторного анализа, адаптированного для оценки степени сходства видовой структуры сообществ зоопланктона Г.В. Шургановой и В.В. Черепенниковым (Черепенников и др., 2003; Шурганова, 2007; Шурганова, Черепенников, 2011). Проба может быть представлена точкой в многомерном пространстве (гиперпространстве). Каждая i -ая популяция идентифицированного в пробе вида гидробионтов, сопоставляется соответствующая i -ой оси N -мерной ортогональной системы координат. Отображение j -ой пробы в многомерном пространстве представляется в этом случае точкой A_j (α_{1j} , α_{2j} , α_{3j} ... α_{Nj}), где α_{ij} – численность или биомасса популяции i -го вида в j -ой пробе как значение i -ой координаты в N -мерной ортогональной системе координат (Шурганова, 2007). В данном случае, координатам i -ой точки соответствуют полные сведения, имеющиеся в базе данных (списках видов с указанием их численностей). Общее число видов определяет мерность пространства, расстояние между точками в N -мерном пространстве характеризует степень близости проб (рисунок 3.2). Области сгущения точек соответствует отдельным сообществам.

При анализе полученных данных авторами было предложено соотносить в многомерном пространстве векторы, соединяющие начало координат с точками (Черепенников и др., 2003). Каждая i -ая проба соотносится с вектором A_j , исходящим из начала системы координат и заканчивающегося в точке A_j . Компоненты единичного вектора A_{jl} – α_{ij} , равные долям численности i -го вида в

общей численности, рассчитываются по формуле: $\alpha_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \alpha_{ij}^2}}$ (Шурганова, 2007).

В таком случае, если векторы A_{jl} и A_{kl} близки друг другу j -ая и k -ая пробы считаются принадлежащими к одному сообществу. Близость направления векторов определяется значением косинуса угла между ними (0 для сообществ зоопланктона, с абсолютно разными списками видов, до 1 для сообществ зоопланктона с идентичным видовым составом). В результате формируется таблица со значениями косинусов углов между векторами для каждой пары проб (матрица сходства), которую можно представить в виде кластерной дендрограммы.

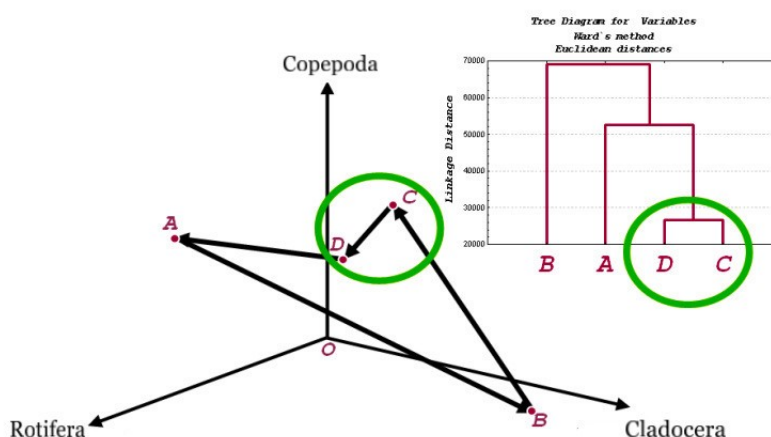


Рисунок 3.2. Представление проб зоопланктона в пространстве численностей основных таксономических групп (по: Г.В. Шурганова, 2007).

Дендрограммы иерархической кластеризации строили на основе видовой структуры с использованием метода средней связи (Якимов и др., 2016). С целью выделения оптимального числа кластеров проводился анализ силуэтов и коэффициентов корреляции Мантеля (Borcard et al., 2011; Legendre & Legendre, 2012; Якимов и др., 2016).

Ширина силуэта i -го объекта (s_i) устанавливается по формуле:

$$s_i = \frac{b_i - a_i}{\max(b_i, a_i)},$$

где a_i – среднее расстояние между i -м объектом и всеми членами кластера, в который он входит (если объект в кластере один, то $a_i = 0$), b_i – среднее расстояние между i -м объектом и объектами другого ближайшего кластера (рассчитывается

среднее расстояние до объектов всех остальных кластеров и выбирается минимум). Ширина силуэта соответствует степени принадлежности данного объекта кластеру, варьирует от -1 до 1 . Если она близка к единице, объект находится фактически в центре кластера и его принадлежность к нему не вызывает сомнений. Если s_i близко к нулю, объект лежит между двумя кластерами. Отрицательные значения s_i свидетельствуют о вероятной неверной классификации объекта. Ширина силуэта рассчитывается для каждого объекта классификации, чем выше этот показатель, тем надежнее классификация. Затем вычисляют среднюю ширину силуэта для числа кластеров от 2 до M . Оптимальной считается классификация с наибольшей средней шириной силуэта.

Коэффициент корреляции Мантеля между матрицей исходных расстояний и бинарной матрицей, определяющей принадлежность объектов к кластерам, вычисляется как коэффициент корреляции Пирсона. Чем выше корреляция между исходной и бинарной матрицами, тем лучше классификация.

Оценку влияния факторов среды на видовую структуру сообществ зоопланктона проводили с помощью анализа избыточности (RDA, redundancy analysis) (Rao, 1964; Legendre, Legendre, 1998; Шитиков, Розенберг, 2013). Метод позволяет выполнить совместную обработку двух или более наборов данных и проверить статистические гипотезы о значимости как внутренних взаимодействий, так и о влиянии внешних факторов. Канонический анализ представляет собой расширение регрессионного анализа при моделировании многомерного отклика данных:

$$Y = f(X),$$

где Y - матрица $m \times n$, содержащая центрированные значения обилия y_{ij} по m видам (строки) и n местообитаниям, или пробам (столбцы); X – матрица $q \times n$, в которой j -я строка содержит центрированные значения фактора среды x_{kj} .

Ординационные диаграммы, построенные на основе анализа избыточности (RDA), представляют собой совмещенный график, на котором точки видов находятся в центрах тяжести распределения их популяционной плотности, а

координаты местообитаний (проб) определяются взвешенной комбинацией обилия характерных для них видов (Шитиков, Розенберг, 2013).

Результирующая диаграмма ("триплот") отражает не только изменчивость видового состава относительно двух осей проецирования F_1 - F_2 , но и статистические связи между видами и каждой независимой переменной $\{x_{ji}\}$. Факторы среды, представленные длинными стрелками, сильнее связаны с осями ординации F_1 - F_2 , чем факторы, обозначенные короткими стрелками, и более значимо влияют на видовую структуру сообществ (Шитиков, Розенберг, 2013). Проекция точки вида на каждую стрелку показывает экологический оптимум этого вида относительно анализируемого фактора. Стрелки, имеющие примерно одно направление, соответствуют значимой положительной корреляции. Если стрелки пересекаются под прямым углом – корреляция близка к нулю. Стрелки, направленные в противоположные стороны, свидетельствуют о высокой отрицательной корреляции (Шитиков, Розенберг, 2013).

С целью выявления экологических предпочтений родственных видов *K. bostoniensis* и *K. longispina* по отношению к факторам среды, а также зависимости морфологических характеристик вида-вселенца от факторов использовали регрессионный анализ (Шитиков, Розенберг, 2013). Некоторые характеристики в процессе анализа были логарифмированы с целью нормализации их распределения и минимизации искажений модели, вносимых значительным разбросом исходных значений.

Для изучения морфологической изменчивости вида-вселенца особей *K. bostoniensis* выбирали из проб зоопланктона, фиксированных 4% формалином. Из каждого водного объекта меряли по 10–190 экземпляров коловраток. Измерения проводились по схеме, представленной в работах V.V. Vezhnavecs, A.G. Litvinova (2015) и С.М. Ждановой с соавт. (2019). Измеряли общую длину тела (L1), длину панциря без учета переднего и заднего шипов (L2), длины заднего (L3) и самого длинного переднего шипа (L4), ширину тела коловраток (W1) (рисунок 3.3). Промеры осуществляли с использованием микроскопа Meiji Techno MT4200L с окуляр-микрометром.

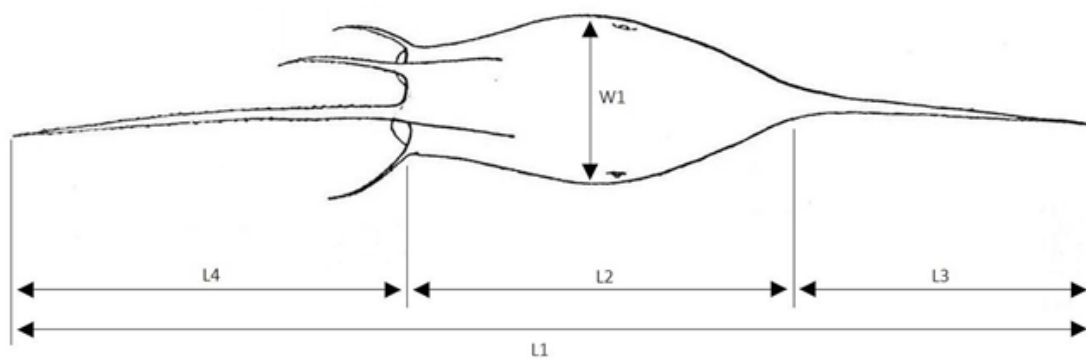


Рисунок 3.3. Схема промеров *K. bostoniensis*: L1 – общая длина, L2 – длина панциря без учета переднего и заднего шипов, L3 – длина заднего шипа, L4 – длина самого длинного переднего шипа, W1 – ширина тела

Оценку нормальности распределения значений общей длины тела осуществляли с помощью критерия Шапиро-Уилка (the Shapiro-Wilk test of normality). Однородность дисперсии между группами оценивали с помощью теста Левене (Levene's test). Так как распределение морфологических характеристик было отличным от нормального, применялись непараметрические методы: дисперсионный анализ Крускала-Уоллиса, затем проводилось множественное сравнение выборок с использованием критерия Уилкоксона (Гланц, 1999; Якимов, 2019).

Оценку корреляции между морфологическими признаками *K. bostoniensis* (L1, L2, L3, L4, W1) оценивали с помощью коэффициента корреляции Спирмена (Гланц, 1999; Якимов, 2019).

Расчеты, построение регрессионных моделей и ординационных диаграмм проводили в среде R (R Core Team, 2015). В работе также использовались пакеты программ Microsoft Excel 2013 и STATISTICA 8 (Халафян, 2007).

Глава 4. Видовой состав зоопланктона и его экологическая характеристика

В рамках исследования была проведена идентификация видового состава зоопланктона водоемов и водотоков бассейна Средней Волги. Сведения о видовом составе вносят вклад в решение одной из важнейших задач современной экологии – изучение биоразнообразия, являющегося основой устойчивости экосистем.

Точное определение видов необходимо для корректной оценки видовой структуры сообществ, расчета экологических индексов. Значительный интерес также представляют сведения об экологических предпочтениях видов зоопланктона, с которыми совместно обитает вид-вселенец *K. bostoniensis*, оценка соотношения видов основных систематических групп пресноводного зоопланктона (Rotifera, Cladocera, Copepoda) водных объектов, в которых была обнаружена чужеродная коловратка.

Сведения о видовом составе зоопланктона исследованных водных объектов содержатся в ряде наших работ (Ильин и др., 2014, 2015, 2016; Голубева и др., 2016; Жихарев и др., 2017, 2018, 2019; Гаврилко и др., 2018а,б, 2019; Золотарева и др., 2017, 2021; Колесников и др., 2021; Шурганова и др. 2016, 2017а,б; 2018а,б,в; 2021; Shurganova et al, 2018, 2019а; Гаврилко и др., 2020; Zhikcharev et al, 2020 и др.).

Общее видовое богатство водоемов и водотоков было высоким и составляло 280 видов, из которых 151 вид (54%) представлен коловратками (Rotifera), 87 видов (31%) – ветвистоусыми (Cladocera) и 42 вида (15 %) – веслоногими ракообразными (Copepoda) (рисунок 4.1).

В видовом составе зоопланктона преобладали представители, типичные для водных объектов Европейской части России (Пидгайко, 1984).

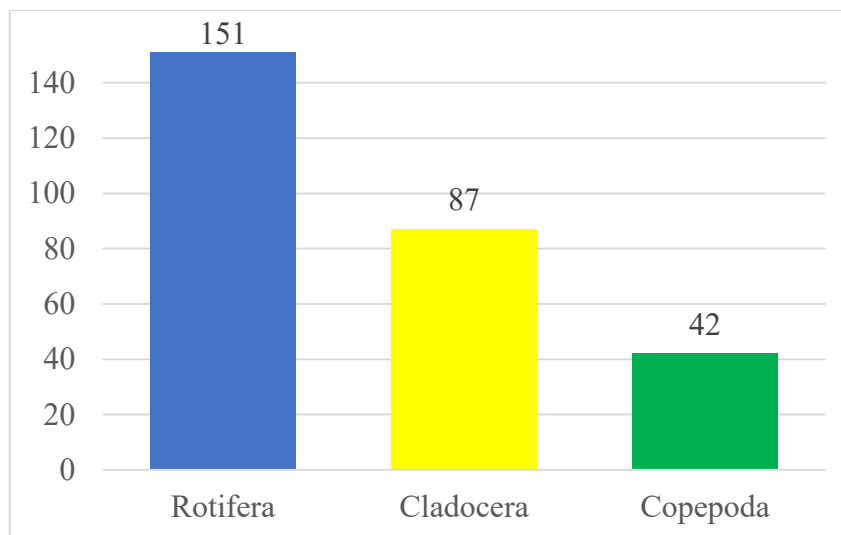


Рисунок 4.1. Видовое богатство основных систематических групп зоопланктона исследованных водных объектов

Количество идентифицированных видов значительно варьировало (таблица 4.1). Наибольшее видовое богатство зоопланктона было зарегистрировано в водотоках г. Нижнего Новгорода (р. Вьюница и Шуваловский канал), характеризующихся большим биотопическим разнообразием, в Чебоксарском водохранилище, его крупных притоках – реках Керженец и Ветлуга. Минимальное видовое богатство было отмечено в р. Кова, протекающей по территории г. Нижний Новгород и испытывающей значительное антропогенное воздействие (таблица 4.1).

Среди исследованных озер наибольшее видовое богатство было зафиксировано в оз. Пермьяковское (г. Нижний Новгород), а также озерах Круглое и Нижнее Рустайское (ГПБЗ «Керженский»), характеризующихся средними глубинами 2-3 м, слабокислой – слабощелочной реакцией среды (рН от 6,1 до 8,2) и развитой высшей водной растительностью. Наименьшее видовое богатство установлено в мелководном (средняя глубина 1,5 м) с нейтральными условиями среды пойменном оз. Гришино (ГПБЗ «Керженский») (таблица 4.1).

В большинстве водоемов и водотоков преобладающей по числу видов группой были коловратки, в ряде водных объектов – ветвистоусые ракообразные (таблица 4.1).

Таблица 4.1

Видовое богатство основных систематических групп зоопланктона (Rotifera, Cladocera, Copepoda) исследованных водоемов и водотоков
(по данным 2013–2020 гг.)

Водный объект	Rotifera	Cladocera	Copepoda	Общее число видов
Горьковское водохранилище	52	28	13	93
Чебоксарское водохранилище	65	40	24	129
Куйбышевское водохранилище	14	19	11	44
Р. Трестьянка	18	10	6	34
Р. Пыра	17	26	5	48
Р. Левинка	34	18	8	60
Р. Черная	37	33	7	77
Р. Вьюница	90	47	25	162
Р. Гниличка	10	6	4	20
Р. Ржавка	14	7	6	27
Р. Параша	18	14	3	35
Р. Рахма	17	14	2	33
Р. Кова	6	0	2	8
Р. Старка	10	15	3	28
Р. Ока	37	27	12	76
Шуваловский канал	62	48	17	127
Протока	33	19	5	57
Р. Везлома	23	26	14	63
Р. Кудьма	38	28	12	78
Р. Сережа	46	28	9	83
Р. Керженец	54	35	11	100
Р. Сундовик	40	32	13	85
Р. Ветлуга	51	35	15	101
Р. Чара	23	28	6	57
Р. Рустайчик	29	30	9	68
Р. Черная	28	25	9	62
Р. Пугай	26	23	3	52
Р. Кама	7	10	7	24
Р. Казанка	14	7	10	31
Оз. Кочешковское	14	10	8	32
Оз. Титковское	11	8	7	26
Оз. Жаренское	8	5	7	20
Оз. Нестиар	16	5	4	25
Оз. Светлояр	18	12	8	38
Оз. Сиротинное	13	4	7	24
Оз. Черный Яр	13	5	4	22
Оз. Драничное	18	5	3	26
Оз. Черноезерское-1	14	6	6	26
Оз. Черноезерское-2	16	2	5	23
Оз. Гришино	11	0	3	14
Оз. Новая Старица	13	2	5	20
Оз. Черное	17	6	6	29
Оз. Круглое	47	19	9	75
Оз. Нижнее Рустайское	32	25	11	68
Оз. Маховское	23	13	8	44
Оз. Малое Кутлое	13	9	5	27
Оз. Парковое	21	21	12	54
Оз. Сортировочное	19	13	8	40

Окончание таблицы 4

Водный объект	Rotifera	Cladocera	Copepoda	Общее число видов
Оз. Гурьяново	14	7	5	26
Оз. Пермьяковское	40	28	17	85
Оз. Счастливое	22	11	6	39
Оз. Светлоярское	25	16	8	49
Оз. Чарское	19	13	6	38
Оз. Великое	23	9	6	38
Оз. Свято	17	7	5	29
Оз. Глубокое	21	10	7	38
Оз. Паровое	23	12	6	41
Оз. Долгое	18	10	5	33

Примечание. Rotifera, Cladocera, Copepoda – видовое богатство соответствующей систематической группы зоопланктона

В составе зоопланктона водоемов и водотоков Средней Волги были идентифицированы планктонные виды: *Asplanchna priodonta*, *Bipalpus hudsoni*, *Collotheca pelagica*, *Kellicottia longispina*, *Keratella quadrata*, *Filinia longiseta*, *Daphnia galeata*, *Leptodora kindtii*, *Eudiaptomus gracilis* и др. Обнаружено значительное количество фитофильных видов зоопланктона, образ жизни которых непосредственно связан с высшей водной растительностью: *Euchlanis incisa*, *Euchlanis triquetra*, *Monommata longiseta*, *Trichocerca similis*, *Acroperus harpae*, *Alona guttata*, *Eurycercus lamellatus*, *Pleuroxus aduncus*, *Polyphemus pediculus*, *Sida crystallina*, *Macrocyclus albidus*, *Megacyclus viridis* и др. Выявлены также фитофильно-планктонные виды: *Ascomorpha ecaudis*, *Euchlanis dilatata*, *Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Ceriodaphnia pulchella*, *Chydorus sphaericus*, *Mesocyclops leuckarti*, *Thermocyclops oithonoides* и др. Наименее представленной группой являлись придонные виды: *Bdelloida spp.*, *Rotaria rotatoria*, *Leydigia leydigi*, *Monospilus dispar*, *Acanthocyclops vernalis* и др.

В целом, из общего числа видов зоопланктона большинство относилось к фитофильным – 48%, планктонные составляли 32%, фитофильно-планктонные – 12%, придонные – 8% от общего числа видов (рисунок 4.2, таблица 4, приложение).

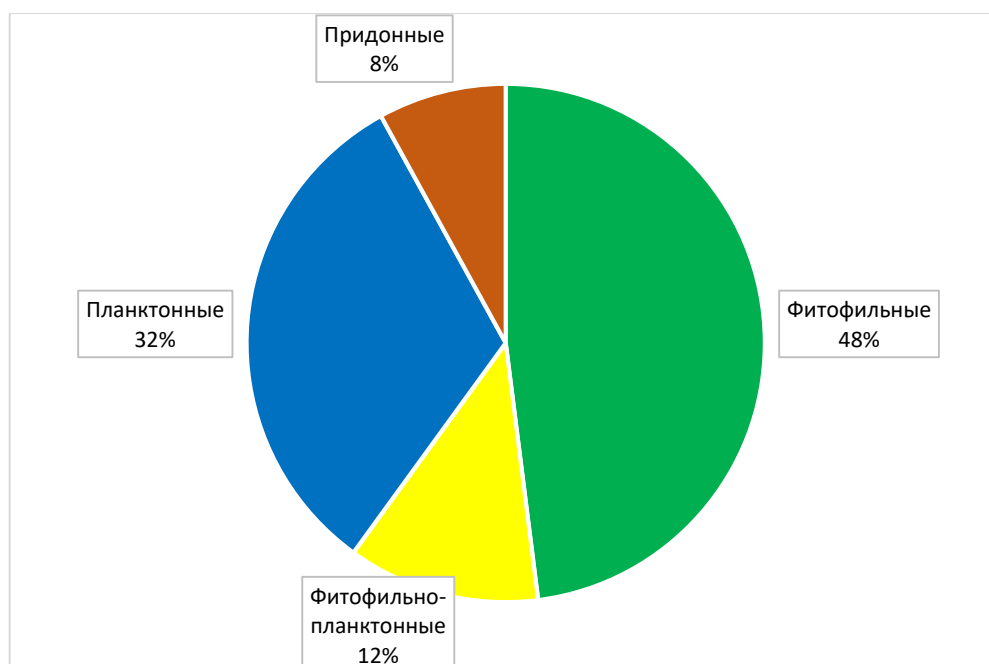


Рисунок 4.2. Соотношение числа видов зоопланктона основных экологических групп исследованных водных объектов

В некоторых водных объектах был обнаружен представитель арктической фауны ветвистоусых ракообразных - *Holopedium gibberum*, внесенный в Красную книгу Нижегородской области (категория В2) (Красная книга, 2016), а также выявлены редкие рачки *Bunops serricaudata*, *Alona sibirica*, *Eurycercus macracanthus*, *Ovalona karelica*, *Graptoleberis pannonica*, *Ilyocryptus spinifer*.

Заключение по главе 4

Общее видовое богатство исследованных водных объектов, в которых был обнаружен трансконтинентальный вид-вселенец *K. bostoniensis*, составляло 280 видов, из которых 151 вид (54%) был представлен коловратками (*Rotifera*), 87 видов (31%) – ветвистоусыми ракообразными (*Cladocera*) и 42 вида (15 %) – веслоногими ракообразными (*Copepoda*). В большинстве водоемов и водотоков число видов коловраток (*Rotifera*) было выше видового богатства других основных систематических групп зоопланктона (*Cladocera*, *Copepoda*). По экологической приуроченности в видовом составе зоопланктона преобладали фитофильные и планктонные виды.

Глава 5. Распространение и численность вида-вселенца *K. bostoniensis* в водных объектах бассейна Средней Волги

Активное изучение распространения и путей расселения *K. bostoniensis* на территории Европейской России позволило получить обширный материал о количественном развитии вида-вселенца в разнотипных водоемах и водотоках ряда областей: Вологодской, Ленинградской, Новгородской Тверской, Владимирской, Нижегородской, Рязанской, Владимирской, Московской и др. (Иванова, Телеш, 2004; Лобуничева и др., 2011; Макарцева, Родионова, 2011; Жданова, Добрынин, 2011; Макеев, Гаврилко, 2013; Алёшина и др., 2014; Лазарева, Жданова, 2014; Bayanov, 2014; Фомина, Сярки, 2015; Жданова и др., 2016; Подшивалина, 2016; Shurganova et al., 2017; Крайнев и др., 2018; Жихарев и др., 2020).

Результаты исследования распространения и численности вида-вселенца *K. bostoniensis* в водных объектах бассейна Средней Волги отражены в наших работах (Ильин и др., 2016; Золотарева и др., 2016а,б, 2020а,б; Шурганова и др., 2016, 2017, 2018а,б, 2019а,б, 2021; Жихарев и др., 2018; Гаврилко, Золотарева, Шурганова, 2019; Zolotareva et al., 2017; Shurganova et al., 2017, 2019а,б, 2021 и др.).

В период проводимых исследований (2013–2020 гг.) вид-вселенец был обнаружен нами в 52 водных объектах: 3 водохранилищах, 26 водотоках (в том числе устьевых областях некоторых из них), 23 озерах. В большинстве водоемов и водотоков вселенец *K. bostoniensis* был обнаружен нами впервые. Вид обитает в водоемах и водотоках, расположенных на территориях, различающихся комплексом характеристик (геологическим строением, рельефом, климатом, степени антропогенной нагрузки и др.). Водные объекты – местообитания коловратки – различаются морфологическими, гидрофизическими и гидрохимическими характеристиками (таблица 5.1).

Таблица 5.1

**Основные морфологические и гидрофизические параметры исследованных
водных объектов (по данным 2013–2020 гг.)**

№	Водоем/водоток	S /L га/ км	D _{mean} (max), м	pH _{min- max}	DO, мг/л	EC _{min-max} , мкСм/см	SD, м	Color, град.	ТС
Водохранилища									
1	Горьковское водохранилище	159,1 тыс.	3,6(22,0)	7,8–8,6	7,8–10,4	133,6–257,0	1,5	62,0	Э
2	Чебоксарское водохранилище	108 тыс.	4,2(21,0)	7,4–8,1	8,4–9,3	228,2–375,5	1,2	60,0	Э
3	Куйбышевское водохранилище	615 тыс.	8,9(40,0)	7,8–8,3	8,1–11,7	319,8–342,3	1,4	47,0	М
Реки/водотоки									
1	Р. Трестьянка, устье	–	0,5	7,8	5,6–7,8	217,0	0,5	–	М
2	Р. Пыра, устье	–	1,2	7,4–7,7	8,5–9,5	180,5–257,5	0,5	–	М
3	Р. Левинка	6,1	2,5	6,8–7,3	–	171,6–606,0	1,0	–	Э
4	Р. Черная, нижнее течение	–	0,3(2,0)	7,1–7,5	0,9–7,6	199,4–237,6	0,3–1,0	–	М
	Р. Черная	19,0	2,0	6,7–7,3	–	396,0	2,0	–	М
5	Р. Вьюница	10,9	(5,8)	7,1–7,5	3,3–6,3	321,0–365,0	0,2–1,8	–	Э
	Пруд-1*	–	5,0	7,3	4,3	326,5	1,8	–	Э
6	Р. Гниличка	5,6	7,0(12,2)	7,4–7,5	1,5–7,1	290,0–298,0	1,2–1,3	–	Э
	Пруд-2**	–	12,2	7,4	2,8	298,0	1,0	–	М
7	Р. Ржавка	3,5	0,4	6,6–7,4	–	–	0,3	–	–
8	Р. Параша	9,0	2,0	6,5–7,2	–	267,0–552,0	0,8	–	Э
9	Р. Рахма	18,0	1,5	8,2–8,4	–	–	1,5	–	–
10	Р. Кова	11,0	1,5	7,7–8,3	–	–	1,0	–	–
11	Р. Старка	4,6	0,5	7,8–8,4	–	–	0,5	–	–
12	Шуваловский канал	6,65	7,0(12,0)	6,7–7,7	–	542,0–659,0	2,3	–	М-Э
	Пруд-3***	–	6,5	7,8	13,9	1038,0	2,0	–	Э
	Пруд-4***	–	2,0	7,7	10,0	–	1,7	–	М-Э
	Пруд-5***	–	8,3	7,5	9,7	572,3	2,2	–	М
	Пруд-6***	–	14,0	7,5	15,0	625,0	1,8	–	М

Продолжение таблицы 5.1

№	Водоем/водоток	S /L га/ км	D _{mean} (max), м	pH _{min-max}	DO, мг/л	EC _{min-max} , мкСм/см	SD, м	Color, град.	ТС
13	Р. Ока	1498,6	9,0	8,0–8,8	–	409,0–524,0	0,9	–	Э
14	Р. Везлома	52,0	3,0	7,4–8,1	9,2–11,8	159,2–340,0	1,2	–	Э
15	Р. Кудьма	144,0	8,0	–	–	–	2,1	–	М
16	Р. Сережа	196,0	2,0(4,0)	7,5–8,8	–	161,7–221,0	1,5	66,4	М-Э
17	Р. Керженец, устье	–	2,0	6,9–7,0	9,0–9,6	115,3–116,6	0,5	100,0	М
	Р. Керженец, среднее течение	290,0	2,0(14,5)	6,6–7,7	6,64	66,8–100,9	1,3	93,0	М
18	Р. Сундовик, устье	–	3,5	7,5–7,9	–	156,0–345,5	0,7	–	М
19	Р. Ветлуга, нижнее течение	889,0	1,0(1,4)	8,9–9,1	–	–	0,7–1,0	–	М
	Р. Ветлуга, устье	–	1,5(3,0)	8,9–9,1	–	–	1,0	–	М
20	Р. Чара	34,0	1,0	6,2	–	93,0	1,0	122,6	М
21	Р. Рустайчик	8,5	0,5	5,5	5,3	64,0–82,0	0,5	200,0	М
22	Р. Чёрная	16,6	1,5	5,8	6,4	78,0–90,0	0,9	159,0	М
23	Р. Пугай	23,0	0,8	6,3	7,0	55,0–78,0	0,8	119,0	М
24	Протока между озерами Великое и Свято	1,7	1,8(3,5)	6,5–8,5	8,0	38,7–150,9	1,3	86,8	Э
25	Р. Кама	1805	3,7(14,0)	7,9	11,1	391,1	1,1	52,0	Э
26	Р. Казанка	140	1,5(7,5)	7,9	12,6	1378,0	0,9	–	М-Э
Озера									
1	Кочешковское	5,8	5,6 (13,0)	7,7–7,8	–	142,0–149,0	2,3	–	М
2	Титковское	2,4	6,4 (15,0)	7,7–8,0	–	241,0–249,0	3,2	–	М
3	Жаренское	1,4	5,7 (13,0)	7,4–8,4	–	19,0	2,5	–	М
4	Нестиар	30,0	2,1 (20,0)	8,4–9,6	–	116,0–120,0	0,5	–	Г
5	Светлояр	12,3	8,9 (39,0)	7,4–8,1	–	110,0	4,4	10,0	О
6	Сиротинное	2,4	1,0 (2,5)	5,5–6,0	3,6	44,0–54,4	1,0	178,7–239,4	Э
7	Черный Яр	4,6	1,5 (2,5)	6,0–6,3	6,3	38,0	0,5	422,2–655,7	Э
8	Драничное	1,3	1,8 (2,0)	6,3–6,7	4,4	32,5	1,0	165,0–247,0	Э
9	Чернозерское-1	4,8	2,0(2,5)	6,2–6,3	3,7–5,2	55,2–59,1	0,5	257,4–337,0	Э

Окончание таблицы 5.1

№	Водоем/водоток	S /L га/ км	D _{mean} (max), м	pH _{min-max}	DO, мг/л	EC _{min-max} , мкСм/см	SD, м	Color, град.	ТС
10	Чернозерское-2	5,7	0,7 (2,0)	6,1– 6,3	1,3	60,0–68,0	0,3	217,5– 510,7	Г
11	Гришино	2,4	1,5 (2,0)	6,3– 6,8	4,9	39,0–44,0	0,6	163,4– 232,4	Э
12	Новая Старица	4,0	2,0 (3,2)	5,2– 5,9	1,6	42,5	0,2	714,9– 1245,0	Г
13	Черное	17,0	7,0 (13,0)	6,5– 7,0	7,0	38,5	0,4	–	Г
14	Круглое	1,0	2,0 (6,0)	6,1– 6,4	5,3	52,0–55,0	0,5	–	Э
15	Нижнее Рустайское	0,8	2,0 (6,0)	6,1– 6,8	6,5	121,0–145,0	0,6	–	Э
16	Маховское	–	0,8 (1,0)	6,0– 6,3	1,4	79,0–85,0	0,8	–	Э
17	Малое Круглое	–	1,0 (1,6)	6,0– 6,3	9,1	28,0–31,0	0,6	–	Э
18	Парковое	7,8	2,8 (5,8)	7,6– 7,7	–	260,0–271,0	2,7	–	М
19	Сортировочное	2,3	5,1 (11,3)	7,4– 7,7	–	225,0–230,0	1,9	–	Э
20	Гурьяново	18,3	2,8 (5,8)	6,9– 7,1	–	90,0	1,8	–	Э
21	Пермяковское	49,0	3,0 (13,0)	7,3– 8,2	–	320,0	5,2	–	О
22	Счастливое	2,5	3,2 (6,0)	8,1– 8,2	–	282,5	2,0	–	М
23	Светлоярское	12,3	5,1 (11,3)	7,2– 8,2	–	335,0–337,0	3,8	–	М
24	Чарское	31,0	16,0	6,1	–	55,0	1,3	143,0	М
25	Великое	90,0	2,8 (6,5)	7,7– 8,9	6,9	88,0–148,0	0,5	65,3	Э
26	Свято	30,0	5,7 (14,5)	6,7– 7,6	8,6	33,0–52,0	1,8	128,7	М
27	Глубокое	61,0	5,0(10,9)	8,4– 8,7	–	160,0–220,0	1,0	58,2	М-Э
28	Паровое	41,0	2,1(5,2)	7,9– 8,4	–	161,7–211,0	0,4	74,6	Э
29	Долгое	47,0	2,0(4,0)	8,2– 8,8	–	211,0–269,0	0,5	74,6	Э

Примечание. *S* – площадь; *D* – глубина; *WT* – температура воды; *DO* – концентрация растворенного кислорода; *EC* – удельная электропроводность; *SD* – прозрачность по диску Секки, *Col* – цветность, *ТС* – трофический статус (М – мезотрофный; Э – эвтрофный; Г – гипертрофный), «–» – нет данных, * – пруд в пос. Нагулино, ** – пруд в пос. Гавриловка, *** – прудовые расширения Шуваловского канала.

Согласно литературным данным, в водных объектах Западной Европы *K. bostoniensis* обнаружена в небольших и крупных по площади водоемах. Вид

способен развиваться как в водоемах с глубиной менее 1 м, так и более 20 м (Arnemo et. al., 1968; Balvay, 1994; Jarvinen et. al., 1995). Ряд местообитаний коловратки на территории Европейской России (водохранилища Верхней Волги, Ладожское озеро, а также некоторые озера Новгородской, Тверской, Рязанской, Вологодской и Ленинградской областей), исследованных С.М. Ждановой с соавторами (2016), характеризуется соответствующим диапазоном характеристик. В исследованных нами водных объектах *K. bostoniensis* обнаружена в крупных водохранилищах, реках, озерах, характеризующихся значительной глубиной 10–16 м, а также мелких водотоках, неглубоких устьевых областях рек (0,5–1,5 м) и пойменных озерах с глубиной порядка 1,0–1,5 м (таблица 5.1, 5.2).

Активная реакция среды изученных нами водоемов и водотоков, в которых был обнаружен вид *K. bostoniensis*, изменялась от слабокислой (рН=5,2 – пойменное озеро р. Керженец Новая Старица) до щелочной (рН=9,1 – нижнее течение р. Ветлуга). Концентрация кислорода – от близкой к критической (0,9 мг/л – нижнее течение р. Черная, протекающей по территории г. Нижний Новгород) до высокой (12,6 мг/л – р. Казанка) (таблица 5.1, 5.2). Прозрачность вод находилась в диапазоне от 0,3 м (пойменные озера и некоторые реки г. Нижнего Новгорода) до 2 м и более (озера Парковое, Кочешковское, Жаренское и др.). Цветность составляла 47–1245 град. Рт-Со шкалы. Трофический статус водных объектов изменялся от мезотрофного до гипертрофного (таблица 5.1, 5.2).

Известно, что в водных объектах стран Европы (Финляндии, Франции) коловратка обитает в гумифицированных и слабозагрязненных озерах и реках, характеризующихся уровнем рН от 5,2 до 6,5 (Leentvaar, 1961; Eloranta, 1988; Balvay, 1994; Jarvinen et. al., 1995). По данным Arnemo et al. (1968) в водоемах и водотоках Швеции вид обнаружен в широком диапазоне рН – 4,8–8,5, концентрации растворенного кислорода – 2,4–12,0 мг/л, цветности – 20–150 мг Рт/л.

Таблица 5.2

Численность и доля в общей численности *K. bostoniensis* и *K. longispina* в
исследованных водных объектах

№ п/п	Водоём/водоток	Период исследований	<i>Kellicottia bostoniensis</i>	<i>Kellicottia longispina</i>
Водохранилища				
1.	Горьковское водохранилище	07.2018	<u>0,1 (0,003)</u> 0,01–0,3	<u>0,03(0,0008)</u> 0,02–0,06
2.	Чебоксарское водохранилище	07.2015	<u>0,2 (0,0006)</u> 0,02–0,4	<u>0,2 (0,0006)</u> 0,02–0,4
		07.2016	<u>0,1 (0,01)</u> 0,02–0,3	<u>0,6 (0,05)</u> 0,3–1,0
		07.2017	<u>0,1 (0,01)</u> 0,02–0,3	<u>0,05 (0,004)</u> 0,01–0,1
		07.2019	<u>0,2 (0,04)</u> 0,04–0,4	<u>0,02(0,0004)</u> 0,01–0,03
		07.2020	<u>0,008(0,002)</u> 0,004–0,01	0,009(0,003)
3.	Куйбышевское водохранилище	08.2020	<u>0,9 (0,08)</u> 0,02–1,7	<u>0,04(0,002)</u> 0,004–0,13
Реки/водотоки				
1.	Р. Трестьянка, устье	07.2017	0,2 (0,3)	0,01(0,0005)
2.	Р. Пыра, устье	07.2017	0,02 (0,7)	0,04 (1,4)
3.	Р. Левинка	07.2014	<u>0,42 (1,01)</u> 0,03–0,82	<u>0,017(0,046)</u> 0,015–0,025
		06.2015	0,09(0,03)	–
		07.2015	0,007(0,11)	–
		08.2015	0,007(0,8)	–
4.	Р. Черная, нижнее течение	07.2017	12,0 (0,04)	0,04(0,0001)
	Р. Черная	07.2014	0,3(4,5)	<u>0,379 (9,38)</u> 0,005–2,15
5.	Р. Вьюница	07.2013	0,89(0,39)	–
		07.2017	<u>1,74(1,03)</u> 0,013–6,46	–
6.	Р. Гниличка	07.2014	73,8 (17,1)	–
		07.2017	<u>6,36 (7,02)</u> 0,04–11,15	–
7.	Р. Ржавка	07.2014	<u>24,61 (17,0)</u> 0,02–134,47	–
8.	Р. Параша	07.2014	<u>0,087 (5,23)</u> 0,005–0,17	0,015(0,9)
9.	Р. Рахма	07.2014	0,007 (0,3)	0,007(0,3)
10.	Р. Кова	07.2014	0,013 (7,2)	–
		05.2015	0,005(14,29)	–
		09.2015	0,005 (5,3)	–
11.	Р. Старка	05.2015	0,005 (7,6)	–

Продолжение таблицы 5.2

№ п/п	Водоём/водоток	Период исследований	<i>Kellicottia bostoniensis</i>	<i>Kellicottia longispina</i>
12.	Шуваловский канал	07.2013	7,4 (2,2)	–
		07.2014	<u>2,38 (0,61)</u> 0,013–7,13	<u>5,37(1,25)</u> 0,007–51,12
		07.2015	0,07(0,02)	–
13.	Р. Ока	09.2015	0,39 (0,4)	–
		06.2016	0,79 (15,2)	–
14.	Р. Везлома	07.2017	<u>0,09(0,3)</u> 0,02–0,16	<u>0,08(0,2)</u> 0,01–0,16
15.	Р. Кудьма	07.2013	0,01(3,28)	–
16.	Р. Сережа	07.2013	<u>70,5 (24,6)</u> 1,9–179,3	<u>0,14(0,05)</u> 0,09–0,3
		05.2014	<u>1,4(0,8)</u> 0,26–7,8	0,59(0,4)
		07.2014	<u>12,3 (0,4)</u> 1,0–23,1	0,4(0,1)
		09.2014	<u>47,7(23,6)</u> 0,04–345,9	0,26(0,1)
		07.2015	<u>0,4 (0,3)</u> 0,02–0,4	–
		07.2016	<u>1,8 (0,4)</u> 0,4–9,6	<u>0,4(0,2)</u> 0,04–3,2
		07.2017	<u>0,03 (0,7)</u> 0,02–0,08	<u>0,1(1,0)</u> 0,09–0,3
17.	Р. Керженец, устье	2017	<u>0,04(0,004)</u> 0,04–0,05	–
		2019	<u>0,16(0,06)</u> 0,01–0,29	–
	Р. Керженец, среднее течение	07.2013	0,005 (2,17)	0,005 (2,17)
		07.2014	<u>0,033 (2,56)</u> 0,005-0,067	<u>0,64 (23,83)</u> 0,005-2,55
		07.2015	<u>0,017 (0,02)</u> 0,005-0,026	–
18.	Р. Сундовик, устье	07.2017	0,01(0,02)	<u>0,02 (0,04)</u> 0,02–0,03
		2019	0,07(0,01)	0,02 (0,004)
19.	Р. Ветлуга, нижнее течение	2018	2 экз.	–
	Р. Ветлуга устье	2019	<u>0,11(0,005)</u> 0,01–0,58	<u>0,11(0,005)</u> 0,01–0,59
20.	Р. Чара	07.2014	<u>0,14 (0,2)</u> 0,01–0,33	<u>0,81 (1,0)</u> 0,07–1,4
21.	Р. Рустайчик	07.2013	0,01 (0,9)	–
22.	Р. Чёрная	07.2014	0,025 (4,2)	0,025 (4,2)
23.	Р. Пугай	07.2014	0,005 (1,5)	<u>0,01 (2,78)</u> 0,005-0,015

Продолжение таблицы 5.2

№ п/п	Водоём/водоток	Период исследований	<i>Kellicottia bostoniensis</i>	<i>Kellicottia longispina</i>
24.	Протока между оз. Великое и оз. Свято	07.2013	<u>47,9 (6,4)</u> 12,6–305,4	<u>3,4 (0,5)</u> 0,3–3,9
		07.2014	<u>3,3 (2,4)</u> 0,3–103,0	<u>0,5 (0,04)</u> 0,2–12,6
		07.2015	<u>0,1 (0,06)</u> 0,02–1,0	<u>0,3 (0,2)</u> 0,02–0,5
		07.2016	<u>0,9 (0,2)</u> 0,04–3,9	<u>1,0 (0,3)</u> 1,0–4,2
		07.2017	0,04 (0,001)	<u>77,0 (33,3)</u> 0,9–153,1
25.	Р. Кама	08.2020	<u>0,3(0,03)</u> 0,03–0,7	–
26.	Р. Казанка	08.2020	<u>0,02(0,0002)</u> 0,01–0,02	–
Озера				
1.	Оз. Кочешковское	07.2019	<u>0,08(0,02)</u> 0,07–0,09	<u>150,5 (49,5)</u> 19,4–387,8
2.	Оз. Жаренское	07.2019	<u>11,7 (22,7)</u> 0,2–27,3	<u>0,4 (0,8)</u> 0,4–0,5
		07.2020	<u>29,1 (55,5)</u> 0,75–147,3	0,17(0,3)
3.	Оз. Светлояр	07.2019	–	<u>11,1 (19,6)</u> 0,2–19,8
4.	Оз. Нестиар	07.2019	–	0,02 (0,001)
5.	Оз. Сиротинное	06.2017	0,43 (0,27)	–
		07.2017	0,02 (0,04)	0,01(0,02)
		09.2017	3,0 (8,55)	–
6.	Оз. Черный Яр	06.2017	11,76 (2,21)	0,02(3,68)
		07.2017	–	–
		09.2017	4,0 (1,96)	–
7.	Оз. Драничное	06.2017	0,26 (0,63)	–
		07.2017	<u>8,05 (4,91)</u> 5,53–10,0	–
		09.2017	251,0(89,55)	–
8.	Оз. Чернозёрское-1	06.2017	16,47 (3,37)	0,2 (0,04)
		09.2017	15,5(39,4)	–
9.	Оз. Чернозёрское-2	06.2017	65,9 (17,7)	–
		07.2017	0,3 (0,5)	–
		09.2017	0,35 (0,8)	–
10.	Оз. Гришино	06.2017	0,03 (0,01)	–
		07.2017	0,4 (0,4)	–
		09.2017	104,0 (64,2)	–
11.	Оз. Новая старица	06.2017	1,45(13,5)	–
		07.2017	–	–
		09.2017	1,0 (1,4)	–
12.	Оз. Черное	07.2020	<u>15,5(9,3)</u> 2,2–36,5	0,02(0,001)
13.	Оз. Нижнее Рустайское	07.2020	<u>59,4 (35,4)</u> 31,9–96,5	<u>0,12 (0,02)</u> 0,08–0,2

Продолжение таблицы 5.2

№ п/п	Водоём/водоток	Период исследований	<i>Kellicottia bostoniensis</i>	<i>Kellicottia longispina</i>
14.	Оз. Маховское	07.2020	0,02(0,001)	–
15.	Оз. Малое Круглое	07.2020	$\frac{562,9(79,1)}{450,5-649,4}$	$\frac{0,06(0,001)}{0,04-0,13}$
16.	Оз. Круглое	07.2020	$\frac{168,7(60,7)}{83,2-314,7}$	–
17.	Оз. Парковое	07.2019	$\frac{3,25(3,32)}{0,1-8,7}$	$\frac{1,28(1,31)}{0,44-2,95}$
		07.2020	$\frac{0,05(0,02)}{0,01-0,09}$	$\frac{8,6(0,04)}{2,3-21,2}$
18.	Оз. Сортировочное	07.2019	10,8 (2,1)	2(0,38)
		07.2020	$\frac{6,9(2,3)}{1,6-12,1}$	$\frac{95,4(31,6)}{52,0-173,0}$
19.	Оз. Гурьяново	08.2019	$\frac{0,03(0,009)}{0,01-0,04}$	0,02(0,007)
20.	Оз. Пермьяковское	07.2019	–	$\frac{5,85(4,12)}{2,8-9,8}$
21.	Оз. Счастливое	07.2019	–	$\frac{0,92(0,17)}{0,375-1,65}$
22.	Оз. Светлоярское	08.2019	–	$\frac{4,93(0,84)}{2,84-7,03}$
23.	Оз. Чарское	07.2014	$\frac{7,09(18,2)}{0,07-18,2}$	$\frac{38,6(30,2)}{3,1-62,6}$
24.	Оз. Великое	07.2013	$\frac{3,1(0,7)}{3,1-14,3}$	–
		05.2014	$\frac{12,6(1,7)}{0,01-40,9}$	2,7(0,4)
		07.2014	$\frac{11,8(2,2)}{1,8-11,8}$	$\frac{0,4(0,1)}{0,4-5,2}$
		09.2014	$\frac{0,22(0,02)}{0,01-0,6}$	–
		07.2015	0,88 (0,23)	–
		07.2016	$\frac{3,9(1,0)}{1,0-6,5}$	0,2 (0,08)
		07.2017	0,02 (0,05)	$\frac{0,2(1,3)}{0,04-0,7}$
25.	Оз. Свято	07.2013	$\frac{81,3(22,2)}{46,3-214,6}$	$\frac{14,4(3,9)}{6,1-22,3}$
		07.2014	$\frac{28,5(35,1)}{18,3-90,7}$	$\frac{0,35(0,4)}{0,2-0,8}$
		07.2015	$\frac{0,2(2,0)}{0,1-0,4}$	$\frac{1,4(15,6)}{0,6-1,4}$
		07.2016	$\frac{2,6(1,8)}{0,08-24,8}$	$\frac{1,6(0,1)}{1,0-3,3}$
		07.2017	$\frac{0,7(0,4)}{0,1-0,8}$	$\frac{11,9(6,9)}{1,1-52,8}$
26.	Оз. Глубокое	07.2014	$\frac{56,1(11,1)}{4,2-142,1}$	$\frac{11,3(2,2)}{4,2-24,1}$

Окончание таблицы 5.2

№ п/п	Водоём/водоток	Период исследований	<i>Kellicottia bostoniensis</i>	<i>Kellicottia longispina</i>
27.	Оз. Паровое	07.2014	$\frac{99,6(16,8)}{0,4-286,5}$	$\frac{11,3 (19,1)}{0,4-1,9}$
28.	Оз. Долгое	07.2014	$\frac{26,0 (3,7)}{1,6-80,5}$	$\frac{0,5 (0,06)}{0,04-1,2}$

Примечание. Над чертой среднее значение численности тыс. экз./м³, в скобках – доля вида от общей численности в %, под чертой – минимальное и максимальное значение численности тыс. экз./м³, «–» – вид не обнаружен

В исследованных ранее водных объектах Европейской России, *K. bostoniensis* также идентифицирована в широком диапазоне pH (от 4,5 в оз. Трестино Тверской области до 9,5 в Ладожском озере Ленинградской области) (Жданова и др., 2016). Вид нетребователен к содержанию растворенного кислорода в воде, встречается в гипolimнионе озер при его низкой концентрации (Иванова, Телеш, 2004; Жданова, Добрынин, 2011). Коловратка *K. bostoniensis* идентифицирована в зоопланктоне олиготрофных, мезотрофных и эвтрофных водных объектов с цветностью вод от 30 до 680 град. Pt-Co шкалы (Жданова и др., 2016). Однако, наша находка *K. bostoniensis* в гипергумозном оз. Новая Старица (цветность вод 1245 град. Pt-Co шкалы) расширяет диапазон условий обитания (таблица 5.1, 5.2).

В таблице 2 представлены сведения о численности и доле вида-вселенца от общей численности зоопланктона в основном в летний период (июль – начало августа). Температура воды водных объектов в этот период составляла 18–25 °С. Наряду с этим, имеющиеся собственные сведения о численности коловратки *K. bostoniensis* в мае и сентябре (таблица 5.2), а также отрывочные литературные данные (Крайнев и др., 2018; Гаврилко, 2019) свидетельствуют о том, что она также способна развиваться в весенний и осенний период при более низких значениях температуры.

Количественные характеристики *K. bostoniensis* в исследованных водных объектах значительно различались (таблица 5.2). Так, абсолютная численность вида и его доля от общей численности зоопланктона Горьковского, Чебоксарского и Куйбышевского водохранилищ была низкой. В устьевых областях рек-притоков Чебоксарского водохранилища (Трестьянка, Пыра, Керженец, Сундовик и Ветлуга) доля чужеродного вида также была низкой и составляла менее 1%. Среди

исследованных водотоков его доля от общей численности была невысокой в ряде рек г. Нижнего Новгорода (Левинка, Черная, Выюница, Рахма), в июле 2014 и 2015 гг. в Шуваловском канале, а также реках Везлома, среднем течении р. Керженец (2015 г.), р. Сережа (июль 2014–2017 гг.), нижнем течении р. Ветлуга, р. Чара и р. Рустайчик. Низкое обилие *K. bostoniensis* зафиксировано в июле разных лет в некоторых озерах: Кочешковское, Сиротинное, Черноезерское-2, Гришино, Черное, Парковое, Гурьяново, Великое (таблица 5.2).

В июле разных лет вид-вселенец входил в число субдоминантов следующих водотоков г. Нижнего Новгорода: Левинка, Черная, Выюница, Гниличка, Параша, Кова, Старка, Шуваловский канал. Также доля вида *K. bostoniensis* составляла от 1 до 10% в общей численности зоопланктона в среднем течении р. Керженец, р. Черная, р. Пугай и Протоке, озерах Драничное, Парковое, Сортировочное, Великое (2014 и 2016 гг.), Свято (2015 и 2016 гг.) (таблица 5.2).

Несмотря на широкое распространение и способность к обитанию в различных условиях среды, в июле в число доминирующих видов (>10% общей численности зоопланктона) коловратка *K. bostoniensis* входила в 11 водных объектах: реках Сережа, Гниличка, Ржавка и озерах Жаренское, Нижнее Рустайское, Малое Круглое, Круглое, Чарское, Свято, Глубокое, Паровое. Доля вида-вселенца в них составляла от 17% в р. Ржавка до 79,1% от общей численности зоопланктона в оз. Малое Круглое (таблица 5.2). Представленные водоемы и водотоки характеризовались эвтрофными, мезотрофно-эвтрофными и мезотрофными условиями, слабощелочной и щелочной реакцией среды (таблица 5.1). В исследованных водотоках наибольшая численность вселенца отмечена в медиали на участках с низкой скоростью течения (реки Сережа и Ржавка), в прудовых расширениях (р. Гниличка). Озера, в которых *K. bostoniensis* доминировала в составе зоопланктона, имеют карстовое (озера Чарское, Свято, Глубокое, Паровое), пойменное (Нижнее Рустайское, Малое Круглое, Круглое) и эоловое (Жаренское) происхождение. В основном глубокие (до 16 м, оз. Чарское) с прямой температурной стратификацией водных масс в летний период

(Харитонычев, 1974; Лаврова, Кузнецова, 2001; Баянов, Юлова, 2001; Баянов, Кривдина, Логинов, 2014).

Анализ материала, собранного на акваториях пойменных озер (Сиротинное, Черный Яр, Драничное, Черноезерское-1, Гришино, Новая старица) в июне, июле и сентябре показал, что вид *K. bostoniensis* входил в состав зоопланктона в течение всего периода исследований и достигал значительного количественного развития в сентябре (таблица 5.2).

В работах ряда исследователей (Arnemo et. al., 1968; Balvay, 1994; Лазарева, Жданова, 2014; Жданова и др., 2016; Крайнев, Целищева, Лазарева, 2018) отмечено как совместное обитание *K. bostoniensis* с родственным аборигенным видом *K. longispina*, так и наличие в водных объектах только одного из видов. Вид *K. longispina* – широко распространен в озерах северных широт, является пелагическим эвригалинным видом (Кутикова, 1970), развивается при достаточно низкой температуре – от 1,2 °C (Edmondson, Litt, 1989). Представители рода *Kellicottia* Ahlstrom, 1938 совместно населяют глубоководные озера и участки водохранилищ (глубина более 5 м), в мелководных озерах часто встречается только *K. bostoniensis* (Eloranta, 1988; De Paggi, 2002, Жданова и др., 2016). В водохранилищах бассейна Верхней Волги напротив обнаружен исключительно аборигенный вид (Лазарева, Жданова, 2014). На акватории Камского водохранилища вид-вселенец обитает на глубине и в прибрежье совместно с *K. longispina*. Согласно полученным нами результатам, оба вида встречаются в зоопланктоне Горьковского, Чебоксарского, Куйбышевского водохранилищ, однако доля видов от общей численности зоопланктона в этих водоемах незначительна, менее 1%. В устьевых областях рек Трестьянка, Пыра, Сундовик, Ветлуга и др. *K. bostoniensis* и *K. longispina* также были малочисленны. Совместное обитание видов характерно для некоторых исследованных водотоков и озер. В этом случае, как правило, если выше доля *K. bostoniensis*, то доля аборигенного вида *K. longispina* ниже. При увеличении доли *K. longispina* доля вида-вселенца уменьшается (таблица 5.2).

В олиготрофных и мезотрофных озерах Светлояр, Пермьковское, Счастливое, Светлоярское был идентифицирован только аборигенный вид *K.*

longispina. Установлено также, что в число доминантов (>10% общей численности зоопланктона) аборигенный вид входил главным образом в глубоких водотоках (среднее течение р. Керженец) и водоемах (озера Светлояр, Кочешковское, Чарское и др.) характеризовавшихся олиготрофными и мезотрофными условиями. Коловратка *K. longispina* обитает в более узком диапазоне условий среды, чем родственный вид-вселенец. Так, абориген населяет водные объекты с нейтральной и слабощелочной реакцией среды, в слабокислых пойменных озерах р. Керженец (Драничное, Гришино, Черноезерское-1 и др.) и щелочных условиях некоторых водотоков (р. Ока, р. Ветлуга и др.) вид либо не развивается, либо крайне малочислен. Также *K. longispina* более требовательна к содержанию растворенного кислорода в воде и населяет главным образом водные объекты со средней (50–80° Pt-Co шкалы), реже – высокой (80–120° Pt-Co шкалы) цветностью вод (таблица 5.1, 5.2).

Заключение по главе 5

Вид-вселенец *K. bostoniensis* идентифицирован в 52 водных объектах бассейна Средней Волги: 3 водохранилищах, 26 водотоках, 23 озерах. В большинстве водоемов и водотоков он обнаружен впервые. *K. bostoniensis* обитает как в мелких (до 0,4 м) небольших (р. Ржавка, р. Пугай, р. Рустайчик, оз. Черноезерское-1 и др.), так и крупных глубоких (до 16 м) (р. Керженец, оз. Чарское) водоемах и водотоках с широким диапазоном прозрачности воды – от 0,3 м до 2,7 м, активной реакции среды – от кислой (pH 5,2) до щелочной (pH 9,1), цветности – от малой (47° Pt-Co шкалы) до очень высокой (1245° Pt-Co шкалы), концентрации растворенного кислорода – от 0,9 мг/л до 12,6 мг/л. Численность коловратки *K. bostoniensis* варьирует от единиц до нескольких сотен тысяч экземпляров в кубическом метре воды. Вселенец доминирует по численности в глубоких стратифицированных озерах (Жаренское, Свято, Глубокое, Чарское, Нижнее Рустайское – до 81,3 тыс. экз./м³; 79,1 % от общей численности зоопланктона), медиали и прудовых расширениях медленнотекущих водотоков (Гниличка, Ржавка, Сережа – до 70,5 тыс. экз./м³; 24,6% от общей численности зоопланктона). Вид

предпочитает эвтрофные и мезотрофные водные объекты со слабощелочной и щелочной реакцией среды (pH от 7,5 до 9,1).

Глава 6. Межгодовая и сезонная динамика развития *K. bostoniensis*

6.1. Межгодовые изменения численности вида-вселенца в сообществах зоопланктона Пустынской озерно-речной системы

Исследование межгодовой динамики развития видов-вселенцев в водных объектах и влияния факторов среды на их количественные характеристики является актуальной задачей (Лазарева, 2008; Leuven et al., 2017; Наumenко, Телеш, 2019 и др.). Виды-вселенцы не всегда способны натурализоваться, процесс натурализации зависит от наличия путей и способов расселения вида, адаптационных возможностей, численности расселяющихся особей и уязвимости экосистемы. Поэтому важно изучать их жизненный цикл и адаптационные возможности (Catford et al., 2012). Многолетнее изучение численности чужеродных видов позволяет устанавливать закономерности их натурализации, влияние на родственные аборигенные виды и их конкурентоспособность, а также определять наиболее благоприятные для вселенцев условия среды (Leuven et al., 2017; Наumenко, Телеш, 2019; Mantovano et al., 2020).

В период с 2013 по 2017 гг. был проведен анализ обилия родственных видов р. *Kellicottia* – вселенца *K. bostoniensis* и аборигенного *K. longispina* в сообществах зоопланктона водных объектов Пустынской озерно-речной системы. Выделение сообществ зоопланктона проводилось с использованием метода многомерного векторного анализа (Черепенников и др., 2003, 2004; Шурганова, 2007; Шурганова, Черепенников, 2011). Наряду с выявлением зоопланктоценозов на акватории Пустынской озерно-речной системы на основе многомерного векторного анализа впервые для более детального и точного анализа этих данных был применен метод выделения оптимального числа кластеров, включающий анализ силуэтов и коэффициентов корреляции Мантеля (Legendre & Legendre, 2012; Якимов и др., 2016). Результаты выделения сообществ представлены в работах: Ильин и др., 2015; Ильин, 2016; Золотарева и др., 2017; Шурганова и др., 2017, 2018а; Shurganova et al., 2021. Таким образом, было выделено 4 кластера, различающихся по видовой структуре (рисунок 6.1.1а).

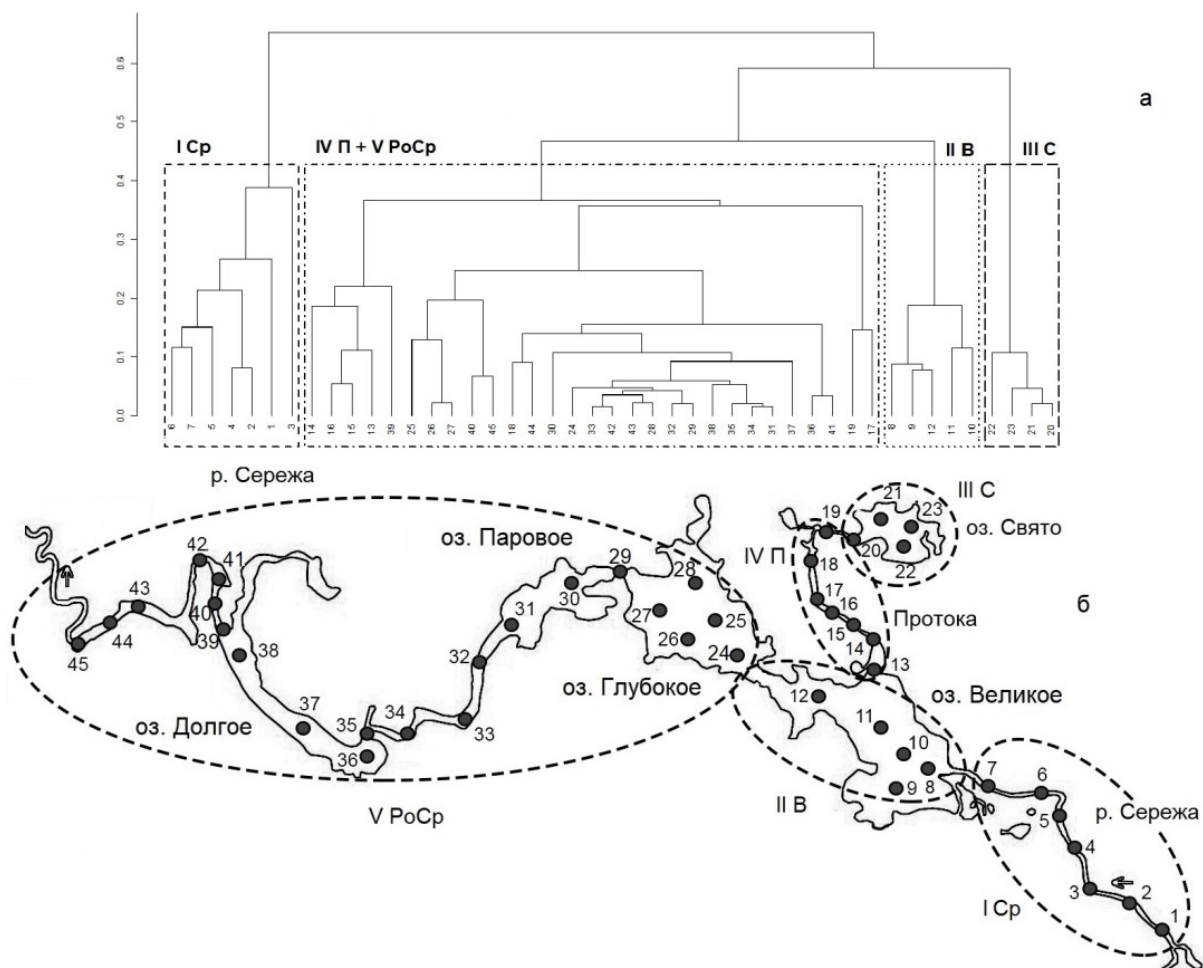


Рисунок 6.1.1. Дендрограмма иерархической кластеризации проб зоопланктона Пустынской озерно-речной системы (а) и схема расположения выделенных сообществ зоопланктона на акватории Пустынской озерно-речной системы (б): I Cr – сообщество зоопланктона р. Сережа ниже озерной системы, II В – сообщество зоопланктона оз. Великое, III С – сообщество зоопланктона оз. Свято, IV П – сообщество зоопланктона Протоки, соединяющей озера Великое и Свято, V PoCr – сообщество зоопланктона русловых озер и р. Сережа ниже озерной системы

Представленные кластеры соответствовали следующим сообществам зоопланктона: зоопланктоценоз р. Сережа выше озерной системы (I Cr); оз. Великое (II В); оз. Свято (III С). Сообщества зоопланктона Протоки (IV П), русловых озер (Глубокое, Паровое, Долгое) и р. Сережа ниже озерной системы (V PoCr) характеризовались сходной видовой структурой и входили в один кластер. В летние периоды 2013–2017 гг. сообщества зоопланктона р. Сережи (I Cr), оз. Великого (II В), Протоки (IV П) и оз. Свято (III С) различались комплексом

доминантов, показателями видовой структуры, однако границы сообществ были относительно постоянными (рисунок 6.1.1б, таблица 2, приложение).

Так, в сообществе зоопланктона р. Сережи, в июле 2013 г. доминировала чужеродная коловратка *K. bostoniensis*, науплиальные стадии веслоногих. В июле 2014 г. – коловратки *K. quadrata*, *K. cochlearis*, *H. mira*. В 2015 – 2017 гг. – ювенильные стадии веслоногих ракообразных, коловратки *K. cochlearis* и *C. coenobasis*, ветвистоусый рачок *B. longirostris*. Общая численность и биомасса зоопланктона изменялись в широких пределах: 14,9–531,2 тыс. экз./м³ и 0,03–0,84 г/м³. Соотношение основных таксономических групп в период исследований изменялось, по численности преобладали коловратки, по биомассе – коловратки и ветвистоусые ракообразные (таблица 2, приложение).

Доминирующими видами сообщества оз. Великого в разные годы были коловратки *K. cochlearis* и *C. coenobasis*, науплиальные и копеподитные стадии веслоногих ракообразных, коловратки *T. cylindrica*, *K. cochlearis*, *B. diversicornis*, *D. cucullata*, *A. priodonta*. Численность и биомасса зоопланктона составляли 22,9–458,6 тыс. экз./м³ и 0,5–3,3 г/м³. По численности преобладали коловратки, по биомассе в разные годы преобладали разные таксономические группы зоопланктона (таблица 2, приложение).

В сообществе оз. Свято доминировала коловратка *K. bostoniensis*, *K. cochlearis*, *K. longispina*, копеподитные стадии веслоногих ракообразных, ветвистоусый рачок *B. longirostris*. Общая численность и биомасса зоопланктона изменялись от 8,5 до 375,8 тыс. экз./м³ и от 0,03 до 3,1 г/м³. Преобладающей по численности группой были коловратки, по биомассе – ветвистоусые и веслоногие ракообразные (таблица 2, приложение).

В сообществе Протоки доминирующими видами были коловратки *K. bostoniensis*, *K. cochlearis*, *H. mira*, науплиальные и копеподитные стадии веслоногих ракообразных, *K. longispina*. Общая численность и биомасса зоопланктона сообщества изменялись в широких пределах от 115,7 до 1592,2 тыс. экз./м³ и от 0,2 до 6,0 г/м³. Преобладающей по численности группой были

коловратки, основной вклад в биомассу на протяжении периода исследования вносили разные таксономические группы зоопланктона (таблица 2, приложение).

Сообщество зоопланктона русловых озер и р. Сережа ниже озерной системы характеризовалось доминированием науплиальных и копепоидных стадий веслоногих ракообразных. Общая численность и биомасса зоопланктона составляли 658,2 тыс. экз./м³ и 3,4 г/м³ соответственно. Преобладающей таксономической группой как по численности, так и по биомассе были веслоногие ракообразные (Copepoda) (таблица 2, приложение).

Таким образом, в сообществах зоопланктона Пустынской озерно-речной системы доминировали планктонные широко распространенные виды: *K. quadrata*, *K. cochlearis*, *H. mira*, *B. diversicornis*, *K. longispina*, *B. longirostris* и *D. cucullata*. Основной вклад в общую численность зоопланктона сообществ вносили коловратки.

Исследования численности вида-вселенца *K. bostoniensis* в сообществах зоопланктона Пустынской озерно-речной системы показали следующее. Численность вида-вселенца *K. bostoniensis* варьировала в широких пределах – от 0,02 до 305,4 тыс. экз./м³ (таблица 5.2). В 2013–2014 гг. вид-вселенец доминировал в сообществах оз. Свято и р. Сережи (таблица 2, приложение). Аборигенный вид *K. longispina* входил в число доминантов в 2017 г. в сообществах оз. Свято и Протоки (таблица 2, приложение).

Установлено снижение обилия коловратки *K. bostoniensis* в период с 2013 г. по 2017 г. Так, в р. Сереже, озерах Великое и Свято, Протоке максимальная численность вида была зафиксирована в 2013–2014 гг., а в период до 2017 г. она значительно сокращалась (рисунок 6.1.2). Максимальное обилие коловратки *K. longispina* зафиксировано в 2017 г. В целом, изменения численности аборигенного вида в 2013–2017 гг. были незначительными, по сравнению с чужеродным.

Таким образом, после периода высокой численности вида-вселенца (2013 г.) наблюдалось значительное ее снижение. Согласно литературным данным, подобным образом происходило развитие и других чужеродных видов (Лазарева, 2008; Telesh, Schubert, Scarlato, 2016; Науменко, Телеш, 2019).

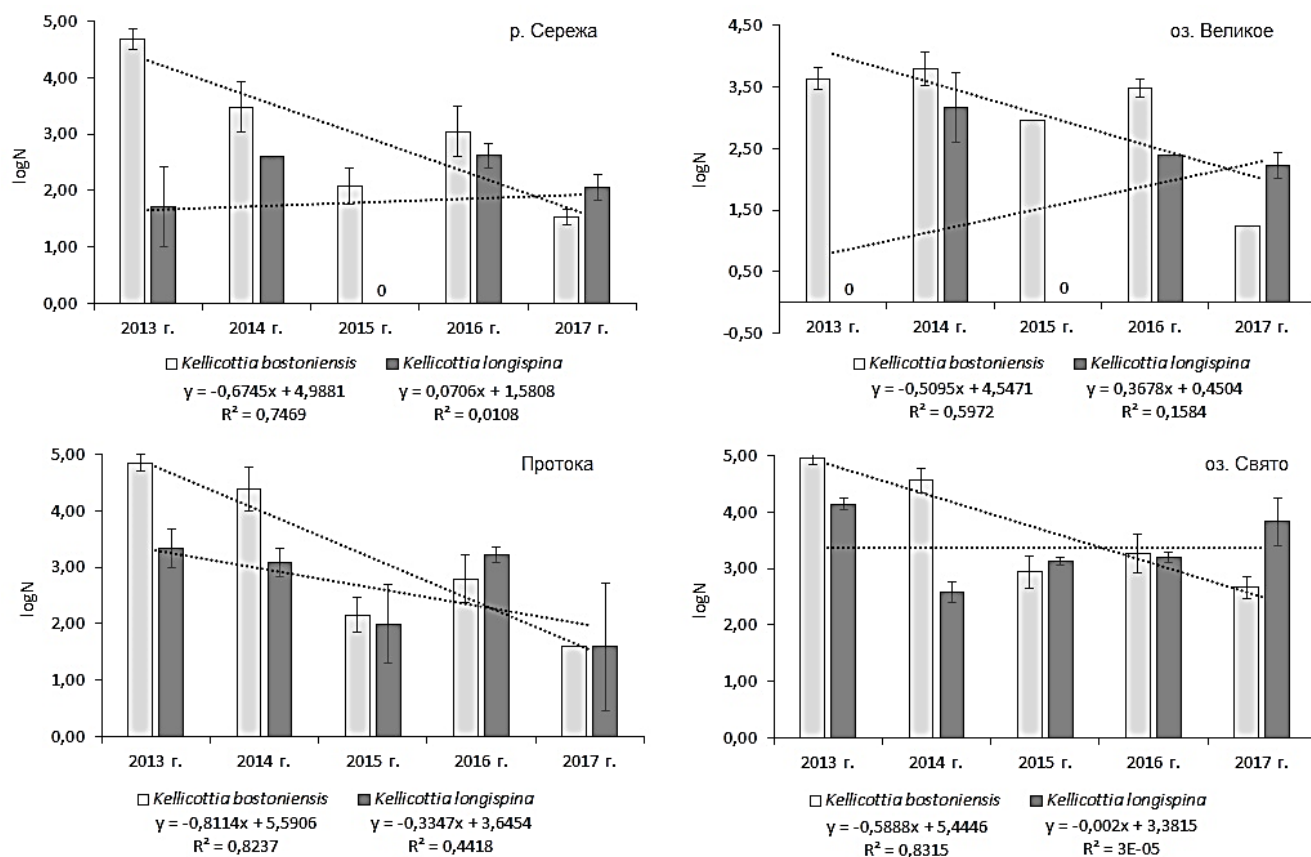


Рисунок 6.1.2. Изменение численности *K. bostoniensis* и *K. longispina* в сообществах зоопланктона р. Сережи, оз. Великого, Протоки и оз. Свято в 2013–2017 гг.

С целью выявления основных абиотических факторов, влияющих на обилие родственных видов р. *Kellicottia* были построены регрессионные модели зависимости численности *K. bostoniensis* и *K. longispina* от температуры, электропроводности, рН, концентрации растворенного кислорода и прозрачности. Также были построены модели зависимости обилия вида-вселенца, аборигенного вида и других коловраток-вертикаторов от численности хищных видов зоопланктона. В регрессионной модели использовали численности коловраток-вертикаторов родов *Brachionus*, *Conochiloides*, *Conochilus*, *Anuraeopsis*, *Euchlanis*, *Filinia*, *Hexarthra*, *Keratella*, *Lecane*, *Polyarthra*, *Synchaeta*, *Trichocerca*. Учитывали обилие хищных видов зоопланктона: коловраток р. *Asplanchna* (*A. priodonta*; *A. herricki*), веслоногих ракообразных родов *Cyclops* (*C. strenuus*), *Macrocyclus* (*M. albidus*), *Mesocyclops* (*M. leuckarti*) и *Thermocyclops* (*T. oithonoides*, *T. crassus*).

Также была построена регрессионная модель зависимости численности вида-вселенца *K. bostoniensis* от численности *K. longispina*.

Таким образом, установлена прямая статистически значимая зависимость численности коловратки *K. bostoniensis* от температуры ($R^2=0,123$, $p<0,001$) и прозрачности воды ($R^2=0,083$, $p=0,002$) (рисунок 6.1.3), а также водородного показателя ($R^2=0,053$, $p=0,011$).

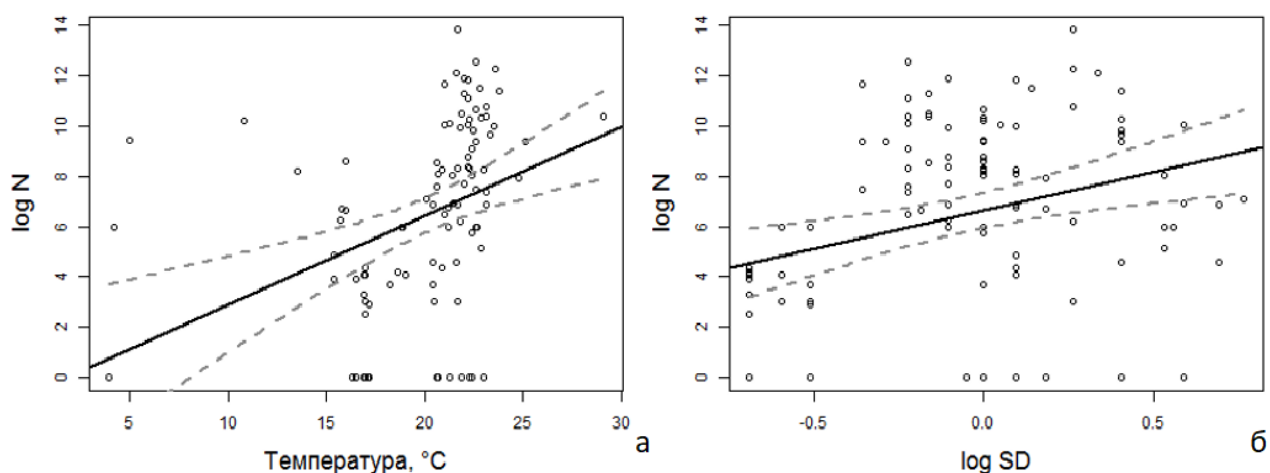


Рисунок 6.1.3. Зависимость логарифмированных значений численности *K. bostoniensis* ($\log N$) от температуры (а) и логарифмированных значений прозрачности ($\log SD$) (б) с доверительными интервалами регрессий

В итоговой модели множественной регрессии с учетом информационного критерия Акаике учитывались температура и прозрачность, так как значения рН и температуры коррелировали, полученная модель объясняла 15,4% от общей вариации численности *K. bostoniensis* в наших данных ($p<<0.05$). Визуализация зависимости численности *K. bostoniensis* от рН сходна с изображением зависимости от температуры. Согласно полученным результатам, численность *K. bostoniensis* увеличивается с ростом температуры, прозрачности и рН. Установленная по данным межгодовых исследований прямая зависимость обилия вида-вселенца от температуры обусловлена тем, что наибольшее количественное развитие коловратки было зафиксировано при более высокой поверхностной температуре воды в 2013–2014 гг., в то время как при понижении поверхностной температуры в 2015–2017 гг. снижалась и численность *K. bostoniensis*.

Была установлена обратная зависимость между численностью аборигенного вида *K. longispina* и значениями pH ($R^2=0,046$, $p=0,028$) (рисунок 6.1.4). В отличие от прямой зависимости численности *K. bostoniensis* от значений pH, полученная модель свидетельствует о снижении обилия аборигенного вида с увеличением водородного показателя. В исследованных водных объектах максимальная численность *K. longispina* была зафиксирована в Протоке и оз. Свято, характеризовавшихся нейтральными условиями среды (таблица 5.1). Высокая численность чужеродного вида *K. bostoniensis* была выявлена не только в нейтральных, но и в слабощелочных условиях р. Сережа. Анализ обилия видов в водных объектах бассейна Средней Волги (таблица 5.2), также показал, что вид-вселенец предпочитает слабощелочные и щелочные условия среды, аборигенный – нейтральные.

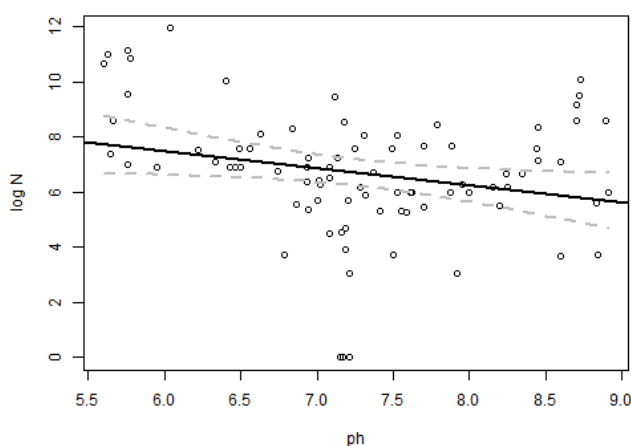


Рисунок 6.1.4. Зависимость логарифмированных значений численности *K. longispina* (log N) от значений pH (ph) с доверительным интервалом регрессии

Зафиксирована значительная степень зависимости хищных видов зоопланктона от численности коловраток-вертикаторов ($R^2=0,674$, $p<0,001$) (рисунок 6.1.5а) и численности хищников от численности чужеродной коловратки ($R^2=0,344$, $p<0,001$) (рисунок 6.1.5б). Корреляции численности аборигенного вида *K. longispina* и хищников не установлено. Полученные модели отражают продуктивность Пустынской озерно-речной системы: с ростом численности потенциальных пищевых ресурсов увеличивается численность хищников. Известно, что коловратки *K. bostoniensis* и *K. longispina* вооружены шипами.

Аборигенный вид *K. longispina*, вдвое крупнее вида-вселенца (Определитель зоопланктона ..., 2010; Жданова и др., 2019). Таким образом, коловратка *K. longispina* является менее удобным пищевым ресурсом, чем вид-вселенец, хищные виды зоопланктона потребляют другие виды коловраток-вертикаторов.

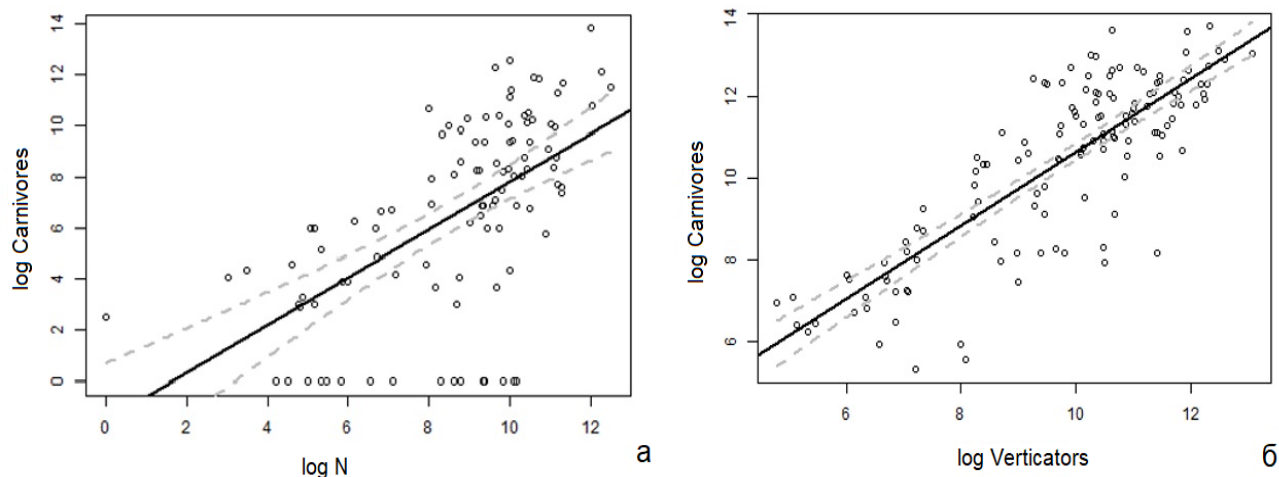


Рисунок 6.1.5. Зависимость логарифмированных значений численности хищников ($\log \text{Carnivores}$) от логарифмированных значений численности *K. bostoniensis* ($\log N$) (а) и логарифмированных значений численности хищников ($\log \text{Carnivores}$) от логарифмированных значений численности коловраток-вертикаторов ($\log \text{Verticators}$) с доверительными интервалами регрессии

Корреляции между численностями *K. bostoniensis* и *K. longispina* выявлено не было, что свидетельствует об отсутствии конкуренции между видами в водных объектах Пустынской озерно-речной системы.

6.2. Сезонная динамика развития *K. bostoniensis* в сообществах зоопланктона озер

Согласно Ю. Одуму (1986) развитие экосистемы, отражающееся в изменении во времени видовой структуры и биоценологических процессов, представляет экологическую сукцессию. При отсутствии внешнего воздействия сукцессия является направленным, предсказуемым процессом (Розенберг, 2014). Сезонные изменения представляют собой частные варианты сукцессий. Изменения в таких сукцессиях по продолжительности совпадают с каким-либо сезоном и на следующий год начинаются сначала (Чернова, Былова, 2007).

Сообщества реагируют на сезонные изменения факторов среды. Это отражается на их структурных характеристиках: видовом составе, численности, биомассе, продукции и др. Такие изменения закономерны и предсказуемы, их динамика характеризует сезонную сукцессию (Бусева, 2007).

Сезонная динамика зоопланктонных организмов зависит от значительного количества факторов: концентрации растворенного кислорода, вегетационного периода растений, температуры воды и др. (Итигилова, 1990; Наумова, 1993; Палаш, 2010; Гаврилко, 2019). Сезонная изменчивость плотности и биомассы сообществ зоопланктона зависит также от циклов развития зоопланктеров (Столбунова, 2005; Рыбка, 2012).

Сведения о развитии *K. bostoniensis* в течение сезона крайне малочисленны и отрывочны (Иванова, Телеш, 2004; Крайнев и др., 2018; Гаврилко, 2019; Arcifa et al., 2020). Нами были проведены исследования сезонного развития вида-вселенца озерах Парковое и Сортировочное, расположенных на территории г. Нижнего Новгорода.

За период исследования (с 26 мая по 27 октября 2020 г.) в зоопланктоне оз. Парковое было идентифицировано 72 вида зоопланктонных организмов. Из общего числа видов 35 (49%) принадлежали коловраткам (Rotifera), 26 (36%) – ветвистоусым ракообразным (Cladocera) и 11 видов (15%) – веслоногим ракообразным (Copepoda) (таблица 6.2.1).

В оз. Сортировочном идентифицировано 60 видов. Из них наибольшее число – 29 (48%) – составляли коловратки, 20 (33%) – ветвистоусые и 11 (19%) – веслоногие ракообразные. Видовое богатство озер в разные даты исследования варьировало (таблица 6.2.1).

В видовом составе озер представлены планктонные, фитофильные, фитофильно-планктонные и придонные виды. Соотношение экологических групп в разные периоды изменялось. В целом в фауне озер наиболее представлены фитофильные и планктонные виды (таблица 3, приложение).

Преобладающей по числу видов группой в обоих озерах были коловратки, составлявшие от 39 до 56% от общего видового богатства. Наименьшим видовым богатством характеризовались веслоногие ракообразные (таблица 6.2.1).

Таблица 6.2.1

Видовое богатство и процентное соотношение основных таксономических групп зоопланктона (Rotifera, Cladocera, Copepoda) озер Парковое и Сортировочное в различные периоды исследования 2020 г.

Дата отбора проб	26.05	09.06	24.06	07.07	22.07	03.08	18.08	01.09	15.09	29.09	13.10	27.10
оз. Парковое												
Число видов	28	45	42	45	49	44	53	56	43	41	51	52
Rotifera, %	54	42	45	42	41	48	47	48	51	51	47	42
Cladocera, %	28	38	38	40	45	41	38	41	35	37	39	44
Copepoda, %	18	20	17	18	14	11	15	11	14	12	14	14
оз. Сортировочное												
Число видов	33	24	28	31	28	29	34	32	33	27	27	26
Rotifera, %	39	46	43	52	50	55	53	56	55	55	48	42
Cladocera, %	36	25	25	23	25	24	26	25	27	23	30	31
Copepoda, %	25	29	32	25	25	21	21	19	18	22	22	27

Сходство видового состава зоопланктона в течение периода исследований было высоким. Значения индекса Серенсена достигали 95% в оз. Сортировочном и 90% в оз. Парковом. Визуализация полученных результатов на основе значений индекса Сёренсена представлена на дендрограммах (рисунок 6.2.1).

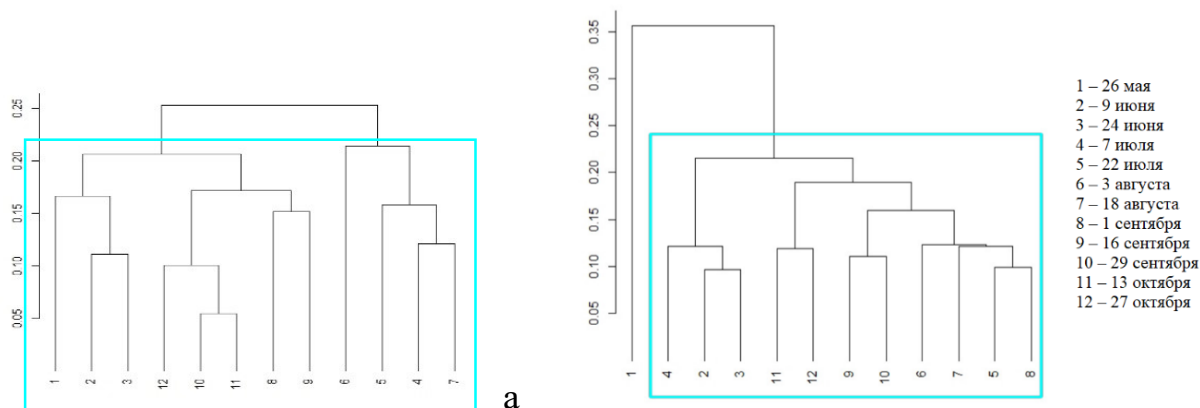


Рисунок 6.2.1. Дендрограммы иерархической кластеризации видового состава зоопланктона озера Сортировочное (а) и Паркового (б) на основе индекса Сёренсена

Видовой состав зоопланктона каждого из озер на протяжении сезона наблюдений был очень сходным. В оз. Сортировочном все данные с 26 мая по 27 октября представляли единый кластер на дендрограмме (рисунок 6.2.1, а). В оз. Парковом единственной отдельной станцией оказалась первая (26 мая), так как только в это время в зоопланктоне были обнаружены веслоногий рачок *Cyclops kolensis* и ветвистоусый рачок *Alona quadrangularis*.

С помощью кластеризации проб на основании многомерного векторного анализа были выделены планктонные комплексы, характеризующиеся относительным сходством видовой структуры. В обоих водоемах выделялся раннелетний зоопланктонный комплекс (26 мая – 24 июня, голубой цвет) и летний (7–22 июля, красный цвет). В оз. Сортировочном выделен также позднелетний комплекс (3 и 18 августа, зеленый цвет) и осенний (1 сентября – 27 октября, фиолетовый цвет). В оз. Парковом единый позднелетний-осенний кластер сформировали пробы, собранные в период с 3 августа по 29 сентября (зеленый цвет), осенний – с 13 по 27 октября (фиолетовый цвет) (рисунок 6.2.2).

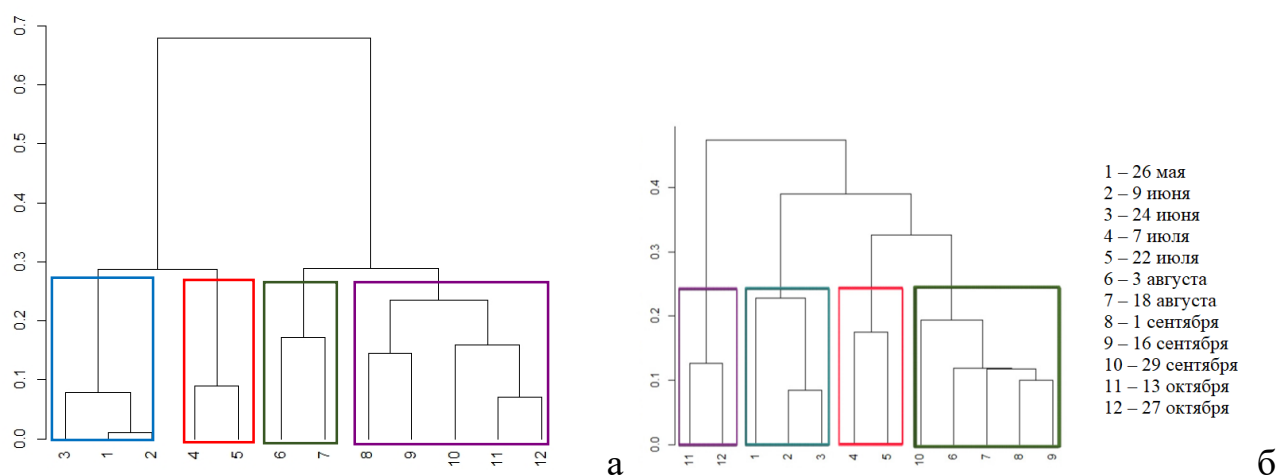


Рисунок 6.2.2. Дендрограммы иерархической кластеризации проб зоопланктона озер Сортировочное (а) и Парковое (б) на основе видовой структуры (по оси отложено расстояние объединения)

Высокая степень сходства видовой структуры сообществ зоопланктона в раннелетний период (26 мая–24 июня) в оз. Сортировочном связана с доминированием коловраток *K. longispina*, *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*.

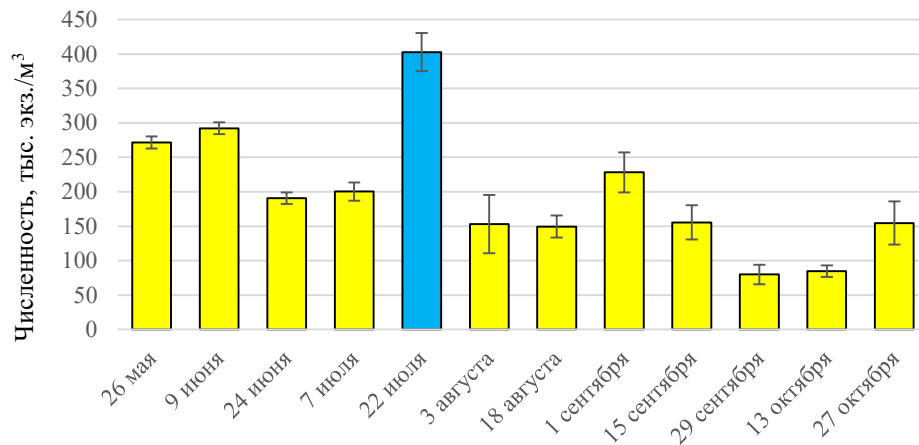
В то время как в оз. Парковом доминантом сообщества являлся ветвистоусый рачок *Bosmina longirostris* и науплиальные стадии веслоногих ракообразных.

В июльских пробах (летний комплекс) оз. Сортировочного также доминировал вид *K. longispina*, наряду с ним в число доминантов входили науплиальные стадии веслоногих ракообразных и ветвистоусый рачок *Chydorus sphaericus*. В оз. парковом на смену *B. longirostris* пришли крупный веслоногий рачок *Eudiaptomus gracilis* и ветвистоусый рачок *Diaphanosoma brachyurum*.

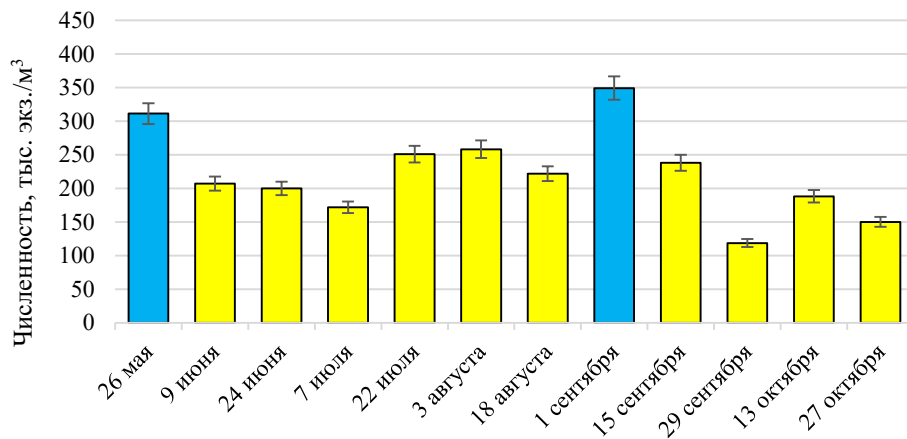
В позднелетнем зоопланктонном комплексе оз. Сортировочного доминировал вид-вселенец *K. bostoniensis* и ветвистоусый рачок *Ceriodaphnia pulchella*. В осеннем комплексе (с 1 сентября по 27 октября) также доминировал вид-вселенец *K. bostoniensis*, коловратка *K. cochlearis* и ювенильные стадии развития веслоногих ракообразных.

Позднелетний-осенний комплекс оз. Паркового, характеризовался сходством видовой структуры продолжительное время (3 августа–29 сентября). С начала августа до конца сентября в зоопланктоне доминировали науплиальные стадии веслоногих, коловратка *K. cochlearis* и веслоногий рачок *E. gracilis*. В осеннем зоопланктонном комплексе озера преобладали копеподитные стадии веслоногих ракообразных и коловратки рода *Keratella*.

В течение вегетационного сезона количественное развитие зоопланктона в озерах происходило следующим образом. В оз. Сортировочном наблюдался один пик численности (402,8 тыс. экз./м³ – 22 июля), основной вклад в численность зоопланктона в это время вносили коловратки (рисунок 6.2.3а; таблица 4, приложение). В оз. Парковом установлено два пика численности зоопланктона: 26 мая и 1 сентября 2020 года (рисунок 6.3, б). В мае численность достигала 311,2 тыс. экз./м³, главным образом, за счет коловраток. В начале сентября значение численности составило 349,2 тыс. экз./м³, основная доля численности приходилась на веслоногих ракообразных (рисунок 6.2.3б; таблица 4, приложение).



а



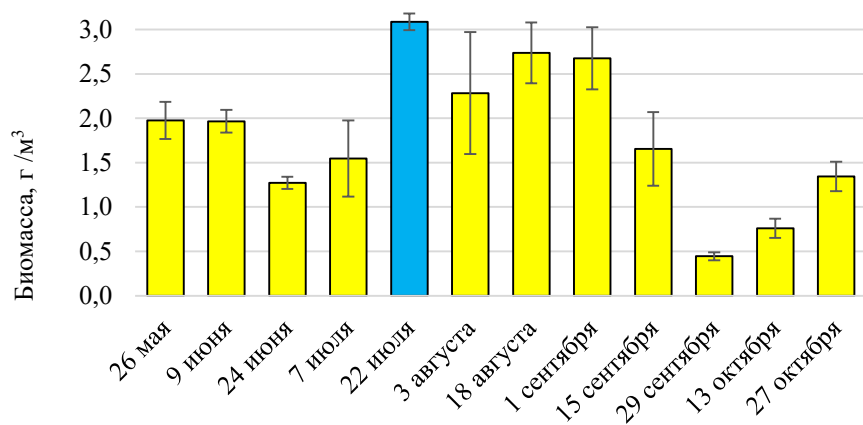
б

Рисунок 6.2.3. Изменение численности зоопланктона озер Сортировочное (а) и Парковое (б) в течение вегетационного сезона (по данным 2020 г.)

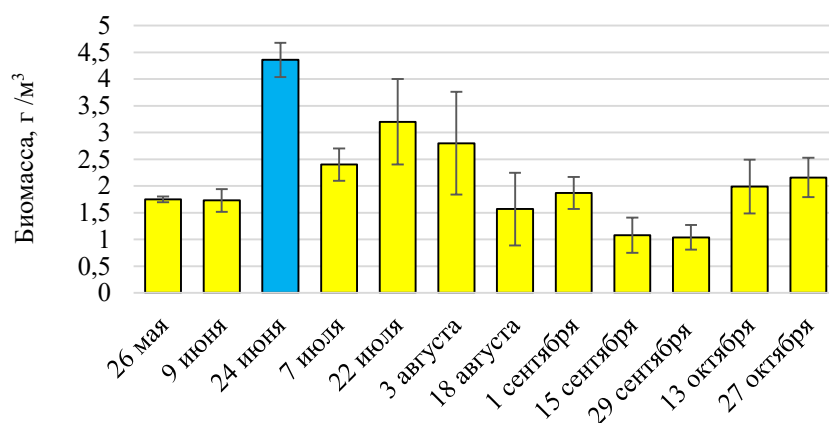
Пик биомассы зоопланктона оз. Сортировочного совпадал с пиком численности и был зафиксирован 22 июля (рисунок 6.2.4а). Основной вклад в общую биомассу вносили ветвистоусые ракообразные (таблица 4, приложение). Максимальное значение биомассы оз. Паркового приходилось на конец июня (рисунок 6.2.4б). По биомассе в этот период преобладали веслоногие ракообразные (таблица 4, приложение).

Соотношение таксономических групп зоопланктона также изменялось в течение вегетационного сезона (таблица 4, приложение). В оз. Сортировочном по численности, в основном, преобладали коловратки, основной вклад в биомассу вносили веслоногие и ветвистоусые ракообразные (таблица 4, приложение). В оз. Парковом в конце мая по численности и биомассе зоопланктона доминировали коловратки, в летний и осенний сезоны по биомассе преобладали веслоногие

ракообразные. По численности зоопланктона в течение июльского и позднелетнего периода доминировали веслоногие ракообразные, в октябре – коловратки (таблица 4, приложение).



а



б

Рисунок 6.2.4. Изменение биомассы зоопланктона озер Сортировочное (а) и Парковое (б) в течение вегетационного сезона (по данным 2020 г.)

С целью установления влияния факторов среды на сезонную динамику сообществ зоопланктона озер были построены модели на основе анализа избыточности (RDA) с учетом следующих факторов: глубина, прозрачность, температура воды, pH, электропроводность, содержание кислорода и ряд химических показателей (таблицы 5 и 6, приложение).

Статистический анализ вспомогательных моделей, которые были построены для каждого отдельного фактора, показал, что значимым влиянием ($p < 0,05$) в оз. Сортировочном обладали 6 факторов: электропроводность, концентрация гидрокарбонатов, нитратов, железа, аммония, а также прозрачность. Для оз. Паркового установлено значимое влияние ($p < 0,05$) 7 факторов: температуры,

водородного показателя, электропроводности, концентрации гидрокарбонатов, хлоридов, взвешенных веществ и сульфатов (таблица 6.2.2).

Таблица 6.2.2

Статистический анализ значимости объяснения изменчивости видовой структуры для каждого отдельного фактора озер Сортировочное и Парковое

Фактор	оз. Парковое			оз. Сортировочное		
	Скорректированная доля объясняемой дисперсии, %	Значение критерия Фишера, F	p	Скорректированная доля объясняемой дисперсии, %	Значение критерия Фишера, F	p
Температура	23,78	4,43	0,001*	7,6	1,91	0,111
Водородный показатель	19,21	3,61	0,001*	3,37	1,58	0,217
Электропроводность	15,43	3,00	0,006*	23,34	4,34	0,004*
Гидрокарбонаты	13,00	2,64	0,025*	27,90	5,27	0,005*
Хлориды	11,89	2,48	0,027*	2,14	1,24	0,268
Взвешенные вещества	8,43	2,01	0,044*	3,98	0,58	0,856
Сульфаты	8,37	2,00	0,049*	1,56	0,831	0,507
Марганец	7,57	1,90	0,070	5,3	1,61	0,146
Нитраты	5,28	1,61	0,400	21,76	4,06	0,015*
Кальций	3,85	0,59	0,775	4,07	0,56	0,757
Железо	3,14	0,66	0,774	32,77	6,56	0,001*
Аммоний	2,95	1,33	0,220	12,22	2,53	0,008*
Медь	2,53	1,28	0,251	5,45	0,43	1
Кремний	2,26	1,25	0,292	2,71	1,51	0,253
Прозрачность	1,88	1,21	0,288	23,03	4,29	0,01*
Фосфаты	0,97	0,89	0,515	4,44	0,53	0,564
Содержание кислорода	0,14	0,48	0,441	1,03	0,88	0,434

Примечание. * – статистически значимый фактор

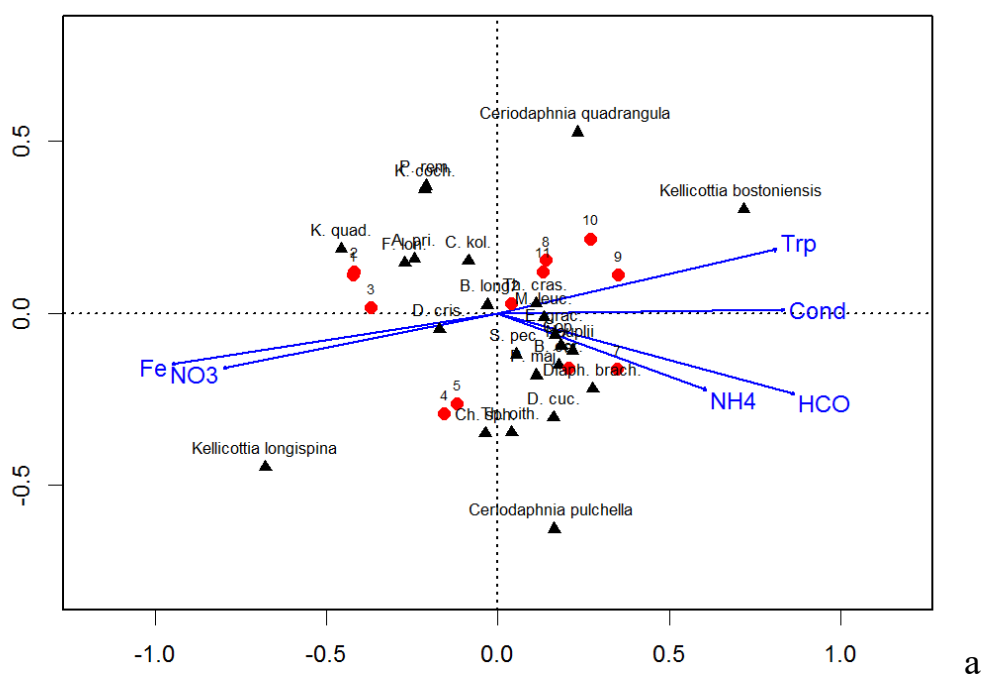
Полные модели RDA объясняли 40,96% ($p < 0,019$) (оз. Сортировочное) и 54,81% ($p < 0,003$) (оз. Парковое) от общей дисперсии видовой структуры сообществ зоопланктона. Статистически значимыми в модели, построенной для оз. Сортировочного, была одна ось, для оз. Паркового – две оси (таблица 6.2.3).

Таблица 6.2.3

Статистический анализ данных моделей на основе анализа избыточности

Модель, ось	Скорректированная доля объясняемой дисперсии, %	Значение критерия Фишера, F	p
оз. Сортировочное			
Полная модель	40,96	2,27	0,019*
Ось I	24,78	8,25	0,025*
Ось II	8,09	2,69	0,318
Ось III	3,91	1,3	0,885
Ось IV	2,32	0,77	0,969
оз. Парковое			
Полная модель	54,81	2,91	0,003*
Ось I	22,10	8,20	0,001*
Ось II	13,48	5,00	0,048*
Ось III	9,66	3,58	0,087
Ось IV	4,81	1,78	0,604

По результатам анализа избыточности были построены ординационные диаграммы (рисунок 6.2.5). Положение проб вдоль горизонтальной оси (оз. Сортировочное), горизонтальной и вертикальной осей (оз. Парковое) связано с сезонными изменениями видовой структуры сообществ зоопланктона.



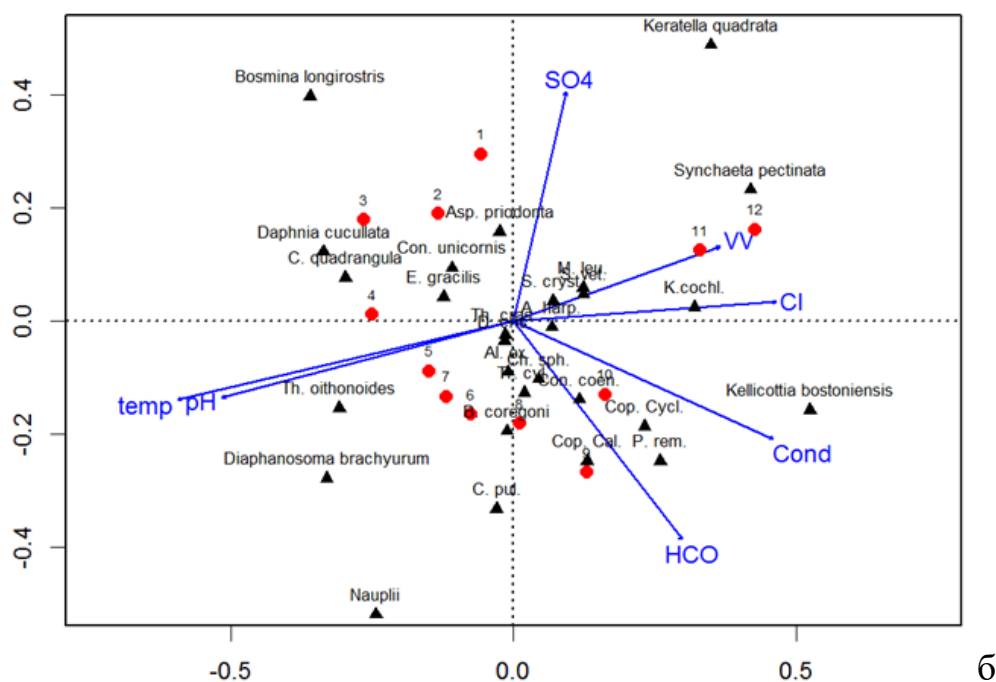


Рисунок 6.2.5. Ординационные диаграммы, построенные по результатам анализа избыточности (RDA) для проб зоопланктона оз. Сортировочное (а) и Парковое (б). рН – водородный показатель, temp – температура, Cond – электропроводность, HCO – гидрокарбонаты, Cl – хлориды, VV – взвешенные вещества, SO4 – сульфаты, Tgr – прозрачность, NH4 – аммоний, Fe – железо, NO3 – нитраты. 1 – 26 мая; 2 – 9 июня; 3 – 24 июня; 4 – 7 июля; 5 – 22 июля; 6 – 3 августа; 7 – 18 августа; 8 – 1 сентября; 9 – 16 сентября; 10 – 29 сентября; 11 – 13 октября; 12 – 27 октября

В конце мая и июне в оз. Сортировочном в число доминантов входили *K. longispina* и коловратки рода *Keratella*, поэтому точки 1–3 расположены достаточно близко на диаграмме и тяготеют к векторам изменения концентрации железа и нитратов, так как в это время наблюдалась наибольшая концентрация ионов этих веществ. В летнем и позднелетнем комплексах (точки 4–7 на диаграмме) произошло изменение видовой структуры, кроме коловраток в комплекс доминантов вошли представители ветвистоусых и веслоногих ракообразных. В конце лета начался процесс отмирания и разложения водной растительности, поэтому происходило увеличение содержания азотсодержащих соединений, рост минерализации. К осени наблюдалось увеличение электропроводности и прозрачности, эти факторы оказывали наибольшее влияние на видовую структуру сообщества зоопланктона (рисунок 6.2.5).

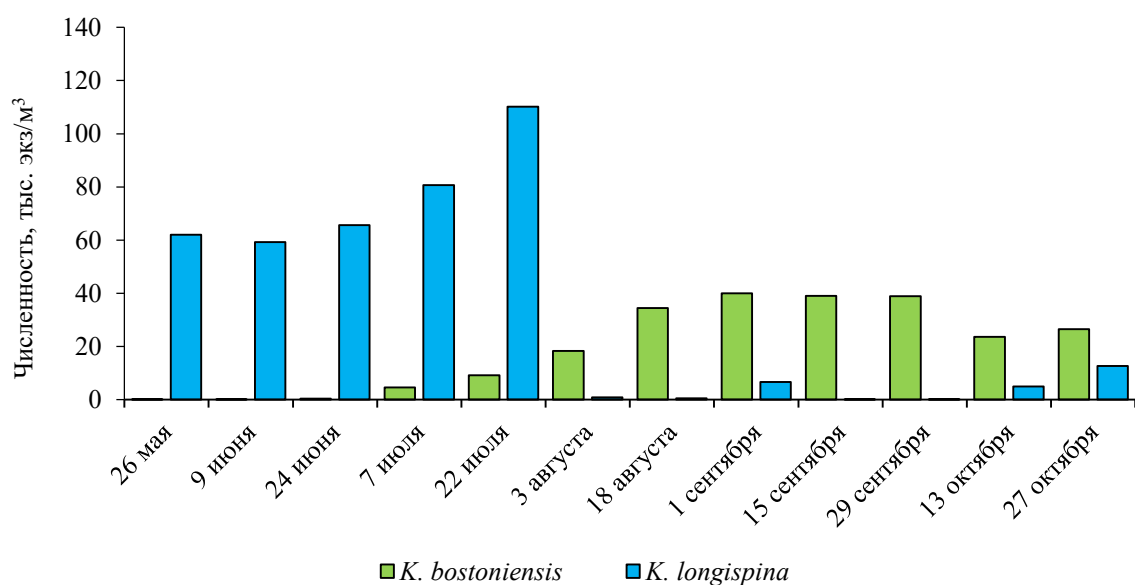
В оз. Парковом в начале вегетационного сезона наблюдалось высокое сходство видовой структуры, станции на диаграмме располагались близко. В этот период в зоопланктоне преобладал эвритопный ветвистоусый рачок *Bosmina longirostris*. Пробы, собранные в июле, расположены рядом с векторами температуры и водородного показателя, т.е. наиболее сильное влияние на видовую структуру в это время оказывали температура и pH. С летним ростом температуры воды связано формирование большой биомассы фитопланктона, которая благодаря усиленному поглощению углекислого газа подщелачивает среду. В позднелетний период в пелагиали озер происходило накопление детрита, что обуславливало рост минерализации воды (электропроводности). В сторону векторов электропроводности и содержания гидрокарбонатов расположены сентябрьские пробы. Так как в осенний период происходило перемешивание воды и увеличение стока в озеро биогенных элементов, увеличивалось содержание хлоридов, сульфатов и взвешенных веществ. Поэтому октябрьские пробы расположены рядом (рисунок 6.2.5).

Исследования, проведенные в начале 2000-ых годов в летний период показали, что в оз. Парковом в комплекс доминантов входила коловратка *K. longispina* (Экологическое состояние..., 2005). Чужеродный вид *K. bostoniensis* был впервые зарегистрирован нами в этом озере в 2019 г., доля вида от общей численности зоопланктона в это время составляла 3,3%. В оз. Сортировочном вид-вселенец также был обнаружен в 2019 г., его доля составила 2,1% от общей численности.

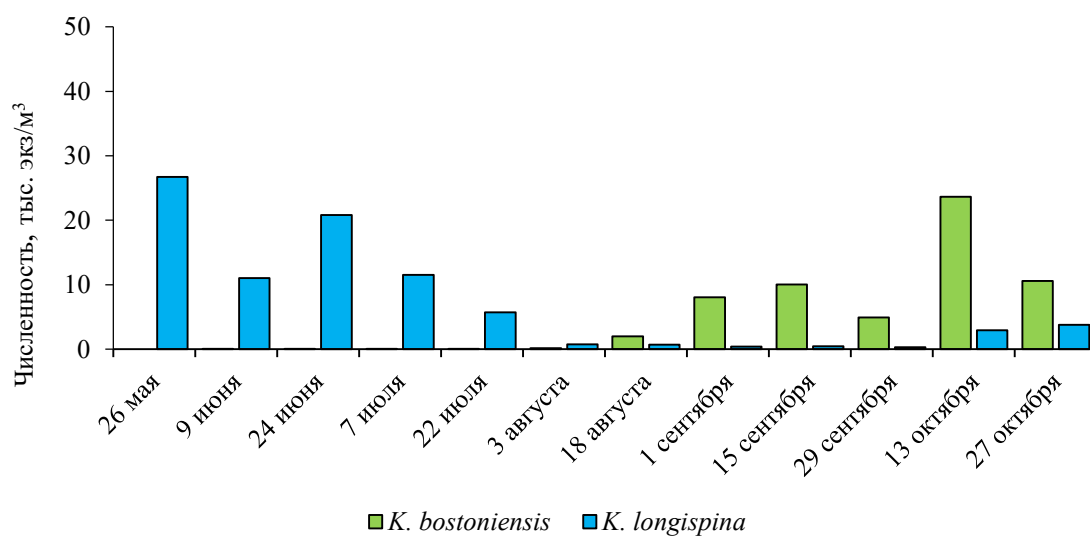
В летний период 2020 г. в исследованных озерах численность *K. bostoniensis* была невысокой (рисунок 6.2.6). Установлено, что родственные виды *K. longispina* и *K. bostoniensis* достигали наибольшего количественного развития в течение вегетационного периода в разное время.

Так, в оз. Сортировочном в период с 26 мая по 22 июля обилие чужеродного вида было низким (рисунок 6.2.6, таблица 6.2.4). В это время родственный аборигенный вид *K. longispina* доминировал в сообществе озера. В течение сезона численность чужеродного вида *K. bostoniensis* увеличивалась, с 3 августа по 27

октября вид доминировал в сообществе, в то время как численность аборигенного вида значительно снизилась. Максимальная доля вида *K. longispina* (40,3 %) зафиксирована 7 июля, вида-вселенца *K. bostoniensis* (48,7%) – 29 сентября. Таким образом, аборигенный вид доминировал в раннелетнем и летнем зоопланктонных комплексах озера и его пик обилия совпадал с пиком общей численности зоопланктона, приходившемся на 22 июля. Вид-вселенец доминировал в позднелетнем и осеннем комплексах и достигал наибольшего обилия (48,7%) 29 сентября, в период минимального количественного развития зоопланктона (рисунок 6.2.3; таблица 4, приложение).



а



б

Рисунок 6.2.6. Сезонная динамика численности коловраток *K. bostoniensis* и *K. longispina* в озерах Сортировочное (а) и Парковое (б)

В оз. Парковом сезонное развитие родственных видов происходило аналогичным образом. В период с 9 июня по 3 августа зафиксировано низкое обилие *K. bostoniensis*, при этом численность родственного вида *K. longispina* в раннелетнем и июльском планктонных комплексах была высокой, вид входил в число доминантов и субдоминантов сообщества (рисунок 6.2.6, таблица 6.2.4).

Таблица 6.2.4

Количественные характеристики коловраток *K. bostoniensis* и *K. longispina* в исследованных озерах (по данным 2020 г.)

Дата отбора проб	$N_{K. bost.}, \text{ тыс. экз./м}^3$	$N_{K. long.}, \text{ тыс. экз./м}^3$	$N_{K. bost.} / N_{tot}, \%$	$N_{K. long.} / N_{tot}, \%$
оз. Сортировочное				
26 мая	0,02	62,1±1,51	<0,01	22,9
9 июня	0,14±0,03	59,3±1,02	0,05	20,3
24 июня	0,38±0,06	65,65±1,33	0,2	34,4
7 июля	4,61±0,5	80,67±10,22	2,3	40,3
22 июля	9,22±1,2	110,15±15,0	2,3	27,3
3 августа	18,33±2,3	0,88±0,28	12,0	0,6
18 августа	34,51±3,5	0,48±0,17	23,1	0,3
1 сентября	40,02±5,3	6,67±0,65	17,5	2,9
15 сентября	39,01±4,2	0,06±0,02	25,1	0,04
29 сентября	38,92±5	0,08±0,01	48,7	0,1
13 октября	23,69±3,30	5,02±0,51	27,9	5,9
27 октября	26,58±4,1	12,64±3,2	17,2	8,2
оз. Парковое				
26 мая	–	26,73±2,5	–	8,59
9 июня	0,02	11,04±3,15	<0,01	5,33
24 июня	0,05±0,01	20,83±4,56	0,01	10,42
7 июля	0,06±0,02	11,52±4,85	0,02	6,71
22 июля	0,04±0,01	5,69±0,5	0,02	2,27
3 августа	0,18±0,02	0,76±0,03	0,07	0,30
18 августа	1,99±0,05	0,69±0,02	0,90	0,31
1 сентября	8,05±0,03	0,41±0,1	2,31	0,12
15 сентября	10,01±1,2	0,47±0,03	4,21	0,20
29 сентября	4,91±0,5	0,29±0,01	4,14	0,24
13 октября	23,65±1,7	2,92±0,4	12,57	1,55
27 октября	10,58±2,2	3,79±0,5	7,05	2,53

В течение сезона численность чужеродного вида *K. bostoniensis* постепенно росла, к 1 сентября она составила 8,05 тыс. экз./м³, коловратка входила в число субдоминантов, 13 октября вид доминировал в сообществе зоопланктона озера

(рисунок 6.2.6, таблица 6.2.4). Максимальная доля вида *K. longispina* (10,42 %) зафиксирована 24 июня, вида-вселенца *K. bostoniensis* (12,57 %) – 13 октября. В оз. Парковом пик численностей родственных видов не совпадал с максимумом и минимумом обилия зоопланктона.

Анализ литературных данных показывает, что в отдельных водоемах находки вида *K. bostoniensis* встречаются практически во всех пробах на протяжении всего сезона исследования, что свидетельствует о его высоком адаптивном потенциале и нетребовательности этого вида к условиям среды (Arcifa et. al., 2020). Так, изучение сезонной динамики вида-вселенца *K. bostoniensis* в искусственном эвтрофном оз. Монте-Алегри (Monte Alegre, Бразилия) площадью 7 га, средней глубиной 2,9 м, проведенное M.S. Arcifa et. al. (2020) позволило установить следующее. Наибольшая численность вида зафиксирована в период с мая по ноябрь с максимумом обилия в июле и августе (до 40 тыс. экз./м³). Далее, с ноября по апрель, обилие вида значительно снижалось и составляло до 5 тыс. экз. м³. Пик численности вида-вселенца не совпадал пиком общей численности зоопланктона (Arcifa et. al., 2020).

Ряд исследований также показал, что массового развития *K. bostoniensis* достигает в октябре (Orcutt, Pace, 1984; Иванова, Телеш, 2004; Крайнев и др., 2018; Гаврилко, 2019). Согласно экспериментальным данным Oliveira et al., 2019, вид-вселенец *K. bostoniensis* потребляет автотрофных и гетеротрофных флагеллят. Так как в осенний период в водоемах идут процессы отмирания растений, планктона и накопление детрита, вероятно, увеличивается биомасса нанопланктона, который и является источником питания вида-вселенца.

Заключение по главе 6

В результате межгодовых исследований численности вида K. bostoniensis в период с 2013 г. по 2017 г. в сообществах зоопланктона водных объектов Пустынской озерно-речной системы установлено снижение его обилия после массового развития: от 70,5 до 0,03 тыс. экз./м³ в р. Сереже, от 3,1 до 0,02 тыс. экз./м³ в оз. Великом, от 47,9 до 0,04 тыс. экз./м³ в Протоке, от 81,3 до 0,7 тыс. экз./м³ в оз. Свято. Выявлена статистически значимая положительная корреляция

численности вида-вселенца с температурой, прозрачностью и pH воды, а также численностью хищных видов зоопланктона.

В городских озерах Парковое и Сортировочное, различающихся гидрохимическими и гидрофизическими характеристиками, а также видовой структурой сообществ зоопланктона пик численности вида-вселенца *K. bostoniensis* и аборигенного вида *K. longispina* разобщены во времени. Коловратка *K. bostoniensis* достигает максимального количественного развития в осенний период и доминирует в осеннем зоопланктонном комплексе. Родственный аборигенный вид *K. longispina* наиболее многочислен в летний период и преобладает в раннелетнем и летнем зоопланктонных комплексах.

Глава 7. Вертикальное распределение вида-вселенца *K. bostoniensis* в стратифицированных и нестратифицированных озерах

Вертикальная неоднородность водных экосистем, связанная с поступлением света, биогенов, аэрацией, перемещением донных осадков под действием силы тяжести, представляет одну из важнейших особенностей водных экосистем (Zadereev, Tolomeyev, 2007; Речкалов, Голубок, 2011; Собко, Климов, 2016 и др.). С вертикальным распределением планктона связан круговорот веществ в водном объекте, передача энергии и транспорт органических веществ от поверхности к глубине, миграции рыб и некоторых млекопитающих, пищевые взаимоотношения организмов на разных глубинах (Речкалов, Голубок, 2011).

Изучение сообществ зоопланктона традиционно проводится с использованием проб, полученных в результате тотального облова столба воды планктонными сетями. Однако, известно, что картина вертикального распределения зоопланктона сложна и до конца не изучена (Задереев и др., 2012). В свою очередь, результаты анализа вертикального распределения зоопланктонных организмов в водных объектах немногочисленны (Крылов и др., 2009; Вежновец, Семенченко, 2011; Речкалов, Голубок, 2011; Задереев и др., 2012; Dorak et. al., 2013; Olagbemide, 2014; Собко, Климов, 2016 и др.).

Крайне малочисленны и отрывочны литературные сведения о вертикальном распределении вида-вселенца *K. bostoniensis* в водоемах (Campbell, 1941; Josefson, Andersson, 2001; Иванова, Телеш, 2004; Жданова, Добрынин, 2011; Bayanov, 2014; Лазарева, Жданова, 2014). В ряде наших работ также представлены результаты изучения распределения чужеродного вида по глубинам (Zolotareva et al., 2017; Шурганова и др., 2019; Shurganova et al., 2021).

Исследования вертикального распределения чужеродной коловратки проводились нами на акваториях семи озер: пяти стратифицированных (Жаренское, Свято, Сортировочное, Черное, Нижнее Рустайское) и двух без стратификации водной массы (Великое, Парковое).

Существенное изменение факторов среды наблюдалось в стратифицированных озерах. Так, установлено снижение температуры (от 22,4 до

4,5°C в оз. Жаренском; от 16 до 3,8°C в оз. Свято, от 26,8 до 6,5 °C в оз. Сортировочном; от 24,2°C до 5,5°C в оз. Черном; от 24,5 до 6,1 в оз. Нижнем Рустайском) и концентрации растворенного кислорода (от 9,6 до 0,16 мг/л в оз. Жаренском; от 11 до 0,78 мг/л в оз. Сортировочном; от 7,15 мг/л до 0,39 мг/л в оз. Черном; от 9,55 мг/л до 0,27 мг/л в оз. Нижнем Рустайском) от поверхности к глубине (рисунок 7.1). Отмечено изменение уровня pH (от 8,4 до 6,3 в оз. Жаренском; от 5,8 до 6,4 в оз. Свято; от 8,5 до 6,7 в оз. Сортировочном; от 6,48 до 6,37 в оз. Черном; от 6,8 до 6,34 в оз. Нижнем Рустайском). В озерах Жаренское, Свято, Черное и Нижнее Рустайское выявлено увеличение электропроводности с глубиной, в оз. Сортировочном ее значение практически не изменялось (таблица 7, приложение).

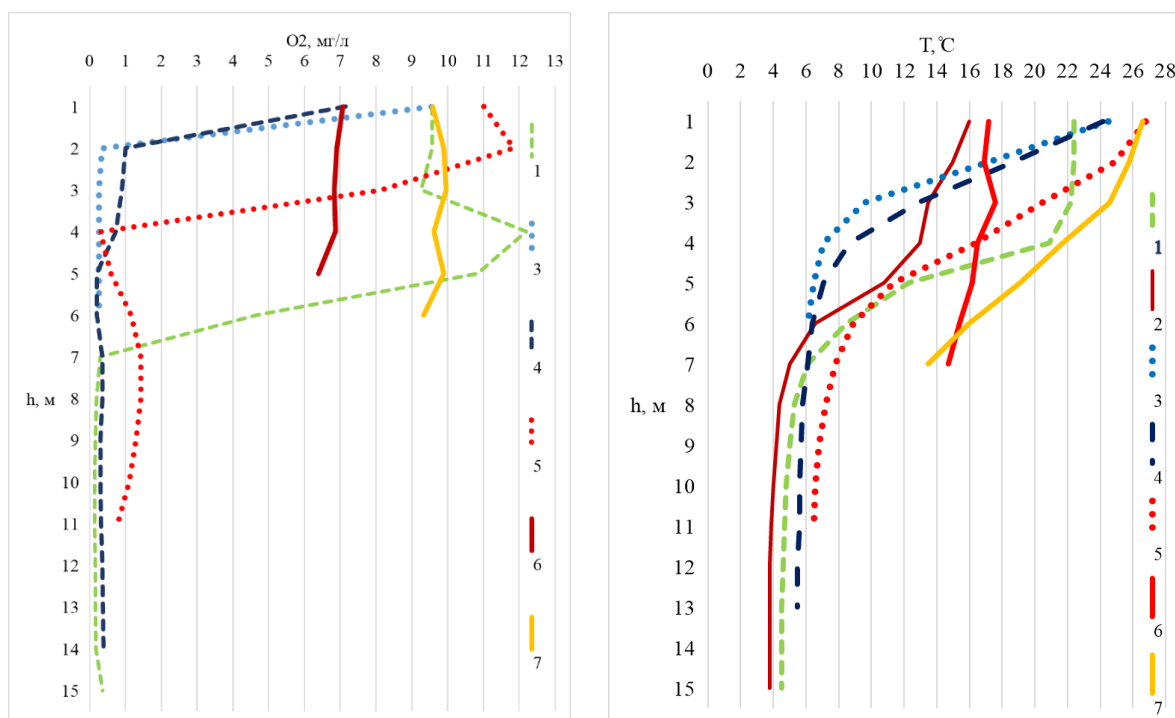


Рисунок 7.1. Изменение концентрации растворенного кислорода(а) и температуры воды(б) с глубиной в исследованных озерах (1 – оз. Жаренское, 2 – оз. Свято, 3 – оз. Нижнее Рустайское, 4 – оз. Черное, 5 – оз. Сортировочное, 6 – оз. Великое, 7 – оз. Парковое)

В озерах Парковое и Великое от поверхности к глубине наблюдалось незначительное понижение температуры, pH, концентрации кислорода, практически не изменялась электропроводность (рисунок 7.1, таблица 7, приложение).

Показатели видовой структуры исследованных водоемов существенно различались (таблица 7.1). Для стратифицированных озер Жаренское, Свято, Сортировочное, Нижнее Рустайское характерно распределение зоопланктона с максимумом плотности в зоне металимниона и дальнейшим понижением показателей в ниже расположенных слоях воды. Подобный характер распределения зоопланктонных организмов характерен для мезотрофных озер (Вежновец, Семенченко, 2011). В оз. Жаренском было идентифицировано 24 вида зоопланктона. Максимальное значение численности (172 тыс. экз./м³) зафиксировано на глубине 6 м при низком содержании кислорода – 0,3 мг/л. Следует отметить, что в этих условиях установлено наибольшее обилие вида-вселенца *K. bostoniensis* и практически полное отсутствие других видов. Максимальное значение биомассы зоопланктона выявлено на глубине 2–3 м. Основной вклад в общую биомассу зоопланктона оз. Жаренского на всех глубинах отбора проб вносили ветвистоусые. Преобладающие по численности (>10% от общей численности зоопланктона) виды были представлены ветвистоусыми ракообразными *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1785), *Daphnia longispina* (O.F. Müller, 1785), *Ceriodaphnia pulchella* (Sars, 1862); коловратками *K. bostoniensis* и *Keratella cochlearis*; веслоногим ракообразным *Eudiaptomus graciloides* (таблица 7.1).

В оз. Свято максимальные численность и биомасса зоопланктона зафиксированы в области металимниона на глубине 4 м. Основной вклад в численность зоопланктона на всех глубинах отбора проб вносили коловратки. Биомасса в эпи- и металимнионе сформирована, главным образом, веслоногими. В гипolimнионе практически равный вклад вносили коловратки и веслоногие ракообразные. Комплекс доминирующих видов озера представлен коловратками *K. longispina*, *K. bostoniensis*, *A. priodonta*, *K. cochlearis*, науплиальными и копеподитными стадиями веслоногих (таблица 7.1).

Показатели видовой структуры зоопланктона озер

Озеро	h, м	S	N, тыс. экз./м ³	B, мг/м ³	Виды (группы видов) - доминанты	N к.б., тыс. экз./ м ³	N к.л., тыс. экз./м ³
Жаренское	1	24	33,1 (4:21,5:7,6)	383 (1:204:178)	<i>B. longirostris</i> , <i>D. longispina</i> <i>E. graciloides</i>	0,75	-
	2		54,2 (4,2:40:10)	847 (1:542:304)	<i>B. longirostris</i> , <i>C. pulchella</i> <i>D. longispina</i> , <i>E. graciloides</i>	1,33	0,2
	3		39,5 (8:26,5:5)	899 (1:776:122)	<i>K. cochlearis</i> , <i>C. pulchella</i> , <i>D. longispin</i> , <i>B. longirostris</i> , <i>E. graciloides</i>	1,17	-
	6		172,2 (149,2:19:4)	548 (32:298:218)	<i>K. bostoniensis</i>	147, 33	-
	8		56 (29:24:3)	349 (14:254:81)	<i>K. bostoniensis</i> , <i>B. longirostris</i> , <i>C. pulchella</i>	25,4	-
	10		37,2 (24,2:10:3)	220 (13:152:55)	<i>K. bostoniensis</i> , <i>C. pulchella</i>	21,2	-
	11		22,6 (7:13:2,6)	205 (2:117:86)	<i>K. bostoniensis</i> , <i>C. pulchella</i> , <i>D. longispin</i> , <i>B. longirostris</i>	6,2	-
	12		4,2 (0:3:1,2)	51 (0:35:16)	<i>B. longirostris</i> , <i>C. pulchella</i> , <i>D. longispina</i> , <i>E. graciloides</i>	-	-
Свято	0	29	44 (31:3:10)	335 (134:32:169)	<i>K. longispina</i> <i>K. bostoniensis</i> <i>A. priodonta</i>	5,5	13,9
	2		182 (88:23:71)	1542 (224:283:1035)	<i>K. longispina</i> Copepodit Cyclopoida	3,7	68,5
	4		174 (136:9:29)	1880 (766:267:837)	<i>K. longispina</i> <i>A. priodonta</i> <i>K. bostoniensis</i>	27,7	59,5

Продолжение таблицы 7.1

Озеро	h, м	S	N, тыс. экз./м ³	B, мг/м ³	Виды (группы видов) - доминанты	N к.б., тыс. экз./ м ³	N к.л., тыс. экз./м ³
	6		105 (93:2:10)	642 (491:22:129)	<i>K. longispina</i> <i>A. priodonta</i> <i>K. bostoniensis</i>	12,5	42,5
	8		20 (11:1:8)	46 (22:3:21)	Nauplii Cyclopoida <i>K. longispina</i> <i>K. cochlearis</i>	0,4	5,4
	10		7 (4:0:3)	30 (16:0:14)	<i>K. longispina</i> Nauplii Cyclopoida <i>K. cochlearis</i> <i>A. priodonta</i>	-	1,9
Сортировочное	0	33	102 (13:54:35)	536 (43:339:154)	<i>D. brachyurum</i> Nauplii Cyclopoida	0	5,0
	2		426 (236:123:67)	2979 (122:1363:1494)	<i>K. longispina</i>	0,1	204,2
	3		372 (187:116:69)	2719 (117:1108:1494)	<i>K. longispina</i> Nauplii Cyclopoida	0,5	157,5
	4		250 (116:92:42)	1372 (43:907:422)	<i>K. longispina</i>	0,2	102,5
	6		234 (145:57:32)	721 (36:553:132)	<i>K. longispina</i> Nauplii Cyclopoida	0,1	136,7
	8		191 (116:49:26)	908 (42:424:442)	<i>K. longispina</i>	0	105,0
Парковое	0	30	69,2 (17:18:34)	612 (5:164:443)	Nauplii Cyclopoida, <i>K. longispina</i> , <i>D. cucullata</i>	-	13,0
	1		181 (48:55:78)	2356 (22:969:1365)	<i>K. longispina</i> , Nauplii Cyclopoida, <i>D. cristata</i>	-	37,5
	2		236 (23:111:102)	5144 (16:2570:2556)	Nauplii Cyclopoida, <i>D. cristata</i> <i>D. cucullata</i>	-	5,0

Продолжение таблицы 7.1

Озеро	h, м	S	N, тыс. экз./м ³	B, мг/м ³	Виды (группы видов) - доминанты	N к.б., тыс. экз./ м ³	N к.л., тыс. экз./м ³
	3		190 (24:90:76)	3480 (10:1087:2383)	<i>D. cucullata</i> <i>D. cristata</i> <i>E. gracilis</i> Nauplii Cyclopoida,	0,1	10,0
	4		141 (25:68:48)	2414 (9:1085:1320)	<i>D. cucullata</i> <i>D. cristata</i> <i>K. longispina</i> , Nauplii Cyclopoida,	-	16,7
	5		123 (49:32:42)	1025 (16:464:545)	<i>D. cucullata</i> , <i>D. cristata</i> , <i>K. longispina</i> , Nauplii Cyclopoida	0,4	43,3
Великое	0	52	60 (5:14:41)	345 (72:213:60)	Copepodit Cyclopoida, Nauplii Cyclopoida, <i>B. longirostris</i>	-	1,0
	1		60 (5:14:41)	345 (72:213:60)	Copepodit Cyclopoida, Nauplii Cyclopoida, <i>B. longirostris</i>	-	1,3
	2		27 (4:8:15)	167 (19:56:52)	Copepodit Cyclopoida, Nauplii Cyclopoida, <i>B. longirostris</i>	-	0,3
	3		18 (7:5:6)	81 (23:34:24)	Nauplii Cyclopoida, Copepodit Cyclopoida, <i>Trichocerca</i> <i>cylindrica</i>	0,05	0,6

Окончание таблицы 7.1

Озеро	h, м	S	N, тыс. экз./м ³	B, мг/м ³	Виды (группы видов) - доминанты	N к.б., тыс. экз./ м ³	N к.л., тыс. экз./м ³
	5		30 (8:8:14)	165 (101:44:30)	Nauplii Cyclopoida, <i>D.cucullata</i>	0,05	1,0
Нижнее Рустайское	0	21	465 (289:7:169)	1062 (786:14:262)	<i>Synchaeta pectinata K. cochlearis Conochiloides coenobasis Copepodit Cyclopoida Nauplii Cyclopoida</i>	0,1	0,1
	2		513 (371:4:138)	1124 (859:15:250)	<i>K. cochlearis S. pectinate Copepodit Cyclopoida Nauplii Cyclopoida</i>	0,2	0,2
	5		470 (340:1:129)	1024 (695:3:326)	<i>K. cochlearis Copepodit Cyclopoida Nauplii Cyclopoida</i>	0,8	-
Черное	0	22	414 (317:9:88)	908 (392:97:419)	<i>C. coenobasis Nauplii Cyclopoida</i>	-	6,2
	3		203 (159:6:38)	435 (119:29:287)	<i>C. coenobasis K. longispina</i>	0,4	25,0
	5		296 (242:6:48)	2404 (254:72:2078)	<i>C. coenobasis K. longispina</i>	0,3	62,5
	8		99 (81:4:14)	290 (49:60:181)	<i>C. coenobasis K. longispina</i>	0,9	35,2

Примечание. S – видовое богатство, h, м – глубина, N, тыс. экз./м³ – общая численность зоопланктона, B, мг/м³ – биомасса зоопланктона, в скобках указаны абсолютные значения численности основных групп зоопланктона – Rotifera: Cladocera: Copepoda, N к.б., тыс. экз./м³ – численность вида *K. bostoniensis*, N к.л., тыс. экз./м³ – численность вида *K. longispina*

В оз. Сортировочном наибольшее обилие зоопланктона отмечено на глубине 2 м, также высокие показатели численности и биомассы зафиксированы на 3–4 м, затем наблюдался их спад. Наибольшей численностью в зоопланктоне этого озера, как и оз. Свято, представлены коловратки. Биомасса сформирована, главным образом, ветвистоусыми рачками. В число доминантов водоема также входил холодолюбивый вид *K. longispina*, в эпилимнионе доминировал рачок

Diaphanosoma brachyurum (Liévin, 1848) и науплиальные стадии веслоногих (таблица 7.1).

В оз. Нижнем Рустайском максимальная численность и биомасса зоопланктона зафиксирована на глубине 2 м, за счет высокого количественного развития коловраток. Доминантами сообщества озера являлись *Synchaeta pectinata*, *K. cochlearis* и ювенильные стадии веслоногих ракообразных (таблица 7.1).

В оз. Черном наибольшие показатели численности зоопланктона выявлены в поверхностном горизонте (таблица 7.1). Преобладающей по численности группой были коловратки. Максимальная биомасса установлена на глубине 5 м при низкой концентрации растворенного кислорода (0,2 мг/л). В этих условиях существенный вклад в ее значение вносили крупные веслоногие ракообразные *Eudiaptomus graciloides*.

В нестратифицированных озерах Парковое и Великое наблюдалось более равномерное распределение зоопланктона в водной толще. Характер распределения организмов соответствует эвтрофным водоемам – наибольшая концентрация зоопланктона в приповерхностной области, затем наблюдается снижение плотности к максимальной глубине (Вежновец, 2015). В оз. Парковом идентифицировано 30 видов зоопланктона, в оз. Великом – 52. Основной вклад в общую численность зоопланктона вносили веслоногие ракообразные. По биомассе в представленных водоемах преобладали веслоногие (оз. Парковое) и ветвистоусые (оз. Великое) ракообразные. Комплекс доминирующих видов представлен коловратками *K. longispina* (оз. Парковое), *Trichocerca cylindrica* (оз. Великое); кладоцерами *p. Daphnia* (оз. Парковое, Великое), *B. longirostris* (оз. Великое), ювенильными стадиями веслоногих (таблица 7.2). Составы доминирующих комплексов озер по глубинам практически не изменялись, менялось численное соотношение видов в них.

В исследованных стратифицированных озерах вид-вселенец *K. bostoniensis* достигал наибольшего обилия в области металимниона и гиполимниона. В эпилимнионе озер коловратка также была обнаружена, однако ее численность была

ниже (таблица 7.1). В озерах Жаренское и Свято максимальная численность вида отмечена в области металимниона (рисунок 7.2).

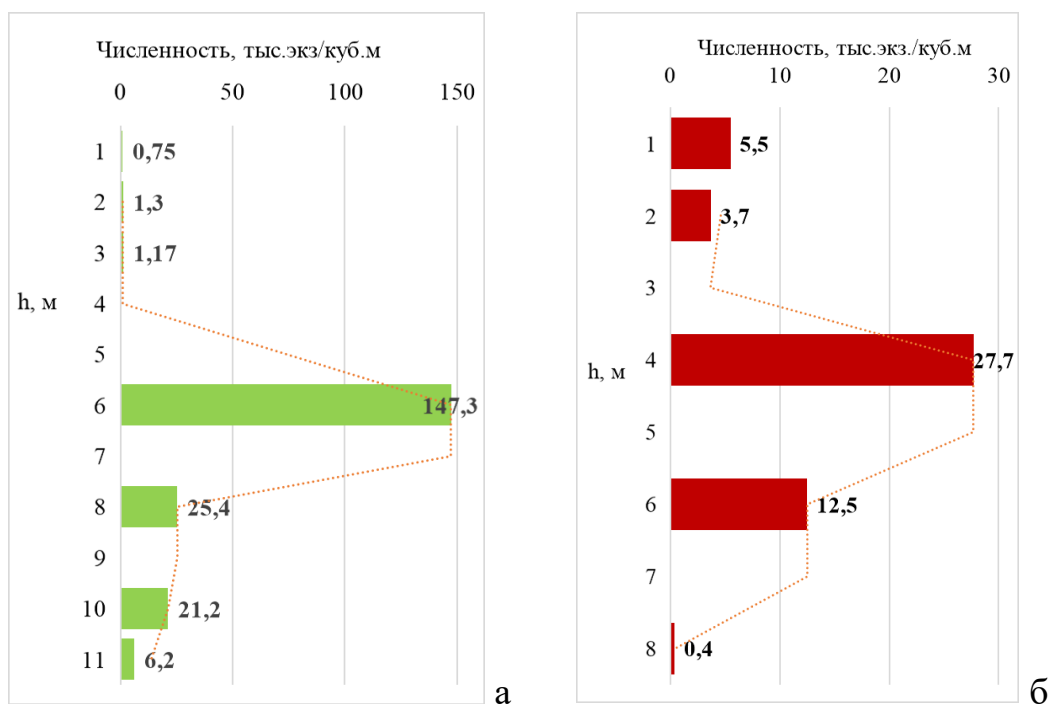


Рисунок 7.2. Вертикальное распределение *K. bostoniensis* в озерах Жаренское (а) и Свято (б)

В озерах Черное и Нижнее Рустайское вид достигал максимального обилия в гипolimнионе. Следует отметить, что в стратифицированных озерах максимум численности вселенца зафиксирован при концентрации растворенного кислорода 0,3 мг/л (таблица 7.1). Пик обилия вида зарегистрирован при относительно невысоких температурах – 5,8°C в оз. Черном; 6,1°C в оз. Жаренском и Нижнем Рустайском; 10,8°C в оз. Свято и 16,4°C в оз. Сортировочном (таблица 7.1). Родственный аборигенный вид *K. longispina* в стратифицированных озерах достигал наибольшей численности в зоне металимниона, в меньшем количестве коловратка встречалась в гипolimнионе озер.

В нестратифицированных озерах Парковое и Великое численность вселенца в целом была ниже, чем в стратифицированных. Коловратка *K. bostoniensis* обнаружена на глубине 3–5 м (таблица 7.1). Численность аборигенного вида *K. longispina* в оз. Парковом возрастала от поверхностных вод к глубинным (таблица 7.1), что, вероятно, связано с его температурными предпочтениями, так как *K. longispina* является холодолюбивым видом (Кутикова, 1970). Оба вида р.

Kellicottia наибольшего обилия достигали при преобладании таксономической группы коловраток над ветвистоусыми и веслоногими ракообразными в общей численности зоопланктона (таблица 7.1).

Литературные сведения о вертикальном распределении коловратки крайне малочисленны и разнородны. Исследования большинства водных объектов, в которых обнаружен вид-вселенец, проводились тотальным ловом от дна до поверхности. Как отмечает С.М. Жданова с соавт. (2016), во многих водных объектах Европейской России коловратка *K. bostoniensis* обитает во всей водной толще водоемов. В работе Е.Ю. Крайнева с соавт. (2018) представлены данные о небольшой численности (60-90 экз./м³) вида-вселенца в июле 2014 г. на участках Камского водохранилища с глубинами 1–11 м и температурой воды 17 – 25 °С. В некоторых стратифицированных озерах – Придорожное (Иванова, Телеш, 2004), Кшара (Жданова, Добрынин, 2011), Еловое (Bayanov, 2014) – наибольшая численность вида отмечена в металимнионе и гиполимнионе в условиях пониженного содержания растворенного кислорода. Установлено высокое обилие *K. bostoniensis* (2 млн. экз./м³) в гиполимнионе оз. Придорожное (Иванова, Телеш, 2004). В оз. Кшара наибольшая численность вида (более 4 млн./м³) установлена на глубине 7 м, в слое температурного скачка при концентрации растворенного кислорода 6 мг/л. Также значительного обилия (170 – 750 тыс. экз./м³) вселенец достигал в гиполимнионе этого озера на глубине 8–12 м при содержании кислорода менее 2,5 мг/л (Жданова, Добрынин, 2011). В свою очередь, в оз. Видогощь *K. bostoniensis* была зафиксирована только в эпилимнионе, в гиполимнионе при концентрации кислорода менее 1 мг/л вид не был обнаружен (Лазарева, Жданова, 2014). По данным R. Campbell (1941) коловратка обитает в гиполимнионе стратифицированных водоемов в начале лета, к концу летнего периода при дефиците кислорода вид переходит в эпилимнион. В небольшом озере Valkea-Kotinen (Финляндия) со средней глубиной 2,5 м и температурой 10–19 °С вселенец был обнаружен в летний период (июнь–август), его средняя численность составляла 317 экз./м³ (Lehtovaara et. al., 2014). В некоторых озерах Швеции

высокая численность коловратки зафиксирована в придонных слоях при низкой концентрации растворенного кислорода (Josefson, Andersson, 2001).

В проведенных нами исследованиях установлено, что в стратифицированных озерах максимальной численности *K. bostoniensis* достигает в зоне металимниона, что характерно также и для других видов коловраток в условиях стратификации водных масс (Вежновец, 2015), а также области гиполимниона. В озерах без температурной стратификации вид обитает в придонных водных массах. Такой характер распределения вида свидетельствует, что коловратка *K. bostoniensis* нетребовательна к содержанию растворенного кислорода и температуре воды.

Заключение по главе 7

Анализ вертикального распределения K. bostoniensis показал, что в стратифицированных озерах вид-вселенец достигает максимального обилия в зоне мета- и гиполимниона. При отсутствии температурной стратификации водных масс вид обитает в придонной области.

Глава 8. Морфологическая изменчивость *K. bostoniensis* в разнотипных водных объектах

Согласно литературным данным, распространение некоторых видов коловраток существенно ограничено, размеры их ареала зависят от условий среды, широтных градиентов или определенных биогеографических закономерностей (Green, 1994; Giri, Paggi, 2006). Однако наличие устойчивых покоящихся стадий способствует их широкому географическому распространению, обусловленному, в частности, деятельностью человека (Arnemo et al., 1968; Paggi, 2002; Жданова и др., 2016). В свою очередь, высокая фенотипическая пластичность зоопланктона обеспечивает натурализацию организмов в новых условиях (De Paggi, 2002; Жданова и др., 2016; Жданова и др., 2019).

Представляет интерес изучение морфологических признаков вида–вселенца *K. bostoniensis*, являющихся адаптационными характеристиками, определяемыми комплексом факторов среды. Известно, что размеры тела зоопланктонных организмов, в частности коловраток, зависят от глубины, трофического статуса водоемов, цветности, температуры, вязкости воды, численности особей этого вида и хищников (Эрман, 1962; Edmondson, 1989; Green, 2005, 2007; Giri, Paggi, 2006; Zhang et. al., 2010; Крайнев и др., 2018; Жданова и др., 2019).

В немногочисленных литературных источниках, главным образом, приводятся сведения о размерах вида–вселенца *K. bostoniensis* (Paggi, 2002; Bezerra–Neto et al., 2004; Bayanov, 2014; Lazareva, Zhdanova, 2014; Vezhnavevets, Litvinova, 2015), в то время как данные о зависимости размеров коловратки от абиотических и биотических факторов среды единичны (Landa et. al., 2002; Zdanova, Dobrynin, 2011; Жданова и др., 2019).

Сведения о морфологических характеристиках *K. bostoniensis* в водных объектах бассейна Средней Волги содержатся в ряде наших работ (Шурганова и др., 2018г, 2019, 2019а; Золотарева и др., 2018, 2020а, 2021; Колесников и др., 2020 и др.).

В ходе работы был проведен анализ морфологических характеристик вида *K. bostoniensis* 29 разнотипных водных объектов бассейна Средней Волги. Водоемы и водотоки различались комплексом гидрохимических и гидрофизических характеристик (таблица 5.1), согласно экологическому зонированию (Брагазин и др., 2014; Мозжерин и др., 2012), находятся в районах с разной степенью антропогенной нагрузки. Морфологические характеристики *K. bostoniensis* абсолютного большинства представленных водоемов и водотоков измерены и проанализированы впервые.

Особей вида–вселенца выбирали из проб зоопланктона, собранных на акваториях: Чебоксарского водохранилища и его притоков разных порядков (рек Сура, Ветлуга, Ватома, Сережа, Вьюница); 15 озер особо охраняемых природных территорий Нижегородской области (Кочешковское, Жаренское, Гришино, Черный Яр, Драничное, Черноезерское–1, Черноезерское–2, Черное, Нижнее Рустайское, Великое, Свято, Паровое, Долгое, Глубокое, Чарское) и Протоке, соединяющей озера Великое и Свято; водных объектов г. Нижнего Новгорода, испытывающих существенный антропогенный пресс (прудовые расширения Шуваловского канала, р. Вьюница в пос. Гавриловка и р. Гниличка в пос. Нагулино, озера Парковое и Сортировочное); притоков Куйбышевского водохранилища (реках Казанка и Кама).

Проводилось измерение 10–190 экземпляров коловраток *K. bostoniensis* по схеме, представленной на рисунке 3.3.

Результаты анализа морфологических характеристик показали следующее. Значения исследованных признаков вида-вселенца исследованных водных объектов существенно различались. Наибольшая медианная общая длина тела коловраток зафиксирована у особей р. Сура (440 мкм), наименьшая – у особей оз. Гришино (236 мкм). Наибольшая медианная длина панциря составляла 118 мкм у представителей оз. Жаренское, наименьшая – 70 мкм у представителей р. Сура. Максимальные значения длин заднего и переднего шипов составляли 127 мкм (оз. Кочешковское) и 270 мкм (р. Сура) соответственно, минимальные значения этих характеристик – 75 мкм (оз. Долгое) и 115 мкм (оз. Черный Яр). Медианная ширина

тела коловраток варьировала от 50 до 78 мкм (таблица 8.1). Таким образом, в широком диапазоне значений изменялись общая длина тела и длина переднего шипа особей, наименее варибельным признаком являлась ширина тела коловраток и длина панциря. Известно, что низкой варибельностью длины панциря также обладают другие виды сем. Brachionidae – *Keratella cochlearis* Gosse, 1851 и *K. quadrata* Müller, 1786 (Green, 2005, 2007; Лазарев, 2007).

Таблица 8.1

Морфологическая изменчивость *K. bostoniensis* в водоемах и водотоках
бассейна Средней Волги

№	Водный объект	n	Длина, мкм				
			L1	L2	L3	L4	W1
1	Оз. Кочешковское	30	<u>388</u> 310–455	<u>115</u> 85–160	<u>127</u> 95–310	<u>152</u> 95–185	<u>55</u> 45–70
2	Оз. Жаренское	105	<u>400</u> 330–445	<u>125</u> 105–180	<u>130</u> 105–160	<u>145</u> 95–175	<u>55</u> 45–65
3	Оз. Гришино	45	<u>236</u> 208–341	<u>115</u> 95–125	<u>98</u> 75–128	<u>118</u> 98–143	<u>50</u> 45–60
4	Оз. Черный Яр	100	<u>336</u> 278–428	<u>118</u> 85–138	<u>105</u> 78–193	<u>115</u> 90–150	<u>50</u> 45–58
5	Оз. Драничное	100	<u>344</u> 286–441	<u>115</u> 98–155	<u>110</u> 78–163	<u>123</u> 63–150	<u>50</u> 43–58
6	Оз. Чернозерское–1	20	<u>335</u> 318–373	<u>113</u> 103–120	<u>110</u> 93–130	<u>125</u> 103–135	<u>50</u> 50–58
7	Оз. Чернозерское–2	100	<u>316</u> 266–366	<u>118</u> 95–138	<u>93</u> 68–123	<u>100</u> 78–125	<u>50</u> 43–58
8	Оз. Черное	100	<u>386</u> 311–441	<u>115</u> 95–130	<u>127</u> 105–145	<u>143</u> 108–168	<u>50</u> 40–55
9	Оз. Нижнее Рустайское	100	<u>383</u> 298–463	<u>113</u> 85–125	<u>119</u> 83–165	<u>150</u> 105–183	<u>50</u> 45–60
10	Р. Ватома	21	<u>345</u> 327–362	<u>112</u> 109–121	<u>103</u> 98–112	<u>131</u> 119–139	<u>72</u> 68–78
11	Р. Сура	30	<u>440</u> 400–520	<u>70</u> 50–90	<u>110</u> 90–120	<u>270</u> 250–310	<u>70</u> 62–74
12	Р. Ветлуга	30	<u>350</u> 290–400	<u>100</u> 90–120	<u>100</u> 70–140	<u>140</u> 120–160	<u>56</u> 50–65
13	Р. Сережа	108	<u>349</u> 300–440	<u>113</u> 76–140	<u>99</u> 62–140	<u>137</u> 95–290	<u>55</u> 37–85
14	Оз. Великое	90	<u>330</u> 274–396	<u>112</u> 91–127	<u>89</u> 62–127	<u>130</u> 94–162	<u>53</u> 46–67
15	Протока	116	<u>351</u> 225–432	<u>112</u> 91–132	<u>102</u> 74–155	<u>134</u> 103–185	<u>55</u> 36–56
16	Оз. Свято	190	<u>391</u> 362–480	<u>118</u> 85–160	<u>124</u> 80–170	<u>150</u> 90–206	<u>53</u> 44–69

Окончание таблицы 8.1

№	Водный объект	n	Длина, мкм				
			L1	L2	L3	L4	W1
17	Оз. Глубокое	30	<u>322</u> 285–357	<u>105</u> 92–112	<u>80</u> 50–97	<u>136</u> 112–157	<u>50</u> 47–55
18	Оз. Паровое	30	<u>311</u> 287–367	<u>107</u> 100–112	<u>76</u> 60–98	<u>130</u> 112–157	<u>50</u> 45–55
19	Оз. Долгое	30	<u>304</u> 275–370	<u>102</u> 100–112	<u>75</u> 62–107	<u>127</u> 107–150	<u>50</u> 47–57
20	Оз. Чарское	30	<u>370</u> 305–425	<u>120</u> 91–144	<u>115</u> 94–134	<u>137</u> 79–168	<u>58</u> 51–68
21	Р. Вьюница	30	<u>348</u> 313–413	<u>110</u> 100–118	<u>107</u> 80–133	<u>135</u> 103–170	<u>53</u> 48–58
22	Пруд–1*	60	<u>338</u> 291–396	<u>110</u> 93–125	<u>102</u> 60–130	<u>125</u> 105–160	<u>52</u> 45–60
23	Пруд–2**	100	<u>380</u> 306–441	<u>113</u> 95–128	<u>124</u> 98–158	<u>144</u> 93–173	<u>50</u> 43–70
24	Пруд–3***	30	<u>341</u> 271–375	<u>107</u> 102–117	<u>102</u> 70–125	<u>130</u> 69–152	<u>52</u> 50–62
	Пруд–4***	30	<u>369</u> 117–407	<u>112</u> 102–125	<u>115</u> 92–137	<u>142</u> 112–157	<u>57</u> 44–71
	Пруд–5***	30	<u>370</u> 330–410	<u>116</u> 97–145	<u>117</u> 95–132	<u>139</u> 115–167	<u>56</u> 47–66
	Пруд–6***	30	<u>396</u> 367–445	<u>107</u> 102–127	<u>129</u> 102–140	<u>157</u> 145–167	<u>56</u> 50–61
25	Оз. Парковое	100	<u>384</u> 336–433	<u>113</u> 100–128	<u>118</u> 95–145	<u>153</u> 125–173	<u>53</u> 40–58
26	Оз. Сортировочное	100	<u>371</u> 331–426	<u>113</u> 103–123	<u>110</u> 90–135	<u>150</u> 120–175	<u>53</u> 45–60
27	Чебоксарское водохранилище	10	<u>341</u> 334–343	<u>108</u> 107–112	<u>102</u> 98–104	<u>130</u> 124–134	<u>77</u> 73–83
28	Р. Казанка	29	<u>342</u> 332–342	<u>112</u> 109–112	<u>102</u> 95–102	<u>129</u> 119–129	<u>78</u> 69–78
29	Р. Кама	10	<u>351</u> 345–359	<u>114</u> 109–121	<u>105</u> 95–112	<u>136</u> 125–139	<u>75</u> 69–78
Итого измерено особей:		2084					

Примечание. *n* – число особей; L1 – общая длина тела; L2 – длина панциря; L3 – длина заднего шипа; L4 – длина переднего шипа; W1 – ширина тела. Над чертой – медианные значения, под чертой – минимум и максимум. * – прудовое расширение р. Вьюница в пос. Гавриловка, ** – прудовое расширение р. Гниличка в пос. Нагулино, *** – прудовые расширения Шуваловского канала

Проведенные нами исследования показали, что медианные значения общей длины тела *K. bostoniensis* водоемов и водотоков бассейна Средней Волги сходны с установленными ранее С. М. Ждановой с соавт. (2019) размерами этого вида, изменявшимися от 236 до 453 мкм, других водных объектов Европейской России (таблица 8.2).

В целом, исследованные нами популяции вида–вселенца характеризовались крупными размерами, сходными с особями нативных местообитаний Северной Америки (Ahlstrom, 1938; Arnemo et al., 1968) и ряда биотопов стран Европы (Shulz, 1964; Arnemo et al., 1968; Eloranta, 1988; Жданова и др., 2019). Установлено, что самой большой общей длиной тела среди всех исследованных ранее водоемов других стран (Белоруссии, Швеции, Финляндии, Бразилии, Аргентины) и России, в которых проводились исследования морфологической изменчивости *K. bostoniensis* (Shulz, 1964; Arnemo et al., 1968; Eloranta, 1988; De Paggi, 2002; Bezerra–Neto et al., 2004; Bayanov, 2014; Vezhnavevets, 2015; Крайнев и др., 2018; Жданова и др., 2019), характеризуются особи р. Сура. В этом водотоке зафиксирована значительная глубина (16 м), прозрачность (1,2 м), мезотрофные условия. Кроме того, в реке зафиксировано высокое содержание кислорода (6,82 мг/л) и щелочная реакция среды (8,72). Вероятно, совокупное действие всех факторов среды обусловило формирование крупноразмерной популяции *K. bostoniensis*. Согласно литературным данным, в глубоких, олиготрофных с высоким содержанием кислорода водоемах зоопланктонные организмы характеризуются наибольшими размерами тела (Green, 2005, 2007; Лазарев, 2007).

Таблица 8.2

Морфометрические показатели *K. bostoniensis* водных объектов России и других регионов мира (по: Жданова и др., 2019)

Водный объект	Длина, мкм			
	l_{tot}	l_{lorica}	l_{as}	l_{ps}
Ручей Тонкое (Вологодская обл.)	$\frac{417 \pm 6}{367-453}$	$\frac{113 \pm 1}{106-119}$	$\frac{158 \pm 4}{128-167}$	$\frac{146 \pm 4}{125-167}$
Ручей Кривой (Вологодская обл.)	$\frac{320 \pm 2}{283-414}$	$\frac{105 \pm 4}{97-111}$	$\frac{121 \pm 1}{94-161}$	$\frac{93 \pm 1}{75-142}$
Оз. Купецкое (Республика Карелия)	$\frac{312 \pm 4}{247-364}$	$\frac{100 \pm 1}{94-111}$	$\frac{124 \pm 2}{69-150}$	$\frac{88 \pm 2}{56-125}$
Оз. Экозеро (Республика Карелия)	$\frac{308 \pm 2}{261-342}$	$\frac{102 \pm 0.4}{97-111}$	$\frac{119 \pm 1}{97-139}$	$\frac{88 \pm 1}{67-106}$

Окончание таблицы 8.2

Водный объект	Длина, мкм			
	l_{tot}	l_{lorica}	l_{as}	l_{ps}
Оз. Тонкое (Республика Карелия)	350 ± 2 311–386	107 ± 0 97–111	137 ± 1 117–153	106 ± 1 83–125
Лайнозеро (Республика Карелия)	363 ± 2 325–419	109 ± 1 103–122	139 ± 1 111–158	115 ± 1 92–150
Оз. Малое Луговское (Ленинградская обл.)	371 ± 2 267–408	108 ± 0 97–114	150 ± 1 117–167	114 ± 1 42–147
Оз. Большое Морозовское (Ленинградская обл.)	326 ± 2 236–378	103 ± 0.5 92–117	133 ± 1 103–161	91 ± 1 64–125
Оз. Симагино (Ленинградская обл.)	403 ± 4 364–444	110 ± 1 100–119	154 ± 2 128–172	139 ± 2 117–158
Оз. Чернявское (Ленинградская обл.)	368 ± 3 331–411	105 ± 0.5 100–111	145 ± 2 117–167	117 ± 2 92–139
Оз. Еловое (Нижегородская обл.)	363 ± 2 317–419	116 ± 0.5 103–131	132 ± 1 111–167	115 ± 1 94–150
Оз. Малое Яичко (Новгородская обл.)	380 ± 2 331–456	110 ± 0 100–119	145 ± 1 122–175	123 ± 1 103–167
Оз. Большое Яичко (Новгородская обл.)	353 ± 5 303–394	106 ± 1 97–111	138 ± 2 114–156	109 ± 3 83–133
Оз. Лопата (Рязанская обл.)	335 ± 2 269–381	107 ± 0 94–128	133 ± 1 94–158	94 ± 1 72–114
Оз. Алексеевское (Рязанская обл.)	273 ± 2 234–333	106 ± 0 94–117	93 ± 1 72–122	73 ± 1 56–100
Оз. Нефёдово (Рязанская обл.)	309 ± 2 256–358	105 ± 0 97–117	119 ± 1 91–147	86 ± 1 61–111
Оз. Белое (Рязанская обл.)	312 ± 2 258–369	104 ± 0 92–111	122 ± 1 97–147	86 ± 1 56–117
Оз. Видогощь (Новгородская обл.)	345 ± 4 331–372	105 ± 1 94–111	140 ± 2 128–153	101 ± 2 92–117
Оз. Трестино (Тверская обл.)	379 ± 0 319–439	112 ± 0 100–119	143 ± 0 111–166	124 ± 0 89–152
Оз. Веттерн (Швеция)	380	–	150	130
р. Емс (Германия)	–	115 ± 1	113 ± 2 max 165	90 ± 2 max 130
Безымянное озеро (США)	360	–	136	128
Оз. Стар (США)	368 ± 3	107 ± 2	–	–
Оз. Тарьянне–веси (Финляндия)	381 ± 5 340–415	–	130–170	125 ± 6 100–170
Оз. Девессе (Франция)	374 ± 2	109 ± 1	139 ± 1.0	123 ± 1
Вдхр. Фурнас (Бразилия)	306 ± 3	101 ± 1	115 ± 1	90 ± 2
Оз. Наду (Бразилия)	285 ± 2	105 ± 1	108 ± 1	74 ± 1
Бассейн р. Тиетэ (Бразилия)	270–410	–	110–160	60–120

Примечание. l_{as} – длина самого длинного переднего шипа, l_{lorica} – длина панциря, l_{ps} – длина заднего шипа; над чертой среднее с его ошибкой, под чертой – минимум–максимум; «–» – нет данных.

Среди исследованных водных объектов наименьшей общей длиной тела (236 мкм) характеризовались представители *K. bostoniensis* неглубокого

эвтрофного оз. Гришино. Сходные мелкоразмерные особи выявлены С.М. Ждановой с соавт. (2019) в озерах Алексеевское, Большое Морозовское и Купецкое (таблица 8.2), эти водоемы также с небольшими глубинами 1–5 м и эвтрофными условиями. Из литературных источников известно, что в водных объектах Южной Америки мелкие по размерам особи *K. bostoniensis* также обитают при небольшой глубине. Кроме того, небольшие размеры вселенца связывают с отсутствием хищников из рода *Asplanchna* Gosse, 1850 и более высокой температурой воды (Bezerra–Neto et al., 2004; Жданова и др., 2019). Однако, в зоопланктоне оз. Гришино присутствовали хищные виды зоопланктона (*Asplanchna priodonta*, *Thermocyclops oithonoides* и *Mesocyclops leucarti*) – потенциальные потребители *K. bostoniensis*.

Зависимость между исследованными морфологическими признаками оценивали с помощью диаграмм рассеяния (рисунок 8.1) и коэффициентов корреляции Спирмена (рисунок 8.2).

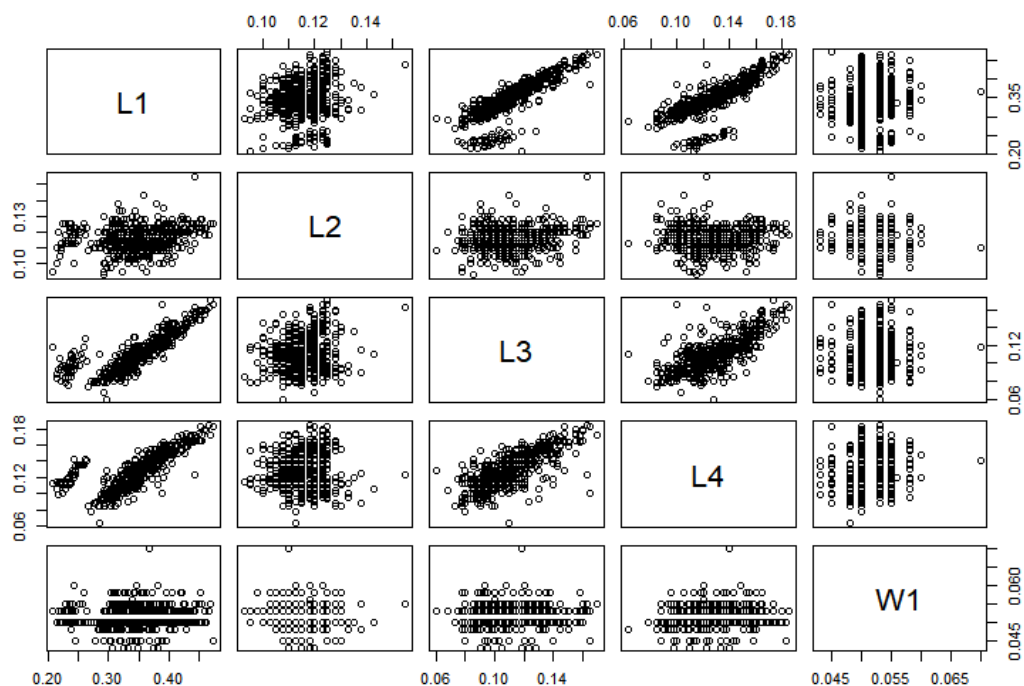


Рисунок 8.1. Матрица диаграмм рассеяния значений морфологических характеристик (L1, L2, L3, L4, W1) *K. bostoniensis*

На диаграммах рассеяния прослеживается увеличение общей длины тела коловраток (L1) с увеличением длины заднего (L3) и переднего (L4) шипов – облако точек в данном случае вытянуто справа налево и наклонено. Если четкой

зависимости общей длины тела (L1) от длины (L2) и ширины (W1) панциря визуально не установлено – облако значений расположено горизонтально (рисунок 8.1).

Построенная на основе значений коэффициентов Спирмена матрица корреляций между общей длиной тела, длинами переднего и заднего шипов, а также шириной панциря показывает следующее. Коэффициенты отображены в виде закрашенных кругов, размер которых соответствует абсолютному значению коэффициентов: чем выше коэффициент, тем больше круг (рисунок 8.2). Цвет определяет значение коэффициентов: положительные обозначены синей гаммой, отрицательные – красной. Чем больше абсолютное значение коэффициента, тем ярче соответствующий круг. Шкала цветовой кодировки расположена справа от матрицы, незначимые коэффициенты корреляции перечеркнуты (рисунок 8.2).

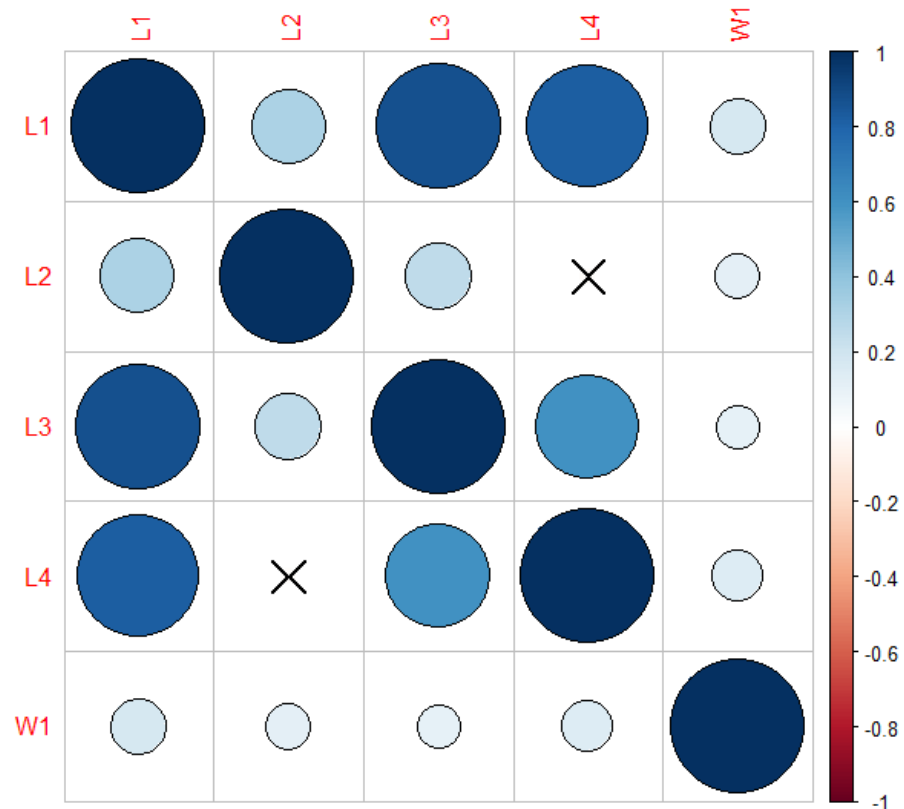


Рисунок 8.2. Результаты анализа корреляции для комплекса из 5 количественных морфологических признаков (L1, L2, L3, L4, W1) *K. bostoniensis*

Таким образом, установлена высокая положительная корреляция между общей длиной тела и длиной заднего шипа ($R^2=0,79$; $p<0,01$), а также длиной переднего шипа ($R^2=0,75$; $p<0,01$). Значительная корреляция выявлена между

длинами переднего и заднего шипов ($R^2=0,58$; $p<0,01$). Незначительная степень зависимости ($R^2\leq 0,31$; $p<0,01$) установлена между значениями длины и ширины панциря и остальными морфологическими характеристиками вида–вселенца *K. bostoniensis* (рисунок 8.2).

Сравнение общей длины тела особей вида-вселенца из разных водных объектов проводилось с использованием непараметрического критерия Крускала–Уоллиса и последующим множественным попарным сравнением значений общей длины тела коловраток с помощью критерия Уилкоксона. В результате проведенного анализа были установлены статистически значимые различия общей длины тела особей *K. bostoniensis* (рисунок 8.3).

Статистически значимо ($p<0,01$) отличались самые мелкоразмерные (медианная общая длина тела составила 238 мкм) среди исследованных популяций особи неглубокого (до 2 м), эвтрофного со значением прозрачности 0,6 м оз. Гришино.

Сходными размерами обладали особи водоемов и водотоков, характеризовавшихся эвтрофными условиями. К таким объектам относились: р. Сережа, оз. Великое, Протока, озера Глубокое, Паровое, Долгое Пустынской озерно-речной системы; озера Драничное, Черноезерское–2, Черный Яр, Черноезерское–1, расположенные в пойме р. Керженец; пруд-1 в пос. Гавриловка, р. Вьюница, пруд-3 Шуваловского канала г. Нижний Новгород; Чебоксарское водохранилище и ряд его притоков (реки Ватома, Ветлуга); а также реки Кама и Казанка (обозначены на рисунке 8.3 голубым цветом).

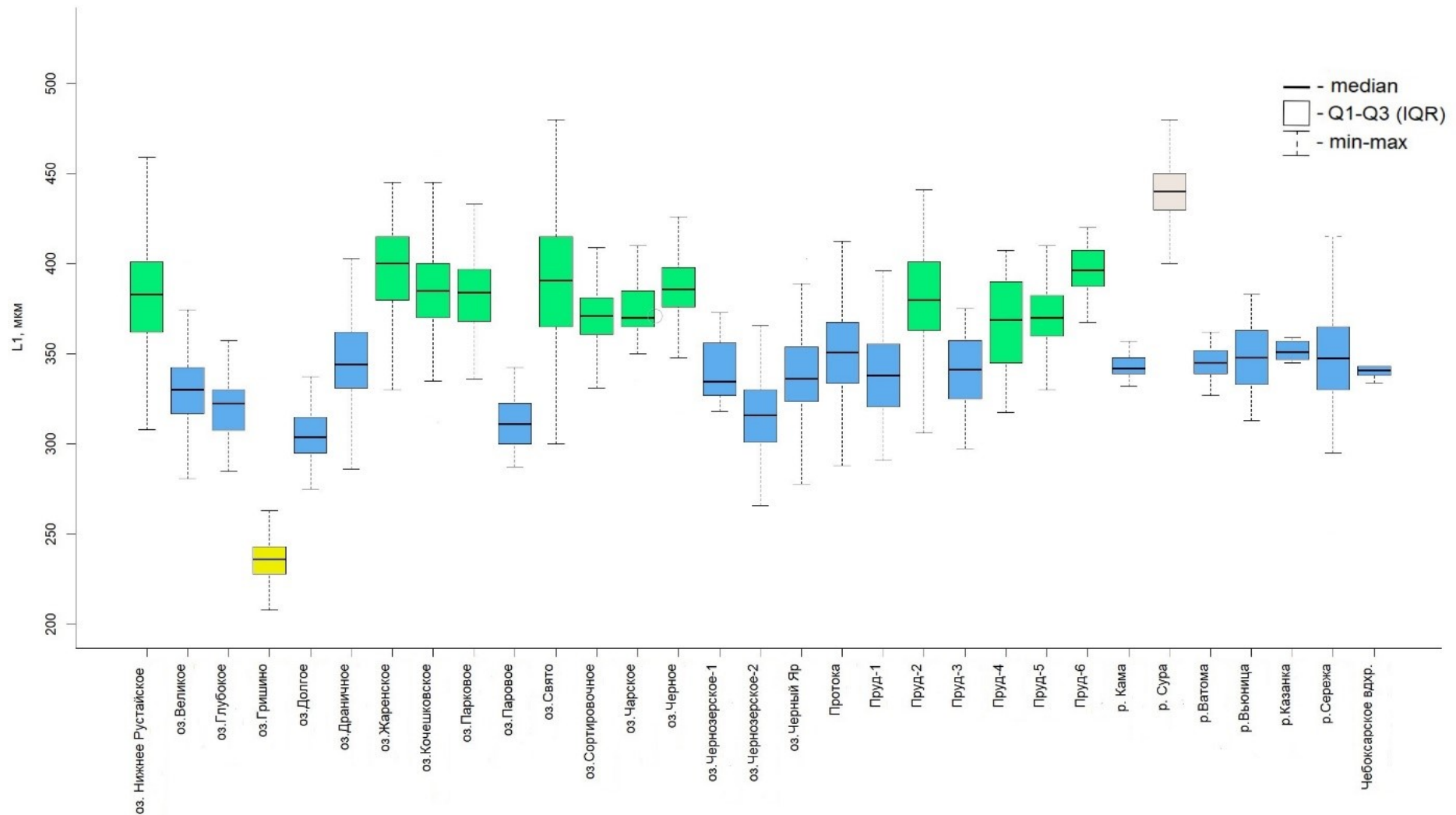


Рисунок 8.3. Параллельные диаграммы размаха значений общей длины тела *K. bostoniensis* в водных объектах бассейна Средней Волги. Разными цветами обозначены статистически значимо различающиеся выборки

Сходными крупными размерами характеризовались представители *K. bostoniensis* мезотрофных водоемов (озера Жаренское, Кочешковское, Нижнее Рустайское, Парковое, Свято, Чарское, Черное, пруд–2 в пос. Нагулино, пруды 4–6 Шуваловского канала – обозначены на рисунке 8.3 зеленым цветом). Общая длина тела этих особей статистически значимо ($p < 0,01$) отличалась от длины особей эвтрофных водоемов и водотоков. Также значимо ($p < 0,01$) отличались самые крупноразмерные представители *K. bostoniensis* р. Сура.

Таким образом, установлено, что большая общая длина тела *K. bostoniensis* характерна для особей более глубоких водных объектов с высокой прозрачностью. Наиболее крупные особи *K. bostoniensis* обнаружены нами в водоемах с максимальными значениями глубин 12,5–16,0 м и прозрачностью 1,2–2,7 м (за исключением озер Черное и Нижнее Рустайское – 0,4 и 0,6 м). Меньшей длиной тела отличались особи вида-вселенца водоемов и водотоков с небольшой глубиной и невысокой прозрачностью (таблица 5.1).

Проведенный регрессионный анализ зависимости общей длины тела *K. bostoniensis* от характеристик водных объектов (глубины, температуры, pH, электропроводности, цветности, концентрации растворенного кислорода, электропроводности и прозрачности) позволил установить статистически значимые зависимости длины особей *K. bostoniensis* от глубины ($R^2 = 0,36$; $p < 0,01$) и прозрачности ($R^2 = 0,24$; $p < 0,01$) (рисунок 8.4).

Итоговая модель множественной регрессии с учетом глубины и прозрачности объясняла 42,6 % от общей вариации длины тела *K. bostoniensis* в наших данных ($p < 0,01$). Таким образом, установлена прямая зависимость общей длины тела вида-вселенца от глубины и прозрачности водных объектов.

Сравнение общей длины тела особей *K. bostoniensis* в водных объектах, различающихся трофическим статусом, с использованием критерия Крускала–Уоллиса и последующим попарным сравнением с помощью критерия Уилкоксона позволило выявить статистически значимые ($p < 0,01$) различия общей длины тела *K. bostoniensis* мезотрофных и эвтрофных водных объектов. Особи мезотрофных водоемов значимо крупнее представителей эвтрофных.

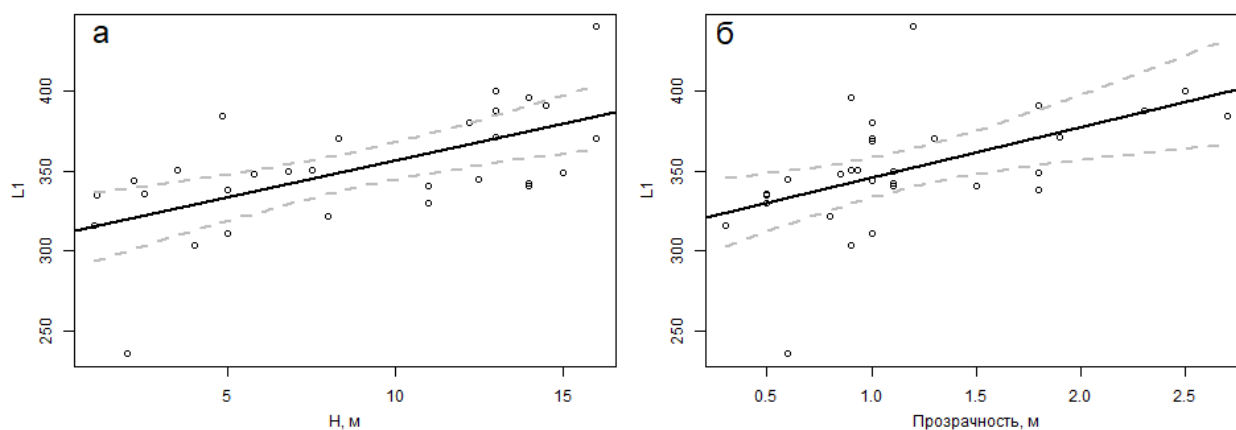


Рисунок 8.4. Зависимость общей длины *K. bostoniensis* (L1) от глубины (а) и прозрачности (б) с доверительными интервалами регрессий

Таким образом, проведенный корреляционный анализ позволил установить увеличение общей длины тела коловраток *K. bostoniensis* с увеличением длин заднего ($R^2=0,79$; $p<0,01$) и переднего шипов ($R^2=0,75$; $p<0,01$). Длина переднего и длина заднего шипов также коррелируют положительно ($R^2=0,58$; $p<0,01$). Слабая степень зависимости выявлена между длиной и шириной панциря вида-вселенца и другими морфологическими характеристиками ($R^2 \leq 0,31$, $p<0,01$).

В свою очередь, для вида *K. cochlearis* (сем. Brachionidae) установлено увеличение заднего шипа в олиготрофных и холодных водоемах, а в теплых эвтрофных озерах обитают особи с короткими шипами либо без шипов (Green, 2005, 2007). Наблюдается увеличение среднего размера коловраток этого вида с понижением температуры в вертикальном столбе воды (Лазарев, 2007). Исследования морфологической изменчивости родственного *K. bostoniensis* вида *K. longispina* в водоемах Северной Америки показали, что размеры особей *K. longispina* изменяются в зависимости от географического положения водного объекта и температуры (Edmondson, 1989). Так, установлено уменьшение размеров тела особей *K. longispina* при продвижении с севера на юг ($47-71^\circ$ с. ш.) и с повышением температуры водоемов (от $1,2^\circ\text{C}$ до $18,0^\circ\text{C}$). Самые крупные особи этого вида были идентифицированы в арктическом озере с низкой температурой среды (Edmondson, 1989).

В проведенном ранее С.М. Ждановой с соавт. (2019) исследовании размеров *K. bostoniensis* водоемов и водотоков Европейской России установлены различия

общей длины тела особей вида-вселенца водоемов с разным трофическим статусом, глубиной, температурой, плотностью и вязкостью воды. Размер тела представителей вида больше в мезотрофных, ацидных и глубоких водных объектах. В более глубоких озерах с температурной стратификацией на размеры влияет увеличение плотности и вязкости среды при продвижении от поверхности к нижней границе гипolimниона (Жданова и др., 2019). Среди исследованных нами водоемов и водотоков наиболее крупные особи *K. bostoniensis* также выявлены в популяциях, обитающих в глубоких мезотрофных водных объектах с высокой прозрачностью.

Заключение по главе 8

Особи K. bostoniensis исследованных водных объектов бассейна Средней Волги характеризуются крупными размерами, сходными с особями нативных местообитаний Северной Америки, некоторых биотопов Европы и Европейской России. В глубоких мезотрофных водных объектах с высокой прозрачностью обитают более крупные представители вида K. bostoniensis по сравнению с особями неглубоких эвтрофных с низкой прозрачностью водоемов. Установлена высокая положительная корреляция между общей длиной тела и длиной самого длинного переднего шипа ($R^2=0,75$; $p<0,01$), а также заднего шипа ($R^2=0,79$; $p<0,01$). Значительная корреляция выявлена между длинами переднего и заднего шипов ($R^2=0,58$; $p<0,01$).

Заключение

Представленный в диссертационной работе материал обобщает семилетние исследования автора по экологическим и морфологическим характеристикам трансконтинентального зоопланктонного вида-вселенца – североамериканской коловратки *K. bostoniensis* в водных объектах бассейна Средней Волги.

В ходе исследований было установлено высокое видовое богатство зоопланктона разнотипных водоемов и водотоков, в которых идентифицирован *K. bostoniensis* – 280 видов, что вносит определенный вклад в изучение биоразнообразия водных объектов как ООПТ, так и антропогенно нарушенных территорий.

В работе впервые исследовано распространение вида-вселенца *K. bostoniensis* в водохранилищах, реках и озерах бассейна Средней Волги. Вид обнаружен в 52 водных объектах и является эврибионтным. Выявлено доминирование коловратки в глубоких стратифицированных озерах, медиали и прудовых расширениях медленнотекущих водотоков с мезотрофными и эвтрофными условиями, слабощелочной и щелочной реакцией среды.

Анализ межгодовых показателей обилия вида-вселенца *K. bostoniensis* в сообществах зоопланктона показал его динамику в ходе натурализации. Установлено влияние абиотических и биотических факторов среды на его численность.

В результате оценки сезонных изменений количественного развития вида-вселенца в выделенных зоопланктонных комплексах озер выявлены различия в динамике родственных видов *K. bostoniensis* и *K. longispina* в течение вегетационного периода.

Проведенные исследования показали, что в стратифицированных водоемах *K. bostoniensis* достигает максимального обилия в зоне мета- и гипolimниона, а при отсутствии температурной стратификации водных масс вид обитает в придонной области.

Анализ морфологических характеристик *K. bostoniensis* в водных объектах бассейна Средней Волги с использованием статистических методов позволил

установить, что наиболее крупные особи *K. bostoniensis* обитают в глубоких мезотрофных водных с высокой прозрачностью.

Представленные в работе результаты, полученные на основе современных методов обработки и анализа, вносят вклад в решение ряда задач, связанных с актуальными проблемами экологии: оценки биоразнообразия, выявления распространения и диапазона условий обитания, биотопической приуроченности, морфологической изменчивости видов-вселенцев в гидробиоценозах разнотипных водных объектов.

Выводы

1. Общее видовое богатство исследованных водных объектов, в которых был обнаружен трансконтинентальный вид-вселенец *K. bostoniensis*, составляло 280 видов, из которых 151 вид (54%) был представлен коловратками (Rotifera), 87 видов (31%) – ветвистоусыми ракообразными (Cladocera) и 42 вида (15 %) – веслоногими ракообразными (Copepoda). В большинстве водоемов и водотоков число видов коловраток (Rotifera) было выше видового богатства других основных систематических групп зоопланктона (Cladocera, Copepoda). По экологической приуроченности в видовом составе зоопланктона преобладали фитофильные и планктонные виды.

2. Вид-вселенец *K. bostoniensis* идентифицирован в 52 водных объектах бассейна Средней Волги: 3 водохранилищах, 26 водотоках, 23 озерах. В большинстве водоемов и водотоков он обнаружен впервые. *K. bostoniensis* обитает как в мелких (до 0,4 м) небольших (р. Ржавка, р. Пугай, р. Рустайчик, оз. Черноезерское-1 и др.), так и крупных глубоких (до 16 м) (р. Керженец, оз. Чарское) водоемах и водотоках с широким диапазоном прозрачности воды – от 0,3 м до 2,7 м, активной реакции среды – от кислой (рН 5,2) до щелочной (рН 9,1), цветности – от малой (47 ° Pt-Co шкалы) до очень высокой (1245 Pt-Co шкалы), концентрации растворенного кислорода – от 0,9 мг/л до 12,6 мг/л.

3. Численность коловратки *K. bostoniensis* варьирует от единиц до нескольких сотен тысяч экземпляров в кубическом метре воды. Вселенец доминирует по численности в глубоких стратифицированных озерах (Жаренское, Свято, Глубокое, Чарское, Нижнее Рустайское – до 81,3 тыс. экз./м³; 79,1 % от общей численности зоопланктона), медиали и прудовых расширениях медленнотекущих водотоков (Гниличка, Ржавка, Сережа – до 70,5 тыс. экз./м³; 24,6% от общей численности зоопланктона). Вид предпочитает эвтрофные и мезотрофные водные объекты со слабощелочной и щелочной реакцией среды (рН от 7,5 до 9,1).

4. В результате межгодовых исследований численности вида *K. bostoniensis* в период с 2013 г. по 2017 г. в сообществах зоопланктона водных объектов

Пустынской озерно-речной системы установлено снижение его обилия после массового развития: от 70,5 до 0,03 тыс. экз./м³ в р. Сереже, от 3,1 до 0,02 тыс. экз./м³ в оз. Великом, от 47,9 до 0,04 тыс. экз./м³ в Протоке, от 81,3 до 0,7 тыс. экз./м³ в оз. Свято. Выявлена статистически значимая положительная корреляция численности вида-вселенца с температурой, прозрачностью и рН воды, а также численностью хищных видов зоопланктона.

5. В городских озерах Парковое и Сортировочное, различающихся гидрохимическими и гидрофизическими характеристиками, а также видовой структурой сообществ зоопланктона пик численности вида-вселенца *K. bostoniensis* и аборигенного вида *K. longispina* разобщены во времени. Коловратка *K. bostoniensis* достигает максимального количественного развития в осенний период и доминирует в осеннем зоопланктонном комплексе. Родственный аборигенный вид *K. longispina* наиболее многочислен в летний период и преобладает в раннелетнем и летнем зоопланктонных комплексах.

6. Анализ вертикального распределения *K. bostoniensis* показал, что в стратифицированных озерах вид-вселенец достигает максимального обилия в зоне мета- и гипolimниона. При отсутствии температурной стратификации водных масс вид обитает в придонной области.

7. Особи *K. bostoniensis* исследованных водных объектов бассейна Средней Волги характеризуются крупными размерами, сходными с особями нативных местообитаний Северной Америки, некоторых биотопов Европы и Европейской России. В глубоких мезотрофных водных объектах с высокой прозрачностью обитают более крупные представители вида *K. bostoniensis* по сравнению с особями неглубоких эвтрофных с низкой прозрачностью водоемов. Установлена высокая положительная корреляция между общей длиной тела и длиной самого длинного переднего шипа ($R^2=0,75$; $p<0,01$), а также заднего шипа ($R^2=0,79$; $p<0,01$). Значительная корреляция выявлена между длинами переднего и заднего шипов ($R^2=0,58$; $p<0,01$).

Список литературы

1. Агафонов, С.М. Климат / С.М.Агафонов // Природа Горьковской области. Горький.: Волго-Вятское кн. изд-во, 1974. – С. 106 – 125.
2. Аладин, Н.В. Воздействие видов-вселенцев на биоразнообразие Каспийского моря / Н.В.Аладин, И.С.Плотников // Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – С. 275-296.
3. Алешина, Д.Г. Современное состояние весеннего зоопланктона притоков Ладожского озера / Д.Г.Алешина, Е.А.Курашов, Н.В.Родионова, М.А.Гусева // Вода: химия и экология. – 2014. – №4. – С.64–71.
4. Асташин, А.Е. Морфометрические характеристики озёр Паровое, Кругленькое, Глубокое государственного природного биологического заказника «Пустынский» (Нижегородская область) / А.Е.Асташин, М.М.Бадьин, А.Ю.Карташов, А.С.Горячев, М.В.Вознесенская, А.Д.Карабанов, М.Н.Пашкин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – №8 (50). – Часть 2. – С. 49 – 54.
5. Балушкина, Е.В. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных / Е.В.Балушкина, Г.Г.Винберг // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озёр. – Л., 1979. – С. 58–79.
6. Баканина, Ф.М. Заповедные места Горьковской области. / Ф.М. Баканина, Е.В. Лукина, Н.И. Насонова и др. // Н. Новгород: Волго-Вят. кн. изд-во, 1991. – 190 с.
7. Бакка, С.В. Особо охраняемые природные территории Нижегородской области. Аннотированный перечень / С.В.Бакка, Н.Ю.Киселева // Н. Новгород, 2008. – 560 с.
8. Баянов, Н.Г. К вопросу о происхождении и современном экологическом состоянии некоторых озёр Нижегородского Заволжья / Н.Г.Баянов, Г.А.Юлова // Вестник Нижегородского гос. ун-та им. Н. И. Лобачевского. Серия Биология. Вып. 1 (2). – Н. Новгород: ННГУ, 2001. – С. 91-102.
9. Баянов, Н.Г. Гидрохимические показатели оз. Светлояр и их межсезонная динамика / Н.Г.Баянов // Известия РГО. – 2008. – Т. 140. – Вып. 2. – С. 28–41.

10. Баянов, Н.Г. Типология и свойства озер Нижегородского Заволжья / Н.Г.Баянов, Т.В.Кривдина // Изв. РАН. Сер. геогр. – № 4. – 2011. – С. 86–97.
11. Баянов, Н.Г. Межсезонная динамика гидролого-гидрохимических показателей р. Керженец и ее стариц / Н.Г.Баянов, Т.В.Кривдина // Известия РАН. Серия географическая. – №2. – 2013. – С. 52 – 67.
12. Баянов, Н.Г. Межсезонная динамика массовых видов метазойного планктона / Н.Г.Баянов, И.С.Макеев // Труды ФГБУ «Государственный заповедник «Керженский». – 2016. – Т. 8. – С. 39–67.
13. Баянов, Н.Г. Озера юго-запада Нижегородской области / Н.Г.Баянов, Т.В.Кривдина, В.В. Логинов // Труды Мордовского государственного природного заповедника имени П.Г. Смидовича. – Вып. 12. – Саранск: Пушта, 2014. – С. 241–263.
14. Бикбулатов, Э.С. Биогенные элементы и органическое вещество в Чебоксарском водохранилище в летнюю межень 2001 г. / Э.С.Бикбулатов, И.Э.Степанова, Е.М.Бикбулатова // Актуальные проблемы водохранилищ. Тез. докл. Всерос. Конф. с участием специалистов из стран ближнего и дальнего зарубежья. Ярославль: ЯГТУ, 2002. – С.34–35.
15. Брагазин, А.А. Экологическое зонирование Нижегородской области / А.А.Брагазин, И.Н.Маркелов, А.А.Нижегородцев, В.А.Басуров // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2014. – №1 – С.157–161.
16. Бусева, Ж.Ф. Видовое разнообразие и структура сообществ планктонных ракообразных (Cladocera, Copepoda) в литоральной зоне озер разного типа: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18 / Бусева Жанна Федоровна. – Минск, 2007. – 173 с.
17. Вежновец, В.В. Влияние повышения температуры на вертикальное распределение зоопланктона в мезотрофном стратифицированном озере / В.В.Вежновец, В.П.Семенченко // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2011. – Т.55. – № 5.– С.72 – 75.
18. Вежновец, В.В. Методические особенности сбора зоопланктона в стратифицированных озерах / В.В.Вежновец // Тезисы докладов II Международной

конференции «Актуальные проблемы планктонологии». – Калининград: Изд. КГТУ, 2015. – С. 11 – 12.

19. Виноградова Ю.К. Черная книга флоры Средней России (Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России) / Ю.К.Виноградова, С.Р.Майоров, Л.В.Хорун // – М.: ГЕОС, 2009. – 494 с.

20. Воденеева, Е.Л. Структурные особенности речного фитопланктона Средневолжского бореально-неморального экотона / Е.Л.Воденеева, А.Г.Охапкин, Н.А.Старцева // XI съезд Гидробиологического общества при Российской академии наук: тезисы докладов. – Красноярск: Сиб. федер. унт, 2014. – С. 33 – 34.

21. Волга и ее жизнь. Л.: Наука, 1978. – 348 с.

22. Гаврилко, Д.Е. Структурно-функциональная организация сообществ зоопланктона зарослей высших водных растений (на примере водотоков Нижегородской области): дис.... канд. биол. наук: 03.02.08. Нижний Новгород, 2019. – 279 с.

23. Гаврилко, Д.Е. Видовая структура сообществ зоопланктона зарослей высших водных растений малой реки (на примере р. Сережа Нижегородской области) / Д.Е.Гаврилко, Т.В.Золотарева, Г.В.Шурганова // Принципы экологии. – 2019. – №3(33). – С. 24–39. DOI: 10.15393/j1.art.2019.8902.

24. Гаврилко, Д.Е. Влияние зарослей макрофитов на структуру сообществ зоопланктона и их размещение в прудовом расширении малой реки / Д.Е.Гаврилко, Д.С. Ручкин // Экологический сборник 7: Труды молодых ученых. Всероссийская (с международным участием) молодежная научная конференция. Под ред. канд. биол. наук С.А. Сенатора, О.В. Мухортовой и проф. С.В. Саксонова. – Тольятти: «Анна», 2019а. – С. 117–120.

25. Гаврилко Д.Е. Ветвистоусые ракообразные зарослей высших водных растений Европейской части России (на примере притоков Горьковского и Чебоксарского водохранилищ) / Д.Е.Гаврилко, В.С.Жихарев, Д.С.Ручкин, Т.В.Золотарева, Г.В. Шурганова // Зоологический журнал. – 2020. – Т.99. – №2. – С. 146–156.

26. Гелашвили, Д.Б. Экологическое состояние водных объектов / Д.Б. Гелашвили, А.Г. Охапкин, А.И. Доронина, В.И. Колкутин, Е.Ф. Иванов // Нижнего Новгорода: Монография. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2005. – 414 с.
27. География Горьковской области. Учебное пособие. Горький, Волго-Вятское кн. изд-во, 1978. – 176 с.
28. Гланц, С. Медико-биологическая статистика / Стентон Гланц; пер. с англ. д-ра физ.-мат. наук Ю. А. Данилова; под ред. Н. Е. Бузикашвили и Д. В. Самойлова. – Москва: Практика, 1999. - 459 с.
29. Голубева, Д.О. Биоиндикация малых рек нагорной части Нижнего Новгорода на основе анализа видовой структуры зоопланктона / Д.О.Голубева, Т.В.Золотарева, И.А.Кудрин, Г.В.Шурганова // Сборник докладов VI-го Всероссийского фестиваля науки. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2016. – С. 423–426.
30. ГОСТ 17.1.3.07.82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды в водоемах и водотоках. М.: Изд-во стандартов, 1982. – 10 с.
31. Дгебуадзе, Ю.Ю. Проблемы инвазий чужеродных организмов / Ю.Ю.Дгебуадзе // Экологическая безопасность и инвазии чужеродных организмов. – М.: Всерос. конф. по экол. безопасности, 2002. – С. 11–14.
32. Дгебуадзе, Ю.Ю. Общая концепция создания проблемно-ориентированного интернет-портала по инвазиям чужеродных видов в Российской Федерации / Ю.Ю.Дгебуадзе, В.Г.Петросян, С.А.Бессонов, Н.Н.Дергунова, С.С.Ижевский, В.Ю.Масляков, О.В.Морозова, И.Г.Царевская // Российский Журнал Биологических Инвазий. – 2008. – №2. – С. 9 – 21.
33. Деревенская, О.Ю. Структура сообществ зоопланктона озер Волжско-Камского заповедника / О.Ю. Деревенская, Е.Н. Унковская // Труды Зоологического института РАН. – 2016. – Т. 320. – № 3. – С. 294 – 303.
34. Деревенская, О.Ю. Изменение структуры сообществ зоопланктона в процессе эвтрофирования в озерах Среднего Поволжья / О.Ю. Деревенская, Н.М. Мингазова, Е.Н. Унковская // Экосистемы. – 2019. – № 20. – С. 92-104.

35. Жданова, С.М. *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) в водоемах Европейской России / С.М.Жданова, А.Э.Добрынин // Биология внутренних вод. – 2011. – №1. – С. 45–52.
36. Жданова, С.М. Распространение и пути расселения американской коловратки *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) в водоёмах Европейской России / В.И. Лазарева, Н.Г. Баянов, Е.В. Лобуничева, Н.В. Родионова, Г.В. Шурганова, Д.В. Кулаков, М.Ю. Ильин // Российский журнал биологических инвазий. – 2016. – № 3. – С. 8–22.
37. Жданова, С.М. Морфологическая изменчивость *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) в водоемах Европейской части России / С.М.Жданова, В.И.Лазарева, Н.Г.Баянов, Е.В.Лобуничева, Н.В.Родионова, Г.В. Шурганова, Т.В. Золотарева, М.Ю. Ильин // Биология внутренних вод. – 2019. – №2. – С. 10-20.
38. Жихарев, В.С. Инвазийные виды зоопланктона верхнего речного участка Чебоксарского водохранилища и некоторых его притоков (по данным 2017 года) / В.С.Жихарев, Д.Е.Гаврилко, Т.В.Золотарева, Г.В.Шурганова // Зоологические исследования регионов России и сопредельных территорий: Материалы IV Международной заочной научно-практической конференции. Под. ред. А.И. Дмитриева, Ю.Ю. Давыдовой. – Нижний Новгород: Мининский университет, 2018. – С. 24–29.
39. Жихарев, В.С. Биоиндикация устьевых областей притоков Чебоксарского водохранилища на основе развития индикаторных видов зоопланктона / В.С.Жихарев, Д.Е.Гаврилко, Д.С.Ручкин, Т.В.Золотарева, Г.В.Шурганова // Материалы IV-й Всероссийской научной конференции «Проблемы экологии Волжского бассейна», 30-31 октября 2019 г. Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2019. Вып. 2. Режим доступа: http://вф-река-море.рф/ECO/2019/PDF_ECO/eco09.pdf.
40. Жихарев, В.С. *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) и *Eurycercus macracanthus* Frey, 1973 (Crustacea: Cladocera) – новые для фауны Московской области виды зоопланктона / В.С.Жихарев, О.Н.Ерина,

- М.А.Терешина, Д.И.Соколов, Т.В.Золотарева, Д.Е.Гаврилко, Г.В.Шурганова // Амурский зоологический журнал. – № 2. – Т. 12. – 2020. – С. 211–223.
41. Задереев, Е.С. Несинхронные вертикальные миграции зоопланктона / Е.С.Задереев, А.П.Толмеев, А.В.Дроботов // Сибирский экологический журнал. – 2012. – Т. 19. – № 4. – С. 597–605.
42. Законнов, В.В. Географическая зональность осадконакопления в системе водохранилищ Волги / В.В.Законнов, А.В.Законнова // Известия РАН. Серия географическая. – 2008. – № 2. – С. 105 – 111.
43. Золотарева, Т.В. Распространение видов-вселенцев зоопланктона в разнотипных водных объектах Нижегородской области / Т.В.Золотарева, Д.Е.Гаврилко, В.С.Жихарев, М.Ю.Ильин, И.А.Кудрин, Д.О.Голубева, Г.В.Шурганова // Труды конгресса 18-го Международного промышленного форума «Великие реки, 2016». – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2016а. – С. 284–286.
44. Золотарева, Т.В. Показатели количественного развития вида-вселенца *Kellicottia bostoniensis* и аборигенного вида *Kellicottia longispina* в пелагиали двух разнотипных карстовых озёр в Нижегородской области / Т.В.Золотарева, В.С.Жихарев, М.Ю.Ильин, Г.В.Шурганова // Материалы Всероссийской молодёжной гидробиологической конференции «Перспективы и проблемы современной гидробиологии». – Ярославль: Филигрань, 2016б. – С. 81–83.
45. Золотарева, Т.В. Планктонные сообщества Пустынской озерно-речной системы Нижегородской области (по данным 2014 года) / Т.В.Золотарева, М.Ю.Ильин, И.А.Кудрин, Г.В.Шурганова // Тезисы докладов 70-й Всероссийской с международным участием школы-конференции молодых ученых «Биосистемы: организация, поведение, управление». – Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2017. – С. 70.
46. Золотарева, Т.В. Морфометрические характеристики коловратки *Kellicottia bostoniensis* некоторых водных объектов Пустынской озерно-речной системы / Т.В.Золотарева, Д.Е.Гаврилко, Г.В.Шурганова // Сборник тезисов докладов

Всероссийской конференции «Волга и её жизнь» (Борок, ИБВВ РАН, 22-26 октября 2018 г.). – Ярославль: Филигрань, 2018. – С. 54.

47. Золотарева, Т.В. Количественное развитие вида-вселенца *Kellicottia bostoniensis* в планктонных сообществах Пустынской озерно-речной системы Нижегородской области / Т.В.Золотарева, И.А.Кудрин, Д.Е.Гаврилко, В.С.Жихарев, М.Ю.Ильин, Г.В.Шурганова // Тезисы докладов 73-й Всероссийской с международным участием школы-конференции молодых ученых «Биосистемы: организация, поведение, управление». Нижний Новгород, 28-30 октября 2020а г. – С. 70.

48. Золотарева, Т.В. Количественное развитие вида-вселенца *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) на акваториях водохранилищ Средней Волги / Т.В.Золотарева, В.С.Жихарев, Д.Е.Гаврилко, И.А.Кудрин, Г.В.Шурганова // Труды 5-й Всероссийской научной конференции «Проблемы экологии Волжского бассейна». – Нижний Новгород, 24-25 ноября 2020б – С. 10.

49. Золотарева, Т.В. Анализ размеров вида-вселенца *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) в водных объектах Нижегородской области / Т.В.Золотарева, А.А.Колесников, Д.Е.Гаврилко, В.С.Жихарев, И.А.Кудрин, Г.В.Шурганова // Материалы Международной конференции «Экология водных беспозвоночных» посвященная 110-летию Ф.Д. Мордухай-Болтовского. Борок: ИБВВ; Ярославль: Филигрань, 2020а. – С. 38.

50. Золотарева, Т.В. Видовая структура сообществ зоопланктона озер-памятников природы Нижегородской области // Т.В.Золотарева, Д.Е.Гаврилко, И.А.Кудрин, Г.В.Шурганова // Тезисы докладов 74-й Всероссийской с международным участием школы-конференции молодых ученых «Биосистемы: организация, поведение, управление». Нижний Новгород, 20-23 апреля 2021а. – С. 90.

51. Золотарева, Т.В. Морфологические характеристики *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) в водных объектах бассейна Средней Волги / Т.В.Золотарева, Г.В.Шурганова, И.А.Кудрин, Д.Е.Гаврилко, В.С.Жихарев,

А.А.Колесников, М.Ю.Ильин // Поволжский экологический журнал. – 2021. – №1. – С. 16–34.

52. Иванова, М.Б. Сезонная и межгодовая динамика планктонных коловраток и ракообразных / М.Б.Иванова, И.В.Телеш // Закономерности гидробиологического режима водоемов разного типа; под общ ред. Алимова А.Ф., Ивановой М.Б. – Научный мир, 2004. – С. 71–83.

53. Ильин, М.Ю. Результаты биоиндикационных исследований малых рек ГПБЗ «Керженский» Нижегородской области / М.Ю.Ильин, И.А.Кудрин, Г.В.Шурганова, Т.В.Куклина // Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование. Труды третьей Международной научно-практической конференции молодых ученых. 17-19 апреля 2014, Москва. М.: Буки-Веди. – С. 97-100.

54. Ильин, М.Ю. Состав и структура сообществ зоопланктона водных объектов особо охраняемых природных территорий (на примере Нижегородской области): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Ильин Максим Юрьевич. – Нижний Новгород, 2016. – 27 с.

55. Ильин, М.Ю. Биоиндикация водных объектов особо охраняемых природных территорий Нижегородской области на основе анализа видовой структуры зоопланктона / М.Ю.Ильин, И.А.Кудрин, Т.В.Золотарева (Куклина), Г.В.Шурганова // Вода: химия и экология. – 2016. – №3(93). – С. 60–67.

56. Ильин, М.Ю. Пространственное размещение сообществ зоопланктона в зоне контакта речных и озерных вод (на примере реки Сережа и озера Великого Нижегородского Поволжья) / М.Ю.Ильин, Г.В.Шурганова, Т.В.Куклина, И.А.Кудрин // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №6. – С. 615.

57. Карабанов, Д.П. Генетико-биохимические адаптации черноморско-каспийской тюльки *Clupeonella cultriventris* (Nordmann, 1840) при расширении ареала: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Карабанов Дмитрий Павлович. – Москва, 2009. – 24 с.

58. Колесников, А.А. Морфологическая изменчивость вида-вселенца *Kellicottia bostoniensis* в пойменных озерах р. Керженец / А.А.Колесников, Т.В.Золотарева,

В.С.Жихарев, Е.В.Шурганова // Биосистемы: организация, поведение, управление: Тезисы докладов 73-й Всероссийской с международным участием школы конференции молодых ученых (Н.Новгород, 28–30 октября 2020 г.). Н.Новгород, Университет Лобачевского, 2020. – С. 101.

59. Колесников, А.А. Оценка качества вод рек Рутка и Пижма по показателям видовой структуры зоопланктона / А.А.Колесников, Т.В.Золотарева, Д.Е.Гаврилко, И.А.Кудрин, В.С.Жихарев, Г.В.Шурганова // Тезисы докладов 74-ой Всероссийской с международным участием школы-конференции молодых ученых «Биосистемы: организация, поведение, управление». Нижний Новгород, 20–23 апреля 2021 г. – С.113.

60. Коровчинский, Н.М. Ветвистоусые ракообразные отряда Stenopoda мировой фауны (морфология, систематика, экология, зоогеография) / Н.М.Коровчинский. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2004. – 210 с.

61. Крайнев, Е.Ю. Американская коловратка *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) в Камском водохранилище (река Кама, Россия) / Е.Ю.Крайнев, Е.М.Целищева, В.И.Лазарева // Биология внутренних вод. – 2018. – №1. – С. 55–59.

62. Красная книга Нижегородской области. Том 1. Животные. 2-е изд., перераб. и доп. – Нижний Новгород: ДЕКОМ, 2014. – 446 с.

63. Курочкин, Д.В. Аннотированный список млекопитающих керженского заповедника / Д.В. Курочкин, Е.Н. Коршунов, А.О. Пониматко // Материалы по фауне Нижегородского Заволжья. Труды ГПЗ «Керженский». Т. 2. Нижний Новгород, 2002. – С. 9-23.

64. Кутикова, Л.А. Коловратки фауны СССР / Л.А.Кутикова. – Л.: Наука, 1970. – 742 с.

65. Кутикова, Л.А. Бделлоидные коловратки фауны России / Л.А.Кутикова. – М: Товарищество научных изданий КМК, 2005. – 315 с.

66. Лаврова, Т.В. Использование структурных характеристик зоопланктоценозов для доказательств их дискретности / Т.В.Лаврова, М.А.Кузнецова // Вестник Нижегородского гос. ун-та им. Н. И. Лобачевского. Серия Биология. Вып. 1 (2). –

Н. Новгород: ННГУ, 2001. – С. 109 – 113.

67. Лазарев М. И. Пространственное распределение массовых видов коловраток в пелагиали озера Байкал: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Борок, 2007. 24 с.
68. Лазарева, В.И. Распространение новых и редких видов зоопланктона в водоемах бассейна Верхней Волги в начале XXI века / В.И.Лазарева // Биол. внутр. вод. – 2008. – № 1. – С. 81 – 88.
69. Лазарева, В.И. Американская коловратка *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) в водохранилищах Верхней Волги / В.И.Лазарева, С.М.Жданова // Биология внутренних вод. – 2014. – №3. – С. 63–68.
70. Лазарева, В.И. Особенности структуры и распределения позднелетнего (август) зоопланктона в водохранилищах Волги / В.И.Лазарева, Р.З.Сабитова, Е.А.Соколова // Труды Ин-та биологии внутр. вод РАН. – 2018а. – Вып. 82(85). – С. 29 – 52.
71. Лазарева, В.И. Распределение летнего зоопланктона в каскаде водохранилищ Волги и Камы / В.И.Лазарева, Р.З.Сабитова, С.В.Быкова и др.// Тр. Ин-та биологии внутренних вод РАН. – 2018б. – Вып. 83(86). – С. 62.
72. Лазарева, В.И. Многолетние изменения состава и обилия зоопланктона водохранилищ р. Камы / В.И.Лазарева // Биология внутренних вод. – 2020. – № 3. – С. 260 – 275.
73. Лазарева, В.И. Первая находка *Thermocyclops taihokuensis* (Crustacea, Sorepoda) в бассейне р. Оки / В.И.Лазарева // Биология внутренних вод. – 2021. – №1. – С.91–94.
74. Летопись природы. – Н. Новгород. 2012. (Рукопись, Керженский заповедник).
75. Лобуничева, Е.В. Результаты первых гидробиологических исследований водоемов района Атлеки / Е.В.Лобуничева, Е.В., К.Н.Ивичева, Н.Н.Макаренкова // Краеведческие (природоведческие) исследования на Европейском Севере. Материалы Вологодской научно-практической конференции. – Череповец: Череповецкое музейное объединение, 2011. – С. 25–31.
76. Лукина, Е.В. Геоботаническая характеристика некоторых карстовых озер

- Горьковской области. / Е.В. Лукина // Биология озер. Тр. Всесоюзн. симпозиума по основным проблемам пресноводных озер. – Вильнюс, 1970. –Т. 3. – С. 82 –102.
77. Лукина, Е.В. Водная и прибрежно-водная растительность / Е.В.Лукина // Кн. Природа горьковской области. – Горький, 1974. – С. 266 – 278.
78. Макарцева, Е.С. Первые находки *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet 1908) (Rotifera, Brachionidae) в озерах Ладожском и Охотничьем / Е.С.Макарцева, Н.В.Родионова // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды. Тез. докл. IV Междунар. науч. конф. – Минск: Издат. центр Белорусского гос. ун-та, 2011. – С. 222.
79. Макеев, И.С. Метазойный планктон как показатель экологического состояния малых водотоков Нижнего Новгорода / И.С.Макеев, Д.Е.Гаврилко // Зоологические исследования регионов России и сопредельных территорий. Материалы III Международ. научной конф. – Нижний Новгород: НГПУ им. К. Минина, 2014. – С. 123–127.
80. Манкиш, В.Д. Гидрологический и гидрохимический режим реки Керженец и её притоков в среднем и нижнем течении. Труды ГПЗ «Керженский». Т. 1. / В.Д.Манкиш, Н.Г. Баянов. – Нижний Новгород, 2001. – С.79–108.
81. Мельникова, А.В. Оценка качества воды нижекамского водохранилища по Гидробиологическим показателям / А.В. Мельникова, О.С. Любина, М.А. Гвоздарева, Р.Р. Нуретдинов, М.А. Горшков // Гидробиология. – 2019. – №3. – С. 67–72.
82. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах // Зоопланктон и его продукция. – Л.: Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва, 1982. – 33 с.
83. Минеева, Н.М. Растительные пигменты в воде Волжских водохранилищ / Н.М.Минеева // М.: Наука, 2004. – 156 с.
84. Мозжерин, В.И. Река Казанка и ее бассейн / В.И.Мозжерин, О.П.Ермолаев, В.В.Мозжерин // Казань: МеДДок, 2012. – 280 с.
85. Науменко, М.А. Опыт создания цифровой морфометрической модели малого озера на основе высокоточного эхолотирования / М.А.Науменко, А.В.Зелионко,

- З.В.Стрекалова // Уч. зап. Российского гос. гидромет. ун-та. Научно-теорет. журн. РГГМУ. – 2012. – № 25. – С. 35–40.
86. Наumenко, Е.Н. Сезонная и многолетняя динамика численности популяции вселенца *Cercopagis pengoi* (Ostroumov, 1891) в Вислинском (Калининградском) заливе Балтийского моря / Е.Н.Наumenко // // Российский Журнал Биологических Инвазий. – 2018. – №1. – С.68–77.
87. Наumenко, Е.Н. Воздействие вселенца *Cercopagis pengoi* (Ostroumov, 1891) на структурно функциональную организацию зоопланктона Вислинского залива Балтийского моря / Е.Н.Наumenко, И.В.Телеш // Российский Журнал Биологических Инвазий. – 2019. – №2. – С.1–16.
88. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолихина. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2010. – 495 с.
89. Орлова, М.И. Функциональное разнообразие чужеродных видов беспозвоночных и «обвал» инвазий: континентальные водоемы Голарктики / М.И.Орлова // Функционирование и динамика водных экосистем в условиях климатических изменений и антропогенных воздействий. Материалы 5-й Международной конференции, посвященной памяти выдающегося гидробиолога Г. Г. Винберга (12-17 октября 2015 г., г. Санкт-Петербург, Россия). – СПб.: ЛЕМА, 2015. – С. 193.
90. Панов, В.Е. Биологическое загрязнение как глобальная экологическая проблема: международное законодательство и сотрудничество / В.Е. Панов // Экологическая безопасность и инвазии чужеродных организмов. М.: МСОП, 2002. – С. 22 – 40.
91. Подшивалина, В.Н. Зоопланктон растительных ассоциаций разнотипных озер низменного Заволжья / В.Н.Подшивалина, В.А.Яковлев, Е.А.Петрова // Актуальные вопросы изучения микро-, мейо- зообентоса и фауны зарослей пресноводных водоемов. Тематические лекции и материалы I Международной школы-конференции. ИБВВ РАН, Борок. – Нижний Новгород: Вектор ТиС, 2007. – С. 234–239.

92. Природа Горьковской области / под.ред. Н.В.Кузнецова. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1974. – 416 с.
93. Реймерс, Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н.Ф.Реймерс // М.: Журнал "Россия молодая", 1994. – 367 с.
94. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 10. Верхне-Волжский район / под ред. В.П. Шабан. — Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 528 с.
95. Речкалов, В.В. Вертикальное распределение зоопланктона термически стратифицированных озер Челябинской области / В.В.Речкалов, С.В.Голубок // Вестник Челябинского государственного университета. – 2011. – № 5. – С. 110–124.
96. Рылов, В.М. Cyclopoidea пресных вод. Фауна СССР. Ракообразные / В.М.Рылов // Т.3. вып. 3. – Москва – Ленинград: Изд-во Академии наук СССР, 1948. – 162 с.
97. Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / Ред. Дгебуадзе Ю.Ю., Петросян В.Г., Хляп Л.А. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2018. – 688 с.
98. Смирнов, Н.Н. Chydoridae фауны мира. Фауна СССР. Ракообразные / Н.Н.Смирнов // Т.1. Вып. 2. – Л.: Наука, 1971. – 553 с.
99. Смирнов, Н.Н. Macrothricidae и Moinidae фауны мира. Фауна СССР. Ракообразные / Н.Н.Смирнов // Т. 1. Вып. 3. – Л.: Наука, 1976. – 237 с.
100. Собко, Е.И. Исследование вертикального распределения зоопланктона в озере Масельское в период летней стратификации / Е.И.Собко, С.И.Климов // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество вод: Материалы V Международ. науч. конф. (12-17 сентября 2016 г. Минск – Нарочь). Минск: БГУ, 2016. – С.256–258.
101. Современная экологическая ситуация в Рыбинском и Горьковском водохранилищах: состояние биологических сообществ и перспективы рыборазведения: Коллективная моногр. // Отв. редактор Н. М. Минеева. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2000. – 284 с.

102. Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации. Пятый национальный доклад. – М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2015 г. – 124 с.
103. Степанова, Н.Ю. Экология Куйбышевского водохранилища: донные отложения, бентос, бентосоядные рыбы / Н.Ю.Степанова, В.З.Латыпова, В.А.Яковлев // Казань: Изд-во АН РТ, 2004. – 228 с.
104. Сярки, М.Т. Вселение американской коловратки *Kellicottia bostoniensis* (rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) в Выгозерское водохранилище (Республика Карелия) / М.Т. Сярки // Российский журнал биологических инвазий. – 2019. – №3. – С. 111–116.
105. Терешина, М.А. Межгодовая изменчивость характеристик водных масс речного участка чебоксарского водохранилища / М.А.Терешина, О.Н.Ерина, В.М.Колий, Е.А.Вилимович, Д.И.Соколов // Труды 3-й всероссийской научной конференции «Проблемы экологии Волжского бассейна» («ВОЛГА-2018»). Выпуск 1.- г. Н.Новгород: изд. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2018, URL: http://вф-река-море.рф/ECO/2018/PDF_ECO/eco14.pdf (дата обращения 02.08.2021)
106. Телеш, И.В. Влияние биологических инвазий на разнообразие и функционирование сообществ зоопланктона в эстуарных экосистемах Балтийского моря (обзор) / И.В.Телеш // Известия Самарского НЦ РАН. – 2006. – Т. 8. – № 3. – С. 220–232.
107. Унифицированные методы исследования качества вод // Методы биологического анализа вод. Т. 3. М.: СЭВ, 1976. – 185 с.
108. Урбанавичуте, С.П. Флора озера Светлояр и его береговой зоны / С.П.Урбанавичуте // Тр. Гос. природного заповедника "Керженский". – Т. 7. – Н. Новгород, 2015. – С. 117–127.
109. Фомина, Ю.Ю. Зоопланктон Онежского озера, биоразнообразие и продуктивность / Ю.Ю.Фомина, М.Т.Сярки // Биоразнообразие наземных и водных животных. Зооресурсы: III Всероссийская научная Интернет-конференция с междунар. участием. – Казань: ИП Синяев Д.Н., 2015. – С. 71–74.

110. Фридман, Б.И. Геология и рельеф Керженского заповедника / Б.И.Фридман, О.В.Кораблева // Труды государственного природного заповедника "Керженский". – Т. 1. – Н. Новгород, 2001. – С. 45–61.
111. Халафян, А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных: Учебник / А.А.Халафян. – М.: Бином, 2007. – 512 с.
112. Харитонычев, А.Т. Природа Нижегородского Поволжья: История, использование, охрана / А.Т. Харитонычев. - Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1978. – 175 с.
113. Челышева, Ю.Н. Видовая структура водорослей планктона в оценке экологического состояния Пустыньских озёр (Нижегородская область) / Ю.Н.Челышева, А.Г.Охапкин // Труды Государственного природного биосферного заповедника «Керженский». Том 9. Нижний Новгород, 2019. – С. 165–166.
114. Черепенников, В.В. Использование многомерного векторного анализа для оценки пространственного размещения зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища / В.В.Черепенников, Г.В.Шурганова, Е.В.Артельный // Экологические проблемы бассейнов крупных рек. Тезисы докладов Междунар. конф. – Тольятти, 2003. – С. 303.
115. Шитиков, В.К. Количественная гидроэкология / В.К.Шитиков, Г.С.Розенберг, Т.Д.Зинченко. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
116. Шитиков, В.К. Рандомизация и бутстреп: статистический анализ в биологии и экологии с использованием R / В.К.Шитиков, Г.С.Розенберг. – Тольятти: Кассандра, 2013. – 314 с.
117. Шурганова, Г.В. Мультифрактальный анализ видового разнообразия зоопланктоценозов водохранилищ Средней Волги (на примере Горьковского и Чебоксарского) / Г.В.Шурганова, В.В.Черепенников // Вестник ННГУ. Н.Новгород: ННГУ. 2005. Вып. 1(9). С. 222 – 234.
118. Шурганова, Г.В. Динамика видовой структуры зоопланктоценозов в процессе их формирования и развития (на примере водохранилищ средней Волги: Горьковского и Чебоксарского): автореф. дисс. ... докт. биол. наук: 03.00.16 / Шурганова Галина Васильевна. – Нижний Новгород, 2007. – 48 с.

119. Шурганова, Г.В. Методы выделения и идентификации сообществ гидробионтов / Г.В.Шурганова, В.В.Черепенников // Экологический мониторинг. Методы биологического и физико–химического мониторинга. Часть VII. – Уч. пос. Нижний Новгород: Нижегород. гос. ун–т, 2011. – С.121–155.
120. Шурганова, Г.В. Экодиагностика водоемов питьевого водоснабжения крупного мегаполиса (на примере г. Нижнего Новгорода) / Г.В.Шурганова, Д.Е.Гаврилко, В.С.Жихарев, И.А.Кудрин, М.Ю.Ильин, Т.В.Золотарева Д.О.Голубева // Известия Самарского научного центра РАН. – 2016. – Т. 18. – № 5(2). – С. 387–392.
121. Шурганова, Г.В. Распространение коловратки *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) в водоемах и водотоках Нижегородской области / Г.В.Шурганова, Д.Е.Гаврилко, М.Ю.Ильин, И.А.Кудрин, И.С.Макеев, Т.В.Золотарева, В.С.Жихарев, Д.О.Голубева, А.С.Горьков // Российский журнал биологических инвазий. – 2017а. – №3. – С. 122–133.
122. Шурганова, Г.В. Изменения видовой структуры зоопланктонных сообществ разнотипных водотоков Нижегородской области как показатели качества их вод и экологического состояния / Г.В. Шурганова, И.А. Кудрин, Д.Е. Гаврилко, М.Ю. Ильин, Т.В. Золотарева, В.С. Жихарев, Д.О. Голубева // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем III: Материалы Международной конференции. Под ред. В.А. Румянцева, И.С. Трифионовой. – СПб.: Своё издательство, 2017б. – С. 382–385.
123. Шурганова, Г.В. Методы классификации гидробиоценозов на основании сходства видовой структуры / Г.В.Шурганова, В.Н.Якимов, И.А.Кудрин, Д.Е.Гаврилко, Т.В.Золотарева // Экологический мониторинг. Часть IX: Учебное пособие / под ред. проф. Д.Б. Гелашвили. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. – С. 95–112.
124. Шурганова, Г.В. Классификация зоопланктоценозов Пустынской озерно-речной системы на основании сходства видовой структуры / Г.В.Шурганова, В.Н.Якимов, И.А.Кудрин, Т.В.Золотарева, Д.Е.Гаврилко // Материалы IV-й Всероссийской научной конференции с международным участием «Биологические

ресурсы: изучение, использование, охрана». – Вологда: Вологодский государственный университет, 2018а. – С. 162–168.

125. Шурганова, Г.В. Биоиндикация речной части Чебоксарского водохранилища и устьевой области реки Оки на основе количественных показателей развития зоопланктона / Г.В.Шурганова, В.С.Жихарев, Д.Е.Гаврилко, Т.В.Золотарева, Д.С.Ручкин // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2018б. – №57. – С. 59–65.

126. Шурганова, Г.В. Видовой состав зоопланктона водотоков государственного природного биосферного заповедника «Керженский» (по данным 2013-2015 гг.) / Г.В.Шурганова, Т.В.Золотарева, М.Ю.Ильин, И.А.Кудрин, Д.Е.Гаврилко, В.С.Жихарев // Зоологические исследования регионов России и сопредельных территорий: Материалы IV Международной заочной научно-практической конференции. Под. ред. А.И. Дмитриева, Ю.Ю. Давыдовой. – Нижний Новгород: Мининский университет, 2018в. – С. 104–111.

127. Шурганова, Г.В. Новые сведения о распространении вида-вселенца *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) в водоёмах и водотоках Нижегородской области / Г.В.Шурганова, Д.Е.Гаврилко, В.С.Жихарев, Т.В.Золотарева, Д.С.Ручкин // Материалы докладов III Международной конференции «Актуальные проблемы планктонологии» (Зеленоградск, 24-28 сентября 2018 г.). – Калининград: АтлантНИРО, 2018г. – С. 223–225.

128. Шурганова, Г.В. Морфометрические характеристики коловратки *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) двух карстовых озёр Нижегородского Предволжья / Г.В.Шурганова, Т.В.Золотарева, М.Ю.Ильин, И.А.Кудрин, Д.Е.Гаврилко, В.С.Жихарев // Материалы докладов III Международной конференции «Актуальные проблемы планктонологии» (Зеленоградск, 24-28 сентября 2018 г.). – Калининград: АтлантНИРО, 2018. – С. 226–228.

129. Шурганова, Г.В. Распространение и морфологические характеристики инвазийного вида *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) в водных объектах Нижегородской области / Г.В.Шурганова, Т.В.Золотарева, И.А.Кудрин, В.С.Жихарев, Д.Е.Гаврилко, М.Ю.Ильин, Д.С.Ручкин // Тезисы докладов XII-го

Съезда Гидробиологического общества при РАН. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2019а. – С. 532–533.

130. Шурганова, Г.В. Североамериканская коловратка *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) в планктонных сообществах водоемов Нижегородской области (Европейская Россия) / Г.В.Шурганова, В.С.Жихарев, Д.Е.Гаврилко, Т.В.Золотарева, И.А.Кудрин // Озера Евразии: проблемы и пути их решения: Материалы II Международной конференции (Казань, 19-24 мая 2019 г.). – Казань: Издательство Академии наук РТ, 2019. – Ч. 2. – С. 359–364.

131. Шурганова, Г.В. Биоиндикация равнинного водохранилища на основе количественных показателей развития зоопланктона / Г.В.Шурганова, В.С.Жихарев, Д.Е.Гаврилко, И.А.Кудрин, Т.В.Золотарева, Д.С.Ручкин // Материалы Международных научных чтений «Теоретические проблемы экологии и эволюции. Качество воды и водные биоресурсы (VII Любимцевские чтения)». – Тольятти: Анна, 2020. – С. 205-209.

132. Шурганова Г.В. Экодиагностика разнотипных озер Нижегородской области на основе показателей видовой структуры зоопланктона / Г.В.Шурганова, Т.В.Золотарева, В.С.Жихарев, Д.Е.Гаврилко, И.А.Кудрин, Н.А.Старцева, А.А.Нижегородцев, Е.С.Обедиев, Е.В. Шурганова // Самарский научный вестник. –2021. – №2. – С. 116–123.

133. Эдельштейн, К. К. Водоохранилища России: экологические проблемы и пути их решения. / К.К.Эдельштейн // М.: ГЕОС, 1998. – 277 с.

134. Экологические проблемы Верхней Волги. Коллективная монография. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2001. – 427 с.

135. Экологическое состояние водных объектов Нижнего Новгорода. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2005. – 414 с.

136. Эрман, Л.А. Цикломорфоз и питание планктонных коловраток / Л.А.Эрман // Зоол. журн. – 1962. – Т. 41. – Вып. 7. – С. 998 – 1003.

137. Якимов, В.Н. Основы анализа биомедицинских и экологических данных в среде R / В.Н.Якимов // Н. Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2019. – 97 с.

138. Якимов, В.Н. Методы сравнительной оценки результатов кластерного анализа структуры гидробиоценозов (на примере зоопланктона реки Линда Нижегородской области) / В.Н.Якимов, Г.В.Шурганова, В.В.Черепенников, И.А.Кудрин, М.Ю.Ильин // Биология внутренних вод. – 2016. – №2. – С. 94–103.
139. Якимов, В.Н. Использование функциональных признаков в методах кластерного анализа и ординации гидробиоценозов / В.Н.Якимов, Г.В.Шурганова, И.А.Кудрин, Д.Е.Гаврилко, В.С.Жихарев // Экологический мониторинг. Часть X: Учебное пособие. Под ред. проф. Д.Б. Гелашвили. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2019. – С. 137–150.
140. Ahlstrom, E.H. Plankton Rotatoria from North Carolina / E.H.Ahlstrom, // Bd. 54 Nr. 1. P. 88–110.
141. Arnemo, R. The Dispersal in Swedish Waters of *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet) (Rotatoria) / R.Arnemo, B.Berzins, B.Gronberg, I.Mellgren // Oikos. – 1968. – V.19. – № 2. – P. 351–358.
142. Balvay, G. First Record of the Rotifer *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) in France / G.Balvay // J. Plankton Res. – 1994. – V.16. – № 8. – P. 1071–1074.
143. Bayanov, N.G. Occurrence and abundance level of *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) in lakes of the Nizhniy Novgorod region / N.G.Bayanov // Российский журнал биологических инвазий. – 2014. – № 1. – С. 83–87.
144. Bekker, E.I. A revision of the subgenus *Eurycercus* (*Eurycercus*) Baird, 1843 emend. nov. (Cladocera: Eurycercidae) in the Holarctic with description of a new species from Alaska / E.I.Bekker, A.A.Kotov, D.J.Taylor // Zootaxa. – 2012. – V. 3206. – P. 1–40.
145. Bezerra–Neto, J.F. The exotic rotifer *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) in the zooplankton community in a tropical reservoir / J.F.Bezerra–Neto, L.R.Aguila, G.G.Landa, R.M.Pinto–Coelho // Lundiana. – 2004. – Vol. 5. – № 2. – P. 151 – 153.
146. Biêdzki, L.A. Diversity of Rotifers from Northeastern USA Bogs with New Species Records for North America and New England / L.A.Biêdzki, A.M.Ellison // Hydrobiologia. –2003. – V. 497. – P. 53 – 62.

147. Bomfim, F.F. Geographical spread of the invasive species *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879) and *K. bostoniensis* (Rousselet, 1908): A scientometric approach / F.F.Bomfim, T.Mantovano, L.T.F.Schwind, F.Palazzo, C.C.Bonecker, F.A.Lansac-Tôha // Acta Scientiarum. Biological Sciences. – 2016. – Vol. 38. – No. 1. – P. 29 – 36.
148. Borcard, D. Numerical ecology with R / D.Borcard, F.Gillet, P.Legendre. – New York: Springer, 2011. – 306 p.
149. Bur, M.T. First records of a European cladoceran, *Bythotrephes cederstroemi*, in Lakes Erie and Huron. / M.T.Bur, D.M.Klarer, K.A.Krieger // J. Great Lakes Res. – 1986. – V. 12. – P. 144 – 146.
150. Cadotte, M.W. Conceptual Ecology and Invasion Biology: Reciprocal Approaches to Nature / M.W.Cadotte, S.M.McMahon, T.Fukami // Conceptual ecology and invasion biology: reciprocal approaches to nature. – 2006. – Springer. Link – 507 p.
151. Campbell, R.S. Vertical distribution of the plankton Rotifera in Douglas Lake, Michigan, with special reference to depression individuality / R.S.Campbell // Ecol. Monogr. – 1941. – V. 11. – P. 1 – 19.
152. Catford, J.A. Quantifying levels of biological invasion: towards the objective classification of invaded and invadable ecosystems / J.A.Catford, , A.V. Peter, D.M.Richardson, P.Pysek // Global Change Biology, 2012. – V.18. – P. 14 – 62.
153. Choi, J.-Y The influence of aquatic macrophytes on the distribution and feeding habits of two *Asplanchna* species (*A. priodonta* and *A. herrickii*) in shallow wetlands in South Korea/ Choi J.-Y., Jeong Kw.-S., La G.-H, Chang Kw.-H., Joo G.-J. // J. Limnology. – 2015. – №74 (1). – P. 1–11.
154. Davis, M. Don't judge species on their origins / M. Davis, M.K.Chew, R.J.Hobbs, A.E.Lugo, J.J.Ewel, G.J.Vermeij, J.H.Brown, M.L.Rosenzweig, M.R.Gardener, S.P.Carroll, K.Thompson, S.T.A.Pickett, J.C.Stromberg, P.D.Tredici, K.N.Suding, J.G.Ehrenfeld, J.P.Grime, J.Mascaro, J.C.Briggs // Nature. – 2011. – Vol. 474. – June 9. – P. 153-154.
155. De Paggi, J. New Data on the Distribution of *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Monogononta: Brachionidae): Its Presence in Argentina / J.De Paggi // Zool. Anzeiger. – 2002. – V. 241. – P. 363–368.

156. DeVries, D.R. *Daphnia lumholtzi* in the Mobile River drainage, USA: Invasion of a habitat that experiences salinity / D.R.DeVries, R.A.Wright, T.S.DeVries // Journal of Freshwater Ecology. – 2006. – V. – 21(3). – P. 527–530.
157. Dorak, Z. Diurnal vertical distribution of zooplankton in a newly formed reservoir (Tahtalı Reservoir, Kocaeli): the role of abiotic factors and chlorophyll *a* / Z.Dorak, Ö.Gaygusuz, A.S.Tarkan, H.Aydin // Turkish Journal of Zoology. – 2013. – V. 37. – P. 218 – 237.
158. Downing, J.A. The global abundance and size distribution of lakes, ponds, and impoundments / J.A. Downing, Y.T. Prairie, J.J. Cole, C.M. Duarte, L.J. Tranvik, R.G. Striegl, W.H. McDowell, Kortelainen P., Caraco N.F., Melack J.M. // Limnology and Oceanography. – 2006. – V. 51(5). – P. 2388-2397.
159. Dumont, H.J. Biogeography of rotifers / H.J.Dumont, // Hydrobiologia. – 1983. – V. 104. – P. 19 – 30.
160. Edmondson, W.T. Morphological variation in *Kellicottia longispina* / W.T.Edmondson, A.H.Litt // Hydrobiologia. – 1989. – Vol. 186/187. – P. 109 – 117.
161. Eloranta, P. *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet), a Plankton Rotifer Species New to Finland / P. Eloranta // Ann. Zool. Fennici. – 1988. – 25. – P. 249–252.
162. Finlay, K. Regional ecosystem variability drives the relative importance of bottom-up and top-down factors for zooplankton size spectra / K. Finlay, B.E. Beisner, A. Patoine, B. Pinel-Alloul // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2007. – V. 64. – P. 516 – 529.
163. Garraffoni, A.R.S. Synthesis of Brazilian Rotifera: an updated list of species / A.R.S.Garraffoni, A.P.Lourenço // Check List. – 2012. – V. 8(3). – P. 375 – 407.
164. Ghadouani, A. Could increased cyanobacterial biomass following forest harvesting cause a reduction in zooplankton body size structure? / A. Ghadouani, B. Pinel-Alloul, E.E. Prepas // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2006. – V. 63. – P. 2308-2317.
165. Giri, F. Geometric morphometric and biometric analysis for the systematic elucidation of *Brachionus caudatus* Barrois and Daday, 1894 (Rotifera Monogononta

- Brachionidae) forms / F.Giri, S.J.De Paggi // Zoologischer Anzeiger. – 2006. – No.244. – P. 171–180.
166. Golubtsov, A.S. Polymorphism at two enzyme loci (Sod and Odh) in populations of the Amur sleeper, *Perccottus glenii* (Pisces, Eleotrididae), from its native range and the colonized area: the effect of introduction on genetic variation / A.S.Golubtsov, I.I.Ilyin., M.V.Mina // Syst. Evol.-Forsch. – 1993. – V. 31. – P. 269-279.
167. Gray, D.K. Efficacy of open-ocean ballast water exchange as a means of preventing invertebrate invasions between freshwater ports / D.K.Gray, T.H.Johengen, D.F.Reid, H.J.MacIsaac // Limnol. Oceanogr. – 2007. – V. 52. – No 6. – P. 2386 – 2397.
168. Green, J. The temperate–tropical gradient of planktonic Protozoa and Rotifera / J.Green // Hydrobiologia. – 1994. – Vol. 272. – P 13 – 26.
169. Green, J. Morphological variation of *Keratella cochlearis* (Gosse) in a backwater of the River Thames / J.Green // Hydrobiologia. – 2005. – Vol. 546. – P. 189 – 196.
170. Green, J. Morphological variation of *Keratella cochlearis* (Gosse) in Myanmar (Burma) in relation to zooplankton community structure / J.Green // Hydrobiologia. – 2007. – Vol. 593. – P. 5 – 12.
171. Havel, J.E. *Daphnia lumholtzi* in North-America - Another Exotic Zooplankter / J.E.Havel, P.D.N.Hebert // Limnology and Oceanography. – 1993. – V. 38 (8) – P. 1823 – 1827.
172. Havel, J.E. Invasion of the exotic cladoceran *Daphnia lumholtzi* into North-American reservoirs / J.E.Havel, W.R.Mabee, J.R.Jones // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 1995. – V. 52(1). – P. 151–160.
173. Havel, J.E. Zooplankton community structure: The role of dispersal / J.E.Havel, J.Stelzeinni-Schwent // Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. – 2000. – V. 27. – P. 3264–3268.
174. Hettinger, N. Exotic species, naturalization and biological nativism / N.Hettinger // Environmental values. – 2001. – V. (10). – P. 193 – 222.
175. Jarvinen, M. Responses of phyto- and zooplankton to liming in a small acidified humic lake / M.Jarvinen, K.Kuoppamäki, M.Rask // Water, Air and Pollution. – 1995. – V. 85. – P. 943–948.

176. Josefsson, M. The Environmental Consequences of Alien Species in the Swedish lakes Mälaren, Hjälmaren, Vänern and Vättern / M.Josefsson, B.Andersson // *Ambio*. – 2001. – V. 30. – № 8. – P. 514 – 521.
177. Korovchinsky, N.M. Cladocera: Ctenopoda. Families Sididae, Holopediidae & Pseudopenilidae (Branchiopoda: Cladocera). Identification Guides to the Plankton and Benthos of Inland Waters / N.M. Korovchinsky. – Weikersheim: Backhuys Publishers Margraf Publishers GmbH, 2018. – 208 p.
178. Kosik, M. Initial succession of zooplankton and zoobenthos assemblages in newly formed quarry lake Medard (Sokolov, Czech republic) / M.Kosik, Z.Čadkova, I.Říkryl, J.Sed'a, L.Pechar, E.Pecharova // In 11th International Mine Water Association Congress – Mine Water – Managing the Challenges 05.09.2011, Aachen, Germany / Eds. Rűde T.R., Freund A., Wolkersdorfer C. - Aachen, Germany: IMWA, 2011. – P. 517-522.
179. Koste, W. Rotatoria. Die Rotertiere Mitteleuropas / W.Koste // Berlin: Gebruder Borntraeger, 1978
180. Kotov, A.A. Cladocera: family Ilyocryptidae (Branchiopoda: Cladocera: Anomopoda) / A.A.Kotov, P.Štifter // Guides to the identification of the microivertebrates of the Continental Waters of the world. V. 22. – Leiden: Kenobi Productions, Ghent & Backhuys Publishers, 2006. – 172 p.
181. Kotov, A. Cladocera: Family Eurycercidae (Branchiopoda: Cladocera: Anomopoda). Identification Guides to the Plankton and Benthos of Inland Waters / A.Kotov, E.Bekker. – Weikersheim: Backhuys Publishers Margraf Publishers GmbH, 2016. – 97 p.
182. Krylov, P.I. Distribution and seasonal dynamics of the Ponto-Caspian invader *Cercopagis pengoi* (Crustacea, Cladocera) in the Neva Estuary (Gulf of Finland) / P.I.Krylov, D.E.Bychenkov, V.E.Panov, N.V.Rodionova, I.V.Telesh // *Hydrobiologia*. – 1999. – V. 393. – P. 227-232.
183. Landa, G.G. Distribuição espacial e temporal de *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera) em um grande *reservatório* tropical (reservatório de Furnas), Estado de Minas Gerais, Brasil / G.G.Landa, L.R.Del Aguila, R.M.Pinto - Coelho // *Acta Scientiarum*. – 2002. – V. 24. – P. 313– 319.

184. Lazareva, V.I. American Rotifer *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) in Reservoirs of the Upper Volga Basin / V.I.Lazareva, S.M.Zhdanova // Inland Water Biology. – 2014. – Vol. 7. – No. 3. – P. 259 – 263.
185. Lazareva, V.I. Spreading of Alien Zooplankton Species of Ponto-Caspian Origin in the Reservoirs of the Volga and Kama Rivers / V.I.Lazareva // Russ. J. Biol. Invasions. – 2019. – № 4. – P. 328 – 348.
186. Leentvaar, P. Quelques rotateurs rares observés em Hollande / P.Leentvaar // Hydrobiologia. – 1961. – 18. – P. 245–251.
187. Legendre, P. Numerical Ecology / P.Legendre, L.Legendre. – Amsterdam: Elsevier Sci. – BV, 1998. – 853 p.
188. Legendre, P. Numerical ecology / P.Legendre, L.Legendre. – Oxford: Elsevier, 2012. – 990 p.
189. Lehtovaara, A. Responses of zooplankton to long-term environmental changes in a small boreal lake / A.Lehtovaara, L.Arvola, J.Keskitalo, M.Olin, M.Rask, K.Salonen, J.Sarvala, T.Tulonen, J.Vuorenmaa // Boreal Environment Research. – 2014. – 19. – P. 97 – 111.
190. Leuven, R. Invasive species in inland waters: from early detection to innovative management approaches / R.Leuven, A.Boggero, E.S.Bakker, A.K.Elgin, H.Verreycken // Aquatic Invasions. – 2017. – Vol. 12. – No. 3. – P. 269–273.
191. Lodi, S. Zooplankton community metrics as indicators of eutrophication in urban lakes / S. Lodi, L.C.G. Vieira, L.F.M. Velho, C.C. Bonecker, P. Carvalcho, L.M. Bini // Natureza & Conservação. – 2011. – V. 9(1). – P. 87-92.
192. Lopes, R.M., Comunidade zooplanctônica do reservatório de Segredo / R.M.Lopes, F.A.Lansac-Tôha, R.Val, M.Serafim-Júnior // In: A. A Agostinho & L. C. Gomes (Eds.), Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. Maringá, Brasil: Editora da Universidade Estadual de Maringá. – 1997. – P. 39 – 60.
193. Macedo, R. Small in size but rather pervasive: the spread of the North American rotifer *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) through Neotropical basins. / R.Macedo, A.C.Franco, G.Klippel, E.Fintelman de Oliveira, L.Silva, L.Neves dos Santos, C.Branco // BioInvasions Records. – 2020. – Volume 9. – P. 287–302.

194. Makarewicz, J.C. Distribution, fecundity, and genetics of *Cercopagis pengoi* (Ostroumov) (Crustacea, Cladocera) in Lake Ontario / J.C.Makarewicz, , I.A.Grigorovich, E.Mills, E.Damaske, M.E.Cristescu, W.Pearsall, M.J.LaVoie, R.Keats, L.Rudstam, P.Hebert, H.Halbritter, T.Kelly, C.Matkovich, H.J.MacIsaac. // J. Great Lakes Res. – 2001. – V. 27. – P. 19–32.
195. Margalef, R. La teoria de la informacion en ecologia / R.Margalef // Mem. Real. Acad. Cienc. Artes Barcelona. – 1957. – V. 32. – P. 373–449.
196. Mergeay, J. Two hundred years of a diverse *Daphnia* community in Lake Naivasha (Kenya): effects of natural and human-induced environmental change / J.Mergeay, D.Verschuren, L.Van Kerckhoven, L.De Meester // Freshwater Biology – 2004. – V. 49. – P. 998–1013.
197. Mimouni, E-A. Assessing aquatic biodiversity of zooplankton communities in an urban landscape / E-A. Mimouni, B. Pinel-Alloul, B.E. Beisner // Urban Ecosystems. – 2015. – V. 18. – P. 1353–1372.
198. Olagbemide, P. The Role of Abiotic Factors in Diurnal Vertical Distribution of Zooplankton in Awba Dam, Ibadan, Nigeria / P.Olagbemide // Journal of Natural Sciences Research. – Vol.4. – No.14. – 2014. – P. 90 – 102.
199. Oliveira, F.R. Effects of the exotic rotifer *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) on the microbial food web components / F.R.Oliveira, F.M.Lansac-Tôha, B.R.Meira, B.T.Segovia, C.Cochak, L.F.Machado Velho // Aquatic Ecology. – 2019. – № 53. – P. 581–594.
200. Padovesi-Fonseca, C. Rotifera, Paranoá reservoir, Brasília, Central Brazil. / C.Padovesi-Fonseca, L.Mendonça-Galvão, C.Andreoni-Batista // Check List. – 2011. – V. 7(3). – P. 248 –252.
201. Panov, V.E. Invasion history, biology and impacts of the Baikalian amphipod *Gmelinoides fasciatus* / V.E.Panov, N.A.Berezina // Invasive Aquatic Species of Europe – Distribution, Impacts and Management / Eds. E. Leppäkoski, S. Gollasch, S. Olenin. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. – P. 96 – 103.
202. Peixoto, R.S. Occurrence of *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) and *Mesocyclops ogunnus* Onabamiro, 1957 in lakes of the Middle River Doce, MG, Brazil /

- R.S.Peixoto, L.P.M.Brandão, C.F.Valadares, P.M.M. Barbosa // *Acta Limnologica Brasiliensia*. – 2010. – V. 22(3). – P. 356 – 360
203. Pejler, B. History of rotifer research in northern Europe / B.Pejler // *Hydrobiologia*. – 1998. – V. 387/388. – P. 1 – 8.
204. Picapedra, P.H.S. Zooplankton community in the Upper Parnaíba River (Northeastern, Brazil) / P.H.S.Picapedra, C.Fernandes, F.A.Lansac-Toha // *Acta Limnologica Brasiliensia*. – 2015. – 27(1). – P. 118–129.
205. Picapedra, P. H. S. Zooplankton communities and their relationship with water quality in eight reservoirs from the midwestern and southeastern regions of Brazil / P H.S.Picapedra, C.Fernandes, G.Baumgartner, P.V.Sanches. // *Brazilian Journal of Biology*. – V. 81. – №3. – 701 – 713.
206. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing / R Core Team. – 2015. – URL: <http://www.R-project.org/>.
207. Rao, C.R. The use and interpretation of principal component analysis in applied research / C.R.Rao // *Sankhya*. – 1964. – Ser. A. – V. 26. P. – 329-358.
208. Schulz, H. Biometrische messungen an *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet) / H.Schulz // *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut*. – 1964. – Bd. 61. – S. 117 – 121.
209. Shurganova, G.V. Distribution of rotifer *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) in water bodies and watercourses of Nizhny Novgorod oblast / G.V.Shurganova, D.E.Gavrilko, M.Yu.Il'in, I.A.Kudrin, I.S.Makeev, T.V.Zolotareva, V.S.Zhikharev, D.O.Golubeva, A.S.Gorkov // *Russian Journal of Biological Invasions*. – 2017. – Vol. 8. – №. 4. – P. 393–402.
210. Shurganova, G.V. Spatial distribution of zooplankton on the upper part of the Cheboksary reservoir / G.V.Shurganova, I.A.Kudrin, V.N.Yakimov, D.E.Gavrilko, V.S.Zhikharev, T.V.Zolotareva // *Inland Water Biology*. – 2018. – Vol. 11. – № 3. – P. 317–325.
211. Shurganova G. V. Zooplankton communities of the Middle River Part of the Cheboksary Reservoir and factors influencing their species structure / G.V.Shurganova,

- V.S.Zhikharev, D.E.Gavrilko, I.A.Kudrin, T.V.Zolotareva, B.N.Yakimov, O.N.Erina, M.A. Tereshina // *Povolzhskiy Journal of Ecology*. – 2019a. – № 3. – С. 384–395.
212. Shurganova, G.V. New information on the findings of alien rotifer *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Monogononta: Brachionidae) in Nizhny Novgorod oblast / G.V.Shurganova, V.S.Zhikharev, D.E.Gavrilko, T.V.Zolotareva, D.S.Ruchkin // *Russian Journal of Biological Invasions*. – 2019b. – Vol. 10. – № 3. – P. 282–288.
213. Shurganova G.V. Abundance of related species, *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) and *K. longispina* (Kellicott, 1879) (Rotifera: Brachionidae), in the zooplankton communities of the Pustynskaya lake-river system (Nizhny Novgorod Region) / G.V. Shurganova, T.V.Zolotareva, I.A.Kudrin, V.S.Zhikharev, D.E.Gavrilko, M.Iu.II'in // *Russian Journal of Biological Invasions*. – 2021. – Vol. 12. – № 2. – P. 219–231.
214. Streble, H. Das Leben im Wassertropfen / H.Streble, D.Krauter // *Mikroflora und Mikrofauna des Süßwassers*. - Kosmos Verlag, Stuttgart, 2006. – 429 p.
215. Strecker, A. Invasive Predator, *Bythotrephes*, has Varied Effects on Ecosystem Function in Freshwater Lakes / A.Strecker, S.Arnott // *Ecosystems*. – 2008. – V. 11. – P. 490–503.
216. Swaffar, S.M. Spines of *Daphnia lumholtzi* create feeding difficulties for juvenile bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*) / S.M.Swaffar, W.J.O'Brien // *Journal of Plankton Research*. – 1996. –V. 18(6). – P. 1055 – 1061.
217. Vezhnavev, V.V. First record of the north American rotifer *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) from the Sozh River, Belarus / V.V.Vezhnavev, A.G.Litvinova // *Russian Journal of Biological Invasions*. – 2015. – Vol. 6. – No. 2. – P. 135–136.
218. Walsh, J.R. Invasive species triggers a massive loss of ecosystem services through a trophic cascade / J.R.Walsh, S.R.Carpenter, M.J.Vander Zanden // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2016. – Vol. 113. – No. 15. – P. 4081 – 4085.
219. Wittmann M.J., Gabriel W., Harz E-M., Laforsch C/, Jeschke J. M. Can *Daphnia lumholtzi* invade European lakes? / M.J.Wittmann, W.Gabriel, E-M.Harz, C. Laforsch, J. M. Jeschke // *NeoBiota*. –2013. – №16. – P.39–57.

220. Zadereev, Y.S. The vertical distribution of zooplankton in brackish meromictic lake with deep-water chlorophyll maximum / Y.S.Zadereev, A.P.Tolomeyev // *Hydrobiologia*. – 2007. – V. 576. – P. 69–82.
221. Zanata, L.H. First record of *Daphnia lumholtzi* (SARS, 1885), exotic cladoceran, in Sao Paulo State (Brazil) / L.H.Zanata, E.L.G.Espindola, O.Rocha, R.H.G.Pereira // *Brazilian Journal of Biology*. 2003. – V. 63(4) – P. 717 – 720.
222. Zhang, J.Y. Taxonomical status of two *Brachionus calyciflorus* morphotypes in Lake Liantang based on ITS sequence / J.Y.Zhang, Y.L.Xi, Q.Ma, X.L.Xiang // *Acta Hydrobiol.* – 2010. – V. 34. – P. 935–942.
223. Zhdanova, S.M. *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) in waterbodies of European Russia / S.M.Zhdanova, A.E.Dobrynin // *Inland Water Biology*. – 2011. – Vol. 4. – № 1. – P. 39 – 47.
224. Zhikharev, V.S. *Ilyocryptus spinifer* Herrick 1882 (Crustacea, Branchiopoda, Cladocera): The First Record of the Species in the European Fauna / V.S.Zhikharev, A.N.Neretina, T.V.Zolotareva, D.E.Gavrilko, G.V. Shurganova // *Biology Bulletin*. – 2020. – Vol. 47. – № 8. – P. 930–936.
225. Zolotareva, T.V. The role of invasive rotifer *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) in the species structure of zooplankton communities of the Pustyn lake-river system (the Nizhni Novgorod region) / T.V.Zolotareva, I.A.Kudrin, M.Ju.Ilin, G.V.Shurganova // Book abstracts The V International Symposium «Invasion of alien species in Holarctic». – Yaroslavl: Publisher “Филигрань”, 2017. – P. 150.
226. Чужеродные виды на территории России на портале ИПЭЭ РАН (<http://www.sevin.ru/invasive/priortargets/BckgrPriorTarg.html>).
227. Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe. Режим доступа: <http://www.europe-aliens.org/>
228. The Global Invasive Species Database (International Union for Conservation of Nature, 2011). – Режим доступа: <http://www.iucngisd.org/gisd/>
229. National Invasive Species Information Center США. Режим доступа: <https://www.invasivespeciesinfo.gov/subject/databases>

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Видовой состав зоопланктона исследованных водных объектов (2014–2020 гг.)

№ п/п	Вид	Водохранилища			Реки	Озера	Каналы и протоки	ЭГ
		ГВ	ЧВ	КВ				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Коловратки (Rotifera Cuvier, 1817)								
1	<i>Anuraeopsis fissa</i> Gosse, 1851	+	+	–	6, 13, 18, 19, 21, 27	34, 52	14, 15	ПЛ
2	<i>Ascomorpha ecaudis</i> Perty, 1850	–	–	–	6, 8	37, 46, 48, 50	14	ФП
3	<i>Asplanchna girodi</i> de Guerne, 1888	+	+	–	6, 13, 20	30, 32	14	ПЛ
4	<i>Asplanchna herricki</i> de Guerne, 1888	–	–	–	18, 21, 22	29, 41, 51-56	15	ПЛ
5	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	+	+	+	1-10, 12, 13, 16-24, 27	28-38, 40-56	14, 15	ПЛ
6	<i>Asplanchna</i> sp.	–	–	–	–	47	–	–
7	<i>Bdelloida</i> sp.	+	+	–	1-6, 8, 11-13, 17-25	32, 35, 37, 39, 41-44, 48-55	14, 15	–
8	<i>Beauchampiella eudactylota</i> (Gosse, 1886)	–	–	–	6, 19	–	–	Ф
9	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	+	+	–	3, 10, 13, 17-21, 27	29, 31, 35, 42, 45, 46, 48-49, 52-56	14, 15	ПЛ
10	<i>Brachionus bennini</i> Leissling, 1924	–	+	–	13, 19, 21, 23	–	–	ПЛ
11	<i>Brachionus bidentatus</i> Anderson, 1889	–	+	–	13, 17, 25	–	–	ПЛ
12	<i>Brachionus budapestinensis</i> Daday, 1885	–	+	–	6, 13, 17, 20, 21	–	–	ПЛ
13	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	+	+	+	3, 4, 10-13, 16-22, 24-27	35, 43	14	ПЛ
14	<i>Brachionus diversicornis</i> (Daday, 1883)	+	+	+	1, 2, 5, 9-10, 13, 16-21, 26	31, 40, 52, 54-56	14, 15	ПЛ
15	<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898	–	–	–	19	31	–	ПЛ
16	<i>Brachionus forficula</i> Wierzejski, 1891	–	–	–	21	–	–	ПЛ
17	<i>Brachionus leydigii</i> Cohn, 1862	–	+	–	13, 17	–	–	ПЛ
18	<i>Brachionus nilsoni</i> Ahlstrom, 1940	–	+	–	19-21	–	–	ПЛ
19	<i>Brachionus plicatilis</i> Müller, 1786	–	–	–	21	–	–	ПЛ
20	<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783	–	+	–	1-3, 5-7, 10, 13, 17-21, 23-26	41-43	14, 15	ФП
21	<i>Brachionus urceolaris</i> Müller, 1773	+	+	–	17, 19, 21	–	14	ПЛ
22	<i>Brachionus variabilis</i> Hempel, 1896	+	+	–	19-21	–	–	ПЛ
23	<i>Cephalodella auriculata</i> (Müller, 1773)	–	–	–	2	–	–	Ф
24	<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg, 1830)	–	+	–	3, 6, 8, 19, 23-25	–	14	Ф
25	<i>Cephalodella megalcephala</i> (Glascott, 1893)	+	+	–	2, 4, 13, 19-21	43	–	Ф
26	<i>Cephalodella ventripes</i> (Dixon-Nuttall, 1901)	–	–	–	20	–	–	Ф

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
27	<i>Collothea pelagica</i> (Rousselet, 1893)	+	–	–	6, 20, 21, 27	31, 40, 41, 45, 46, 49, 50	–	ПЛ
28	<i>Collothea</i> sp.	–	–	–	23	–	–	–
29	<i>Colurella adriatica</i> Ehrenberg, 1831	+	+	–	6	–	–	Ф
30	<i>Colurella colurus</i> (Ehrenberg, 1830)	–	–	–	6	–	–	Ф
31	<i>Colurella uncinata</i> (Müller, 1773)	–	–	–	6	39, 48	–	Ф
32	<i>Conochilus (Conochiloides) coenobasis</i> (Skorikov, 1914)	+	–	–	3, 18, 21, 22	33, 42, 44, 51, 52	14, 15	ФП
33	<i>Conochilus (Conochiloides) natans</i> (Seligo, 1900)	–	–	–	–	41	–	ФП
34	<i>Conochilus (Conochilus) hippocrepis</i> (Schrank, 1803)	+	+		6, 21, 23	33, 41, 43	–	ФП
35	<i>Conochilus (Conochilus) unicornis</i> Rousselet, 1892	+	+	+	4-6, 13, 16-24	28, 29, 31-38, 40-46, 48-51, 54-56	–	ФП
36	<i>Dicranophorus grandis</i> (Ehrenberg, 1832)	–	–	–	6	–	–	Ф
37	<i>Dipleuchlanis propatula</i> (Gosse, 1886)	–	–	–	6	–	–	Ф
38	<i>Dissotrocha aculeata</i> (Ehrenberg, 1832)	–	–	–	6	48	14	ПР
39	<i>Eosphora najas</i> Ehrenberg, 1830	–	–	–	21, 23	–	–	ПР
40	<i>Epiphanes macroua</i> (Barrois & Daday, 1894)	–	–	–	–	33	–	ФП
41	<i>Epiphanes senta</i> (Müller, 1773)	–	–	–	–	–	14	ФП
42	<i>Euchlanis deflexa</i> Gosse, 1851	+	–	–	6, 10, 18, 23-25	41, 42, 45, 51	14, 15	ФП
43	<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	+	+	+	1-6, 8-10, 12, 13, 16-21, 23-25	29, 40-43, 48, 49, 52, 54-56	14, 15	ФП
44	<i>Euchlanis dilatata lucksiana</i> Hauer, 1930	+	+	–	1, 17, 19	31, 32	–	Ф
45	<i>Euchlanis incisa</i> Carlin, 1939	–	–	–	1-3, 5-6, 9, 16, 18, 23, 24	38, 41-43, 47	14, 15	Ф
46	<i>Euchlanis lyra</i> Hudson, 1886	+	–	–	6, 17, 19, 25	32	–	Ф
47	<i>Euchlanis meneta</i> Myers, 1930	+	+	–	2-4, 6, 17-20, 25	41, 42, 48	14	Ф
48	<i>Euchlanis oropha</i> Gosse, 1887	–	+	–	6	–	–	Ф
49	<i>Euchlanis triquetra</i> Ehrenberg, 1838	–	–	–	3, 6, 9, 10, 24, 25	41, 42, 45, 48, 49, 56	14, 15	Ф
50	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	+	+	+	1, 3, 5-7, 9, 10, 12, 13, 16-21, 27	28-34, 36, 37, 39, 40, 42, 49-56	15	ПЛ
51	<i>Filinia passa</i> (Müller, 1786)	+	–	–	–	–	–	ПЛ
52	<i>Gastropus hyptopus</i> (Ehrenberg, 1838)	+	+	–	13, 17, 18	–	15	ПЛ
53	<i>Gastropus stylifer</i> Imhof, 1891	–	+	–	18	48, 50, 52	15	ПЛ
54	<i>Hexarthra fennica</i> (Levander, 1892)	–	–	–	–	44	–	ПЛ

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	<i>Hexarthra mira</i> (Hudson, 1871)	–	–	–	6, 18, 19, 21, 22	32, 40-42, 44, 46, 47	14	ПЛ
56	<i>Kellicottia bostoniensis</i> (Rousselet, 1908)	+	+	+	2, 3, 5-12, 16, 18-27	28, 30, 33-41, 43-47, 51-56	14, 15	ПЛ
57	<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	+	+	+	1-5, 9, 10, 13, 16-25	28, 30-32, 34, 36, 40-42, 44-56	14, 15	ПЛ
58	<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	2-11, 13, 16-27	28-36, 38-40, 43-56	14, 15	ПЛ
59	<i>Keratella irregularis</i> (Lauterborn, 1898)	+	+	–	13	–	–	ПЛ
60	<i>Keratella mixta</i> (Oparina-Charitonova, 1924)	–	–	–	19	–	–	ПЛ
61	<i>Keratella pahudosa</i> (Lucks, 1912)	–	+	–	21	–	–	ПЛ
62	<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	+	+	+	1-11, 13, 16-21, 26, 27	28-33, 35-37, 39, 40, 45, 46, 48-55	14, 15	ПЛ
63	<i>Keratella serrulata</i> (Ehrenberg, 1838)	–	+	–	22-25	41, 43	–	ПЛ
64	<i>Keratella tecta</i> (Gosse, 1851)	–	–	–	6	–	–	ПЛ
65	<i>Keratella testudo</i> (Ehrenberg, 1832)	+	+	–	1, 5, 6, 8, 20-22, 24	34-38, 40, 51	14	ПЛ
66	<i>Keratella tropica</i> (Apstein, 1907)	–	+	–	20, 21	–	–	ПЛ
67	<i>Keratella valga</i> (Ehrenberg, 1834)	–	+	–	13, 20	–	–	ПЛ
68	<i>Lecane arcuata</i> (Bryce, 1891)	–	–	–	–	49	14	Ф
69	<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)	–	–	–	2, 5, 6, 18, 19, 22	34, 38, 39, 41, 43, 48, 52, 55	14, 15	Ф
70	<i>Lecane closteroerca</i> (Schmarda, 1859)	–	+	–	1, 6	38, 41, 42	–	Ф
71	<i>Lecane cornuta</i> (Müller, 1786)	–	–	–	23	–	–	Ф
72	<i>Lecane crenata</i> (Harring, 1913)	–	–	–	–	41	–	Ф
73	<i>Lecane depressa</i> (Bryce, 1891)	–	–	–	–	41	14	Ф
74	<i>Lecane flexilis</i> (Gosse, 1886)	–	+	–	2	45	–	Ф
75	<i>Lecane hamata</i> (Stokes, 1896)	–	–	–	6, 19	41, 48	14	Ф
76	<i>Lecane ludwigii</i> (Eckstein, 1883)	–	–	–	6	41, 45	–	Ф
77	<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)	+	+	–	2, 3, 5, 6, 17-19, 21-25	29, 33, 39, 41-45, 48, 53, 54	14, 15	Ф
78	<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)	–	+	–	6, 24	42, 48	14	Ф
79	<i>Lecane quadridentata</i> (Ehrenberg, 1830)	–	–	–	3, 6, 18	41	14	Ф
80	<i>Lecane scutata</i> (Harring & Myers, 1926)	–	–	–	24, 25	–	–	Ф
81	<i>Lecane stenroosi</i> (Meissner, 1908)	–	–	–	3, 18	48, 54	14	Ф
82	<i>Lecane stichaea</i> Harring, 1913	–	–	–	6, 25	–	–	Ф
83	<i>Lecane tenuiseta</i> Harring, 1914	–	+	–	–	–	–	Ф
84	<i>Lecane unguolata</i> (Gosse, 1887)	–	–	–	5, 6, 23-25	41	14	Ф

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
85	<i>Lepadella (Lepadella) acuminata</i> (Ehrenberg, 1834)	–	–	–	6, 18, 19, 22	41, 42, 48	14, 15	Ф
86	<i>Lepadella (Lepadella) ovalis</i> (Müller, 1786)	–	–	–	6	50	–	Ф
87	<i>Lepadella (Lepadella) patella</i> (Müller, 1773)	–	–	–	6, 19, 22	–	–	Ф
88	<i>Lepadella (Lepadella) rhomboides</i> (Gosse, 1886)	–	–	–	6	–	–	Ф
89	<i>Lophocharis oxysternon</i> (Gosse, 1851)	–	–	–	6, 20	–	–	Ф
90	<i>Lophocharis salpina</i> (Ehrenberg, 1834)	–	–	–	6, 19	48, 50	–	Ф
91	<i>Monommata longiseta</i> (Müller, 1786)	–	–	–	6	–	–	Ф
92	<i>Mytilina crassipes</i> (Lucks, 1912)	–	–	–	6	–	–	Ф
93	<i>Mytilina mucronata</i> (Müller, 1773)	–	–	–	5, 6, 19	48	14	Ф
94	<i>Mytilina ventralis</i> (Ehrenberg, 1830)	–	–	–	1, 2, 5, 6, 18, 19	41, 42, 48, 50	14	Ф
95	<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg, 1832)	–	–	–	5, 17, 19	47	14	ПЛ
96	<i>Notholca caudata</i> Carlin, 1943	–	–	–	13	–	–	ПЛ
97	<i>Notommata aurita</i> (Müller, 1786)	–	–	–	3, 6, 12, 18-20, 24	41, 42, 48, 50	14	ФП
98	<i>Notommata cyrtopus</i> Gosse, 1886	–	–	–	6	–	–	Ф
99	<i>Platimus patulus</i> (Müller, 1786)	–	–	–	5, 6, 9, 18, 23, 24	43, 44, 48, 50	14	Ф
100	<i>Platylas quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)	–	+	–	1-3, 6, 8, 9, 17-19, 21-25	49, 50, 53	14	Ф
101	<i>Pleurotrocha sigmoidea</i> Skorikov, 1896	–	–	–	5	–	–	Ф
102	<i>Ploesoma hudsoni</i> (Imhof, 1891)	+	+	+	2, 18-22	28, 30, 32, 34, 36, 37, 41, 42, 45-56	15	ПЛ
103	<i>Ploesoma truncatum</i> (Levander, 1894)	+	+	–	2, 4, 5, 17, 20	37, 41	–	ПЛ
104	<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	+	+	–	6, 7, 13, 21	32, 41, 42, 50	14	ПЛ
105	<i>Polyarthra euryptera</i> Wierzejski, 1891	+	+	–	1, 6, 9, 16-19, 21, 22	34-37, 41-44, 46, 47, 51-53, 56	14, 15	ПЛ
106	<i>Polyarthra longiremis</i> Carlin, 1943	–	–	–	3, 5, 13, 17, 24	–	14	ПЛ
107	<i>Polyarthra luminosa</i> Kutikova, 1962	–	–	+	6, 13, 18, 20	41, 42, 48, 53, 55	15	ПЛ
108	<i>Polyarthra major</i> Burckhardt, 1900	+	+	+	1, 3-6, 8-12, 16-24, 26, 27	30-33, 35-37, 39, 40, 42, 44, 46-50, 52, 54-56	14, 15	ПЛ
109	<i>Polyarthra minor</i> Voigt, 1904	+	+	–	6, 13	28, 41	14	ПЛ
110	<i>Polyarthra remata</i> Skorikov, 1896	+	–	+	2, 4, 6, 13, 16, 18-21, 27	28, 34, 43, 46, 48-50, 52, 53	15	ПЛ
111	<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin, 1943	+	+	–	2-5, 7, 13, 16-18, 20-22	33-39, 51	14	ПЛ
112	<i>Pompholyx complanata</i> Gosse, 1851	+	+	–	6, 18	32, 41, 45, 48, 52	–	ПЛ
113	<i>Pompholyx sulcata</i> Hudson, 1885	+	–	–	6	46, 50	–	ПЛ

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
114	<i>Proales decipiens</i> (Ehrenberg, 1830)	–	–	–	–	35	–	Ф
115	<i>Proales</i> sp.	–	–	–	23	–	–	Ф
116	<i>Rotaria neptunia</i> (Ehrenberg, 1830)	–	–	–	6	49	14	ПП
117	<i>Rotaria rotatoria</i> (Pallas, 1766)	+	+	–	4-6, 16, 17, 19-21, 23	35, 37-39, 43	14	ПП
118	<i>Scaridium longicaudum</i> (Müller, 1786)	–	–	–	6, 23, 25	41, 48	–	Ф
119	<i>Sinantherina socialis</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	19	–	–	Ф
120	<i>Squatinella lamellaris</i> (Müller, 1786)	–	–	–	6	–	–	Ф
121	<i>Squatinella rostrum</i> (Schmarda, 1846)	–	–	–	6	41	–	Ф
122	<i>Synchaeta kitina</i> Rousset, 1902	+	+	–	2, 4, 5, 13, 16-17, 19-21, 27	35-37, 39	–	ПЛ
123	<i>Synchaeta oblonga</i> Ehrenberg, 1832	–	–	–	24	–	–	ПЛ
124	<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	+	+	+	1-7, 9, 10, 12, 13, 16-25, 27	28, 32, 33, 35-39, 41-43, 45-51, 53	14, 15	ПЛ
125	<i>Synchaeta tremula</i> (Müller, 1786)	–	–	–	–	32	–	ПЛ
126	<i>Taphrocampa selenura</i> Gosse, 1887	–	–	–	6	–	–	Ф
127	<i>Testudinella elliptica</i> (Ehrenberg, 1834)	–	–	–	6	–	–	Ф
128	<i>Testudinella emarginula</i> (Stenroos, 1898)	–	–	–	6, 25	–	–	Ф
129	<i>Testudinella incisa</i> (Ternetz, 1892)	–	–	–	6	–	–	Ф
130	<i>Testudinella mucronata</i> (Gosse, 1886)	–	–	–	6, 17, 23-25	28, 55	–	Ф
131	<i>Testudinella parva</i> (Ternetz, 1892)	–	–	–	3	41, 45, 48-50	14	Ф
132	<i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)	–	+	–	1-10, 12-21, 23-25, 27	42, 54-56	14, 15	Ф
133	<i>Testudinella truncata</i> (Gosse, 1886)	–	–	–	6	42	–	Ф
134	<i>Trichocerca bidens</i> (Lucks, 1912)	+	+	–	6	41, 42	–	Ф
135	<i>Trichocerca brachyura</i> (Gosse, 1851)	–	–	–	6, 8, 13, 17	–	14	Ф
136	<i>Trichocerca capucina</i> (Wierzejski & Zacharias, 1893)	+	+	+	3-5, 8, 16, 18-22, 25	29, 31, 32, 40, 41, 45-56	14, 15	ФП
137	<i>Trichocerca cylindrica</i> (Imhof, 1891)	+	+	+	3, 5, 6, 9, 10, 17, 18, 21, 25	28, 31, 33, 40, 41, 43, 45, 46, 49, 51-56	14, 15	ФП
138	<i>Trichocerca elongata</i> (Gosse, 1886)	–	+	–	3, 5, 6	48	14	Ф
139	<i>Trichocerca inermis</i> (Linder, 1904)	–	–	–	6	–	–	Ф
140	<i>Trichocerca longiseta</i> (Schränk, 1802)	–	–	–	5, 6, 9, 16, 18	41, 48, 55	14	Ф
141	<i>Trichocerca pusilla</i> (Jennings, 1903)	+	+	–	4, 5, 13-21, 23	35, 47, 52, 54, 55	15	ФП

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
142	<i>Trichocerca rattus</i> (Müller, 1776)	–	–	–	5, 6, 19, 21	41, 42, 48	–	Ф
143	<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893)	+	+	–	3, 5, 6, 16, 18-21	28, 31, 39-42, 45, 46, 48-52, 54-56	14, 15	Ф
144	<i>Trichocerca stylata</i> (Gosse, 1851)	+	+	–	2, 6, 13, 19, 21	31	–	ФП
145	<i>Trichocerca taurocephala</i> (Hauer, 1931)	+	+	–	–	–	–	Ф
146	<i>Trichocerca tenuior</i> (Gosse, 1886)	–	–	–	6	48	–	Ф
147	<i>Trichocerca tigris</i> (Müller, 1786)	–	–	–	6	–	–	Ф
148	<i>Trichocerca weberi</i> (Jennings, 1903)	+	+	–	6, 19-21	41, 42	14	Ф
149	<i>Trichotria curta</i> (Skorikov, 1914)	–	–	–	3	–	14	Ф
150	<i>Trichotria pocillum</i> (Müller, 1776)	–	–	–	3, 6, 19	42, 45, 48	14	Ф
151	<i>Trichotria truncata</i> (Whitelegge, 1889)	–	–	–	3, 5, 6, 13, 17, 18, 20, 21	43	14	Ф
Ветвистоусые ракообразные (Cladocera Latreille, 1829)								
152	<i>Acantholeberis curvirostris</i> (O.F. Müller, 1776)	–	–	–	–	43	–	Ф
153	<i>Acroperus angustatus</i> Sars, 1862	–	–	–	5, 6, 16, 21, 22, 24, 25	–	–	Ф
154	<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1834)	+	–	+	4-6, 8, 9, 12, 16-25	41, 42, 44, 45, 48, 49, 51	14, 15	Ф
155	<i>Alona guttata</i> Sars, 1862 s.l.	+	–	–	3-6, 8, 9, 13, 17-25	28, 32, 41, 42, 45, 46, 48, 51	14, 15	Ф
156	<i>Alona intermedia</i> Sars, 1862 s.l.		+	–	18-21	42, 48	14, 15	ПП
157	<i>Alona quadrangularis</i> (O.F. Müller, 1785)	+	+	–	1, 2, 4-6, 10, 12, 18, 19, 21, 22, 24, 25	41, 42, 45, 48, 55, 56	14, 15	Ф
158	<i>Alonella excisa</i> (Fischer, 1854)	–	+	–	5, 6, 18-20, 22-25	51	14	Ф
159	<i>Alonella exigua</i> (Lilljeborg, 1853)	+	+	–	6, 13-17, 19-25	36, 42, 45, 48, 55	14	Ф
160	<i>Alonella nana</i> (Baird, 1850)	–	+	+	3, 6, 13, 17-26	28, 29, 32, 41-45, 48, 54	14	Ф
161	<i>Alonopsis elongata</i> (Sars, 1861)	–	–	–	5	29	–	Ф
162	<i>Anchistropus emarginatus</i> Sars, 1862	–	–	–	–	41	14	Ф
163	<i>Biapertura affinis</i> (Leydig, 1860)	+	–	–	1-3, 5, 6, 9, 10, 21, 25	28, 41, 42, 44-46	14	Ф
164	<i>Biapertura sibirica</i> (Sinev, Karabanov & Kotov, 2020)	–	–	–	16, 18-20, 22-25	28, 29, 32, 36, 41, 51, 53	14	Ф
165	<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i> (O.F. Müller, 1776)	+	+	+	1-10	28-31, 33-35, 39-56	–	ФП
166	<i>Bosmina (Eubosmina) cf. crassicornis</i> Lilljeborg, 1887	–	–	–	4	–	–	ПЛ
167	<i>Bosmina (Eubosmina) cf. longispina</i> Leydig, 1860	–	–	–	4, 12-24, 26, 27	45	14	ПЛ
168	<i>Bosmina (Eubosmina) coregoni</i> Baird, 1857	+	+	+	1, 2, 4, 5, 13, 16, 17, 19-21, 26	31, 32, 44-48, 50	14	ПЛ

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
169	<i>Bosminopsis zernowi</i> Linko, 1901	–	–	–	9	–	–	ПЛ
170	<i>Bunops serricaudata</i> (Daday, 1888)	–	–	–	23	–	–	ПР
171	<i>Bythotrephes brevimanus</i> x <i>cederströmii</i> (гибрид)	+	+	+	4, 18, 19, 21, 23, 25	–	14, 15	ПЛ
172	<i>Camptocercus lilljeborgi</i> Schödler, 1862	–	–	–	5, 16	32	–	Ф
173	<i>Camptocercus rectirostris</i> Schödler, 1862	+	+	+	3, 5, 6, 9, 10, 17, 19, 21, 26	32	–	Ф
174	<i>Ceriodaphnia dubia</i> Richard, 1894 s.l.	–	–	–	–	43	–	ФП
175	<i>Ceriodaphnia laticaudata</i> P.E. Müller, 1867	–	–	–	6	32	–	ФП
176	<i>Ceriodaphnia megops</i> Sars, 1862	–	–	–	6, 12, 18, 21	32, 50	14, 15	ФП
177	<i>Ceriodaphnia pulchella</i> Sars, 1862 s.l.	+	+	+	3, 5, 6, 9, 13	28, 29, 30, 32, 48	–	ФП
178	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O.F. Müller, 1785) s.l.	+	+	+	2-6, 9, 12, 23, 25	–	–	ФП
179	<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine, 1820)	+	+	–	3, 5, 6, 9, 10, 13, 16, 22, 24	42, 51	–	ФП
180	<i>Ceriodaphnia rotunda</i> Sars, 1862	+	+	+	12, 13, 18-21, 23, 24	29, 31, 32, 40-46, 49, 50, 52, 54-56	14, 15	ФП
181	<i>Ceriodaphnia setosa</i> Matile, 1890	+	+	+	6, 12-20, 22-25	46, 49, 52-56	14, 15	ФП
182	<i>Chydorus gibbus</i> Sars, 1890	–	–	–	13, 20-22	–	14	ПР
183	<i>Chydorus ovalis</i> Kurz, 1875	–	–	–	5	49	–	ПР
184	<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller, 1776)	+	+	+	1-3, 5, 6, 8, 13, 24, 25	28, 46	14	ФП
185	<i>Cornigerius maeoticus</i> (Pengo, 1880)	–	–	+	26	–	–	ПЛ
186	<i>Coronatella (Coronatella) rectangula</i> (Sars, 1861)	–	–	+	3-6, 10, 16, 25	28, 29	14	Ф
187	<i>Daphnia (Daphnia) cristata</i> Sars, 1862	+	+	+	5, 7, 12-27	28, 29, 31, 32, 35, 41-50, 52-56	14, 15	ПЛ
188	<i>Daphnia (Daphnia) cucullata</i> Sars, 1862	+	–	+	1, 3, 5, 7, 8, 10	48	–	ПЛ
189	<i>Daphnia (Daphnia) galeata</i> Sars, 1863	+	+	+	1, 2, 4, 5, 7, 13, 16, 18-21, 26, 27	29, 31, 32, 45-48, 50-56	14, 15	ПЛ
190	<i>Daphnia (Daphnia) hyalina</i> Leydig, 1860	+	+	–	5, 12, 13, 17-23, 26, 27	28, 32, 33, 34, 36, 43	14	ПЛ
191	<i>Daphnia (Daphnia) longiremis</i> Sars, 1862	+	+	+	13, 16, 17, 19-21, 23, 26, 27	33-35, 37, 39	14	ПЛ
192	<i>Daphnia (Daphnia) longispina</i> O.F. Müller, 1776 s.str.	–	+	–	6, 20	28, 30, 32	14	ПЛ
193	<i>Daphnia (Daphnia) pulex</i> (Linnaeus, 1758) s.l.	–	–	–	8	50	–	ПЛ
194	<i>Daphnia</i> sp.	+	+	–	12, 21, 22	36, 40, 41, 51	14	ПЛ
195	<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Liévin 1848) s.str.	+	+	–	3, 5-7, 10, 12, 19, 24	28, 29, 30, 32, 34, 35, 43	14	ФП
196	<i>Diaphanosoma orghidani</i> Negrea, 1982	–	–	+	10, 12	–	–	ПЛ
197	<i>Disparalona rostrata</i> (Koch, 1841) s.l.	+	+	+	2, 4-6, 9, 13, 16-22, 26	29, 32, 40-43, 45-56	14, 15	Ф

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
198	<i>Eurycercus (Eurycercus) lamellatus</i> (O. F. Müller, 1776)	+	+	+	3, 6, 10, 13, 17, 19-21	49	14	Ф
199	<i>Eurycercus (Eurycercus) macracanthus</i> Frey, 1973	–	–	–	6	–	–	Ф
200	<i>Flavalona costata</i> (Sars, 1862)	+	+	+	2, 5, 6, 9, 13, 16-25	41, 42, 46, 48, 50, 52, 54, 56	14, 15	Ф
201	<i>Graptoleberis pannonica</i> Daday, 1903	–	–	–	6, 16, 18, 22-24	42, 45, 48	14, 15	Ф
202	<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1851)	–	+	–	1, 2, 5, 6, 10	43	–	Ф
203	<i>Holopedium gibberum</i> Zaddach, 1855 s.l.	–	+	–	16-21, 22-24	30, 41, 42, 45, 48	14, 15	ПЛ
204	<i>Ilyocryptus acutifrons</i> Sars, 1862	–	–	–	–	34, 36, 37, 47, 51	–	ПР
205	<i>Ilyocryptus agilis</i> Kurz, 1878	+	+	–	2, 19	–	–	ПР
206	<i>Ilyocryptus sordidus</i> (Liévin, 1848)	–	+	–	4, 6, 13, 17, 19-21, 23	–	14	ПР
207	<i>Ilyocryptus spinosus</i> Štifter, 1988	–	–	–	21	–	–	ПР
208	<i>Lathonura rectirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	–	–	–	5, 6, 23	–	–	Ф
209	<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)	+	+	+	4, 7	32, 50	14	ПЛ
210	<i>Leydigia (Leydigia) leydigi</i> (Schödler, 1863)	+	+	+	6, 13, 16-21, 26, 27	32, 46, 48, 50-56	14, 15	ПР
211	<i>Limnosida frontosa</i> Sars, 1862	+	+	+	20, 23	–	15	ПЛ
212	<i>Macrothrix laticornis</i> (Jurine, 1820)	+	+	+	2, 5, 19, 21	–	–	ПР
213	<i>Macrothrix rosea</i> (Jurine, 1820)	–	+	–	13, 16, 17, 19-22	–	14	ПР
214	<i>Megafenestra aurita</i> (Fischer, 1849)	–	–	–	6	41	–	Ф
215	<i>Moina brachiata</i> (Jurine, 1820) s.l.	–	–	–	8	–	–	ПЛ
216	<i>Moina macrocopa</i> (Straus, 1820) s.l.	–	+	–	12, 13, 17	–	14	ПЛ
217	<i>Moina micrura</i> Kurz, 1875 s.l.	–	+	+	–	–	–	ПЛ
218	<i>Monospilus dispar</i> Sars, 1862	+	+	+	2, 4, 5, 13, 17, 19, 21, 27	40,49	–	ПР
219	<i>Ophryoxus gracilis</i> Sars, 1862	–	–	–	13, 16-19, 21-25	40, 44, 48, 51	–	Ф
220	<i>Ovalona karelica</i> (Stenroos, 1897)	–	–	–	6, 23	–	–	Ф
221	<i>Oxyurella tenuicaudis</i> (Sars, 1862)	–	–	–	3, 5, 6, 16	–	14	Ф
222	<i>Phreatalona protzi</i> (Hartwig, 1900)	–	+	–	–	–	–	ПР
223	<i>Pleuroxus aduncus</i> (Jurine, 1820)	–	–	–	1-3, 5, 6, 9, 22	45, 45, 48	14	Ф
224	<i>Pleuroxus laevis</i> (Sars, 1862)	–	–	–	6, 18	42	–	Ф
225	<i>Pleuroxus striatus</i> Shödler, 1862	–	+	–	6, 16-18, 20, 21, 23, 24	45, 48-50, 55	14	Ф
226	<i>Pleuroxus trigonellus</i> (O.F. Müller, 1785)	–	–	–	5, 6, 9, 23-25	42, 43	14	Ф
227	<i>Pleuroxus truncatus</i> (O.F. Müller, 1785)	–	–	–	6, 12, 17, 19-25	29, 41-43	–	Ф
228	<i>Pleuroxus uncinatus</i> Baird, 1850	–	+	–	6, 10, 16, 17, 20, 23	43, 46	14	Ф

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
229	<i>Polyphemus pediculus</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	3, 5, 6, 18, 25	28, 32, 42, 48, 50	14	ФП
230	<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1843)	–	–	–	1, 2, 13, 16-20, 22-25	32, 33, 41, 42, 45, 48	14	Ф
231	<i>Rhynchotalona falcata</i> (Sars, 1862)	–	–	–	21	50	–	ПР
232	<i>Scapholeberis mucronata</i> (O.F. Müller, 1776) s.l.	+	+	–	2, 3, 6, 9, 10, 13, 17-20, 22-25	35, 36, 41, 42, 48, 55	14, 15	Ф
233	<i>Sida crystallina</i> (O.F. Müller, 1776)	–	+	+	4, 6, 13, 16-17, 19-22	29, 42, 45, 48	14	Ф
234	<i>Simocephalus (Crownoccephalus) serrulatus</i> (Koch, 1841)	–	–	–	6	–	–	Ф
235	<i>Simocephalus (Echinocaudus) congener</i> (Koch, 1841)	–	–	–	6, 22	–	–	Ф
236	<i>Simocephalus (Echinocaudus) exspinosus</i> (Geer, 1778)	–	–	–	6, 18, 22	42	14	Ф
237	<i>Simocephalus (Simocephalus) vetulus</i> (Müller, 1776)	+	–	–	2, 3, 5, 6, 10, 16-18, 20-25	42, 45, 48, 50	14	Ф
238	<i>Streblocerus serricaudatus</i> (Fischer, 1849)	–	–	–	–	41	–	ПР
Веслоногие ракообразные (Copepoda Milne-Edwards, 1840)								
239	<i>Acanthocyclops americanus</i> (Marsh, 1892)	–	+	+	13, 24, 27	36	–	ПЛ
240	<i>Acanthocyclops venustus</i> (Norman & Scott T., 1906)	–	+	–	2, 5	39,	–	ПЛ
241	<i>Acanthocyclops vernalis</i> (Fischer, 1853)	–	–	–	6	–	14	ПР
242	<i>Calanipeda aquaedulcis</i> Kritschagin, 1873	–	–	–	26	–	–	ПЛ
243	<i>Cryptocyclops bicolor</i> (Sars, 1863)	–	–	–	6	41, 48	–	Ф
244	<i>Cyclops abyssorum</i> Sars, 1863	+	+	–	20	29, 32	–	ПЛ
245	<i>Cyclops kolensis</i> Lilljeborg, 1901	–	+	–	16	28-30, 33-39	–	ПЛ
246	<i>Cyclops scutifer</i> Sars, 1863	–	–	+	–	–	–	ПЛ
247	<i>Cyclops strenuus</i> Fischer, 1851	+	+	–	13, 17, 18, 27	28-30, 32, 46-48, 50, 52	14	ПР
248	<i>Cyclops vicinus</i> Uljanin, 1875	+	+	–	5, 6, 13, 16, 17, 19-21, 27	33, 48	–	ПЛ
249	<i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus, 1857)	–	+	–	16	48, 50	14	ПЛ
250	<i>Ectocyclops phaleratus</i> (Koch, 1838)	–	–	–	6	41, 42	–	ПР
251	<i>Eucyclops denticulatus</i> (Graeter, 1903)	–	–	–	6, 24	42, 43, 45, 48	–	Ф
252	<i>Eucyclops macrurides</i> (Lilljeborg, 1901)	–	–	–	6, 25	–	14	Ф
253	<i>Eucyclops macrurus</i> (Sars, 1863)	–	–	–	6, 21	32, 45, 48	14	Ф
254	<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)	–	+	–	1, 3, 6, 8, 12, 13, 17-24	42, 45, 48, 51, 54, 55	14	Ф
255	<i>Eucyclops speratus</i> (Lilljeborg, 1901)	–	–	–	6	–	–	Ф
256	<i>Eudiaptomus gracilis</i> (G.O. Sars, 1863)	+	+	+	3, 4, 6, 7, 13, 16, 17, 19-21, 27	33, 41, 43, 45, 48-50	14, 15	ПЛ
257	<i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljeborg, 1888)	+	+	–	4, 13, 16-22, 27	28-32, 40, 46, 47, 51-56	–	ПЛ

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
258	<i>Eurytemora caspica</i> Sukhikh & Alekseev, 2013	–	–	+	26, 27	–	–	ПЛ
259	<i>Eurytemora velox</i> (Lilljeborg, 1853)	+	+	+	13, 16, 17, 19-21	48	14	ФП
260	<i>Heterocope appendiculata</i> G.O. Sars, 1863	+	+	–	17, 20	–	–	ПЛ
261	<i>Heterocope caspia</i> Sars G.O., 1897	–	–	+	26	–	–	ПЛ
262	<i>Macrocylops albidus</i> (Jurine, 1820)	–	+	–	3, 6, 8, 16, 18, 19, 21-24	41, 42, 45, 46, 48, 51	14	Ф
263	<i>Macrocylops distinctus</i> (Richard, 1887)	–	–	–	6	45	–	Ф
264	<i>Macrocylops fuscus</i> (Jurine, 1820)	–	+	–	6	42, 48	–	Ф
265	<i>Megacyclops gigas</i> (Claus, 1857)	–	–	–	6, 23	–	–	Ф
266	<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine, 1820)	+	+		1, 3, 5, 21	32, 41-43, 45, 48	14	Ф
267	<i>Mesocyclops leucarti</i> (Claus, 1857)	+	+	+	1-6, 8, 9, 13, 16-21, 24, 26, 27	28, 33, 34, 36, 37, 40, 46, 48, 50, 52-56	14, 15	ФП
268	<i>Metacyclops gracilis</i> (Lilljeborg, 1853)	–	+	–	–	–	–	Ф
269	<i>Microcylops rubellus</i> (Lilljeborg, 1901)	–		–	6	–	–	Ф
270	<i>Microcylops varicans</i> (Sars, 1863)	–	–	–	6, 16	–	–	Ф
271	<i>Paracyclops affinis</i> (Sars, 1863)	–	+	–	6, 20	–	–	Ф
272	<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fischer, 1853)	–	+	–	6, 16, 21, 23, 24	–	14	Ф
273	<i>Paracyclops poppei</i> (Rehberg, 1880)	–	–	–	1, 6, 8, 23	–	14	Ф
274	<i>Paracyclops</i> sp.	–	–	–	23	–	–	Ф
275	<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer, 1853)	+	+	+	6, 13, 16-21, 26, 27	28, 30, 32, 40-46, 48-50, 54	14	ФП
276	<i>Thermocyclops dybowskii</i> (Lande, 1890)	–	–	–	6	31	–	Ф
277	<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars, 1863)	+	+	–	2-7, 13-24	28-30, 33, 35-37, 39-42, 44-56	14, 15	ФП
278	<i>Thermocyclops taihokuensis</i> Harada, 1931	–	+	+	21	–	–	ФП
279	Copepodit Juv.	+	+	+	1-27	28-56	14, 15	–
280	Nauplii Copepoda	+	+	+	1-27	28-56	14, 15	–

Примечание. Водные объекты: 1 – р. Трестьянка; 2 – р. Пыра; 3 – р. Левинка; 4 – р. Черная (Заволжье); 5 – р. Черная (Нижний Новгород); 6 – р. Вьюница; 7 – р. Гниличка; 8 – р. Ржавка; 9 – р. Параша; 10 – р. Рахма; 11 – р. Кова; 12 – р. Старка; 13 – р. Ока; 14 – Шуваловский канал; 15 – Протока; 16 – р. Везлома; 17 – р. Кудьма; 18 – р. Сережа; 19 – р. Керженец; 20 – р. Сундовик; 21 – р. Ветлуга; 22 – р. Чара; 23 – р. Рустайчик; 24 – р. Черная (Керженский заповедник); 25 – р. Пугай; 26 – р. Кама; 27 – р. Казанка; 28 – оз. Кочешковское; 29 – оз. Титковское; 30 – оз. Жаренское; 31 – оз. Нестиар; 32 – оз. Светлояр; 33 – оз. Сиротинное; 34 – оз. Черный Яр; 35 – оз. Драничное; 36 – оз. Черноезерское-1; 37 – оз. Черноезерское-2; 38 – оз. Гришино; 39 – оз. Новая Старица; 40 – оз. Черное; 41 – оз. Круглое; 42 – оз. Нижнее Рустайское; 43 – оз. Маховское; 44 – оз. Малое Круглое; 45 – оз. Парковое; 46 – оз. Сортировочное; 47 – оз. Гурьяново; 48 – оз. Пермьяковское; 49 – оз. Счастливое; 50 – оз.

Светлоярское; 51 – оз. Чарское; 52 – оз. Великое; 53 – оз. Свято; 54 – оз. Глубокое; 55 – оз. Паровое; 56 – оз. Долгое.

ЭК (экологические группы зоопланктона): ПЛ – планктонные виды; ФП – фитофильно-планктонные виды; Ф – фитофильные виды; ПР – придонные виды.

Водохранилища: ГВ – Горьковское водохранилище; ЧВ – Чебоксарское водохранилище; ГВ – Горьковское водохранилище.

Таблица 2

Показатели видовой структуры сообществ зоопланктона Пустынской озерно-речной системы

Название сообщества		Сообщество зоопланктона р. Сережи	Сообщество зоопланктона оз. Великого	Сообщество зоопланктона Протоки	Сообщество зоопланктона оз. Свято
1		2	3	4	5
2013 г.					
N, тыс. экз./м ³	Общая	196,11±39,06	448,78±77,36	709,71±0,38	375,80±95,43
	Соотношение численностей, % Rot:Clad:Cop	70,5:5,0:24,5	72,3:6,4:21,4	65,6:11,1:23,3	69,7:14,5:15,8
B, мг/м ³	Общая	239,89±42,37	938,26±93,19	2216,67±1169,05	1757,23±269,48
	Соотношение биомасс, % Rot:Clad:Cop	40,0:22,4:37,6	43,0:31,6:25,4	17,5:18,3:64,2	26,7:28,6:44,6
Индекс Шеннона, H_N		1,77±0,11	2,62±0,07	2,29±0,04	2,08±0,08
Индекс Шеннона, H_B		2,33±0,06	2,36±0,09	2,12±0,32	1,86±0,28
Индекс Пielу, e_N		0,55±0,04	0,78±0,02	0,72±0,01	0,70±0,05
Индекс Пielу, e_B		0,71±0,01	0,70±0,02	0,67±0,12	0,62±0,07
Доминирующие виды и группы		<i>K. bostoniensis</i> , <i>Nauplii Cyclopoida</i>	<i>K. cochlearis</i> , <i>C. coenobasis</i>	<i>K. bostoniensis</i> , <i>K. cochlearis</i>	<i>K. bostoniensis</i> , <i>Copepodit Cyclopoida</i>
2014 г.					
N, тыс. экз./м ³	Общая	531,21±216,67	458,63±98,27	1592,24±193,98	124,27±48,87
	Соотношение численностей, % Rot:Clad:Cop	77,0:9,7:13,3	63,1:12,9:23,9	54,6:8,7:36,7	65,3:16,6:18,1
B, мг/м ³	Общая	841,83±306,51	2391,019±258,25	6036,34±1319,42	644,55±160,99
	Соотношение биомасс, % Rot:Clad:Cop	55,1:21,4:23,5	12,7:57,0:30,3	54,5:15,7:29,8	37,9:30,7:31,5
Индекс Шеннона, H_N		2,23±0,10	2,58±0,08	2,18±0,12	2,06±0,09
Индекс Шеннона, H_B		2,29±0,09	2,16±0,08	1,78±0,20	1,85±0,03

Продолжение таблицы 2

1		2	3	4	5
Индекс Пиелу, e_N		0,69±0,03	0,79±0,02	0,65±0,03	0,69±0,04
Индекс Пиелу, e_B		0,71±0,02	0,66±0,02	0,53±0,06	0,62±0,02
Доминирующие виды и группы		<i>K. quadrata</i> , <i>K. cochlearis</i> , <i>Hexarthra mira</i>	<i>B. diversicornis</i> , <i>T. cylindrica</i> , <i>Copepodit</i> <i>Cyclopoida</i>	<i>K. cochlearis</i> , <i>Nauplii Cyclopoida</i> , <i>Copepodit Cyclopoida</i>	<i>K. bostoniensis</i> , <i>K. cochlearis</i> , <i>Copepodit Cyclopoida</i> , <i>B. longirostris</i>
2015 г.					
N, тыс. экз./м ³	Общая (средняя)	42,16±5,76	332,45±74,58	244,3±58,5	124,27±48,87
	Соотношение численностей, % Rot:Clad:Cop	15,52:26,43:58,05	50,66:15,65:33,69	30,30:19,52:50,18	65,3:16,6:18,1
B, мг/м ³	Общая (средняя)	684,89±405,15	2102,22±514,32	796,46±366,18	644,55±160,99
	Соотношение биомасс, % Rot:Clad:Cop	1,59:81,95:16,46	32,08:32,25:35,67	25,0:30,41:44,59	37,9:30,7:31,5
Индекс Шеннона, H_N		1,88±0,19	2,19±0,06	2,00±0,11	2,06±0,09
Индекс Шеннона, H_B		2,24±0,11	1,83±0,09	2,17±0,12	1,85±0,03
Индекс Пиелу, e_N		0,55±0,05	0,66±0,01	0,57±0,04	0,69±0,04
Индекс Пиелу, e_B		0,66±0,04	0,55±0,03	0,62±0,04	0,62±0,02
Доминирующие виды и группы		<i>Nauplii Cyclopoida</i>	<i>Copepodit Cyclopoida</i> , <i>T. cylindrica</i> , <i>D. cucullata</i>	<i>Nauplii Cyclopoida</i> , <i>Copepodit Cyclopoida</i>	<i>Nauplii Cyclopoida</i> , <i>Copepodit Cyclopoida</i> , <i>K. longispina</i> , <i>K. cochlearis</i>
2016					
N, тыс. экз./м ³	Общая (средняя)	161,1±38,2	297,5±9,3	299,9±26,01	148,43±39,16
	Соотношение численностей, % Rot:Clad:Cop	54,2:11,4:34,4	53,8:12,1:34,1	36,5:11,7:51,8	28,2:33,5:38,3
B, мг/м ³	Общая (средняя)	644,0±148,5	3290,3±219,7	2399,0±807,6	3036,1±1016,0
	Соотношение биомасс, % Rot:Clad:Cop	46,8:14,9:38,3	37,3:24,4:38,3	37,4:20,2:42,4	10,9:19,0:70,1

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	1
Индекс Шеннона, H_N		2,19±0,11	2,53±0,07	2,14±0,10	2,19±0,17
Индекс Шеннона, H_B		2,0±0,12	1,80±0,11	1,89±0,06	1,64±0,13
Индекс Пиелу, e_N		0,72±0,03	0,76±0,03	0,69±0,04	0,72±0,04
Индекс Пиелу, e_B		0,53±0,03	0,54±0,02	0,62±0,05	0,54±0,02
Доминирующие виды и группы		<i>Nauplii Cyclopoida</i> , <i>Copepodit Cyclopoida</i> , <i>Conochiloides coenobasis</i> , <i>K. cochlearis</i> , <i>B. longirostris</i>	<i>Nauplii Cyclopoida</i> , <i>Copepodit Cyclopoida</i> , <i>A.</i> <i>priodonta</i>	<i>Nauplii Cyclopoida</i> , <i>Copepodit Cyclopoida</i> , <i>H.</i> <i>mira</i>	<i>B. longirostris</i> , <i>Nauplii Cyclopoida</i> , <i>Copepodit Cyclopoida</i> , <i>A. priodonta</i>
2017					
N, тыс. экз./м ³	Общая (средняя)	14,9±2	22,9±2,4	115,7±15,2	26,4±2,7
	Соотношение численностей, % Rot:Clad:Cop	71:5:25	75:5:20	71:7:22	79:16:5
B, мг/м ³	Общая (средняя)	30±1	500±10	200±10	30±1
	Соотношение биомасс, % Rot:Clad:Cop	11:51:38	14:27:59	31:25:44	11:4:85
Индекс Шеннона, H_N		1,8±0,07	1,9±0,02	2,0±0,03	2,2±0,02
Индекс Пиелу, e_N		0,72±0,03	0,83±0,02	0,76±0,03	0,85±0,12
Доминирующие виды и группы		<i>Nauplii Cyclopoida</i> , <i>B. longirostris</i>	<i>Nauplii Cyclopoida</i> , <i>Copepodit Cyclopoida</i> , <i>D. cucullata</i>	<i>K. longispina</i> , <i>Nauplii Cyclopoida</i>	<i>K. longispina</i>

Таблица 3

Видовой состав зоопланктона озер Парковое и Сортировочное в течение вегетационного сезона (по данным 2020 г.)

		оз. Парковое												оз. Сортировочное											
Вид	ЭК	26.05.20	09.06.20	24.06.20	07.07.20	22.07.20	03.08.20	18.08.20	01.09.20	15.09.20	29.09.20	13.10.20	27.10.20	26.05.20	09.06.20	24.06.20	07.07.20	22.07.20	03.08.20	18.08.20	01.09.20	15.09.20	29.09.20	13.10.20	27.10.20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851)	ПР	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Ascomorpha ecaudis</i> (Perty, 1850)	ФП	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse, 1850)	ПЛ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Bdelloida spp.</i> (non det.)	ПР	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof, 1891)	ПЛ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1776	ПЛ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Brachionus angularis</i> (Gosse, 1851)	ПЛ	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Collotheca pelagica</i> (Rousselet, 1893)	ПЛ	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-

Продолжение таблицы 3

[illegible]

Продолжение таблицы 3

[illegible]

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>Rotaria rotatoria</i> (Pallas, 1766)	ПБ	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Synchaeta pectinata</i> (Ehrenberg, 1832)	ПЛ	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Testudinella incisa</i> (Ternetz, 1892)	Ф	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Testudinella parva</i> (Ternetz, 1892)	Ф	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)	Ф	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Trichocerca capucina</i> (Wierzejski, Zacharias, 1893)	ФП	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Trichocerca cylindrica</i> (Imhof, 1891)	ФП	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 189)	Ф	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>Trichocerca pusilla</i>	ФП	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
<i>Trichotria truncata</i> (Whitelegge, 1889)	Ф	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acroperus angustatus</i>	Ф	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1834)	Ф	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	Ф	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>Alona guttata</i> (Sars, 1862)	Φ	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alona quadrangularis</i> (O.F. Müller, 1875)	Φ	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alona 166ectangular</i> (Sars, 1862)	Φ	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anchistropus emarginatus</i>	Φ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alonella exigua</i> (Lilljeborg, 1901)	Φ	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	ΦΠ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Bosmina (Eubosmina) coregoni</i> (Baird, 1857)	ΠΙ	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Bosminopsis deitersi</i>	ΠΙ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Camptocercus rectirostris</i> (Sars, 1862)	Φ	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceriodaphnia pulchella</i> (Sars, 1862)	ΦΠ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>Ceriodaphnia quadrangular</i> (O.F. Müller, 1785)	ΦΠ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+
<i>Chydorus cf. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	ΦΠ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Daphnia cristata</i> (Sars, 1862)	ΠΙ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+

Продолжение таблицы 3

[illegible]

Продолжение таблицы 3

[illegible]

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine, 1820)	Ф	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	ФП	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer, 1853)	ФП	-	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars, 1863)	ФП	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-

Примечание. ЭК (экологические группы зоопланктона): ПЛ – планктонные виды; ФП – фитофильно-планктонные виды; Ф – фитофильные виды; ПР – придонные виды.

Таблица 4

Показатели видовой структуры и количественного развития сообществ зоопланктона озер Парковое и Сортировочное
(по данным 2020 г.)

Дата	оз. Парковое					
	N, тыс. экз./м³		B, г/м³		H _n , бит./экз	e _n , у.е.
	total	ratio	total	ratio		
26.05.20	311,29±43,54	44:29:27	1,75±0,33	44:23:33	2,11±0,08	0,49±0,008
09.06.20	207,05±13,51	22:35:43	1,73±0,12	1:22:77	2,27±0,08	0,46±0,014
24.06.20	199,82±42,00	19:39:42	4,36±2,74	1:10:89	2,31±0,14	0,49±0,011
07.07.20	171,71±27,90	12:33:55	2,40±0,17	1:21:78	2,26±0,13	0,48±0,024
22.07.20	250,93±46,47	20:31:49	3,20±0,71	8:30:62	2,35±0,17	0,47±0,009
03.08.20	258,24±8,93	12:16:72	2,80±0,56	12:13:75	2,17±0,04	0,43±0,018
18.08.20	221,83±44,57	11:27:62	1,57±0,39	4:16:80	2,25±0,07	0,44±0,024
01.09.20	349,18±38,90	27:14:59	1,87±0,17	3:22:75	2,29±0,03	0,43±0,031
15.09.20	237,91±29,29	26:10:64	1,08±0,19	4:16:80	2,14±0,10	0,43±0,015
29.09.20	118,55±32,48	32:15:53	1,04±0,68	3:17:80	2,28±0,09	0,47±0,034
13.10.20	188,18±90,75	52:5:44	1,99±1,05	5:5:90	2,40±0,06	0,48±0,024
27.10.20	150,05±27,44	53:8:39	2,16±1,23	5:45:50	2,23±0,06	0,46±0,033
оз. Сортировочное						
26.05.20	271,6±9	86:4:10	1,98±0,2	37:10:53	2,1±0,08	0,59±0,02
09.06.20	292,2±8,7	88:3:9	1,96±0,1	37:7:56	2,1±0,1	0,6±0,01
24.06.20	190,8±8,3	81:4:15	1,28±0,1	17:11:62	2,1±0,14	0,65±0,01
07.07.20	200,3±13,3	56:19:25	1,55±0,4	5:38:57	2,2±0,13	0,74±0,02
22.07.20	402,8±27,7	49:36:15	3,09±0,1	7:68:25	2,4±0,15	0,71±0,01
03.08.20	152,9±42,4	41:30:29	2,28±0,7	10:46:44	2,6±0,04	0,67±0,02
18.08.20	149,5±16	32:27:41	2,74±0,3	2:24:74	2,4±0,07	0,62±0,02
01.09.20	228,1±28,9	46:19:35	2,68±0,3	4:23:73	2,6±0,03	0,62±0,03
15.09.20	155,5±25	32:30:38	1,65±0,4	4:52:45	2±0,08	0,6±0,01
29.09.20	79,9±14,3	78:11:11	0,44±0,05	11:32:57	1,7±0,09	0,68±0,03
13.10.20	84,8±8,3	62:13:25	0,76±0,11	8:26:66	2,3±0,1	0,68±0,02
27.10.20	154,7±31,2	59:15:26	1,35±0,17	10:27:63	2,2±0,06	0,55±0,03

Примечание. N – численность зоопланктона; B – биомасса зоопланктона; H_n – индекс разнообразия Шеннона; e_n – индекс выравненности Пиелу; total – общая численность/биомасса; ratio – соотношение численностей/биомасс/видового богатства коловраток (Rotifera), ветвистоусых (Cladocera) и веслоногих ракообразных (Copepoda)

Таблица 5

Основные химические показатели воды озер Парковое и Сортировочное (по данным 2020 г.)

	24.06.20	07.07.20	22.07.20	03.08.20	18.08.20	01.09.20	15.09.20	29.09.20	13.10.20	27.10.20
оз. Парковое										
Аммоний, мг/дм ³	0,05	0,05	0,10±0,02	0,06±0,01	0,07±0,01	0,09±0,02	0,21±0,04	0,05	0,05	0,05
Гидрокарбонаты, мг/дм ³	34±4	73±6	71±6	70±8	79±2	79±9	76±2	70±8	79±9	75±9
Взвешенные частицы, мг/дм ³	3	3	7±2	3	3	3	3	3	3	19±3
Нитраты, мг/дм ³	0,2	0,28±0,08	0,29±0,08	0,2	0,24±0,07	0,7±0,1	0,2	0,9±0,2	0,33±0,07	0,7±0,1
Нитриты, мг/дм ³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Фосфаты, мг/дм ³	0,2	0,25	0,25	0,25	0,05±0,01	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Сульфаты, мг/дм ³	16±2	15±2	16±2	15±2	14±1	14±1	12±1	16±2	16±2	17±2
Хлориды, мг/дм ³	50±5	49±5	54±5	52±5	54,4±0,5	53±5	47±5	60±6	60±6	60±6
Железо, мг/дм ³	0,07	0,09±0,02	0,06±0,01	0,05	0,05	0,60±0,09	0,10±0,02	0,05	0,11±0,03	0,25±0,06
Марганец, мг/дм ³	0,02	0,020±0,005	0,015±0,005	0,016±0,005	0,03±0,01	0,05±0,01	0,08±0,02	0,04±0,01	0,029±0,009	0,007±0,002
Медь, мг/дм ³	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,011±0,003	0,001
Кальций, мг/дм ³	22,5	22±3	19±3	14±2	16±3	20±3	31±5	20±3	23±4	17±3
Кремний, мг/дм ³	0,09	0,12±0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,13±0,02	0,08±0,02	0,11±0,03
оз. Сортировочное										
Аммоний, мг/дм ³	0,052±0,005	<0,05	0,44±0,09	0,6±0,1	2,0±0,4	0,44±0,09	0,23±0,05	0,33±0,07	0,11±0,02	0,39±0,08
Гидрокарбонаты, мг/дм ³	28±6	85±7	92±7	90±10	89±3	100±10	84±3	76±9	73±9	86±10
Взвешенные частицы, мг/дм ³	<3	<3	4±1	<3	5±1	<3	<3	9±1	<3	37±4
Нитраты, мг/дм ³	0,8±0,2	0,8±0,2	0,7±0,1	0,4±0,1	0,6±0,2	0,33±0,09	0,22±0,06	0,7±0,1	0,3±0,1	0,6±0,1
Нитриты, мг/дм ³	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Фосфаты, мг/дм ³	<0,2	<0,25	<0,25	<0,25	0,05±0,01	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Сульфаты, мг/дм ³	23±2	25±3	23±2	23±2	23±2	25±3	22±2	26±3	25±3	25±3
Хлориды, мг/дм ³	25±3	27±3	27±3	25±3	27±2	26±3	25±3	27±3	29±3	29±3
Железо, мг/дм ³	1,1	1,0±0,2	0,7±0,1	0,58±0,09	0,39±0,09	<0,05	0,4±0,1	0,28±0,07	0,6±0,1	0,8±0,1
Марганец, мг/дм ³	0,1	0,10±0,02	0,06±0,01	0,08±0,02	0,04±0,01	0,0019±0,0006	0,04±0,01	0,022±0,007	0,10±0,02	0,20±0,05
Медь, мг/дм ³	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,027±0,007	<0,001
Кальций, мг/дм ³	27	27±4	24±4	20±3	21±3	21±3	36±6	22±3	30±5	21±3
Кремний, мг/дм ³	0,36	0,27±0,05	0,4±0,1	1,1±0,2	0,66±0,09	<0,05	<0,05	1,5±0,2	1,7±0,3	2,3±0,3

Таблица 6

Гидрофизические параметры озер Сортировочное и Парковое
(по данным 2020 г.)

Дата	SD, м	WT, °C	pH	ЕС, мкСм/см	TDS, мг/л	DO, мг/л
оз. Сортировочное						
26.05.20	1,4	13,4	7,51	255	168	9,5
09.06.20	1,2	22,4	8,18	262	170	8,7
24.06.20	1,5	21,9	7,62	268	177	8,5
07.07.20	1,05	26,7	8,41	270	175	10,59
22.07.20	1,55	21,4	8,02	266	175	8,49
03.08.20	2,1	21,6	7,8	272	177	9,81
18.08.20	2	17,7	7,96	269	177	10,78
01.09.20	2,6	20,2	7,91	275	178	8,53
15.09.20	2,6	15,3	7,49	273	177	8,34
29.09.20	1,8	13	7,67	272	177	9,51
13.10.20	1,6	11,1	7,44	273	178	9,5
27.10.20	1,65	7,36	7,34	271	177	8,23
оз. Парковое						
26.05.20	3,03	14,10	7,59	300,0	194,33	-
09.06.20	3,30	22,10	7,93	305,33	198,33	-
24.06.20	4,07	22,63	7,94	311,0	202,0	-
07.07.20	2,20	26,80	8,28	309,33	201,0	9,41
22.07.20	3,00	22,10	8,19	307,67	199,67	9,31
03.08.20	3,47	22,63	8,07	308,67	200,67	15,07
18.08.20	2,30	19,20	7,99	310,67	202,0	14,05
01.09.20	3,30	21,17	8,00	315,33	205,0	9,18
15.09.20	2,30	16,16	7,55	315,0	205,0	6,79
29.09.20	2,20	13,73	7,64	317,33	206,33	7,74
13.10.20	3,07	11,63	7,49	318,0	206,67	8,88
27.10.20	3,13	7,13	7,59	318,0	206,67	8,87

Примечание. SD – прозрачность воды по диску Секки; WT – температура воды; pH – водородный показатель; ЕС – удельная электропроводность; TDS – общая минерализация; DO – содержание растворенного в воде кислорода

Физико-химические параметры озер

Озеро	h, м	T, °C	pH	O, мг/л	ЕС, мкСм/см
1	2	3	4	5	6
Жаренское	0	22,4	8,44	9,57	23
	1	22,4	8,44	9,57	23
	2	22,2	8,16	9,27	22
	3	20,9	8,75	12,21	22
	4	12,3	7,76	10,84	23
	5	8,5	7,01	4,66	24
	6	6,1	6,18	0,3	25
	7	5,3	5,99	0,19	24
	8	5,0	5,95	0,16	24
	9	4,8	5,91	0,15	24
	10	4,7	5,91	0,15	28
	11	4,6	5,97	0,16	38
	12	4,5	6,05	0,16	54
	13	4,5	6,18	0,18	59
	14	4,5	6,28	0,36	106
Свято	0	16,0	5,76	8,63	33,4
	2	13,5	5,76	7,50	30,2
	3	13,0	5,78	7,43	30,4
	4	10,8	5,63	-	33,8
	5	6,6	5,59	-	31,9
	6	5,0	5,6	-	30,8
	7	4,4	5,62	-	31,0
	8	4,2	5,66	-	35,6
	9	4,0	6,03	-	60,1
	10	3,9	6,22	-	83,1
	11	3,8	6,30	-	86,6
	12	3,8	6,29	-	91,8
	13	3,8	6,36	-	98,0
Сортировочное	0	26,8	8,54	11,01	269
	1	24,9	8,52	11,85	270
	2	20,5	7,65	8,12	273
	3	16,4	7,0	0,3	269
	4	11,4	6,75	0,6	263
	5	8,9	6,73	1,16	268
	6	7,8	6,72	1,44	264
	7	7,2	6,71	1,44	265
	8	6,8	6,71	1,3	264
	9	6,6	6,70	1,11	264
	10	6,5	6,69	0,78	264
Черное	0	24,2	6,48	7,15	38
	2	18,7	6,14	0,9	42
	3	12,9	6,08	0,73	47
	4	8,7	5,89	0,2	43

Окончание таблицы 7

1	2	3	4	5	6
	5	7,1	5,82	0,2	40
	6	6,4	5,84	0,35	41
	7	6,1	5,85	0,35	41
	8	5,8	5,87	0,3	41
	9	5,7	5,88	0,31	42
	10	5,6	5,91	0,33	42
	11	5,6	6,31	0,35	72
	12	5,5	6,6	0,37	79
	13	5,5	6,37	0,39	81
Нижнее Рустайское	0	24,5	6,8	9,55	88
	1	17,2	6,27	0,35	98
	2	9,6	6,14	0,27	150
	3	7,1	6,17	0,26	153
	4	6,5	6,28	0,26	158
	5	6,1	6,34	0,27	175
Великое	0	17,2	7,08	7,08	88,3
	1	16,9	7,0	6,9	88,0
	2	17,6	7,01	6,84	88,3
	3	16,5	7,01	6,88	88,5
	4	16,2	7,03	6,39	88,0
	5	15,4	6,93	-	85,5
	6	14,7	6,86	-	85,0
Парковое	0	26,6	8,41	9,58	302
	1	25,8	8,42	9,90	300
	2	24,6	8,4	9,97	305
	3	21,7	8,3	9,63	311
	4	19,1	7,83	9,90	306
	5	16,0	7,61	9,33	304
	6	13,5	7,41	6,5	306