

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Калининградский государственный
технический университет»

Факультет биоресурсов и природопользования

На правах рукописи

Масюткина Елена Андреевна

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ
ОБЪЕКТОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ
СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ИНДИКАТОРНЫХ
СВОЙСТВ ЗООБЕНТОСА**

03.02.08 – Экология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
кандидат биологических наук, доцент
Шибаева Мария Николаевна

Калининград – 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Глава 1. Зообентос как индикатор экологического состояния водных объектов.....	9
Глава 2. Материал и методы исследований.....	18
Глава 3. Природные условия района исследований	29
3.1. Водный фонд Калининградской области.....	35
3.1.1. Реки.....	35
3.1.2. Озера.....	58
Глава 4. Состав и структура зообентоса как основа оценки экологического состояния водных объектов	68
4.1. Зообентос реки Неман	71
4.2. Зообентос рек с замедленным течением.....	77
4.3. Зообентос рек со средней степенью проточности	84
4.4. Зообентос быстротечных рек	90
4.5. Зообентос озера Виштынецкого	99
4.6. Зообентос малых озер	106
Глава 5. Экологическое состояние водных объектов области	116
5.1. Оценка экологического состояния водных объектов области, основанная на хирономидном индексе Балушкиной	117
5.2. Оценка экологического состояния водных объектов области, основанная на индексе сапробности	127
5.3. Оценка экологического состояния водных объектов области, основанная на индексе Вудивисса.....	134
5.4. Оценка экологического состояния водных объектов области, основанная на олигохетном индексе.....	138
5.5. Комплексная оценка экологического состояния водных объектов области.....	142
Выводы	150
Список используемой литературы	152
Приложение А	171

ВВЕДЕНИЕ

Расположение Калининградской области в зоне избыточного увлажнения способствует формированию на ее территории густой речной сети и множества озер (более 8000 рек и озер) (Литвин, 1999), рациональное использование которых не возможно без достоверной информации об их современном экологическом состоянии и рыбохозяйственном значении. Это определяет мониторинг за состоянием водных ресурсов как один из важнейших элементов общего экологического мониторинга региона. Необходимость изучения водных объектов и населяющих их сообществ, определения рыбохозяйственного значения и экологического состояния рек и озер диктуется также нуждами рыбного хозяйства, в связи с реализацией ряда федеральных и региональных программ, направленных на развитие рыболовства и аквакультуры, в том числе и воспроизводство особо ценных видов рыб (Постановление...№727, 2012; Постановление...№628, 2012). Контроль качества поверхностных вод имеет большое значение для познания экологической безопасности хозяйственной деятельности в границах водосборов и является основой прогнозирования изменения экологической обстановки.

Проведенная к настоящему времени экологическая оценка речных бассейнов и ландшафтов области, основанная только на абиотических показателях (Зотов, 2006; Белов, 2008; Нагорнова, 2012; Кесорецких, 2015), не в полной мере характеризует степень устойчивости экосистем к внешнему воздействию и не дает информации о состоянии кормовой базы рек и озер. Изучение биологической составляющей экосистем позволяет оценить и проследить во времени степень их устойчивости, а также более тщательно подойти к вопросу нормирования антропогенной нагрузки и выявлению критических изменений экосистем. Современная информация о состоянии водных сообществ позволит точно рассчитать ущерб, наносимый водным биологическим ресурсам в результате антропогенной деятельности, а также оценить предпо-

лагаемое воздействие проектируемых потенциально-опасных предприятий. В то же время информация о состоянии биоты, даже самых крупных водных объектов, ограничена или полностью отсутствует, а государственный мониторинг за ней не ведется.

Зообентос представляет собой один из основных компонентов водных биоценозов. Он характеризуется стабильной локализацией на отдельных биотопах в течение длительного промежутка времени, участвует в процессах трансформации органического вещества и самоочищения водных объектов, является важным объектом пищевого рациона многих бентосоядных рыб. Его видовая структура и уровень количественного развития отражают гидрологические, ландшафтные, климатические особенности региона, а также совокупное воздействие антропогенных факторов (Pauw, 2006; Moretii, 2005). Гидробиологические исследования представляют собой обязательный элемент при всех работах по рыбохозяйственному освоению и использованию водных объектов. Они включают изучение состояния кормовой базы (Тылик, 1996). Как известно, рыбопродуктивность водоема напрямую зависит от количества и качества кормовых организмов, их доступности. Также немаловажным является экологическое состояние водного объекта. Некоторые виды рыб (ручьевая форель, бычок-подкаменщик и др.) приурочены к определенным биотопам и значениям параметров внешней среды и поэтому очень быстро реагируют на изменение условий среды (Тылик, 2001). Сообщества зообентоса признаны хорошими биоиндикаторами и применяются для оценки экологического состояния рек и озер во многих странах (Абакумов, 1992; Безматерных, 2008; Charphekar, 1991; Freshater Biomonitoring ..., 1993; Gray, 1981; Kelli, Whitton, 1998; Zahner, 1965; Woodiwis, 1964). Следовательно, зообентос может быть рассмотрен как индикатор экологического состояния водных объектов и Калининградской области.

Цель исследования – оценка экологического состояния водных объектов Калининградской области на основе структурно-функциональных и индикаторных характеристик зообентоса.

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

1. Проанализировать геоморфологические и гидрологические параметры водных объектов области как основы формирования донных биоценозов.
2. Изучить видовую структуру зообентоса и оценить уровень его количественного развития в разнотипных по геоморфологическим и гидрологическим параметрам водных объектах области.
3. Установить закономерности влияния природных особенностей водных объектов и антропогенного воздействия на состав и структуру донных беспозвоночных.
4. Определить качество воды в водных объектах области и выявить наиболее приемлемые методы для диагностики экологического состояния рек и озер по структурным и индикаторным показателям зообентоса.
5. Дать рекомендации по хозяйственному использованию водных объектов

Научная новизна.

Впервые, с использованием данных о сообществах донных беспозвоночных, дана экологическая характеристика 68 водных объектов Калининградской области, 38 из которых ранее не изучались с гидробиологической точки зрения. Настоящие исследования позволили определить и уточнить видовой состав зообентоса, а также установить его количественные характеристики. Проведена картографическая визуализация полученных результатов.

В результате работы проведен анализ распределения зообентоса в разнотипных по геоморфологическим условиям водных объектах области, а также проанализирована и установлена взаимосвязь гидрологических (в том числе гидрохимических) показателей с особенностями видового состава и структуры донных сообществ.

Выявлены специфические особенности хирономидного индекса Е.В. Балушкиной, а также предложена его модификация, применительно к условиям региона.

Положения, выносимые на защиту.

1. Проведенная оценка экологического состояния водных объектов Калининградской области по структурно-функциональным и индикаторным характеристикам зообентоса отражает, как геоморфологические особенности ландшафтов и водных объектов, так и степень антропогенной нагрузки.
2. Индекс сапробности и интегральный показатель Балушкиной являются наиболее адекватными показателями в определении экологического состояния рек и озер Калининградской области по зообентосу.
3. Обоснование использования модифицированного хирономидного индекса Балушкиной как более информативного и достоверного для оценки качества воды применительно к водным объектам области по сравнению с классическим вариантом.

Теоретическая значимость. Результаты исследования являются основой для совершенствования принципов рационального использования водных объектов и ведения экологического мониторинга в дальнейшем. Полученные данные могут быть использованы при научном обосновании и планировании различных видов хозяйственной деятельности в пределах водосборных бассейнов (в том числе естественного и искусственного воспроизводства рыб, размещении мест рекреации, строительства предприятий и др.).

Практическая значимость. Материалы и результаты исследования используются для оценки состояния водных биоресурсов и их среды обитания, а также при подготовке рекомендаций по рыбохозяйственному использованию водных объектов в зоне ответственности ФГБОУ ВО «КГТУ», утвержденной Приказами Росрыболовства №23 от 30.01.07. и №УОЧ-273 от

13.03.2013. Материалы применяются территориальным управлением Росрыболовства для ведения рыбохозяйственного реестра водных объектов Калининградской области. Информация, полученная в ходе исследований, использована при разработке научных рекомендаций по снижению негативного антропогенного воздействия на акваторию Балтийского моря (2009 – 2010 гг.), а также при оценке предполагаемого негативного воздействия на водные биоресурсы в результате строительства и эксплуатации Балтийской АЭС.

Материалы и результаты исследования внедрены в курсы учебных дисциплин «Экология», «Экология и природопользование».

Личный вклад автора. Материал для докторской диссертации был собран непосредственно автором в ходе проведения комплексных рыбохозяйственных исследований. Видовая идентификация, количественная и статистическая обработка, построение карт пространственного распределения с помощью ГИС технологий также проводились автором. Докторантом был проведен анализ материала, поставлены цели и задачи исследований, сформулированы выводы.

Апробация работы. Результаты исследований по теме докторской диссертационной работы были представлены автором на различных научных конференциях: Международной научной конференции «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов» (Калининград, 2015); Второй всероссийской школе-конференции «Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана» (п. Борок, 2014); Первой научно-практической конференции с международным участием, посвященной 60-летию атомной энергетики «Экологическая безопасность АЭС» (г. Калининград, 2014); Второй международной научно-практической конференции «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов» (г. Калининград, 2014); Первой всероссийской научной интернет-конференции «Биоразнообразие наземных и водных животных и зооресурсы» (Казань, 2013); Международной научно-практической конференции

«Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов» (Калининград, 2013); Всероссийской конференции с международным участием «Экология малых рек в XXI веке: биоразнообразие, глобальные изменения и восстановление экосистем» (г. Тольятти, 2011); Международных научных конференциях КГТУ «Иновации в науке и образовании» (г. Калининград 2009-2010); Международной Российско-литовской научно-студенческой конференции по изучению рыбных ресурсов трансграничных водоемов (Литва, г. Клайпеда, 2007).

Публикации. Основные результаты исследований изложены в 26 печатных работах в т. ч. в 5 публикаций – в рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК РФ, из них 3 – в научных изданиях, входящих в международные базы данных (Springer, AGRIS).

Объем и структура работы. Диссертационная работа изложена на 184 страницах и включает введение, 5 глав, выводы и список литературы. Работа проиллюстрирована 62 рисунками, содержит 21 таблицу и 1 приложение. Библиографический список состоит из 166 литературных источников, в том числе 22 на иностранном языке.

Автор выражает благодарность к.б.н., доценту М.Н. Шибаевой, к.б.н, доценту Н.Н. Нагорновой, П.Н. Барановскому за проявленное внимание, помошь, замечания и рекомендации, а также д.б.н., профессору С.В. Шибаеву за организацию работ и сотрудникам кафедры Ихтиологии и экологии ФГБОУ ВО «КГТУ» за помошь в сборе материалов.

ГЛАВА 1. ЗООБЕНТОС КАК ИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Диагностика экологического состояния водных объектов проводится как с помощью физико-химических, так и биологических методов. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки (табл. 1). Среди преимуществ химического метода стоит выделить быстроту и точность результатов. Эти методы позволяют оценить экологическое состояние водного объекта в настоящий момент времени, установить потенциальные источники. В тоже время очень дорого и практически невозможно контролировать все известные гидрохимические параметры, и сложно определить степень опасности той или иной концентрации веществ для данной водной экосистемы и человека (Безматерных, 2007). Биологические методы оценки, по сравнению с химическим, дают более обобщенную информацию состоянии водного объекта и характеризуют состояние водного объекта за более длительный промежуток времени (Шитиков и др, 2003; Баканов, 2000; Безматерных, 2007; Мисейко, 2001; Семенченко, 2004). Гидробиологический анализ позволяет (Израэль и др., 1981; Руководство..., 1983):

- оценить качество поверхностных вод и донных отложений как среды обитания организмов, населяющих водоемы и водотоки;
- определять совокупный эффект комбинированного воздействия загрязняющих веществ;
- определять трофические свойства воды;
- устанавливать возникновение вторичного загрязнения;
- устанавливать направления изменения водных биоценозов в условиях загрязнения природной среды;
- определять экологическое состояние водных объектов и экологические последствия их загрязнения.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки использования зообентоса при оценке экологического состояния водных объектов (Семенченко, 2004)

Преимущества	Недостатки
<ol style="list-style-type: none"> 1. Организмы зообентоса широко распространены во всех типах пресноводных водных объектов. 2. Большое число видов предполагает широкий спектр ответов на нарушения экосистем. 3. Локализация на одном месте позволяет проводить пространственный анализ нарушения экосистем. 4. Длительные жизненные циклы позволяют исследовать воздействия во временном промежутке. 5. Отбор проб и их анализ хорошо развиты и могут выполняться с использованием простого и недорогостоящего оборудования. 6. Таксономия многих групп известна, и доступны ключи для идентификации видов. 7. Известны реакции многих видов на различные типы загрязнений. 8. Макрообентос хорошо подходит для экспериментального изучения нарушений 9. Развиваются биохимические и физиологические методы оценки реакции организмов на различного рода нарушения. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Требуется большое количество проб для осуществления достаточной выборки. 2. Факторы, косвенно воздействующие на качество воды, могут влиять на распределение и развитие организмов. 3. Сезонные колебания могут усложнять интерпретацию и сравнение данных. 4. Явление дрифта может вносить значительный вклад в распределение организмов. 5. Слишком много методов можно использовать для анализа. 6. Для некоторых групп неизвестна таксономия. 7. Макрообентос не чувствителен к некоторым видам загрязнений (болезнетворным организмам, некоторым загрязняющим веществам).

Показатели развития зообентоса учитываются при проведении наблюдений за состоянием поверхностных вод суши Росгидрометом (РД-52.24.309-2011). Программа проведения наблюдений по гидробиологическим показателям предусматривает определение следующих параметров зообентоса: общей численности организмов ($\text{экз}/\text{м}^2$), общей биомассы ($\text{г}/\text{м}^2$), общего числа видов, количества групп по стандартной разборке, числа видов в группе, биомассы основных групп ($\text{г}/\text{м}^2$), численности основных групп ($\text{экз}/\text{м}^2$), массовых видов и видов-индикаторов сапробыности (наименование, % от общей численности, сапробыность).

Биоиндикация водных объектов с использованием зообентоса получила свое развитие со второй половины XIX века, когда обострилась проблема загрязнения природных вод, и было установлено, что гидробионты играют главную роль в самоочищении водных объектов и могут служить для оценки качества вод. С этого времени стали разрабатываться биологические методы анализа водных объектов (Винберг, 1975; Семеной, 2002). Одной из первых в этом направлении была монография Н.Н. Хесселя об оценке качества вод по

организмам фитопланктона и зоопланктона. В 1853 г. Ф. Кон установил зависимость видового состава гидробионтов от содержания в воде органических веществ. К концу XIX немецкий ученый Мец предложил первые списки гидробионтов-индикаторов уровня загрязнения (Абакумов, 1981). В начале XX века зоологом М. Марссоном и ботаником Р. Кольквitzем была разработана классическая система индикаторных организмов и введено понятие сапробность (Kolkwitz и др., 1902). Авторы предложили разделить водные объекты в зависимости от загрязнения органическим веществами на олиго-, мезо-(альфа и бетта) и полисапробные. Система Кольквита-Марссона получила широкое распространение и совершенствовалась за счет расширения и уточнения показательных организмов и за счет введения количественных характеристик (Мисейко, 2001).

К настоящему времени разработано множество методик оценки качества воды по гидробиологическим показателям. В своем обзоре Баканов А.И. выделяет более 60 методов мониторинга, которые объединил в 16 групп (Баканов, 2000), но и этом список нельзя назвать исчерпывающим. Разнообразие условий обитания водных организмов в различных регионах, а также региональные особенности таксономической структуры сообществ делают многие индексы малопригодными для отдельных районов. Это в свою очередь приводит к разработке различных модификаций и новых биологических индексов (Семенченко, 2010; Денисенко, 2013; Hering, 2003; Rolauffs P., 2003). Существует также проблема интерпретации индексов. Многие ученые подчеркивают, что при описании состояния водоемов нужно предоставлять абсолютные исходные данные, не зашифровывая их индексами (Баканов, 2000; Шитиков, 2003).

Безматерных Д.М. выделяет следующие основные направления оценки экологического состояния водных объектов с использованием зообентоса (Безматерных, 2007; 2008):

1. Выявление видов индикаторов сапробности;
2. Расчет биотических индексов;

3. Индикация по соотношению количества видов, численности или биомассы крупных таксонов;
4. Индикация по соотношению трофических групп;
5. Оценка уровня таксономического разнообразия;
6. Обобщенная оценка по комплексу характеристик сообществ;
7. Сравнение с характеристиками сообществ эталонных участков

Система сапробности

Система сапробности, совершающаяся в течение многих лет, стала одной из самых разработанных. Появилось много методов определения общего уровня сапробности, среди которых графические и расчетные (Шитиков, 2000). Первоначально под понятием сапробность понимали способность организмов развиваться при большей или меньшей концентрации в воде органических загрязнений. В дальнейшем было доказано, что сапробность организма определяется не только его потребностью в питательных органических веществах, но и резистентностью по отношению к вредным продуктам распада и дефициту кислорода (Руководство по методам ..., 1983).

В каждой зоне сапробности можно выделить тесно связанное с ней подмножество видов гидробионтов, которые считаются ее индикаторами (Шитиков и др., 2003). Достоверное отображение результатов не возможно без точной видовой диагностики. Также немаловажной является информация об индикаторной значимости того или иного вида. В наше время существует много списков, в которых указывается индивидуальная сапробность видов (Wegl R., 1983; Uzunov, 1988; Sládeček, 1973; Глубева, 1988; Тодераш, 1984; Трофимова, 2010; Щербина, 2010). В то же время известно, что сапробная валентность одного и того же вида в различных районах существенно отличается (Шитиков, 2003; Абакумов, 1981). Не смотря на это, система сапробности и различные ее модификации нашли широкое применение во многих странах, в том числе и России (Pauw, 1983; Безматеных, 2007; Баканов, 2000, Пухнаревич, 2011; Шитиков и др., 2003). Индекс сапробности является одним из важнейших показателей, по которому проводится оценка экологи-

ческого состояния различных водных объектов и в Калининградской области (Ежова и др., 2014; Лятун и др., 2013; Масюткина, 2014; Шибаева, 1995, 1997).

Биотические индексы

Английский ученый Ф. Вудивисс при изучении влияния загрязнения на бентос р. Тренд во второй половине XX века обратил внимание на то, что при увеличении загрязнения из состава донной фауны постепенно выпадают наиболее чувствительные группы организмов – веснянки, поденки, ручейники и т.д. В результате остаются только олигохеты и некоторые красные личинки хирономид, которые также исчезают при очень сильном загрязнении. На основании своих наблюдений, Ф. Вудивисс предложил оценивать степень загрязнения водных объектов по видовому разнообразию и показательному значению отдельных таксонов в биотических индексах (Woodiwiss, 1964; Вудивисс, 1981). За рубежом данный метод часто называют биотическим индексом р. Тренд (TBI – Trend Biotic Index). Величина биотического индекса определяется по специальной таблице и зависит от числа присутствующих групп и видового разнообразия. Биотический индекс изменяется в диапазоне от 0 до 10. Чем он меньше, тем выше степень загрязнения.

В отличие от системы сапробности индекс Вудивисса более прост, что способствует использованию этого показателя широким кругом специалистов (Безматерных, 2007; Масюткина, 2014; Шитиков, 2003; Хокс, 1981). Система предназначена в основном для оценки загрязнения водотоков и не всегда может дать хороший результат при оценке степени загрязнения больших озер и водохранилищ (Шитиков, 2003). Данный метод также получил широкое распространение, в результате чего появилось множество модификаций для различных регионов (Пшеницына, 1986; De Pauw, 2001).

Помимо индекса Вудивисса в странах Европейского союза, США, Австралии и Канаде применяются и другие биотические индексы (Семенченко, 2004): FBI – Family Biotic Index, BMWPI – Biological Monitoring Working Party Index, ASPT – Average Score Per Taxon Index, BBI – Belgian Biotic Index.

Биоиндикация по соотношению крупных таксонов

Экологическое состояние водных объектов можно оценить, используя абсолютные показатели обилия и соотношение крупных таксонов, таких как малощетинковые черви, ракообразные, моллюски, подсемейства комаров-звонцов. Например, олигохеты, в местах спуска бытовых стоков, часто развиваются в огромных количествах (Шитиков, 2003; Безматерных, 2008, 2007). Поэтому многими гидробиологами массовое развитие олигохет, в особенности видов *Tubifex tubifex* и *Limnodrilus hoffmeisteri*, расценивается как показатель органического загрязнения (Пареле, 1984; Попченко, 1987; Good-night, Whitlei, 1961; Milbrunk, 1973). На этом основан олигохетный индекс, предложенный К.Г. Гуднайтом и Л.С. Уитлеем во второй половине XX века. Чем больше количество олигохет, тем выше уровень загрязнения.

Также стоит отметить, хрономидный индекс, который был предложен Балушкиной Е.В. в 1975 году для определения экологического состояния водных объектов (Балушкина, 1976). В этом показателе учитывается индикаторная значимость отдельных подсемейств личинок комаров-звонцов и изменение их количественного соотношения под влиянием загрязнения. Установлено, что в чистых водах преобладают виды из подсемейства Orthocladiinae и Diamesinae, а в грязных – Tanypodinae (Балушкина, 1976, 1997). Личинки комаров-звонцов являются одной из самых распространенных групп в составе зообентоса и населяют разнотипные водные объекты. Кроме того данный индекс достаточно прост в применении и не требует точной видовой диагностики. Благодаря чему хирономидный индекс Балушкиной получил широкую популярность не только в России, но и за рубежом. Данный метод также имеет свои недостатки. В некоторых водных объектах при небольшом разнообразии хирономид, может наблюдаться массовый вылет имаго комаров-звонцов и резкое снижение численности личинок в водоеме. Поэтому необходимо планировать отбор проб до вылета имаго.

В европейской и американской практике часто используется показатель ЕРТ. В основе показателя лежит число видов наиболее чувствительных

к загрязнению отрядов насекомых – Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera. Но он может быть использован только, в чистых и слабо загрязненных водах, где присутствуют представители выше названных отрядов (Семенченко, 2004).

Оценка состояния экосистемы по индексам видового разнообразия

Индексы, характеризующие видовое разнообразие, широко применяются при биологическом анализе качества вод. Как правило, видовое разнообразие при увеличении загрязнения снижается. При достаточно сильном воздействии происходит изменение и обеднение видового состава. Небольшие воздействия приводят к изменению соотношения численности различных видов, смене доминирующего комплекса. Для оценки степени доминирования того или иного вида используют индексы доминирования, например, индекс доминирования Балога (Руководство по гидробиологическому ..., 1992), индекс доминирования Палия-Ковнацки, индекс плотности населения (Шитиков и др., 2003), индекс доминирования Мордухай-Болтовского (Методика изучения..., 1975). Одним из самых распространенных индексов видового разнообразия является индекс Шеннона, он отражает не только число видов, но и их выровненность. При оценке качества воды по индексам видового разнообразия стоит учитывать не только количественные, но и качественные характеристики сообществ, так как значения индексов могут быть одинаковыми при различных условиях (Безматерных, 2007).

Индикация по соотношению трофических групп

Трофическая структура зообентоса также может служить показателем качества воды, при этом учитываются способ питания и преобладающий состав потребляемой пищи. Загрязнение приводит к упрощению трофической структуры и формированию простых сообществ, активно участвующих в самоочищении водных объектов. Например, снижается доля организмов с фильтрационным способом питания и, напротив, возрастает доля детритофагов-глотателей (Алимов, 1976). Преобладающей трофической группировкой при токсификации и ацидификации становятся хищники, соскребатели-

глотатели и рязмягчители (Яковлев, 2000, 2005). Необходимо учитывать, что большое значение для формирования трофической структуры зообентоса имеют природные условия.

Комбинированные показатели

Не все индексы достаточно информативны и достоверны на тех или иных водных объектах. Иногда индексы, которые используются для оценки качества воды, хорошо отражают изменения, происходящие внутри отдельных таксонов. Но каждый индекс, выделяя какую-либо особенность сообщества, недоучитывает другие (Балушкина, 1997). В этом и заключается причина несовпадения в оценках качества вод по различным показателям. В таких спорных случаях хорошо зарекомендовали себя интегральные показатели, включающие набор индексов, которые наиболее полно характеризуют сообщество донных животных в целом и отражают специфику антропогенного воздействия на экосистему. Среди таких индексов можно назвать интегральный показатель Балушкиной (IP) (Балушкина, 1997, 2009). Интегральный показатель, благодаря входящим в его состав компонентам, максимально учитывает характеристики донных сообществ: наличие видов-индикаторов, соотношение индикаторных групп, степень доминирования тех или иных групп и структуру сообщества в целом.

Баканов А.И. предложил комбинированный индекс состояния сообщества (КИСС), при расчете которого используются следующие показатели: численность, биомасса, число видов, видовое разнообразие по Шеннону, олигохетный индекс Пареле и сапробность.

Зинченко Т.Д. с соавторами разработали интегральный индекс экологического состояния (ИИЭС), который учитывает химические и биологические показатели и позволяет оценить суммарный эффект воздействия загрязнения на сообщества гидробионтов и экосистему (Зинченко и др., 2000).

Подводя итог выше сказанному, стоит еще раз подчеркнуть, что существуют разнообразные методы оценки экологического состояния водных объектов, основанные на составе, структуре, функциональных и индикатор-

ных особенностях зообентоса, которые имеют свои недостатки и преимущества. Единого универсального и общепринятого метода не существует. И перед исследователями стоит непростая задача в соответствии с природными особенностями региона выбрать наиболее подходящие методы, которые наилучшим образом будут отражать экологическую ситуацию.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материал для настоящей работы был собран непосредственно автором в ходе комплексных рыбохозяйственных исследований, проводимых ФГБОУ ВПО «Калининградским государственным техническим университетом» в период с 2006 по 2014 годы на 68 водных объектах Калининградской области (54 реки и 14 озер). Всего было собрано и обработано 755 проб (рис. 1). Впервые при проведении комплексных рыбохозяйственных исследований была изучена фауна зообентоса 38 водных объектов Калининградской области. По другим рекам и озерам имеющаяся информация нуждалась в обновлении.

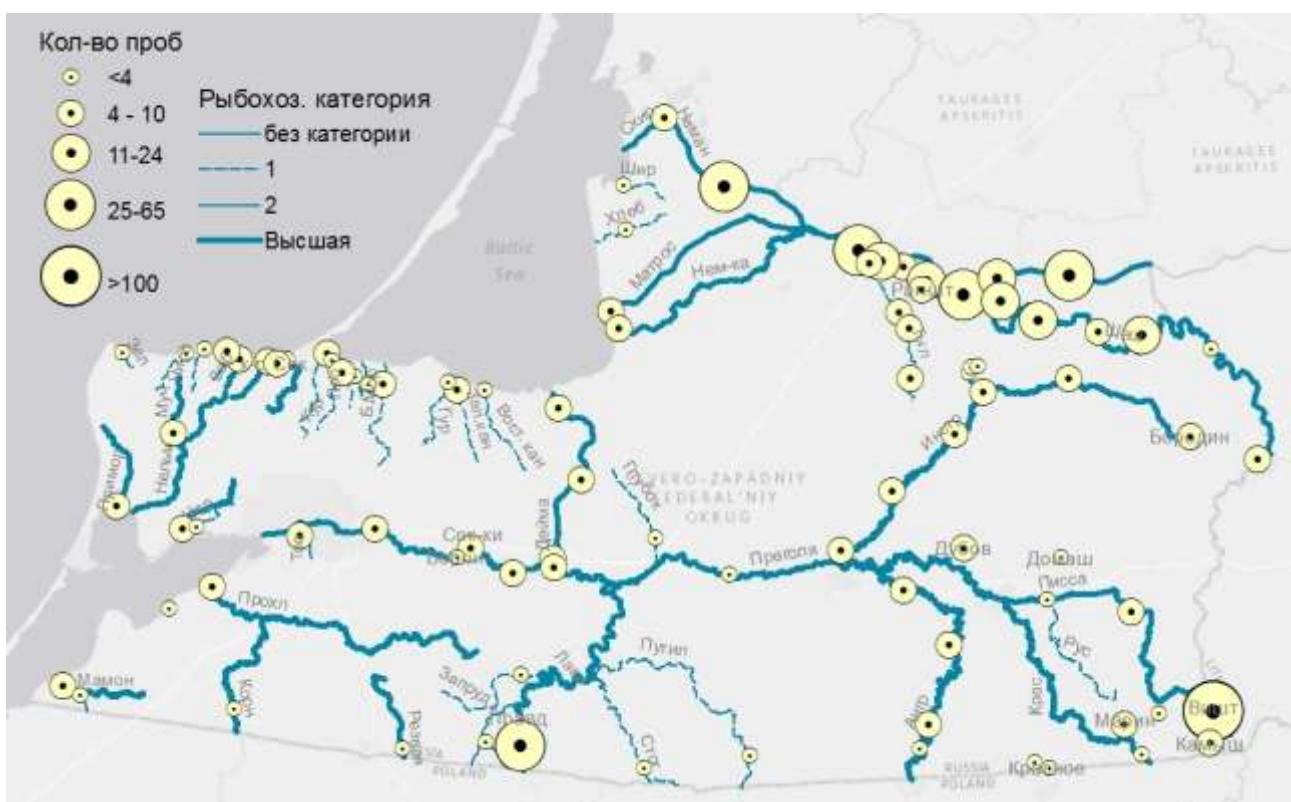


Рисунок 1 – Схема мест отбора проб на водных объектах Калининградской области в период 2006-2014 гг.

Сбор и обработку материала проводили по общепринятым методикам (Абакумов, 1992; Руководство ..., 1983; Унифицированные методы ..., 1975; Методика изучения..., 1975; Жадин В.И., 1960; Макрушин А.В., 1974). Про-

бы отбирали коробчатым дночерпателем системы Петерсена с площадью захвата грунта $0,25\text{ м}^2$, а также скребком с длиной режущей стороны лезвия 0,24 м и фиксированной длиной траления. Затем грунт промывали через сито с ячеей №23. Организмы зообентоса фиксировались 4% раствором формалина. Видовую идентификацию проводили по соответствующим определителям (Панкратова, 1970, 1977, 1983; Жадин, 1940, 1952; Лепнева, 1964, 1966; Липин, 1950; Лукин, 1976; Определитель насекомых..., 2006; Цалолихин, 1994, 1995, 1997, 2001, 2004; Чекановская, 1962). Численность определяли путем прямого подсчета, а биомассу – взвешиванием на торсионных весах ВТ-500, с последующим пересчетом на квадратный метр, по общепринятой методике (Абакумов, 1992). На большинстве рек пробы отбирали в устьевой части по сезонно (не реже 4 раз в год). Достаточно подробно изучены наиболее крупные водные объекты – река Неман и озеро Виштынецкое, имеющие важное рыбохозяйственное и рекреационное значение.

На реке Неман отбор проб проводили ежемесячно, что позволило в дальнейшем охарактеризовать годовую динамику зообентоса.

Сеть станций на озере Виштынецком охватывала практически всю акваторию, за исключением участка, принадлежащего Литовской Республике (рис. 2). Расположение и количество станций планировалось в соответствии с изменением глубин и степенью вариабельности условий обитания донных беспозвоночных (Масюткина, 2014).

Исследованные водные объекты включают водоемы, различной рыболовохозяйственной категории. В соответствии с законодательством Российской Федерации все водные объекты, имеющие рыболовохозяйственное значение, подразделяются на три категории: высшую, первую и вторую (Приказ Росрыболовства от 17.09.09. № 818). Высшая и первая категории устанавливаются на основании данных государственного мониторинга водных биоресурсов. К водным объектам высшей категории относятся те водные объекты, которые используются или могут быть использованы для добычи (вылова) особенно ценных и ценных видов водных биоресурсов или являются местами их

размножения, зимовки, массового нагула, путями миграций, искусственного воспроизводства. Первая категория устанавливается для водных объектов, которые используются для добычи (вылова) водных биоресурсов, не относящихся к особо ценным и ценным видам, и являются местами их размножения и зимовки, массового нагула, искусственного воспроизводства, путями миграций. Ко второй категории относятся водные объекты, которые могут быть использованы для добычи (вылова) водных биоресурсов, не относящихся к особо ценным и ценным видам. К водным объектам высшей рыбохозяйственной категории применяются наиболее жесткие требования к качеству воды.

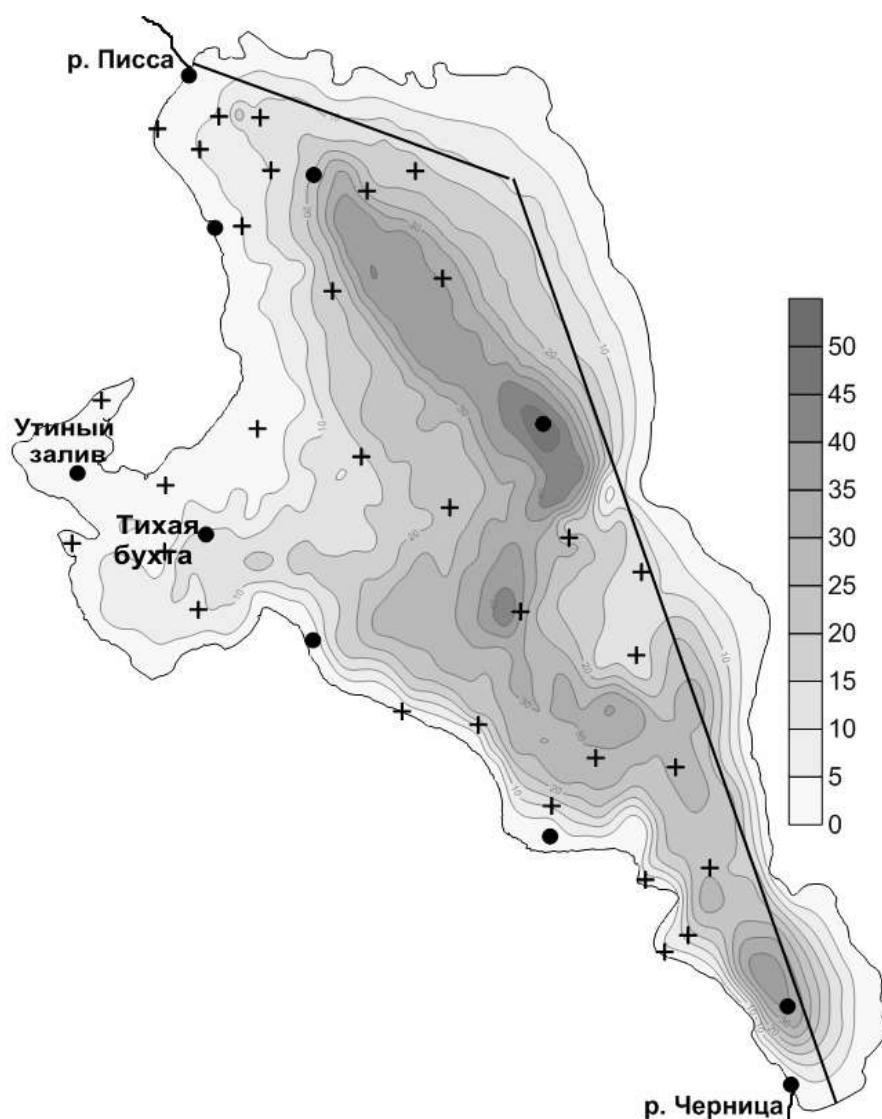


Рисунок 2 – Карта-схема расположения точек отбора гидробиологических проб на оз. Виштынецком (• станции регулярных наблюдений, +станции периодических наблюдений)

В приказе Росрыболовства от 16.03.09. № 191 приводится перечень особо ценных и ценных видов водных биоресурсов, отнесенных к объектам рыболовства. Во внутренних водных объектах Калининградской области из упомянутого перечня обитают и нерестятся 6 видов рыб: кумжа, атлантический лосось, сиг, судак, стерлядь, угорь (Тылик, 1996, 2003, 2013).

По информации Росрыболовства, 28 водных объектов, из числа исследованных, относятся к высшей рыбохозяйственной категории, 24 – к первой, и 4 – ко второй. Об остальных исследованных водных объектах к настоящему времени информация в Государственном рыбохозяйственном реестре отсутствует (рис. 1). Временное отсутствие данной информации в Реестре не исключает рыбохозяйственной значимости водных объектов, гарантированной статьей 17 Федерального закона от 20.12.2004 № 166 «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов»). В соответствии с Приказом Росрыболовства от 05.08.10. № 682 работу по установлению категории рыбохозяйственного значения водных объектов Калининградской области ведет Западно-Балтийское территориальное управление Росрыболовства. При поступлении необходимых материалов в Управление, процедура определения категории водных объектов будет проведена, а сведения будут предоставлены в Росрыболовство и занесены в Государственный рыбохозяйственный реестр.

В основу выделения рыбохозяйственной категории положены объекты ихтиофауны, то есть наличие в ее составе определенных видов рыб. У каждого из видов рыб существуют свои требования к гидрологическому режиму водоема, гидрохимическому составу воды и количеству кормовых организмов.

Многие водные объекты области схожи по своим гидрологическим и гидрохимическим параметрам, что позволяет объединить их в отдельные группы и выделить среди них реки-аналоги (Нагорнова, 2010).

В то же время, определенные геоморфологические, гидрологические и гидрохимические условия приводят к формированию того или иного типа

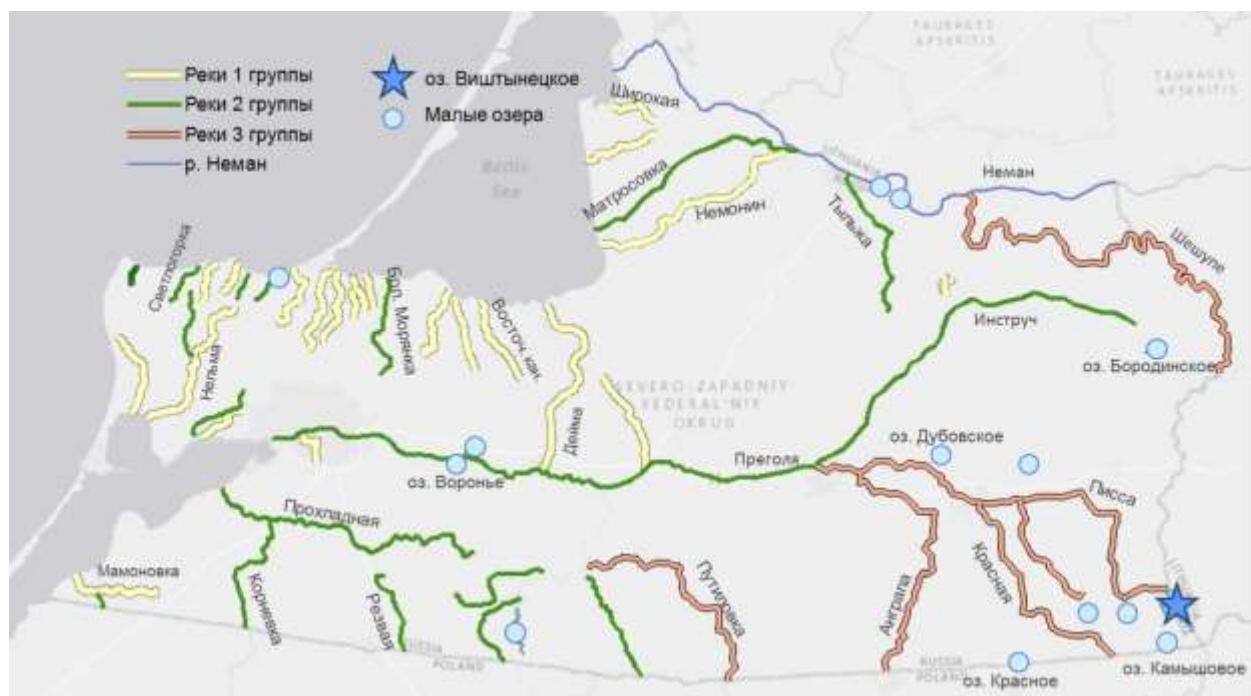
сообществ зообентоса. В однотипных, с точки зрения гидрологии, водоемах структура зообентоса предположительно также будет схожей.

В ходе исследований нами было выделено 6 групп водных объектов, отличающихся по гидробиологическим, гидрологическим и геоморфологическим параметрам. Данная типизация позволяет получить общую гидробиологическую характеристику пока еще не изученных рек и озер области, что используется при расчете ущербов наносимых водным биологическим ресурсам в результате антропогенной деятельности.

В отдельные группы выделены водные объекты, не имеющие аналогов в пределах области – р. Неман и оз. Виштынецкое. Это наиболее крупные водные объекты, которые в значительной степени отличаются от прочих по геоморфологическим и гидрологическим параметрам, и как следствие большим разнообразием биотопов и фауны. Остальные водотоки и водоемы значительно уступают по размерам р. Неман и оз. Виштынецкому и относятся, преимущественно, к категории малых.

Водотоки области, за исключением р. Неман, были разделены на три группы (рис. 3). Одним из основных критериев, оказывающих непосредственное влияние на формирование видового разнообразия и распределение донных беспозвоночных, как показал корреляционный анализ (см. Главу 3 и 4), является скорость течения водотока.

Первая группа объединяет малые и самые малые водотоки, которые дренируют низменные ландшафты северной и западной частей области и впадают непосредственно в Куршский и Вислинский заливы, а также Балтийское море (Орленок, 2002). Уклоны этих водотоков минимальные среди всех рек области (Домнин, 2007), скорость течения в основном меньше 0,1-0,2 м/с. Реки часто находятся в подпоре от вод залива, и в отдельные периоды часть этих водотоков вообще не имеет стока. Долины рек выражены не ясно, склоны – пологие, русла – заросшие. Грунты представлены преимущественно илистыми отложениями. Большинство же рек этой группы относится к первой и второй рыбохозяйственным категориям.



Скорость течения		
менее 0,2 м/с	0,2-0,4 м/с	более 0,4 м/с
Реки I группы	Реки II группы	Реки III группы
Восточный канал	p. Алейка	p. Анграпа
Западный канал	p. Бол. Морянка	p. Красная
p. Глубокая	p. Бонувка	p. Писса
p. Гурьевка	p. Граевка	p. Путиловка
p. Дейма	p. Забава	p. Русская
p. Заячья	p. Запрудная	p. Шешупе
p. Зеленоградка	p. Зеленая	
p. Калиновка	p. Инструч	
p. Крайняя	p. Корневка	
p. Куровка	p. Матросовка	
p. Лобовка	p. Мучная	
p. Мамоновка	p. Правда	
p. Медвежья	p. Преголя	
p. Нельма	p. Прохладная	
p. Немонин	p. Резвая	
p. Приморская	p. Светлогорка	
p. Спокойная	p. Стоговка	
p. Товарная	p. Струга Барыцка	
p. Улитка	p. Тылька	
p. Хлебная		
p. Черная		
p. Чистая		
p. Широкая		
канал ИН-18-8		
канал ИН-18		
канал ОС-1		
канал АУК-1		

Рисунок 3 – Классификация исследованных водных объектов Калининградской области по гидробиологическим, геоморфологическим и гидрологическим параметрам

Водотоки второй группы протекают через разнообразные ландшафты холмисто-моренных гряд и возвышенностей, а также приледниково-озерных равнин, что обуславливает их большую проточность, по сравнению с реками первой группы (средняя скорость течения – 0,2-0,4 м/с). Во время половодий и паводков скорость течения некоторых рек, из этой группы, может увеличиваться до 1 м/с. В летнюю и зимнюю межени скорость течения снижается до 0,1 м/с. Грунты – преимущественно песчаные, местами илистые, местами галечные.

Водотоки третьей группы дренируют ландшафты наиболее приподнятой юго-восточной части области – Виштынецкой возвышенности и характеризуются большей протяженностью, наибольшими уклонами бассейнов и скоростью течения более 0,4 м/с. Грунты – преимущественно песчано-галечные.

В целом реки имеют небольшие скорости течения, поскольку рельеф Калининградской области преимущественно равнинный (Ваулина, 1999; Литвин, 1999; Оrlenok, 2002). Сравнительно быстротечны реки, текущие с Вармийской и Виштынецкой возвышенностей, Самбийского мореного плато. Медленным течением отличаются реки Неманской низменности, Полесской мореной равнины и Прегольской озерно-ледниковой равнины.

Еще одна группа водных объектов сформирована из малых лентических водоемов. В эту группу вошли карьеры Орловский, Сокольники, и безымянный карьер в п. Сокольники (ориентир г. Зеленоградск); 8 озер (Бородинское, Домашнее, Камышовое, Красное, Рыбное, Мариново, Воронье, Дубовское); пруд Затон и Правдинское водохранилище (рис. 2). Все перечисленные водоемы характеризуются небольшими глубинами (в основном до 7 м), зарастанием вдоль берегов высшей водной растительностью и преобладанием илистых грунтов (Масюткина, 2014).

Структуру сообществ зообентоса можно охарактеризовать видовым составом, их численностью, биомассой, степенью доминирования отдельных видов и другими различного рода взаимоотношениями. Структура экосистем

и сообществ может меняться во времени и пространстве, а также под влиянием различных факторов среды, в том числе антропогенных.

При оценке численности и биомассы зообентоса озера Виштынецкого учитывались их средневзвешенные величины (фор. 1, 2), по средним значениям численности и биомассы в каждой зоне (литорали, сублиторали, профундали) с учетом относительных площадей, приходящихся на эти зоны (Павловский, 2007; Щербина, 1985):

$$N = \frac{N_1 * S_1 + N_2 * S_2 + N_3 * S_3}{S}, (1)$$

$$B = \frac{B_1 * S_1 + B_2 * S_2 + B_3 * S_3}{S}, (2)$$

где N_1, N_2, N_3 – численность; B_1, B_2, B_3 – биомасса, S_1, S_2, S_3 – площадь, приходящаяся на литораль, сублитораль, профундаль; S – общая площадь озера.

В озере выделено 3 зоны: профундаль – с глубинами более 15 м, она является наиболее обширной и занимает 47% от всей площади озера, сублитораль – от 5 до 15 м (29%), литораль – прибрежная зона до глубины 5 м (24%) (Масюткина, 2014).

Оценка экологического состояния рек и озер проводилась с помощью наиболее часто используемых в гидробиологии индексов: хирономидного индекса Балушкиной, индекса сапробности Пантле-Букка в модификации Сладочека, биотического индекса Вудивисса, олигохетного индекса Гуднайта-Уитлея, интегрального показателя Балушкиной.

Хрономидный индекс Балушкиной Е.В. (Балушкина, 1976) основан на соотношении численности отдельных подсемейств хирономид и рассчитывается по формуле (3).

$$K_{Ch.\text{Мод}} = \frac{a_T + 0.5a_{Ch}}{a_0}, (3)$$

где a_T, a_{Ch}, a_0 – смещенные относительные численности подсемейств Tanypodinae, Chironominae и Orthocladiinae; $a=N+10$, a - относительная численность каждого подсемейства.

Хирономидный индекс Балушкиной изменяется в пределах от 0,136 до 11,50. Подробная градация качества вод и значений хирономидного индекса приводится в таблице 2.

Таблица 2 – Градация качества вод и значений хирономидного индекса

Значение хирономидного индекса	Класс качества вод
0,136-1,08	Чистая
1,08-6,50	Умеренно-загрязненная
6,51-9,00	Загрязненная
9,01-11,50	Грязная

В настоящих исследованиях использовался индекс сапробности, Р. Пантле и Г. Букка в модификации Сладечека (Pantle, 1955) (4).

$$S = \frac{\sum S_i * n_i}{\sum n_i}, (4)$$

где S_i – индивидуальная сапробная валентность вида, n_i – относительная численность вида.

В соответствии с системой сапробности проводят деление водоемов и водотоков, а также их отдельных участков в зависимости от степени загрязнения органическими веществами на олиго-, β -мезо-, а-мезо- и полисапробные (табл. 3).

Таблица 3 – Градация качества вод и значений индекса сапробности

Значение индекса сапробности	Зона сапробности	Класс качества вод
1,00-1,50	олигосапробная	Чистая
1,51-2,50	β -мезосапробная	Умеренно-загрязненная
2,51-3,50	а-мезосапробная	Загрязненная
3,51-4,00	полисапробная	Грязная

Величина биотического индекса Вудивисса определяется по специальной таблице и зависит от числа присутствующих групп и видового разнообразия (Безматерных, 2007). Биотический индекс изменяется в диапазоне от 0 до 10. Чем он меньше, тем выше степень загрязнения (табл. 4). При величине индексе ниже 5 наблюдается выраженное загрязнение.

Таблица 4 – Градация качества вод и значений индекса Вудивисса (Безматерных, 2007).

Значение индекса Вудивисса	Класс качества вод
10	Очень чистая
7-9	Чистая
5-6	Умеренно-загрязненная
4	Загрязненная
2-3	Грязная
1	Очень грязная

Олигохетный индекс, предложенный К.Г. Гуднайтом и Л.С. Уитлеем (Goodnight, Whitlei, 1961), рассчитывается как соотношение численности олигохет к общей численности зообентоса. Чем больше количество олигохет, тем выше уровень загрязнения (табл. 5)

Таблица 5 – Градация качества вод и значений олигохетного индекса (Безматерных, 2007)

Значение олигохетного индекса	Класс качества вод
<20	Очень чистая
21-35	Чистая
36-50	Умеренно-загрязненная
51-65	Загрязненная
66-85	Грязная
86-100	Очень грязная

При использовании олигохетного индекса стоит учитывать, что не все виды малошетинковых червей могут рассматриваться как показатели чрезвычайного загрязнения. При сильном загрязнении происходит массовое размножение, в первую очередь, тубифицид.

Интегральный показатель Балушкиной (Балушкина, 1997, 2009, 2011) рассчитывается по формуле 5:

$$IP = \frac{(K_1 * S + K_2 * O + K_3 * K_{Ch} + \frac{K_4}{BI})}{4}, \quad (5)$$

где IP – интегральный показатель Балушкиной; S – индекс сапротоксности ($K_1=25$); O – олигохетный индекс ($K_2=1$); K_{Ch} – хирономидный индекс ($K_3=8,7$); BI – индекс Вудивисса ($K_4=100$).

Оценка видового сходства зообентоса между отдельными водными объектами или их участками проводилась с помощью коэффициента общности видового состава Съеренсена-Чекановского, рассчитанного по формуле 6:

$$K_S = 2c / (a + b), \quad (6)$$

где a – множество видов в первом сообществе, b – множество видов во втором сообществе, c – множество видов общих для обоих сообществ.

Данный коэффициент изменяется в пределах от 0 до 1. Чем больше значение коэффициента, тем больше уровень сходства.

Статистическая обработка и графическое представление данных осуществлялось с помощью программного пакета Microsoft Excel. Некоторые

виды статистической обработки, среди которых корреляционный и кластерный анализ, проводились в программе STATISTICA 6.0. Сила линейной взаимосвязи между рассматриваемыми переменными оценивалась в ходе проведения корреляционного анализа. Статистическим критерием был выбран коэффициент корреляции Пирсона, пороговая величина ошибки составляла 0,05 ($p=0,05$). Проведение кластерного анализа проходило по методу полной связи, в качестве меры объединения выбрано евклидово расстояние (Миркин, 1978; Плохинский, 1970, 1982).

Полученная в ходе проводимых исследований информация о составе, структуре, количественных характеристиках и распределении зообентоса, а также об экологическом состоянии водных объектов была обобщена и с помощью современных ГИС технологий нанесена на карты, что позволило дать наглядное представление о современной состоянии фауны зообентоса и экологической обстановке на водных объектах. Построение карт пространственного распределения различных параметров осуществлялось с помощью программных пакетов Surfer 10 и ArcMap 10.2.1.

ГЛАВА 3. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Калининградская область расположена на юго-восточном побережье Балтийского моря. На северо-востоке и востоке она граничит с Литвой, на юге и юго-западе – с Польшей, а на севере и северо-западе омывается Балтийским морем. Площадь области – 15,1 тыс. км², в том числе 1,8 тыс. занимают морские заливы и внутренние водоемы (Литвин, 1999). Протяженность области с запада на восток 200 км, с севера на юг – 105 км, длина морского побережья 147 км, не считая береговой линии заливов.

Природный морфологический облик области сложился в результате деятельности последнего, Валдайского, оледенения и отражает закономерное чередование обширных равнинных и низменных пространств с отдельными холмисто-грядовыми возвышенностями (Орленок, 2002). В целом преобладают высоты с абсолютными отметками 20-50 м. На территории области можно выделить следующие геоморфологические районы: Самбийское моренное плато, Инстручская конечно-моренная гряда, Вармийская и Виштынецкая холмисто-моренные возвышенности, Прегольская и Шешепская озерно-ледниковые равнины, Полесская моренная равнина, Наманская дельтовая низменность, а также Куршская и Вислинская косы.

Наиболее высоко приподнятой является южная часть области. На юго-западе области располагается Вармийская возвышенность, на юго-востоке – Виштынецкая, которые разделяет долина реки Лава. Высшая точка Вармийской возвышенности достигает 191 м, Виштынецкой – до 242 м. Реки текущие к северу по Вармийской возвышенности, прорезали довольно глубокие и узкие долины и хорошо дренируют местность, поэтому озер на возвышенности не встречается. Виштынецкая возвышенность является зоной холмисто-грядового рельефа. Понижения между холмами часто заболочены, а наиболее крупные заняты озерами: Виштынецкое, Мариново, Красное, Камышовое, Рыбное и др. Происхождение озер ледниковое. Долины рек, текущих к севе-

ру, глубоко врезаны в поверхность возвышенности и имеют крутые склоны, где обнажаются моренные отложения. На склонах этих двух возвышенностей берут начало многие реки области – Преголя, Мамоновка, Прохладная, Голубая, Анграпа с притоками Красная и Писса.

К названным возвышенностям с севера примыкают пространства Прегольской равнины. Высота ее над уровнем моря от 13 до 25-30 м. Равнина сложена мелкозернистыми песками, супесями, глинами. Реки в пределах равнины текут в широких плоских долинах и плохо дренируют местность. Поэтому часто встречаются заболоченные участки.

Северо-восточную часть области занимает Шешупская озерно-ледниковая равнина, где берут начало притоки реки Инструч. Ее рельеф более сложный. На фоне выровненных участков встречаются массивы и гряды моренных холмов.

Почти весь Самбийский полуостров занимает Самбийское моренное плато. Его рельеф представлен несколькими сериями конечно-моренных гряд, которые сформировались на возвышенной части плато в период остановки деградирующего последнего ледникового покрова. В центральной части полуострова расположены Большие горы, высота которых местами доходит до 110 м. Они протянулись практически от самого северного берега на юг, где их сменяет низменность, примыкающая к Калининградскому заливу. Гряда Больших гор служит водоразделом водотоков, текущих в Балтийское море, а также в Калининградский и Куршский заливы. Южная часть Самбийского полуострова, находящегося за пределами зоны конечно-моренных гряд, образована слабо наклоненной к Калининградскому заливу водно-ледниковой равниной, сложенной в основном сортированными песчаными отложениями.

С конечно-моренными грядами Самбийского полуострова через относительно невысокую (около 40 м) цепь моренных образований в виде размытых холмов и моренных массивов, протягивающихся вдоль правого берега долины р. Преголя, связана Инстручская конечно-моренная гряда. Местами

на вершинах холмов и склонах ручьев здесь обнажаются коричневые суглинки с примесью валунов и песчаных прослоев. Вдоль правого берега р. Инструч конечно-моренная грязь заметно расширяется и становится выше, достигая высот более 50 м. При приближении к долине р. Неман Инстручская грязь постепенно снижается.

Севернее дуги Самбийско-Инстручской грязи, почти достигая Куршского залива, располагается Полесская моренная равнина. Она сформировалась после отступления ледника от конечно-моренной грязи к северу, а затем подверглась частичному затоплению талыми ледниковых водами. В результате в южной части равнины преобладает холмисто-волнистый рельеф с высотами 15-25 м, на фоне которого встречаются обширные плоскодонные понижения и холмы. В северной части рельеф более выровнен, высоты составляют менее 10 м. Далее эта поверхность плавно переходит в Неманскую низменность, затапливаемую в послеледниковое время водами залива. Высоты здесь составляют 1-4 м, а местами есть участки, находящиеся ниже уровня моря. Поэтому побережье и ложбины, по которым воды залива в периоды половодий проникают вглубь территории, огорожены дамбами.

На основные формы рельефа области, созданные под воздействием ледника, наложены довольно многочисленные флювиальные формы в виде сети различных по размерам речных долин, сложенных аллювиальными отложениями. Калининградская область относится к западно-европейскому району атлантико-континентальной области климата умеренных широт (согласно районированию Б.П. Алисова). Климат можно отнести к переходному от морского к умеренно-континентальному (Баринова, 2002; Берникова, 2008).

Географическое положение области и близость к Атлантическому океану определяют отчетливо выраженное преобладание в циркуляции атмосферы переноса воздушных масс. С воздушными течениями связана циклоническая деятельность – возникновение и перемещение циклонов и антициклонов, прохождение атмосферных фронтов. Калининградская область отли-

чается повышенной циклоничностью по сравнению с центральными районами России. Циркуляция атмосферы как фактор формирования климата определяет разнообразие типов погоды, придавая Калининградской области изменчивость и непостоянство. Господство западного переноса воздушных масс обуславливает значительное повышение температуры воздуха в холодный период года и снижение в теплый, а также способствует увлажнению территории. Радиационные факторы формирования температур наибольшее влияние оказывают весной и летом (Баринова, 1999).

Наиболее холодным месяцем является январь, а наиболее теплым июль. Средние температуры этих месяцев составляют около +17,5 и -4°C соответственно (Баринова, 2002). Нередки годы, когда самые высокие температуры смещаются на август, а самые низкие на февраль. Зима неустойчивая, с оттепелями, во время которых температура может повышаться до +5°C. Для области характерен длительный безморозный период, продолжительность которого может составлять 150-200 дней. Устойчивое прогревание воздуха выше 0°C начинается с середины-конца марта и продолжается до конца ноября – начала декабря. Период активной вегетации растений, когда температура поднимается выше 10°C, составляет 140-150 дней и длится с конца апреля-начала мая до конца сентября-начала октября.

Калининградская область относится к типу территорий с избыточным увлажнением. Благодаря хорошо развитой деятельности циклонов, здесь в среднем за год выпадает 750-800 мм осадков (Баринова, 2002). Причем основная часть осадков выпадает с апреля по октябрь (60-65% годовой суммы осадков). Колебания месячных сумм осадков достигает очень больших величин: от 5 до 300% от среднемноголетней их величины (Баринова, 1999). Основная масса осадков выпадает в виде дождя, причем из-за частых оттепелей зимой тоже идут дожди. Устойчивый снежный покров образуется очень поздно – 27-31 декабря и лежит до середины марта. Однако очень часты зимы, когда под действием интенсивных оттепелей снег лежит меньше месяца.

Ветровой режим над территорией Калининградской области обусловлен сезонным характером барических центров, развивающихся над Европой и Атлантическим океаном (Баринова, 1999). В соответствии с общими циркуляционными процессами почти в течение всего года преобладают западные, юго-западные и северо-западные ветра, общая повторяемость которых составляет 40-45%. Наиболее редкими являются ветры северного, северо-восточного и восточного направлений (3-10%). По скорости ветра прибрежные районы отличаются от более континентальных внутренних районов. Средняя годовая скорость ветра на побережье составляет 5-6 м/с, в то время как в южных и восточных районах – 3,5-4 м/с. В течение года средние значения скорости ветра неодинаковы и имеют максимальное значение зимой и ранней весной (до 4-7,6 м/с), а минимальные – летом (всего 2,5-5 м/с) (Баринова, 1999, 2002).

Сильные западные ветры в осенне-зимний период являются причиной нагонных явлений в реках, особенно это заметно для реки Преголя. При значительных нагонах на участке Калининград-Гвардейск создается подпор, вследствие чего происходит перераспределение расходов воды между устьевыми участками рукавов и весь расход Преголи сбрасывается через Дейму в Куршский залив. Это в значительной степени снижает высоту нагонных подъемов уровня воды у Калининграда.

Важно отметить особенности погодных условий во время проведения исследований. В период с 2006 по 2014 годы в Калининградской области наблюдались неоднозначные погодные условия. 2014 годы был самым сухим за исследуемый промежуток времени. Общее количество осадков за весь год составило всего 650 мм, что ниже нормы на 170 мм. Достаточно сухим был и 2006 год. 2007 год, напротив, характеризовался повышенным количеством осадков (около 1200 мм). 2006 и 2010 год отличались очень холодной зимой и аномально жарким летом. Устойчивый ледовый покров продержался с конца декабря до середины февраля, а толщина льда на водоемах доходила до 60 см. А летом были установлены новые рекорды максимальной температуры.

2013 год ознаменовался затяжной весной. В этот год отрицательные температуры продержались до начала апреля, что привело к более позднему развитию зообентоса. Аномально теплые зимы отмечались в 2006-2007 гг. и 2007-2008 гг., в этот период устойчивый ледостав так и не успевал сформироваться. Погодные условия нашли свое отражение в изменении уровневого режима рек и озер, степени прогрева воды. Что в свою очередь оказывается на росте и развитии зообентоса, начале вылета амфибиотических видов.

Почвы Калининградской области относятся к Европейско-Западно-Сибирской таежно-лесной области, к зоне дерново-подзолистых почв южной тайги (Орленок, 2002). В древние времена большую часть территории области занимали смешанные хвойно-широколиственные и хвойные леса, которые способствовали образованию подзолистых почв. Однако в результате хозяйственной деятельности людей населяющих данную местность, почвенный покров подвергся окультуриванию и сильно видоизменился. Практически все леса были вырублены и в настоящее время они занимают всего 17% площади. Для осушения земель была создана разветвленная мелиоративная сеть, на полях проводили известкование, внесение минеральных и органических удобрений. Деятельность людей привела к смене типичных подзолистых почв на дерново-подзолистые. В настоящее время в области также встречаются дерново-глеевые, торфяно-перегнойные болотные и аллювиально-болотные почвы (Дедков, 1999). Почвообразующие породы в основном имеют тяжелый гранулометрический состав (глины и суглинки), в меньшей степени распространены более легкие породы (супеси и пески). Такие почвы обладают большой влагоемкостью и слабой водопроницаемостью, что приводит к их избыточному увлажнению и заболачиванию (Орленок, 2005).

Растительный покров области относится к лесной зоне, подзоне смешанных хвойно-широколиственных лесов. В среднем лесистость области составляет 17%. В Нестеровском, Краснознаменском, Славском, Полесском, Гвардейском и Багратионовском районах лесистость доходит до 37%. Именно здесь сохранились наиболее крупные лесные массивы. Основными лесо-

образующими породами можно назвать ель, сосну, дуб, клен, березу. Пашни занимают около 25% площади территории области, сенокосные и пастбищные луга 30%, 6% приходится на болота (Орленок, 2002, 2005). На остальной части территории размещаются дороги, жилые и производственные помещения. Физико-географическое положение и природно-климатические факторы способствуют образованию на территории области множества небольших рек и озер.

3.1. Водный фонд Калининградской области

3.1.1. Реки

Водотоки Калининградской области относятся к классу равнинных рек, их отличает молодость и незначительная глубина эрозионного вреза. Густота речной сети достигает $0,96 \text{ км}/\text{км}^2$. Общее количество рек превышает 4600, а их общая протяженность – 12700 км. По территории Калининградской области протекают одна крупная река – Неман и 5 средних – Шешупе, Преголя, Анграпа, Инструч, Лава. Остальные водотоки относятся к группам малые, очень малые и ручьи (Маркова, 1999; Орленок, 2002).

Для рек Калининградской области характерно смешанное питание: 40% – дождевое, 35% - снеговое и 25% – грунтовое. В целом водный режим рек характеризуется весенним половодьем, летними, осенними и зимними паводками. Весеннее половодье начинается с марта. Его средняя продолжительность 20-30 дней (Маркова, 1999; Орленок, 2002). Наиболее высокие подъемы уровня наблюдаются во время поздних половодий при интенсивном снеготаянии, если зимой не было оттепелей и накопилось много снега. Такое половодье было зафиксировано в 2010 г. Летняя межень устанавливается в мае и длится до октября. Межень периодически прерывается летними непролongительными паводками. Обильные летние паводки отмечались в 2007 году. Осенние паводки более продолжительны, чем летние, но высота подъема

уровня несколько меньше. В мягкие зимы на реках также наблюдаются дождевые паводки. В некоторые зимы на реках и озерах области не формируется устойчивый ледовый покров, как например, зимой 2007-2008 гг.

Устьевые участки рек, расположенных в пределах Полесской и Прегольской равнин, а также Неманской низменности, находятся в подпоре от принимающего водоема и зависят от сгонно-нагонных явлений. Руслы многих рек, особенно в дельте р. Немана, канализованы и служат для осушения польдерных земель.

Значительную часть территории Калининградской области занимают бассейны рек Преголя и Неман с притоками. Кроме того имеются небольшие реки Большая Морянка, Зеленоградка, Медвежья, Алейка, Забава, Светлогорка, Нельма, Прохладная и др, впадающие самостоятельно в Куршский и Калининградский заливы, а также в Балтийское море. Все они образуют очень разветвленную гидрографическую сеть, покрывающую поверхность области и осуществляющую ее дренаж (Орленок, 2002; Литвин, 1999).

В верховьях рек, особенно стекающих с возвышенностей на юге области, долины в основном узкие с довольно глубоко врезанными руслами, где накапливаются глубокозернистые аллювиальные отложения. В средней и нижней частях рек на озерно-ледниковых и прибрежных равнинах долины широкие с хорошо развитыми поймами и меандрирующими руслами. Аллювиальные отложения представлены здесь обычно илистыми осадками, местами чередующимися с песчаными отложениями. Мощность аллювиальных отложений в нижних частях рек достаточно велика. Неманская дельтовая низменность является наиболее обширной территорией, рельеф которой создан флювиальными процессами (Орленок, 2002; Литвин, 1999).

Внешний облик и режим многих водотоков видоизменены человеком: русла выпрямлены, канализованы, служат водоприемниками мелиоративных систем, уровень воды регулируется насосными станциями. Результаты лабораторных исследований подтверждают, что процессы самоочищения не все

рек справляются с загрязнением от неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод (Государственный доклад ..., 2014).

Река Неман

Река Неман представляет собой крупный водоток, протекающий по территории трех государств. Исток реки находится в Республике Беларусь, далее река протекает по Литовской Республике, в нижнем течении по руслу реки проходит государственная граница Российской Федерации и Литовской республики. В низовье русло разделяется на несколько рукавов (Матросовку, Скирвите, Атмату) и образует обширную дельту со множеством мелких речушек (*Хлебная, Широкая*), проток и стариц. Здесь река протекает по низменности, где абсолютные отметки высот опускаются до минус 1,4 м. В результате некоторые земли нуждаются в постоянном осушении. Левый берег Немана и оба берега Матросовки укреплены земляными дамбами, высота которых доходит до 5 м. Большинство рек в дельте Немана и бассейне Куршского залива соединены каналами в единую мелиоративную сеть. Русла многих рек канализованы, в них сбрасывается вода с польдерных земель (Маркова, 1999; Берникова, 2008; Орленок, 2002).

Ширина русла реки Неман в межень составляет около 180-350 м, а во время половодий она может увеличиваться в 4 раза до 1,5 км. Средние глубины на плесах составляют 4 м, на перекатах значительно меньше – 2 м. Для поддержания необходимых глубин для судоходства русла Немана и Матросовки сужены и выпрямлены (Берникова, 2008; Маркова, 1999). Также для целей судоходства были создан ряд каналов соединяющих реку Неман и Преголю (Немонинский, Полесский).

Бассейн реки обладает разветвлённой гидрографической сетью. Основные притоки впадают в р. Неман со стороны Литвы (Миния, Юра, Вилия, Мяркис и др.). Среди притоков, протекающих по территории Калининградской области, стоит отметить Шешупе и Тыльжу. Основные характеристики

реки Неман приведены в таблице 6. Река и ее притоки имеют большое значение в рыбном хозяйстве как среда обитания, места нереста, нагула и миграций многих видов рыб, в том числе и лосося, кумжи, рыбца и корюшки (Кесминас, 2008).

Таблица 6 – Основные параметры р. Неман

Название	Длина, км	Площадь водосборного бассейна, км ²	Скорость течения, м/с	Преобладающие грунты	Рыбохозяйственная категория
Неман	937 (107)	98200	0,6-0,8	песок	Высшая

На берегах реки образовалось много населенных пунктов, самые крупные из которых расположены в Литве (Каунас, Алитус) и Беларусь (Гродно, Мосты). В пределах Калининградской области также имеется несколько городов: Советск и Неман. На территории Литвы около г. Каунаса русло зарегулировано, построена ГЭС и образовано водохранилище. Воды реки интенсивно используются в энергетике, промышленности, сельском хозяйстве, хозяйствственно-бытовом водоснабжении. Вода в реке преимущественно гидрокарбонатно-кальциевая 1 типа, умеренно жесткая. Минерализация воды в основном средняя, в период межени – повышенная. Кислородные условия относительно благоприятные. Водородный показатель немного сдвинут в щелочную сторону. Достаточно высокие значения перманганатной окисляемости свидетельствуют о повышенном содержании органических веществ в реке. Величина биогенных элементов не всегда соответствуетестественному ходу фотосинтеза, что может быть следствием загрязнения. Трансграничным стоком р. Неман приносит значительное количество азота аммонийного, нитратного, нитритного, минерального фосфора и общего железа (Нагорнова, 2014; Шибаев, 2011).

Реки с замедленным течением

В группу водотоков с замедленным течением входят преимущественно небольшие реки, ручьи и каналы, впадающие непосредственно в Курш-

ский и Вислинский заливы, в Балтийское море, а также некоторые притоки реки Преголя и мелиоративные каналы (рис. 4).

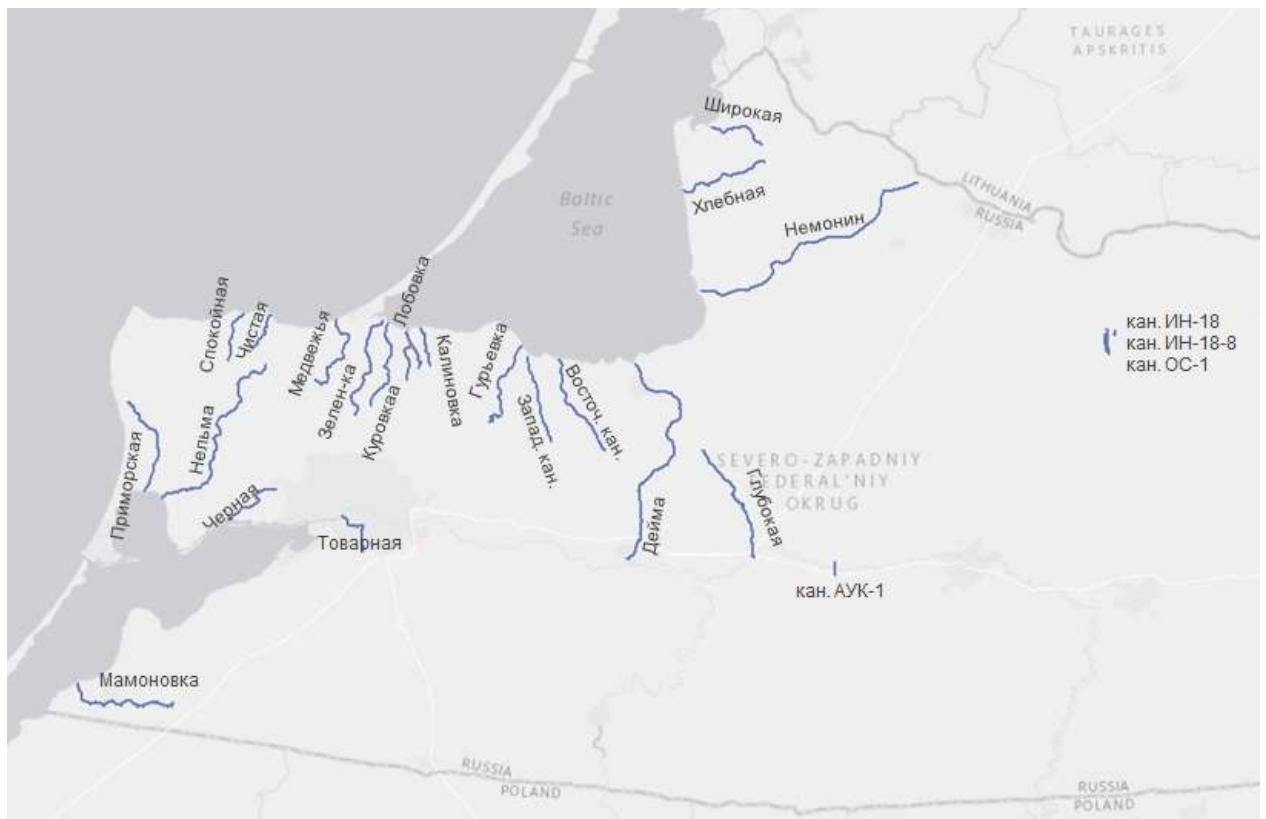


Рисунок 4 – Карта-схема расположения рек с замедленным течением

Водотоки не отличаются большой протяженностью и площадью водосборного бассейна. Уклоны этих водотоков минимальные среди всех рек области. Скорость течения в основном меньше 0,1-0,2 м/с. Реки часто находятся в подпоре от вод залива, что способствует накоплению загрязняющих веществ. Долины рек выражены не ясно, склоны пологие. Русла часто заросшие. Грунты представлены преимущественно илистыми отложениями. Значительные участки рек выпрямлены, канализованы и укреплены дамбами. Водотоки связаны густой сетью мелиоративных каналов, откачка воды происходит механическим способом на насосных станциях. Территория, по которой протекают реки, интенсивно используется в сельском хозяйстве. Для малых водотоков с замедленным течением характерны повышенные значения минерализации и жесткости, не всегда благоприятные кислородные условия и периодически повышенное содержание биогенных элементов (до

2ПДК и более). В целом расход воды в малых реках этой группы находится под влиянием сброса хозяйствственно-бытовых и промышленных стоков, особенно в маловодные периоды (Нагорнова, 2012). Только некоторым рекам присвоена высшая рыбохозяйственная категория. Большинство же рек относится к первой и второй рыбохозяйственной категориям (табл. 7).

Таблица 7 – Основные параметры водотоков с замедленным течением

Название	Длина, км	Площадь водо-сборного бассейна, км ²	Скорость течения, м/с	Преобладающие грунты	Рыбохозяйственная категория
Зеленоградка	21	72	0,06	ил	1
Куровка	18	40	0,14	ил	1
Лобовка (Крайняя)	14	62	0,11	ил	1
Гурьевка	23	43	0,06	ил	1
Западный кан.	15	137	0,04	ил	1
Восточный кан.	21	98	0,04	ил	1
Калиновка	17		0,1	ил	2
Немонин	46		0,20	песок, ил	Высшая
Хлебная	17	2375 (общая для дельты р. Неман)	<0,05	растительные остатки, ил	2
Заячья	9		<0,05	ил, растительные остатки	1
Широкая	15		<0,05	ил	2
Медвежья	10	41,9	0,01	черный ил	Высшая
Чистая	4	13,5	0,11	песок	1
Спокойная	7	8,4	0,08	песок	2
Нельма	30	186	0,11	песок, ил	Высшая
Приморская	25	113	0,09	ил	Высшая
Черная (кан. ПР 5)	11		0,17	черный ил	1
Мамоновка	12	311	0,17	ил, песок	Высшая
Товарная	15		<0,1	ил	2
Дейма	37		0,12	Ил, глина, раст. ост	Высшая

Большая часть водотоков из этой группы дренирует ландшафты Полесской равнины и Неманской низменности, затем впадает в Куршский залив (Зеленоградка, Куровка, Лобовка, Крайняя, Калиновка, Гурьевка, Немонин, Широкая, Хлебная, Западный и Восточный каналы и др.).

Река Зеленоградка берет начало на холмах Самбийской конечно-мореной гряды, течет в северном направлении и впадает в Куршский залив восточнее г. Зеленоградска. Река дренирует холмисто-моренные равнины с дерново-подзолистыми почвами с болотной и разнотравно-луговой растительностью. Русло извилистое. В нижнем течении протекает по заболоченной

территории. Гидрографическая сеть не густая, основу ее составляют мелиоративные каналы. В приусьевой части река образует совместную дельту с р. Тростянкой. Правый берег сильно заболочен. Уровень воды находится в подпоре от Куршского залива. В устьевой части периодически наблюдаются застойные явления. Кислородные условия не всегда благоприятные, летом может наблюдаться дефицит кислорода. Содержание азота аммонийного в несколько раз превышает ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Местами русло сильно замусорено бытовыми отходами, корягами и бревнами. Отмечаются участки, где русло реки спрятано в трубы, места водопоя скота (Нагорнова, 2012).

Исток реки *Куровка* находится около пос. Рябиновка. Долина реки заболочена. Ширина реки составляет около 5 м, глубина – 1,5 м. В верхнем течении Куровка протекает через елово-широколиственные леса, в среднем и нижнем – через сельскохозяйственные поля. В реку впадают множество мелиоративных каналов. В нижнем течении русло канализировано и является продолжением мелиоративной системы. Величина перманганатной окисляемости повышенная, а в период весеннего половодья высокая, что объясняется смывом органических веществ с водосборной территории (сельскохозяйственных полей). В летнюю межень отмечается недостаток кислорода. Для реки характерно повышенное содержание биогенных элементов.

Река Лобовка представляет собой небольшой водоток, исток которого находится немного южнее пос. Храброво. Речная сеть состоит преимущественно из мелиоративных каналов. Наиболее крупным притоком является река *Крайняя*. Она берет начало в заболоченном елово-широколиственном лесу южнее п. Матросово и впадает в р. Лобовку ниже п. Луговое. Растительный покров в пределах бассейна реки представлен разнотравно-злаковыми лугами, местами заболоченными. Река Лобовка связана с реками Калиновка и Покосная сетью мелиоративных каналов. Ближе к устью левый берег укреплен дамбой, построена насосная станция.

На берегах реки располагается ряд поселков, самый крупный из которых п. Храброво, в непосредственной близости находится животноводческая ферма и сельскохозяйственные земли. В месте отбора проб (ниже п. Храброво) грунты представлены черными илами. Во время взятия проб чувствовался сильный канализационный запах, вода имела мутно серый цвет. Для реки характерен азональный ход гидрохимических показателей: резкое повышение перманганатной окисляемости до экстремальных значений в летний меженный период, дефицит кислорода в течение всего года и резкое падение насыщения кислородом летом и осенью до 20%, экстремально высокое содержание азота аммонийного (летом до 11,1 мгN/дм³) (Нагорнова, 2011, 2012).

Река Гурьевка берет начало в заболоченном массиве восточнее п. Константиновка на высоте 10 м. Впадает в залив в районе п. Заливное. Долина река разработана плохо. Густая мелиоративная сеть соединяет бассейны рек Гурьевка и Ольховка в единую систему. Река дренирует ландшафты Полесской низменности, проходит через сельскохозяйственные поля, заболоченные земли и разнотравно-злаковые луга, местами встречаются еловые широколиственные и мелколиственные леса. В устье располагается насосная станция. Течение слабое, русло сильно заросло ряской и тростником.

Западный канал представляет собой прямой искусственно оформленный водоток, в некоторых местах укрепленный бетонными плитами. В канал впадает множество ручьев и мелиоративных каналов. Западный канал протекает через сельскохозяйственные земли, используемые как пастбища, а в нижнем течении – через заболоченные черноольховые леса. В воде канала содержится умеренное количество органических веществ (менее 10 мгO/дм³). Отмечалось высокое содержание хлоридов, недосыщение воды кислородом, относительно невысокое содержание биогенных элементов (Нагорнова, 2012; Нагорнова, и др., 2012).

Восточный канал так же, как и Западный канал, представляет собой искусственно выпрямленный и оформленный водоток (продолжение р. Овражки). Впадает в Куршский залив западнее п. Ушаковка. Канал проте-

кает через сельскохозяйственные угодья. В приустьевой части – зарегулирован. Течение очень слабое. Русло заросшее. В воде Восточного канала содержится умеренное количество органических веществ, величина перманганатной окисляемости соответствует среднему классу. Кислородные условия хорошие. Содержание биогенных элементов в основном соответствует требованиям, предъявляемым к водным объектам рыбохозяйственного значения (Нагорнова, 2012; Нагорнова, и др., 2011; Нагорнова, и др., 2012).

Реки Широкая, Хлебная, Заячья представляют собой небольшие водотоки в дельте р. Неман. Сток этих рек, как и большинства других водотоков дельты, регулируется механически. Течение очень слабое, иногда не наблюдалось вовсе. Русла рек сильно заросли высшей водной растительностью: тростником, ряской, кубышкой. Берега пологие, сильно заболочены. Болотные воды оказывают существенное влияние на сезонное изменение гидрохимических параметров. Водотоки дельты Немана характеризуются высоким содержанием органических и биогенных веществ (в частности железа общего), дефицитом кислорода.

Река Дейма была искусственно соединена с р. Преголей в XIV веке для снижения негативного воздействия сгонно-нагонных явлений в приустьевой части р. Преголи. Таким образом, при сильных западных ветрах часть стока р. Преголи перераспределяется через Дейму в Куршский залив. Река берет начало от г. Гвардейска, течет на север до г. Полесска, где впадает в Куршский залив. Донные осадки представлены илистыми и глинистыми отложениями с примесью растительных остатков и песка. Берега реки в основном низкие и заболоченные. Ширина русла – 50-100 м, средние глубины составляют около 2-3 м. На берегах реки располагаются сельскохозяйственные поля, а также два города: Полесск и Гвардейск. Система рек Преголя-Дейма имеет важное судоходное значение. В реке складываются благоприятные кислородные условия, величина перманганатной окисляемости повышенная и периодически отмечается повышение концентраций азота аммонийного (Государственный доклад … 2013, 2014; Нагорнова, и др., 2012).

Среди рек, впадающих непосредственно в Балтийское море и характеризующихся замедленным течением, можно назвать реки Медвежью, Чистую и Спокойную.

Река Медвежья берет свое начало на холмах конечно-моренных гряд Самбийского полуострова на высоте 26 м над уровнем моря. В верхнем течении долина реки узкая заболоченная, местами с обрывистыми берегами. В среднем течении русло искусственно выпрямлено и соединено с густой сетью мелиоративных каналов. В нижнем течении река представляет собой протяженный мелиоративный канал. В приусьевой части русло водотока спрятано в трубу, которая проходит под дюной. Устье искусственно оформлено металлическими стенками. Река течет по пастбищным землям, мимо поселков Коврово и Сокольники. Поселок Сокольники вплотную подступает к берегам реки и водоохранная зона не соблюдается. В месте взятия проб в водоток выходили стоковые трубы от близлежащих участков. Вода имела черный цвет и канализационный запах. Дефицит кислорода в воде приобретает катастрофический характер. Также для реки характерно очень высокое содержание органических и биогенных веществ, особенно в период летней межени. Можно говорить о том, что способность реки к самоочищению серьезно подорвана, за счет сильного антропогенного загрязнения некоторых участков (Нагорнова, 2012; Нагорнова, и др., 2011).

Река Чистая берет свое начало в водоеме южнее п. Ольшанки, устье реки находится в г. Пионерском. Долина реки глубокая, русло извилистое, устье блуждающее. В верхнем течении русло выпрямлено. Гидрографическая сеть простая, притоки представлены мелиоративными каналами. На берегах реки расположены поселки Ольшанка, Аральское и город Пионерский. В верхнем течении река проходит через сельскохозяйственные угодья, в среднем и нижнем сквозь широколиственно-сосновый лес и парковую зону города Пионерский. Местами русло реки убрано в трубу, замусорено бытовыми отходами. В целом вода в реке характеризуется относительно благоприятными кислородными условиями, в то же время содержание биогенных и орга-

нических веществ значительно превышает допустимые нормы (Орленок, 2002; Нагорнова, 2012; Нагорнова, и др., 2011).

Истоком реки *Спокойная* служит небольшое болото вблизи п. Романово. Впадает река в Балтийское море в черте пос. Заостровье. Долина реки узкая, глубоко врезанная. Ширина русла около 5 м. Речная сеть простая. Устье блуждающее. Практически на всем своем протяжении река дренирует сельскохозяйственные земли, периодически встречаются небольшие хвойно-широколиственные леса. Кислородные условия, как и в большинстве водотоков этой группы, благоприятные. Величина перманганатной окисляемости «средняя», содержание биогенных веществ несколько повышено (Нагорнова, 2012; Нагорнова, и др., 2011).

Некоторые реки, впадающие в Вислинский залив, также характеризуются замедленным течением (Нельма, Приморская, Черная, Мамоновка).

Бассейн реки *Нельма* хорошо развит и занимает значительную часть Самбийского полуострова. Истоком реки является небольшой родник, вытекающий с южного склона г. Тупой на высоте около 80 м. Нельма течет в юго-западном направлении и впадает в Приморскую бухту Вислинского залива. В средней части реки преобладают невысокие холмы (до 40 м). В нижнем течении река дренирует заболоченные ландшафты водно-ледниковой равнины, абсолютные высоты поникаются до 1 м, течение замедляется. Уровень воды находится в подпоре от вод залива. В верхнем и среднем течении долина реки выделена четко, в то время как в нижнем практически не выражена. Здесь она пересекается со множеством мелиоративных каналов. Самый крупный приток – река *Мучная* – имеет большое значение для воспроизводства особо ценных и ценных видов рыб, таких как кумжа, ручьевая форель и др. Большую часть бассейна реки Нельма занимают пашни и окультуренные луга. В нижнем течении река протекает через сосновые кустарничково-зеленомошные леса, в верхнем течении встречаются небольшие массивы хвойно-широколиственных лесов. В приустьевой части русло замусорено, перегорожено бревнами и упавшими ветками. Наиболее крупные поселки

располагаются также в приустьевой части реки (п. Кострово). Недалеко от устья обнаружена труба, через которую осуществляется сброс плохо очищенных сточных вод п. Кострово (сброс был зафиксирован во время наблюдений). Неочищенные сточные воды широко растекаются по заболоченной долине и пойме, особенно в периоды повышенной водности, когда сток реки замедляется из-за возросшего подпора реки со стороны залива. После сброса сточных вод в реке увеличивается расход, существенно ухудшаются газовые условия, резко увеличивается содержание взвешенных, органических и биогенных веществ (Берникова, и др., 2000; Берникова, и др., 2003; Нагорнова, и др., 2010; Тылик, и др., 2001; Тылик, 2013).

Река Приморская берет начало в небольшом озере к югу от п. Покровское, далее течет в южном направлении и в черте г. Приморска впадает в Приморскую бухту. Река дренирует холмистые-моренные ландшафты западной части Самбийского полуострова. Основу растительного покрова в бассейне реки формируют сельскохозяйственные угодья, представленные пахотными землями и окультуренными лугами. Лесистость составляет всего 1-2%. Основные притоки впадают с левого берега. В нижнем течении река дренирует заболоченную долину, осушаемую многочисленными мелиоративными каналами. В реке периодически наблюдается повышенное содержание органических и биогенных веществ (особенно азота аммонийного) (Берникова, и др., 2000; Берникова, и др., 2003).

Река Черная (канал ПР 5) на основном своем протяжении дренирует моренные равнины южной части Самбийского полуострова и впадает в Вислинский залив в п. Ижевское. В устьевой части берега заболочены, покрыты тростником, ивой, ольхой. Река соединена с р. Граевкой и Калининградским отводным каналом многочисленными дренажными каналами. Уровень реки находится в подпоре от залива. Русло реки сильно замусорено, на левом берегу располагается нефтетерминал ООО «ЛУКОЙЛ-Калининградморнефть». Значение перманганатной окисляемости характеризуется как очень высокое, на реке неоднократно наблюдался дефицит кислорода, сезонный ход биоген-

ных элементов нарушен, а концентрация аммонийного азота в летний период достигает экстремальных значений (более 4 мг/Ндм³), также отмечаются высокие концентрации фосфора фосфатов. Подобное изменение гидрохимических параметров указывает на серьезное антропогенное воздействие на бассейн реки (Нагорнова, 2012).

Бассейн реки *Мамоновка* расположен в юго-западной части Калининградской области и северной части Республики Польша. Сама река Мамоновка образуется в районе г. Мамоново в результате слияния двух рек – Банувки и Витушки. При этом длина Витушки превышает 25 км, Банувки – 20 км, а самой Мамоновки – всего 6 км. Основные притоки Мамоновки стекают с холмов Вармийской возвышенности – реки Банувка, Игнатьевка, Лавя, Овсянка и др. Эти водотоки характеризуются значительными уклонами эрозионного вреза, глубокими и узкими долинами. В некоторых местах притоки р. Мамоновки зарегулированы. В нижнем течении р. Мамоновка дrenирует ландшафты заболоченной прибрежно-морской равнины. Уровень воды в реке находится в подпоре от залива. В районе устья находится насосная станция, предназначенная для регулировки стока. Вода в реке характеризуется повышенным содержанием биогенных элементов и нарушением их сезонного хода. Территория в пределах бассейна Мамоновки интенсивно используется в сельском хозяйстве, в том числе и животноводстве. На берегах реки и ее притоков расположились поселки (Пограничный, Новоселово и др), г. Мамоново. Существенный вклад в поступление загрязняющих веществ в водоток вносит трансграничный перенос (Шибаев, и др., 2011; Нагорнова, 2012).

Реки со средней степенью проточности

Водотоки со средней степенью проточности протекают через разнообразные ландшафты холмисто-моренных гряд и возвышенностей, а также приледниково-озерных равнин (Орленок, 2002; Ваулина, 1999). По своим морфометрическим характеристикам большинство из них относятся к кате-

гории «малые», хотя есть и «средние» (Инструк, Преголя) (табл. 8). Водоразделы бассейнов выражены четко. Некоторые водотоки (притоки рек Мамоновка, Прохладная, Преголя) являются трансграничными и берут свое начало в холмах Вармийской возвышенности на территории Республики Польша. Впадают эти реки непосредственно в Балтийское море, Вислинский и Куршский заливы или являются притоками более крупных рек, таких как Преголя и Неман (рис. 5).

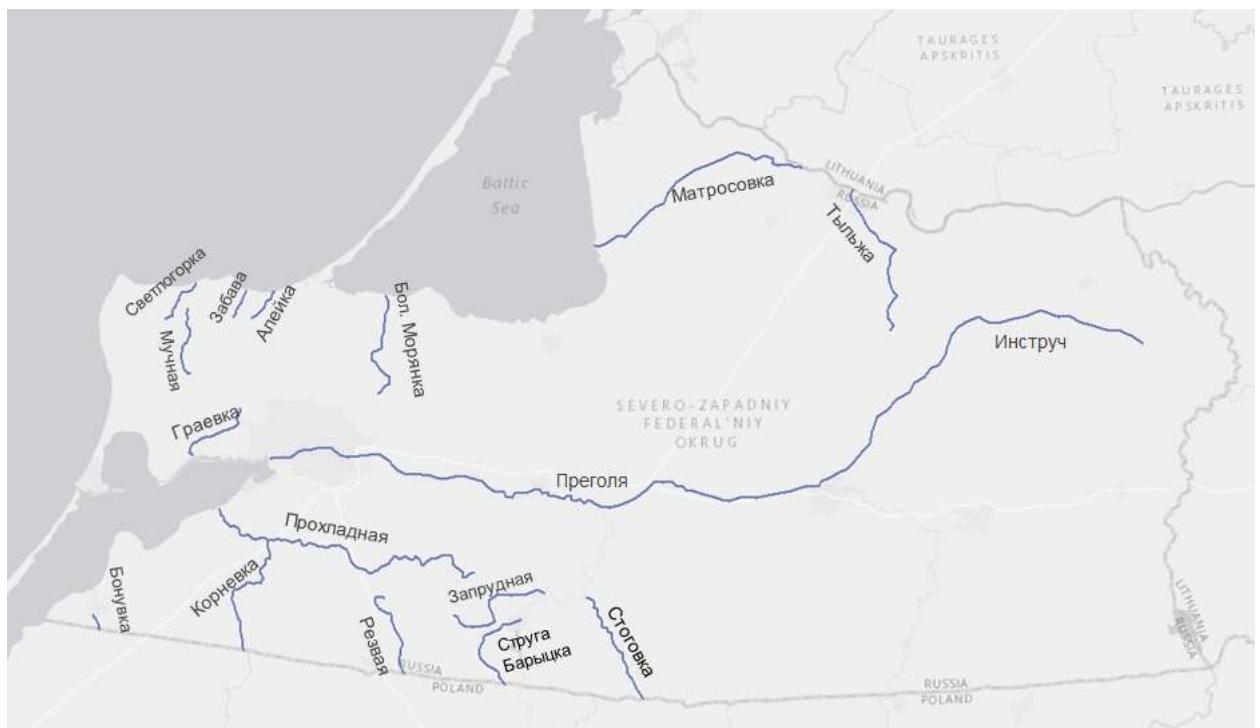


Рисунок 5 – Карта-схема расположения рек со средней степенью проточности

Гидрологические и гидрохимические параметры водотоков этой группы подвержены сильной кратковременной изменчивости, вызванной деятельностью природных и антропогенных факторов (Берникова, и др., 1997; Берникова, и др., 2004; Нагорнова, и др., 2010; Новожилов, 2006; Тылик, 2013).

Практически все реки из этой группы имеют большое значение для воспроизводства ценных видов рыб и им присвоена высшая рыбохозяйственная категория (Новожилов, 2006).

Таблица 8 – Основные параметры рек со средней степенью проточности

Название	Длина, км	Площадь водо-сборного бассейна, км ²	Скорость течения, м/с	Преобладающие грунты	Рыбохозяйственная категория
Светлогорка	14	24,3	0,32	песок	1
Забава	12	17,0	0,27	песок	Высшая
Зеленая	3	15,4	0,34	песок, камни	2
Алейка	12	41,8	0,22	песок	Высшая
Матросовка	43	2375 (общее для дельты р. Неман)	0,5	песок	Высшая
Бол. Морянка	17	11	0,39	ил, песок	1
Тыльжа	44		0,2	песок, глина	1
Граевка	30	143	0,22	ил	Высшая
Прохладная	77	1170	0,22	ил, песок	Высшая
Корневка	42 (29)	376	0,3	песок	Высшая
Резвая	33 (29)	173	0,3	галька, песок	Высшая
Преголя	123	13600	0,1-0,5	Ил, песок	Высшая
Инструк	101	1250	0,1-0,3	Песок, ил	Высшая
Правда	22	102	0,21	Песок, гравий	2
Стоговка	64	281	0,33	Заиленный песок	1
Правда	22	102	0,21	Песок, гравий	2

Малые водотоки, впадающие непосредственно в Балтийское море, дренируют ландшафты холмисто-моренных гряд Самбийского полуострова (Светлогорка, Забава, Алейка).

Истоком реки *Светлогорка* служит небольшое озеро в п. Клюквенное, расположенное на высоте 40 м. Устье блуждающее, расположено на северо-восточной окраине г. Светлогорска. Долина реки глубокая, берега крутые и высокие. Гидрографическая сеть простая. В верхнем и среднем течении река протекает через елово-широколиственный лес, в нижнем течении – по территории г. Светлогорска. В городе русло реки зарегулировано, в результате образовалось озеро Тихое. В приустьевом участке русло расширяется, берега становятся более пологими. В реке складываются благоприятные кислородные условия, содержание биогенных и органических веществ относительно не высокое (Нагорнова, 2012; Нагорнова, и др., 2011).

Река *Забава* берет начало в небольшом водоеме, расположенным в лесном массиве на высоте 49 м над уровнем моря. Долина реки хорошо выражена, глубокая, местами видны террасы. Ширина русла составляет 4-5 м,

глубина – до 1 м. Устье реки блуждающее, зависит от работы волн и преобладающих ветров. Долина водотока заросла лесами, в основном широколиственными. В среднем течении река зарегулирована – образовался каскад из двух рыбоводных прудов. Ниже прудов расположена животноводческая ферма. В реке нарушен ход годовой ход органических и биогенных элементов, что свидетельствует об антропогенном загрязнении (Нагорнова, 2012).

Река Зеленая течет в западной части Самбийского полуострова. Исток реки расположен на заболоченном лугу к югу от пос. Приморье, далее река течет в северо-западном направлении и впадает в море у пос. Филино. Основная часть реки проходит через сельскохозяйственные угодья, в нижнем течении – через хвойно-широколистственный лес. Долина реки глубоко врезана, в приустьевой части образовались крутые склоны. При пересечении с дорогами русло реки уранено в трубы. Русло сильно замусорено бытовыми отходами, лиственным опадом, упавшими ветками. В реке складываются благоприятные кислородные условия, величина перманганатной окисляемости средняя, содержание биогенных веществ не превышало ПДК для рыбохозяйственных водоемов (Нагорнова, и др., 2011; Нагорнова, 2012).

Исток реки *Алейка* находится на северном склоне горы Зольная к юго-востоку от п. Романово на высоте около 40 м над уровнем моря. В верхнем течении долина реки неширокая, но глубокая с обрывистыми берегами. В средней части река течет по широкой заболоченной долине. В нижнем течении река трансформирована в мелиоративный канал шириной около 6-7м и глубиной 1 м. Устье блуждающее. Практически на всем своем протяжении Алейка дrenирует сельскохозяйственные угодья, в нижнем течении идет вдоль садового общества Береговое. Река имеет достаточно густую гидрофизическую сеть. Наиболее крупные притоки впадают в нижнюю часть водотока после садового общества. Системой мелиоративных каналов соединена с р. Медвежьей. В реке наблюдаются благоприятные кислородные условия, прослеживается сезонный ход биогенных и органических элементов. Периодически содержание биогенных элементов превышает нормы допусти-

мые для водных объектов высшей и первой рыбохозяйственных категорий (Нагорнова, 2012; Нагорнова, и др., 2011).

Реки, впадающие в Куршский залив, дренируют низменные ландшафты, что обуславливает их слабую проточность. Только некоторые, например, Большая Морянка и Матросовка (один из рукавов реки Неман), характеризуются более высокими скоростями течения.

Река Большая Морянка берет свое начало в прудах, которые расположены на холмах Самбийской конечно-мореной гряды к югу от п. Константиновки. Река течет в северном направлении и впадает в Куршский залив между поселками Киевское и Каширское. Долина реки хорошо выработана, густая гидрографическая сеть состоит из мелиоративных каналов. В нижнем течении местность заболочена, русло укреплено дамбами. Река течет через сельскохозяйственные поля, садовые участки и несколько поселков: Константиновка, Лазовское и Некрасово. В районе п. Лазовское в реку выведены дренажные трубы, а также стекают стоки от свиноводческого комплекса. Ниже п. Некрасово в водоток поступают стоки от молокозавода, еще ниже по течению осуществляется водопой скота. Все это отражается на общем состоянии реки. В результате в реке складываются неблагоприятные кислородные условия, содержание биогенных и органических веществ повышенное (Берникова, и др., 1997; Нагорнова, 2012; Нагорнова, и др., 2011).

Реки, впадающие в Вислинский залив, дренируют холмы Самбийского моренного плато или Вармийской возвышенности.

Истоком реки *Граевка* служит озеро, расположенное на холмах Самбийского моренного плато в районе п. Зеленый Гай. Река течет южном направлении до п. Люблинно, после которого поворачивает на запад и впадает в залив к западу от п. Ижевское. Местами русло реки зарегулировано, в результате районе п. Переславское образовалось водохранилище Великое, а около п. Люблинно – Люблинское водохранилище. Уровень находится в подпоре от вод залива. В нижнем течении сток регулируется насосными станциями. В приустьевой части река пересекает Калининградский отводной ка-

нал. Сетью каналов Граевка связана с реками Нельма и Черная. Река протекает через сельскохозяйственные угодья и небольшие хвойные и мелколиственные леса. По берегам реки расположен ряд поселков. В реке складываются неблагоприятные гидрохимические условия: недостаток кислорода, повышенные концентрации органических и биогенных элементов (Нагорнова, 2012).

Бассейн реки *Прохладной* занимает значительную часть территории на юго-западе Калининградской области и еще около 10% площади бассейна находится на территории Республики Польша. Площадь водосбора составляет около 1200 км². Исток реки Прохладной находится в болотном массиве Целау на высоте 35 м. Далее река течет в преимущественно западном направлении и впадает в Вислинский залив около п. Ушаково. В верхнем течении русло реки неширокое, берега болотистые. Но в нижнем течении река протекает по широкой долине с пологими склонами. Площадь лесов в пределах бассейна не велика (13%), встречаются небольшие черноольховые и хвойно-широколиственные леса. Основная часть территории занята пахотными землями и окультуренными лугами на месте широколиственных лесов. На всем своем протяжении река принимает множество притоков. Наиболее крупные текут с Вармийской возвышенности с территории Польши и впадают в основной водоток слева (Корневка, Резвая, Майская и др.). Правые притоки небольшие и зачастую представляют собой мелиоративные каналы, дренируют ландшафты Прегольской озерно-ледниковой равнины. Бассейн реки резко ассиметричен – практически вся гидрографическая сеть расположена с левого берега (Орленок В.В., 2002).

Вода в реке средней минерализации, умеренно жесткая, перманганатная окисляемость слегка повышена, концентрация биогенных веществ содержится в пределах ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения. Земли в пределах бассейна р. Прохладной интенсивно используются в сельском хозяйстве. Основными источниками поступления загрязняющих веществ в реку являются хозяйствственно-бытовые стоки г. Багратионовска, п.

Владимириово, стоки от животноводческого комплекса около п. Чехово, а также мелиоративные каналы и трансграничный перенос притоками реки (Нагорнова, и др., 2008; Берникова, и др., 2013; Нагорнова, и др., 2008; Шибаев, и др., 2011).

Река Преголя является одной из важнейших водных артерий области. Она образуется в результате слияния рек Инструча и Анграпы, протекает практически через всю область с востока на запад и впадает в Вислинский залив в черте города Калининграда. В верховье реки скорость течения достигает 0,5 м/с, а в устье снижается до 0,1 м/с. В нижнем течении река образует широкую пойму (до 5 км). В пойме реки образовались озера старицы и обширные болота. В нижнем течении реки с древних времен известны частые наводнения, которые вызывают сгонно-нагонные ветра. Река является местом обитания многих видов рыб и отнесена к высшей рыбохозяйственной категории. На берегах водотока образовалось много населенных пунктов, самые крупные из которых г. Калининград, Черняховск и Гвардейск. Воды реки интенсивно используются для хозяйствственно-бытового, промышленного и сельскохозяйственного обеспечения. В целом в реке отмечается удовлетворительный кислородный режим. Воды реки загрязнены легко окисляемыми органическими веществами. Часто наблюдается превышение допустимых концентраций по биогенным элементам. Нагрузка на реку распределяется крайне неравномерно – основные источники загрязнения располагаются в приусадебной части в черте г. Калининграда (Государственный доклад … 2013; 2014).

Река Инструч берет начало на Шешупской озерно-ледниковой равнине, далее протекает по Инструckой холмисто-моренной гряде. До пос. Ульяново грунты преимущественно песчаные, ниже поселка течение замедляется, русло становится более широким, а грунты сменяются на песчано-илистые с примесью растительных остатков. Русло реки извилистое. Территория в пределах бассейна р. Инструч интенсивно используется в сельском хозяйстве. В реку впадают множество мелиоративных каналов с сельскохозяйственных угодий. На берегах водотока от истока к устью расположены

небольшие населенные пункты, устьевая часть проходит через г. Черняховск. Вода в реке характеризуется повышенным содержанием биогенных веществ.

Река Лава является одним из крупнейших притоков Преголи, впадающим в нее около г. Знаменска. Свое начало река берет в системе мазурских озер в Польше и только в нижнем течении протекает по территории Калининградской области. Река активно используется в гидроэнергетике. Как на российском, так и на польском участках водотока созданы водохранилища и построены гидроэлектростанции, в том числе и самое крупное в Калининградской области – Правдинское водохранилище. Река протекает через города Ольштын, Бартошице, Правдинск, Знаменск и ряд небольших поселков. Таким образом, воды реки интенсивно используются в хозяйственной деятельности человеком, что непосредственно сказывается на качестве воды.

Река Запрудная является левым притоком р. Лава и впадает в нее около п. Холмогорье. Берега реки – заросшие деревьями и кустарниками.

Река Стоговка является трансграничным водотоком. Исток располагается на территории Польши. Далее река течет в северо-западном направлении и в районе п. Дружба впадает в реку Лава. Ниже по течению от границы река проходит через г. Железнодорожный. Трансграничным стоком реки на территорию Калининградской области приносится значительное количество азота нитритов, нитратов и фосфора (Шибаев, и др., 2011).

Река Правда берет свое начало в холмах Вармийской возвышенности на территории Польской Республики, движется на северо-восток и впадает в городе Правдинск в реку Лава. Крупных притоков не имеет, в реку впадает ряд мелиоративных каналов. Водами реки Правда на территорию области приносится значительное количество биогенных элементов (Шибаев, и др., 2011).

Река Тыльжа берет начало с холмов Инстручской конечно-моренной гряды в районе пос. Кошелево, течет в северном направлении и впадает в реку Неман в г. Советске. В месте впадения в Неман русло зарегулировано плотиной, выше которой образовалось озеро. Местами русло выпрямлено и ка-

нализировано. Река протекает через сельскохозяйственные поля, садовые общества, поселки.

Быстротечные реки

Быстротечные реки стекают преимущественно с наиболее высоких холмов Виштынецкой возвышенности (рис. 6). Они характеризуются большей протяженностью по сравнению с другими реками (табл. 9). Некоторые из них являются трансграничными. Практически все они формируют бассейн реки Преголя. Имеют большое значение для воспроизводства особо ценных и ценных видов рыб, и поэтому многие из них отнесены к высшей рыбохозяйственной категории.



Рисунок 6 – Карта-схема расположения быстротечных рек

Таблица 9 – Основные параметры быстротечных рек

Название	Длина, км	Площадь водосборного бассейна, км ²	Скорость течения, м/с	Преобладающие грунты	Рыбохозяйственная категория
Анграпа	169 (95)	3960	0,5	Песок, галька	Высшая
Писса	98	1360	0,65	Галька, песок, камни	Высшая
Красная	83 (56)	412	0,44	Галька, песок	Высшая
Русская	31	235	0,5	Песок, галька	1
Путоловка	58	525	0,58	Песок	1
Шешупе	298 (102)	6105	0,4-0,5	песок, галька	Высшая

Река Анграпа вместе с Инстручем образуют реку Преголя. Река берет начало на Виштынецкой возвышенности на территории Республики Польша. Общая протяженность реки 169 км, 97 из них находится на территории Калининградской области. В верхнем и среднем течении река дренирует ландшафты холмисто-моренной возвышенности, а в нижнем – приледниково-озерной равнины. Глубина реки – около 1 м. Русло – извилистое. Слоны реки крутые, заросшие деревьями и кустарником. Берега – крутые и обрывистые. Наиболее крупными населенными пунктами, расположенные на берегах реки являются города Озерск и Черняховск. В Озерске русло зарегулировано и находится действующая ГЭС. Вода в реке загрязнена легко окислямыми органическими соединениями. Периодически наблюдается превышение ПДК по азоту аммонийному, азоту нитритному и железу общему (Государственный доклад … 2013; 2014).

Река Писса является наиболее крупным правым притоком р. Анграпы. Свое начало река берет из оз. Виштынецкого. В верхнем течении река протекает по Виштынецкой возвышенности, что сказывается на скорости течения, которое хорошо выражено. Русло извилистое, дно каменисто-галечное, берега высокие. Плесы чередуются с перекатами через каждые 300-500 метров. После г. Гусева река течет по слаборасчлененной равнине, скорость течения замедляется, ширина русла увеличивается до 15 м, в донных отложениях начинают преобладать мягкие грунты. Растительный покров в верхней части бассейна представлен хвойными лесами, а в нижней преобладают сельскохозяйственные угодья. В ряде мест река зарегулирована – имеются шлюзы и плотины. Качество воды существенно меняется после г. Гусева. Так в верхнем течении складываются наиболее благоприятные гидрохимические условия среди всех исследованных рек области – наблюдаются минимальные концентрации органических и биогенных веществ. В нижнем течении река существенно загрязнена органическими и биогенными веществами, а также нефтепродуктами (Государственный доклад … 2013; 2014; Нагорнова, 2012; Орленок, 2002).

Река Русская является левым притоком р. Писсы. Берет начало из оз. Мариново, протекает по Виштынецкой возвышенности и впадает в р. Писсу около п. Подгоровка. Руслло глубоко вырезано, берега овражистые.

Река Красная представляет собой трансграничный водоток, который берет свое начало на Вармийской возвышенности в Польше, пересекает российско-польскую границу в Нестеровском районе возле пос. Радужное и впадает в р. Писсу около г. Гусева. Большая часть реки течет через леса Роминтеской пущи. Водоток является местообитанием редких и ценных видов рыб. В реке складываются благоприятные гидрохимические условия – минимальные концентрации органических и биогенных элементов, благоприятный кислородный режим (Нагорнова, 2012; Нагорнова, и др., 2011).

Река Шешупе является левым притоком р. Немана. Река представляет собой трансграничный водоток. Свое начало она берет в Республике Польша, далее протекает по Литовской Республике, и после г. Кудиркос-Науместис заходит на территорию Калининградской области, где на значительном расстоянии течет вдоль государственной границы между Литвой и Российской Федерацией. Основные притоки – правые, впадают с территории Литвы (Иотия, Сиесартис, Нова и др.). С территории Калининградской области в р. Шешупе впадают только реки Галка и Озерная, а также ряд мелиоративных каналов. Руслло реки на всем протяжении очень извилисто. На территории Калининградской области река протекает через Шешупскую равнину по хорошо разработанному руслу. Берега покрыты лесом, местами обрывисты. Уровень минерализации воды несколько выше, чем в Немане (Берникова, 2008; Берникова, 2008).

На берегах реки Шешупе расположены литовские города Калвария, Мариямполе, Кудиркос-Науместис. Протекая через города качество воды в реке существенно ухудшается из-за сбросов промышленных и бытовых сточных вод, стока с сельскохозяйственных земель (Кесминас, и др., 2008). В нижнем течении (в пределах Калининградской области) река течет через слабо урбанизированные территории. Среди крупных населенных пунктов здесь

можно выделить только город Краснознаменск. В целом северо-восточная часть области, район бассейна р. Шешупе, отличается низкой плотностью населения и высокой степенью покрытия лесами. Основным источником поступления биогенных веществ в пределах Калининградской области является смыв с заболоченных территорий.

3.1.2. Озера

На территории Калининградской области образовалось достаточно много озер, водохранилищ и прудов (более 4000). Большинство озер небольшие, и площадь каждого из них не превышает 10 га (табл. 10). Суммарная же площадь всех озер области составляет около 3000 га, и более половины ее приходится на оз. Виштынецкое. Коэффициент озерности достигает 0,62 (Орленок, 2002; Берникова, 1999).

Таблица 10 – Основные параметры исследованных водоемов

Название	Площадь	Максимальная глубина ,м	Средняя глубина, м	Рыбохозяйственная категория
Виштынецкое	1800	54	20	Высшая
Мариново	45	702	3	Высшая
Рыбное	9	10	3,5	1
Камышовое	29	3	2	1
Красное	60 (320)	11	5	не определена
Дубовское	76	3	1,5	1
Домашнее	15	6,5	3	1
Бородинское	103	6	2-3	1
кар-р в п. Сокольники	11	8	1,5-2	не определена
Воронье	10	3	1,5	Высшая
пруд Затон	40	6	3	Высшая
Правдинское вдхр.	280	9	3-4	Высшая
Рагнитское	7,5	4,6	2	не определена

По происхождению среди водоемов области выделяются четыре группы: ледникового происхождения (Мариново, Рыбное, Камышовое, Дубовское, Бородинское, Домашнее, Красное, Виштынецкое); водоемы, образованные в старицах рек (пруд Затон, оз. Воронье); водоемы карьерного типа (карьер Сокольники и карьер в п. Сокольники около г. Зеленоградска); водохранилища (Правдинское) (рис. 7).



Рисунок 7 – Карта-схема расположения исследованных водоемов

Озеро Виштынецкое

Озеро Виштынецкое является самым крупным водоемом на территории области. Расположено оно в юго-восточной части Калининградской области на Виштынецкой возвышенности. Это озеро является трансграничным водным объектом – большая его часть и западное побережье принадлежит Российской Федерации, а восточный берег и около 19% акватории Литовской Республике (Берникова, 2008). По классификации И.В. Баранова, озеро относится к группе глубоких озер, в которых ветровое перемешивание не везде проникает до дна (Орленок В.В., 2002; Берникова, 2008). Длина озера доходит до 8,5 км, а максимальная ширина – до 4,4 км, при средней ширине около 2 км. Вместимость чаши составляет 368 млн. м³ (Берникова, 2008). Средняя глубина – 20 м, максимальная глубина достигает до 54 м.

Гидрологическая и гидрохимическая характеристика озера достаточно подробно описана в различной литературе, поэтому стоит остановиться лишь на основных особенностях озера (Алексеев, и др., 1976; Берникова, 1999, 2008; Берникова, и др., 2007; Берникова, 1999; Орленок, 2000, 2002).

Вода в озере отличается довольно высокой прозрачностью. В холодный период в центральных частях она может достигать 6-8 м. Летом прозрачность меньше (Берникова, 2008). Изучение аномалий в распределении гидрохимических показателей позволяют предположить наличие в толще озера сложной динамики вод (Берникова, и др., 2007).

Термические процессы в озере развиваются по классической схеме, характерной для глубоких озер: от ярко выраженной прямой стратификации вод с резким слоем скачка летом до обратной стратификации зимой через весеннюю и осеннюю гомотермию и термобар. В летние месяцы нижняя граница эпилимниона находится на глубине 13-15 м, независимо от степени его прогрева (Берникова, 2008). Летом поверхностные слои прогреваются до 19-21°C. Температура в гиполимнионе не превышает 7-9°C.

Вода в озере маломинерализованная (минерализация – 190-270 мг/л), гидрокарбонатно-кальциевая, мягкая. Газовые условия оцениваются как благополучные, соответствующие олиготрофному статусу озера. В эпилимнионе содержание кислорода в течение всего года близко к 100%. В гиполимнионе в летний период насыщение кислородом снижено (до 50%). Кислородные условия тесно связаны с характером стратификации вод. В некоторые годы концентрация кислорода может падать. Такое явление наблюдалось в 1997 г., а также 2003 г (Орленок, 2000).

Концентрация, распределение и сезонная динамика биогенных элементов соответствует закономерностям, формируемым сезонностью гидрологических и гидробиологических процессов. Можно выделить некоторые участки, где гидрохимические показатели несколько выше, чем в среднем по озеру (Берникова, 2008; Берникова, 2008): зона мелководного Утиного залива; северное и северо-восточное мелководье; восточная часть озера (в приусտьевой области ручья Лесного); южное мелководье, включая приустьевые области рек Вижайны и Черницы.

Котловина озера выпахана ледником при его движении к югу (Алексеев, и др., 1976). В связи со своим происхождением озеро имеет слож-

ный рельеф дна. Поперечным порогом чаша озера разделена на две неравные котловины: северо-западную и юго-восточную. В каждой из этих котловин расположены впадины глубинами до 30-54 м (Орленок, 2002). Большую часть общей площади озера занимают глубины от 10 до 30 м – около 50% (Берникова, 2008).

Донные осадки озера Виштынецкого весьма разнообразны, их распределение отличается пестротой из-за больших неровностей дна и значительной крутизны склонов, а также из-за воздействия волн и течений. Нередко среди мелкоалевритовых илов встречаются пятна крупноалевритового ила и песков, глины. В целом прослеживается зависимость распределения частиц различной величины от рельефа дна. Дно глубоководных котловин покрыто темными (главным образом, черными) полужидкими илами, со значительной примесью органогенного материала, в основном остатками наземной и водной растительности. По мере продвижения от центра впадин к берегам черные илы сменяются мелкоалевритовыми, затем крупноалевритовыми илами и ракушечником; начиная приблизительно с глубин 10 м, появляются пески, в отдельных местах с примесью гальки и гравия, в прибрежных участках – преимущественно пески. Очень разнообразны донные отложения Утиного залива: серый ил, заиленный песок, в том числе с примесью ракушечника, растительными остатками (Берникова, 2008; Алексеев, и др., 1976; Малявкина, 2008).

Неравномерным распределением отличается и водная растительность. Наибольшего развития макрофиты достигают в северной и западной частях озера, где наблюдаются широкие литоральные участки. Чаще других встречаются роголистник, уруть, элодея, различные виды рдестов, хара, тростник, телорез. Общая площадь зарослей макрофитов составляет 17% от площади озера. Отдельные виды могут проникать до глубин 10 м (Алексеев, и др., 1976; Герасимов, 2008).

Малые озера

В большинстве исследованных водоемов наблюдаются относительно благоприятные кислородные условия. По типу минерализации они относятся к гидрокарбонатно-кальциевым. Содержание органических и биогенных веществ напрямую зависит от ландшафтов, характера водного питания и хозяйственной деятельности в пределах водосбора (Маявкина, и др., 2010).

Наиболее крупные озера расположены в юго-восточной части области на Виштынецкой возвышенности. Все вместе они образуют Виштынецкую группу озер. Помимо озера Виштынецкого к этой группе относятся: Мариново, Рыбное, Камышовое (рис. 7).

Озеро Мариново – второе по величине озеро Калининградской области после оз. Виштынецкого и третье по глубине. Площадь озера составляет около 45 га, максимальная глубина – 7,2 м., а средняя – 3 м. Озеро сильно вытянуто в меридиональном направлении, его длина в 4 раза превышает ширину. Слоны дна достаточно крутые, котловина озера ассиметрична, максимальные глубины находятся в юго-восточной части озера. Озеро имеет родниковое питание с выходом грунтовых вод в центральной глубоководной части. Это объясняет повышенное содержание железа. Несмотря на небольшую глубину, воды озера заметно стратифицированы. В соответствии со стратификацией вод находится и распределение кислорода. Если в поверхностном слое воды насыщение кислородом близкое к 100%, то на глубине 6 м всего 7% от насыщения. Южная сильно суженная часть озера сильно заросла водной растительностью (Биологические основы ... 1977; 1976; 1978; 1979). Ихиофауна представлена 15 видами, основу составляют окунь, щука, линь, карась, ерш, густера. Озеро располагается в зоне хвойных лесов, вдали от сельскохозяйственных земель и населенных пунктов, что позволяет сделать вывод о незначительном антропогенном влиянии на водоем.

Озеро Рыбное значительно уступает по величине оз. Мариново – его площадь составляет всего 9 га, средняя глубина около 3,5 м. Водоем также

вытянут в меридиональном направлении. Очертания берегов плавные. Берега заросли водной растительностью. Котловина ассиметрична – на севере озера отмечается впадина глубиной до 10 м. Для озера характерна резкая стратификация вод. Распределение гидрохимических параметров (резко пониженное содержание кислорода, повышенная окисляемость, повышенная концентрация углекислого газа) указывает на загрязнение озера в мелководной южной части (Биологические основы ... 1976; 1977; 1978; 1979). В состав ихтиофауны входят 10 видов, среди которых обычными являются окунь, плотва, красноперка, линь. В 70-х годах происходило зарыбление карпом. На севере и востоке от озера располагаются используемые в сельском хозяйстве земли и поселок Лесистое, которые могут быть источниками поступления загрязняющих веществ в водоем.

Озеро Камышовое представляет собой мелководный водоем с глубинами не более 3 м. Дно озера ровное, глубины плавно нарастают от берега к центру. Площадь озера – 29 га. У берегов – полоса водной растительности (тростник, осока, камыш). Донные отложения представлены илами. В летний период водоем хорошо прогревается до дна. Распределение гидрологических параметров нередко бывает аномальным (Биологические основы ... 1976; 1977; 1978; 1979). В водоеме обитают плотва, линь, карась, щука, окунь. Озеро располагается в лесном массиве, вдали от населенных пунктов. Среди источников антропогенного воздействия можно отметить утиную ферму, закрытую в конце 70-х годов.

Озеро Красное расположено в юго-восточной части Калининградской области и является трансграничным водоемом. Общая площадь озера – 320 га, но большая его часть принадлежит Республике Польша (70%). Водоем сильно вытянут в меридиональном направлении. Максимальная глубина составляет 10,9 м, средняя – около 5 м. Для озера характерен особый тип пропускности – только в южной части из него вытекает река Голдапка и рядом впадает река Ярка. Основу ихтиофауны составляют окунь, плотва, щука. На берегу озера на территории Польши располагается город Голдап. Повышен-

ные концентрации и распределение биогенных веществ указывают на загрязнение, распространяющееся с польской части озера (Маявкина, и др., 2010).

Озеро Дубовское расположено в юго-восточной части области северо-западнее г. Гусева пределах Государственного природного заказника «Майско-Краснополянский». Площадь озера – около 76 га, максимальная глубина – 3 м, средняя – 1,5 м. Донные отложения сложены илами с примесью песка и растительных остатков в прибрежной части. Береговая линия озера сильно изрезана, берега высокие, а в прибрежной части акватории отмечаются заросли тростника, аира, камыша. Ихтиофауна включает плотву, окуня, щуку, линя, уклею. Кислородный режим благоприятный, концентрация pH и органических веществ несколько повышенна. У северного берега озера расположены поселки Еловое и Каспийское, у южных – Михайлово.

Озеро Домашнее располагается на северо-востоке от г. Гусева среди сельскохозяйственных земель и представляет собой небольшой по площади водоем с максимальной глубиной 6,5 м. Площадь зеркальной поверхности около 15 га.

Озеро Бородинское расположено на территории военного полигона, на северо-востоке от поселка Добровольск. Озеро имеет сильно вытянутую форму и состоит из двух озер соединенных между собой протокой. Общая площадь водоема составляет 103 га, максимальная глубина – 6 м, средняя – 2-3 м. Для озера характерен продольный тип проточности. Вдоль береговой линии тянутся заросли из тростника, камыша, аира. Грунты представлены иловыми отложениями с примесью песка, глины и растительных остатков. Концентрация органических веществ повышенная (Маявкина, и др., 2010). В озеро впадает ряд дренажных канав.

Карьер в п. Сокольники (г. Зеленоградск) образовался в результате добычи глин для завода по производству керамических труб (в настоящее время не функционирующего). Расположен водоем в северной части Самбийского полуострова между поселками Сокольники и Куликово среди ландшафтов сильно преобразованных человеком в результате сельскохозяй-

ственной и градостроительной деятельности. Площадь карьера составляет 11 га, максимальная глубина доходит до 8 м, а средняя – 1,2-2 м. Береговая линия изрезана слабо, берега пологие. Донные осадки представлены преимущественно глинистыми отложениями. Рельеф дна сложный, с чередованием впадин и возвышенных участков, перепад глубин – резкий. Карьер не имеет стока. Водная растительность развита слабо: встречаются рдесты, элодея, рогоз. Преобладание в питании родниковых вод наносит отпечаток на вертикальное изменение температуры и гидрохимический состав вод. Кислородные условия благоприятные, содержание органических веществ не высокое. Среди рыб доминируют плотва и окунь.

Карьер Сокольники отходит о правого берега реки Преголя. Недалеко от карьера находятся поселки Сокольники, Грушевое и Холмы. Донные отложения разнообразны и представлены глиной, песком, илом, растительными остатками. Водная растительность развита хорошо. Содержание органических веществ небольшое, минерализация – повышенная, что объясняется влиянием речных вод (Маявкина, и др., 2010). С северной стороны карьера располагаются сельскохозяйственные поля.

Озеро Воронье представляет собой мелководный водоем, образованный на левом рукаве р. Преголи ниже г. Гвардейска. Площадь озера не превышает 10 га, а глубины – 1,5 м. Водоем сильно зарос водной растительностью: вся поверхность покрыта кубышками, по берегам – заросли тростника. Донные отложения сформированы илами и растительными остатками. Периодически наблюдаются неблагоприятные кислородные условия. Содержание органических и биогенных веществ высокое (Маявкина, и др., 2010).

Пруд Затон образован на месте старицы в излучине реки Неман между городами Советском и Неманом. Площадь водоема – 40 га, максимальные глубины – до 6 м. Берега пологие, заросшие тростником и аиром, поверхность пруда покрыта кубышкой и ряской. Периодически наблюдалось недодышивание воды кислородом. Минерализация повышенная, что связано с ин-

тенсивным водообменом с рекой Неман. Содержание биогенных и органических веществ умеренное. Грунты представлены илами.

Правдинское водохранилище было образовано при постройке гидроэлектростанции ГЭС-3 на реке Лава недалеко от города Правдинска в начале 20-х годов XX века. Водохранилище вытянуто в меридиональном направлении. Его длина составляет 11 км. Максимальная ширина достигает 0,9 км. Площадь зеркальной поверхности – около 280 га. Рельеф дна в основном ровный со средними глубинами 3-4 метра. Только в районе руслового желоба глубины резко увеличиваются до 8-10 метров. Донные отложения невелики, в центральной части они представлены серыми илами. На мелководных участках иловые отложения не значительны, грунты в этих районах представлены в основном заиленным песком, ракушечником и растительными остатками. В водохранилище не наблюдается существенного зарастания берегов водной растительностью. В прибрежных районах можно отметить участки с жесткой водной растительностью (камыш, рогоз, тростник), иногда встречаются рдесты, аир, земноводная гречиха. В придонных горизонтах центральной части водохранилища летом наблюдался дефицит кислорода. Также периодически отмечались достаточно высокие концентрации биогенных элементов. Ихтиофауна водохранилища разнообразна (около 20 видов рыб). Наибольшее значение имеют плотва, густера, ер, лещ, щука, окунь (Маявкина, и др., 2010; Цыбалева, 1981; Масюткина, и др., 2015).

Озеро Рагнитское расположено в городе Неман. По происхождению водоем представляет собой пруд, образованный в результате постройки плотины на небольшой реке. Водоем вытянут с запада на восток. Площадь озера составляет 7,5 га, максимальная глубина – 4,6 м. Берега водоема в основном высокие, обрывистые. С западной стороны в озеро впадает ручей, сток осуществляется через водоспуск в плотине в восточной части озера. Берега сильно заросшие, около 70% поверхности водоема покрыто ряской. Донные отложения представлены илами и растительными остатками. Кислородные условия – неудовлетворительные, содержание биогенных веществ – высокое.

Основу ихтиоценоза составляет плотва. Вдоль южного берега расположены придомовые садовые участки или огороды. Берега озера и акватория сильно загрязнены пластиковыми и стеклянными бутылками, пакетами. Во время обследования обнаружены выпуски сточных вод.

ГЛАВА 4. СОСТАВ И СТРУКТУРА ЗООБЕНТОСА КАК ОСНОВА ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Фауна донных беспозвоночных рек и озер Калининградской области отличается большим разнообразием видов. В исследованных водных объектах области идентифицировано 502 вида зообентоса, относящихся к 9 систематическим группам (рис. 8). Среди них личинки комаров-звонцов семейства Chironomidae – 142 вида, моллюски (Mollusca) – 70 видов, 56 видов ручейников (Trichoptera), 43 вида олигохет (Oligochaeta), 34 вида стрекоз (Odonata), 26 видов поденок (Ephemeroptera), 16 видов пиявок (Hirudinea), 12 видов ракообразных (Crustacea) и 103 вида из разряда «Прочие». В группу «Прочие» вошли немногочисленные и редко встречающиеся водяные клещи (Hydrachnidae), жуки (Coleoptera), клопы (Hemiptera), личинки двукрылых (Diptera), веснянки (Plecoptera), вислокрылки (Sialidae) и др (Приложение А).

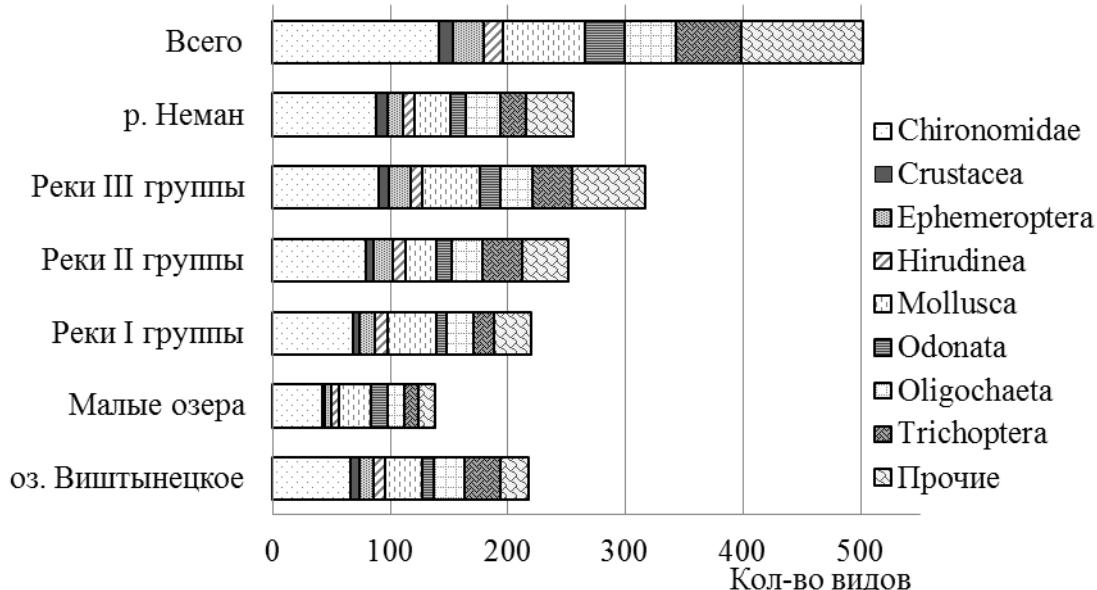


Рисунок 8 – Видовая структура зообентоса исследованных водных объектов Калининградской области в период 2006-2014 гг.

Больше всего видов зообентоса найдено в р. Немане, оз. Виштынецком и быстротечных реках – более 200-300 видов (рис. 8). Эти водные объекты отличаются наибольшим разнообразием биотопов и усло-

вий существования. Наименьшее количество видов – в малых озерах (около 130 видов).

Во всех группах водоемов по количеству видов преобладают личинки комаров-звонцов, что в принципе является закономерным для многих рек и озер не только России, но и зарубежья. В целом континентальных водных объектах хирономиды составляют около 1/3 из всех видов зообентоса (Зинченко, 2011; Тодераш, 1984; Шилова, 1976; Thienemann, 1954). Значительное преобладание хирономид в видовом отношении отмечалось также и в более ранних исследованиях зообентоса различных рек и озер области (Мордухай-Болтовская, 1971; Шибаева, 1997; Щербина, 1985; Ежова, и др., 1997). Моллюски также являются наиболее разнообразной в видовом отношении группой.

Основу видового состава составляют эврибионтные виды. Некоторые из эврибионтных видов были найдены в большинстве водных объектов. Наиболее часто среди них встречаются хирономиды *Cladotanytarsus mancus* (Walk.), *Cryptochironomus defectus* (Kief.), *Microtendipes pedellus* (De Geer), *Polypedilum convictum* (Walk.), *Procladius choreus* (Meig.), ракообразные *Gammarus lacustris* (G.O. Sars), поденки *Caenis macrura* (Stephens) и *Ephemera vulgata* (L.), моллюски *Bithynia tentaculata* (L.), *Dreissena polymorpha* (Pall.), олигохеты *Potamothonix hammoniensis* (Mich.).

Есть виды уникальные, характерные только для определенных водоемов. Например, только в р. Немане были найдены следующие виды личинок комаров-звонцов: *Kloosia sp.* (Kruseman), *Robackia demejerei* (Kruseman), *Cricotopus bicinctus* (Meig.), *Orthocladiinae acuticauda* (Pagast), *Paratendipes intermedius* (Tshernovskij), *Virgatanytarsus anduennensis* (Goetghebuer), *Eukiefferiella tschernovskii* (Pankratova), *Lipiniella arenicola* (Shilova). Вид хирономид *Chernovskia ra* (Ulomsky) был найден в р. Немане и устьевой части р. Шешупе (она же впадает в Неман). Большинство из этих видов предпочитают песчаные грунты и быстрое течение. Моллюск *Lithoglyphus naticoides* (C. Pfeiffer) – постоянный представитель зообентоса р. Неман. Ра-

нее он встречался только в этой реке, а в последние годы расселился в реки Шешупе и Преголя.

В озере Виштынецком уникальным видом является реликтовое ракообразное – *Pallasiola quadrispinosa* (Sars), обитающий на глубинах более 15 м. Только в этом озере неоднократно были обнаружены также хирономиды *Pseudochironomus prasinatus* (Staeger).

Преимущественно в быстротечных реках обитают хирономиды *Thienemanniella* и *Eukiefferiella*, *Orthocladius semivirens* (Edw.), *Synorthocladius semivirens* (Kief.), личинки ручейников *Apatania auricula* (Forsslund), водяные клопы *Aphelocheirus aestivalis* (Fabr.).

Исключительно в малых озерах обитают пиявки *Hirudo medicinalis* (L.) и личинки стрекоз *Libellula depressa* (L.)

В водных объектах Калининградской области личинки поденок, стрекоз, ручейников и пиявки никогда не являются доминирующими по численности группами. На их долю приходится не более 5% от общей численности зообентоса (рис. 9). Ракообразных также сравнительно немного – 7%. Численность олигохет и прочих видов (в основном, из семейства двукрылых) в отдельных водоемах может доходить до 30%, но в среднем составляет 18% и 9% соответственно.

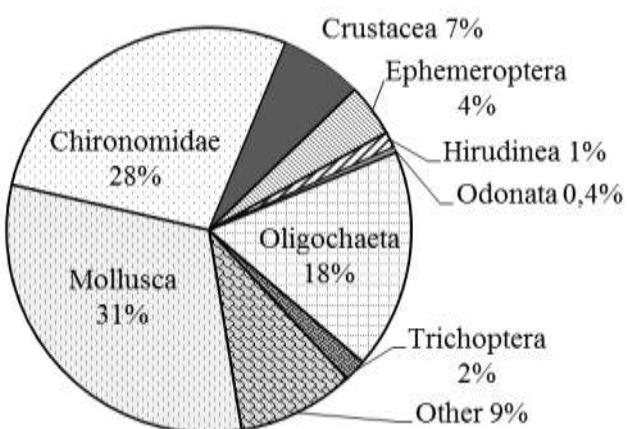


Рисунок 9 – Обобщенная структура зообентоса водных объектов Калининградской области за период 2006-2014 гг. (по численности)

На долю личинок комаров-звонцов в различных водных объектах приходится от 10% до 45% численности. Моллюски, в зависимости от типа водоема, могут формировать от 5 до 80% численности зообентоса. В среднем на долю моллюсков приходится около 31% численности зообентоса.

Несмотря на то, что моллюски не везде доминируют по численности, их доля по биомассе практически всегда превышает 90% (рис. 10). На долю других групп зообентоса приходится приблизительно по 1% от суммарной биомассы.

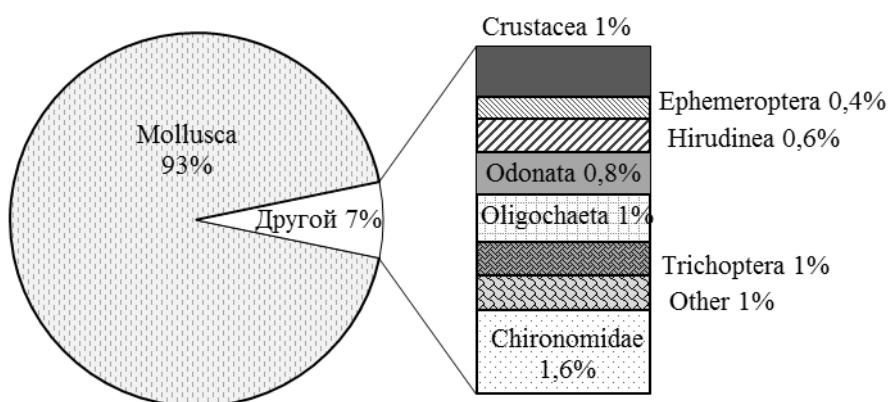


Рисунок 10 – Обобщенная структура зообентоса водных объектов Калининградской области за период 2006-2014 гг. (по биомассе)

В некоторых водоемах мелкие, доминирующие по численности личинки хирономид и олигохеты, уступают доминирование по биомассе крупным немногочисленным организмам, таким как личинки стрекоз, ручейников и пиявки.

4.1. Зообентос реки Неман

Река Неман, как уже упоминалось выше, характеризуется наибольшим разнообразием зообентоса среди всех исследованных водных объектов Калининградской области. За период исследований с 2006 по 2015 гг. в составе зообентоса реки идентифицировано 256 видов, относящихся к 9 систематическим группам (рис. 11). Больше всего видов относится к семейству комаров-звонцов (90 видов). Достаточно широко представлены моллюски, олиго-

хеты и группа прочие, значительно меньше ручейников. Разнообразие остальных групп ограничивается 10-13 видами. В видовом отношении в зообентосе реки преобладают гетеротопные организмы, интенсивность развития которых подвержена сильным сезонным колебаниям (Приложение А).

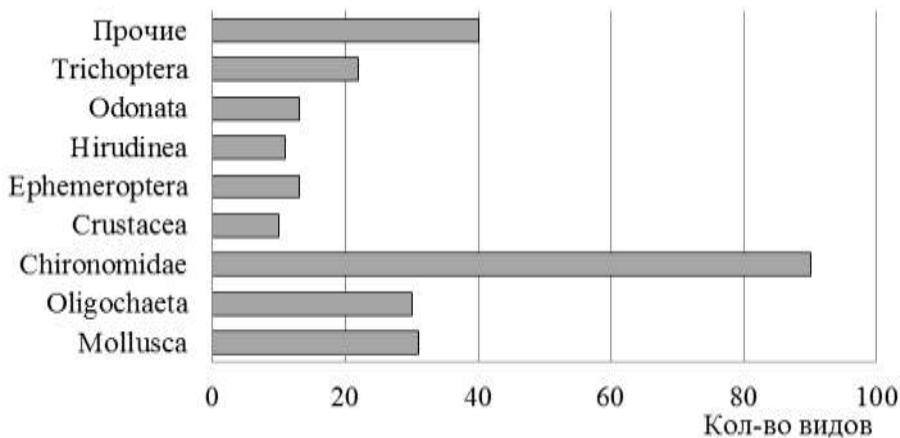


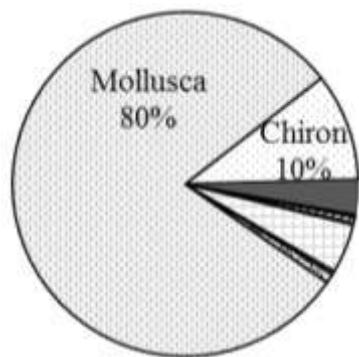
Рисунок 11 – Видовая структура зообентоса реки Неман за период 2006-2014 гг.

Средняя численность зообентоса в р. Немане самая высокая среди исследованных водных объектов (около 2500 экз/м²). При этом около 80% приходится на моллюсков, в частности на виды *Lithoglyphus naticoides* и *Dreissena polymorpha*. Средняя численность зообентоса, за исключением моллюсков – не превышает 500 экз/м², что значительно ниже, чем в других водных объектах. Среди остальных групп зообентоса ведущее положение занимают личинки комаров-звонцов (около 10%). Значительную долю в численности формируют ракообразные и олигохеты (рис. 12, а). Немногочисленны в реке личинки поденок и ручейников.

Средняя биомасса зообентоса в реке немного превышает 165 г/м². Основу биомассы в реке составляют многочисленные моллюски – около 99% (в основном *Lithoglyphus naticoides*). Биомасса бентоса за исключением моллюсков составляет около 2,5 г/м². Это значение является одним из самых низких среди всех групп зообентоса, таких как личинки стрекоз и пиявки (рис. 12, б). Личинки комаров-звонцов представлены в основном мелкими видами, в ре-

зультате существенную долю в биомассе они формируют лишь в период мас-сового развития в начале лета.

а) Численность



б) Биомасса

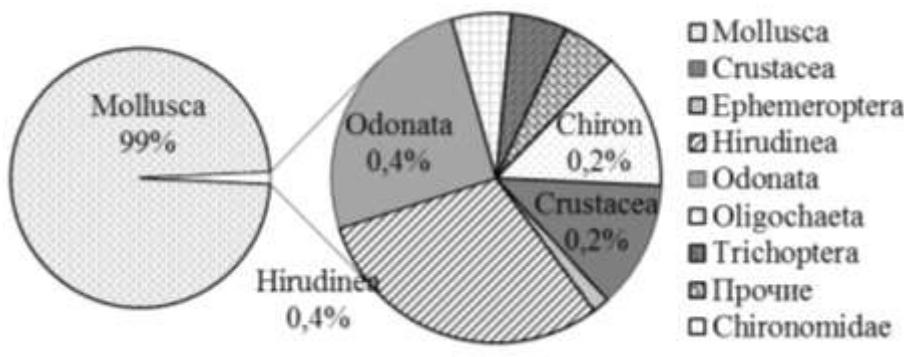


Рисунок 12 – Соотношение основных групп зообентоса реки Неман за период исследований 2006-2014 гг. (по численности и биомассе)

Видовая структура зообентоса реки Неман в годичном аспекте пре-терпевает существенные изменения.

В реке выделяется комплекс видов, которые регулярно встречаются в течение всего года – это в первую очередь моллюски *Lithoglyphus naticoides*, *Dreissena polymorpha*, ракообразные *Corophium curvispinum* (Sars), *Mysis relicta* (Lovén), а также олигохеты *Limnodrilus hoffmeisteri* (Clap.). В то же время моллюски не являются ведущей группой по числу видов. В целом видовое разнообразие зообентоса реки определяется амфибиотическими вида-ми, максимум развития которых приходится на соответствующие месяцы. Менее всего видов найдено зимой, особенно в подледный период, в частно-сти, в феврале (рис. 13).

С наступлением весны вода в реке постепенно прогревается, что при-водит к увеличению видового разнообразия амфибиотов.

В мае в составе донных беспозвоночных можно обнаружить более 120 видов, в большинстве своем это личинки комаров-звонцов. В это же время увеличивается разнообразие стрекоз, поденок и ручейников. Весной чаще встречаются хирономиды следующих видов *Paratendipes albimanus* (Meig.), *Cladotanytarsus mancus*, *Polypedilum scalaenum* (Schrank), *Rheotanytarsus* sp. (Thienemann), *Tanytarsus gregarius* (Kief.), ручейники *Hydropsyche*

ornatula (MacLachlan), личинки мошек *Simulium* sp. (Lat.), мокрецов *Ceratopogonidae* (Grassi).

В конце весны – начале лета наблюдается вылет первой генерации комаров-звонцов. В результате общее количество видов зообентоса к середине лета значительно сокращается. Снижение видового разнообразия характерно и для других групп амфибиотических беспозвоночных. В конце лета развивается вторая генерация гетеротопных организмов – в составе зообентоса насчитывается более 130 видов, с повторным преобладанием хирономид. К этому времени в воде накапливается достаточное количество органических веществ, река застает водной и прибрежно-водной растительностью, что приводит к развитию детритофагов и зарослевых видов. Достаточно часто встречаются комары-звонцы *Dicrotendipes nervosus* (Staeger), *Cladotanytarsus mancus*, *Glyptotendipes gripekoveni* (Kief.), *Polypedilum convictum*, *Chironomus*, увеличивается частота встречаемости ракообразных из рода *Gammarus*, пиявок, водяных жуков и личинок двукрылых.

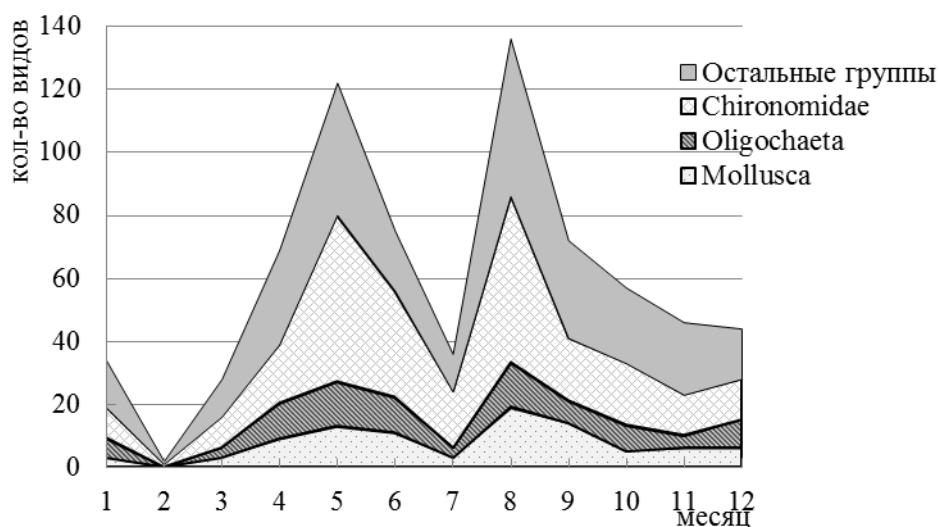


Рисунок 13 – Сезонная динамика видовой структуры зообентоса реки Неман за период исследований 2006-2014 гг.

В конце августа – начале сентября происходит второй вылет амфибиотических насекомых. После которого закономерно сокращается общее разнообразие зообентоса (рис. 13). В октябре-ноябре в составе зообентоса реки Неман можно обнаружить от 40 до 60 видов. На долю личинок комаров-

звонцов в это время приходится всего 30% от общего количества видов. В это время преимущественное положение занимают типично водные организмы, такие как водяные жуки, клопы, олигохеты, пиявки, ракообразные.

Численность донных организмов реки находится в прямой зависимости от сезонных изменений его видового состава. Единственной группой, численность которой практически всегда превышает 80%, являются моллюски, в основном *Lithoglyphus naticoides*. Исключением является июль, когда их численность сравнима с численностью комаров-звонцов.

По биомассе моллюски доминируют в течение всего года, на их долю приходится около 99% биомассы всего бентоса.

Сезонную динамику численности и биомассы в иных группах зообентоса можно представить следующим образом.

Зима для многих представителей зообентоса связана с периодом покоя, что отражается на их невысокой численности. В это время в большем количестве можно обнаружить олигохет.

В весенне время численность зообентоса закономерно возрастает и достигает своего максимума к концу мая – началу июня. Крупные весенние генерации образуют хирономиды, в частности виды из подсемейства Orthocladiinae (*Cricotopus algarum* (Kief.)) и Chironominae (трибы Tanytarsini: *Cladotanytarsus mancus*, *Rheotanytarsus* sp., *Tanytarsus gregarius*; трибы Chironomini: *Paratendipes albimanus*, *Polypedilum scalaenum*). В конце весны – начале лета несколько увеличивается количество ракообразных (*Gammarus lacustris*) и олигохет (*Potamothrix hammoniensis*, *Limnodrilus hoffmeisteri*). В это время года количество личинок поденок, ручейников и мошек в несколько раз выше, чем в остальные периоды.

В середине лета происходит резкий спад численности зообентоса, вызванный массовым вылетом комаров-звонцов и других гетеротопов. В конце лета, перед вылетом второй генерации комаров-звонцов, численность зообентоса снова возрастает. Хирономиды в это время составляют до 70% численности (рис. 14). Преобладают виды *Polypedilum nubeculosum* (Meig.),

Polypedilum convictum, *Dicrotendipes nervosus*, *Chernovskiiia ra.* В середине осени численность зообентоса все еще достаточно высокая за счет ракообразных и фитофильных олигохет (*Nais barbata* (Mull.), *Aulodrilus pigueti* (Kowalewski)).

Сезонная динамика биомассы зообентоса в целом повторяет изменение численности. Выделяется два ее максимума – в начале лета и осени. Основу биомассы формируют не обильно представленные мелкие хирономиды и олигохеты, а более крупные виды пиявок и стрекоз, главным образом *Erpobdella octoculata* (L.) и *Stylurus flavipes* (Charpentier) (рис. 14).

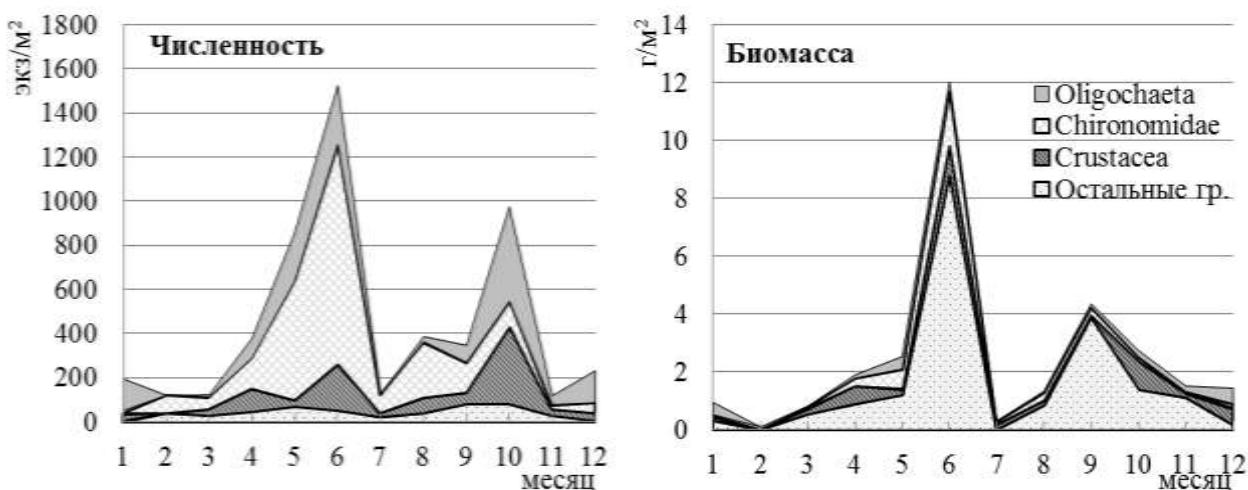


Рисунок 14 – Сезонная динамика численности и биомассы зообентоса реки Неман за период исследований 2006-2014 гг.

Как уже упоминалось выше, основным компонентом зообентоса реки Неман являются моллюски. Они доминируют как по численности, так и по биомассе на протяжении всего года. Моллюски играют важную роль в самоочищении реки. Видовой состав, численность и биомасса организмов зообентоса реки Неман, за исключением моллюсков, подвержены выраженным изменениям в сезонном аспекте, что связано в первую очередь с онтогенезом отдельных видов. Это является характерным и для других водоемов области и России в целом.

Нарастание видового разнообразия имеет ступенчатый характер. Наибольшее видовое разнообразие наблюдается в мае-июне и августе. Максимум численности зообентоса, за исключением моллюсков, приходится на май-

июнь, август и ноябрь, а биомассы – на июнь и август-сентябрь. Вторые максимумы численности и биомассы выражены значительно слабее и более растянуты во времени.

4.2. Зообентос рек с замедленным течением

Большинство самых малых рек и ручьев из группы медленно текущих ($V_{\text{теч}} < 0,2 \text{ м/с}$), как уже упоминалось в Главе 2, относятся к бассейнам Куршской и Вислиноской лагун.

В составе зообентоса рек с замедленным течением идентифицировано более 220 видов (рис. 15). Как и в других водных объектах, наибольшим разнообразием отличаются личинки комаров-звонцов (69 видов), среди которых ведущее положение занимает подсемейство Chironominae. Достаточно разнообразны моллюски, группа Прочие и олигохеты. В составе этих групп насчитывается от 20 до 40 видов. Остальные группы зообентоса представлены меньшим числом видов (Приложение А).

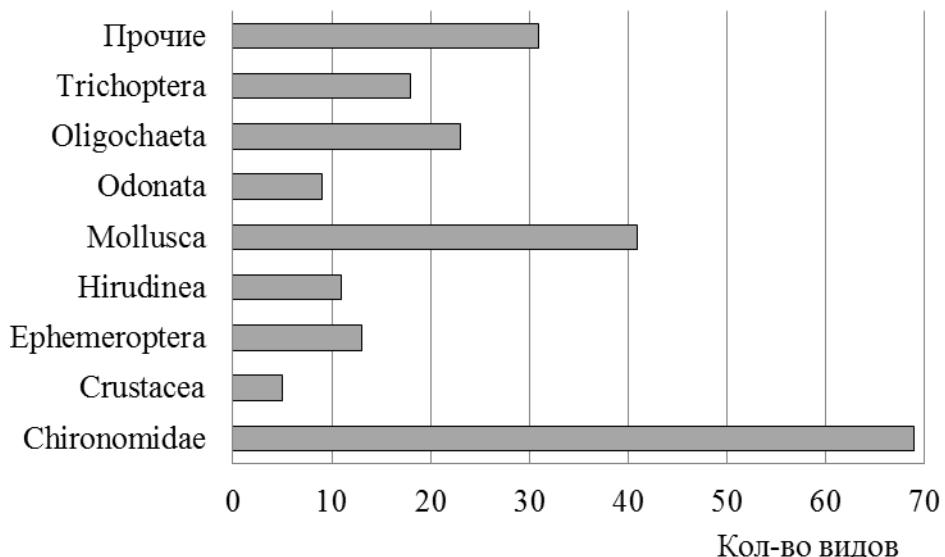


Рисунок 15 – Видовая структура зообентоса рек со скоростью течения менее 0,2 м/с (за период исследований 2006-2014 гг.)

В целом водотоки с замедленным течением характеризуются невысоким разнообразием зообентоса, что объясняется стабильностью условий оби-

тания, по сравнению с другими реками, и однообразием биотопов. В отдельных более крупных водотоках с разветвленной гидрографической сетью видовое разнообразие зообентоса несколько выше (см. Главу 2). Так, например, в составе донных беспозвоночных рек Дейма, Мамоновка, Нельма и Приморская было обнаружено более 40 видов (рис. 16). В тоже время в отдельных самых малых реках и ручьях донная фауна очень бедна и представлена преимущественно олигохетно-хирономидным комплексом (например, реки Лобовка, Черная, Хлебная, Широкая).

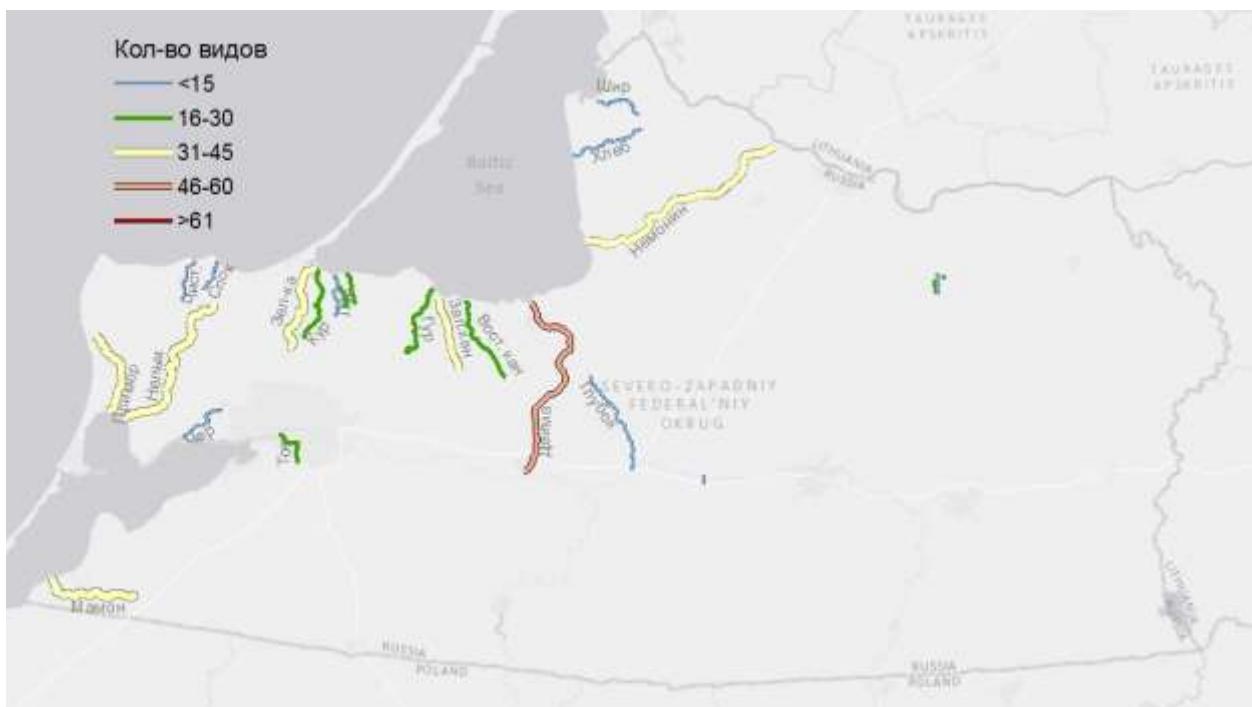


Рисунок 16 – Карта-схема изменения количества видов зообентоса в реках со скоростью течения менее 0,2 м/с (за период исследований 2006-2014 гг.)

В реках с замедленным течением преобладает лимнофильный комплекс видов, по способу питания многие из которых являются детритофагами. Здесь чаще других встречаются следующие виды комаров-звонцов *Chironomus plumosus* (L.), *Dicrotendipes nervosus*, *Procladius choreus* (Meig.) и *Procladius ferrugineus* (Kief.), а также *Polypedilum convictum*, *Glyptotendipes gripekoveni*, *Microtendipes pedellus*. Первые 4 вида выдерживают сильное загрязнение, дефицит кислорода, и их часто можно обнаружить в водоемах загрязненных коммунально-бытовыми и промышленными стоками

(Зинченко Т.Д., 2011). Помимо лимнофильных хирономид в реках с замедленным течением регулярно встречаются олигохеты (*Limnodrilus hoffmeisteri*, *Potamothrix hammoniensis* и *Tubifex tubifex* (Mull.)), часто можно обнаружить пиявок *Glossiphonia complanata* (L.) и *Hemiclepsis marginata* (Müller), ракообразных *Asellus aquaticus*. Все эти виды также достаточно устойчивы к дефициту кислорода и повышенному содержанию органических веществ.

Численность зообентоса в реках с замедленным течением достаточно высока и составляет в среднем около 2500 экз/м². В отдельных реках показатель численности значительно ниже среднего (Чистая, Спокойная, Широкая, Гурьевка) или, напротив, превышает средние значения в 2-3 раза (Товарная, Лобовка, Калиновка). В большинстве же рек этой группы численность зообентоса колеблется в пределах от 1000 до 3000 экз/м² (рис. 17).

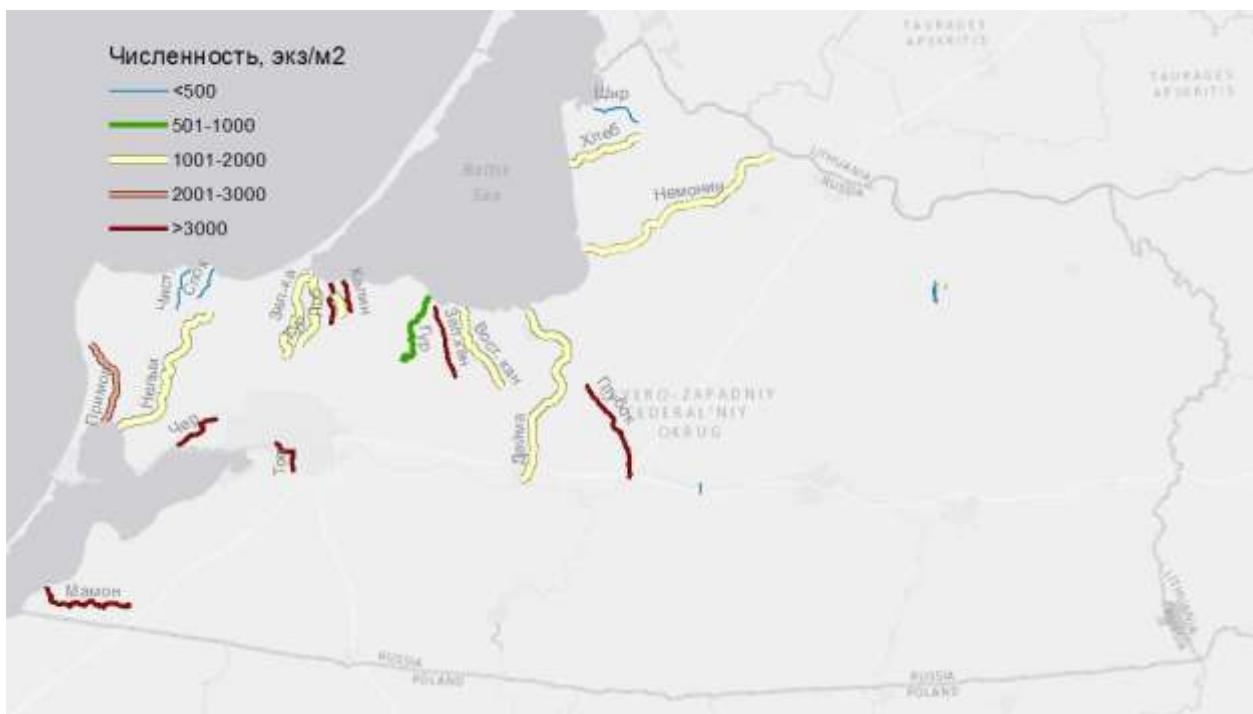


Рисунок 17 – Карта-схема изменения численности зообентоса в реках со скоростью течения менее 0,2 м/с (за период исследований 2006-2014 гг.)

Основу численности зообентоса в реках с замедленным течением формируют личинки комаров-звонцов и олигохеты (рис. 18), на долю которых приходится более 80% от общей численности зообентоса. Преобладают

лимнофильные виды, в частности комары-звонцы *Polypedilum convictum*, *Chironomus plumosus* и олигохеты *Potamothrix hammoniensis*.

В некоторых реках с замедленным течением или на определенных их участках складываются благоприятные условия для массового развития 1-3 видов, что приводит к резкому росту общей численности зообентоса (до 5000-9000 экз/м²). Так в реках Лобовка, Курковка и Калиновка в течение всего года интенсивно развиваются олигохеты *Potamothrix hammoniensis* и *Limnodrilus*. Их общая численность превышает 5000 экз/м², а доля в сообществе зообентоса составляет 75-95%. Эти же виды олигохет, но в меньшем количестве преобладают в реке Широкая и Восточном канале (55-60%). В некоторых водотоках в массе развиваются комары-звонцы *Chironomus plumosus*. Наибольшее их количество отмечено в реках Черная и Хлебная – 2000-3000 экз/м², что составляет около 80% от всей численности зообентоса этих рек. Значительная численность хирономид *Chironomus plumosus* и олигохет *Potamothrix hammoniensis*, *Limnodrilus* наблюдается в реках Товарная, Нельма, Мамоновка, Зеленоградка, а также Западном канале. Вышеназванные виды являются полисапробами, они способны населять водоемы с неблагоприятными газовыми условиями и повышенным содержанием органических веществ.

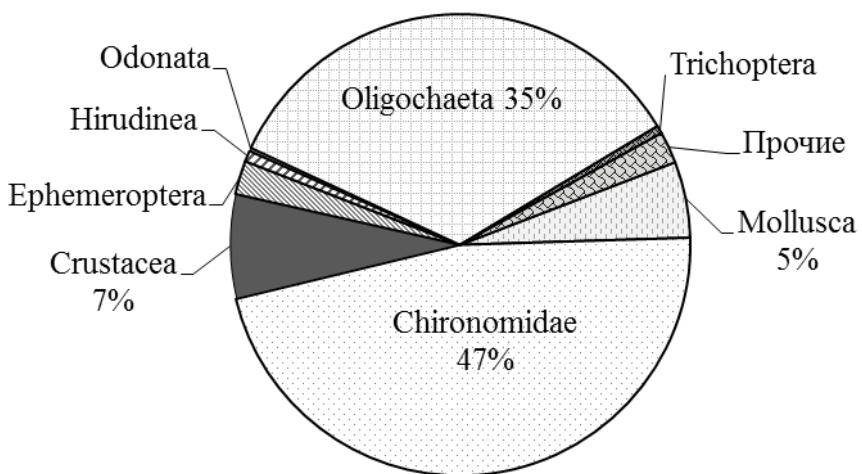


Рисунок 18 – Соотношение численности основных групп зообентоса в реках со скоростью течения менее 0,2 м/с (за период исследований 2006-2014 гг.)

В отдельных реках существенную долю в общей численности зообентоса формируют и другие группы. Так, например, в реке Спокойная достаточно много поденок (около 20%), в частности таких видов как *Ephemera vulgata* и *Caenis macrura*. В реках Мамоновка и Немонинка распространены ракообразные *Asellus aquaticus*, в Дейме – *Corophium curvispinum*, в Спокойной – *Gammarus lacustris*. Много моллюсков найдено в Дейме, Нельме, Зеленоградке, Восточном канале. Относительно много ручейников обитает в реках Спокойная и Немонинка. Достаточно большое разнообразие и сложная структура зообентоса в некоторых реках свидетельствуют об относительно стабильном экологическом состоянии этих рек.

Проведенный кластерный анализ позволяет выделить 4 группы водотоков (рис. 19). Деление основано на соотношении численности, рассматриваемых групп зообентоса.

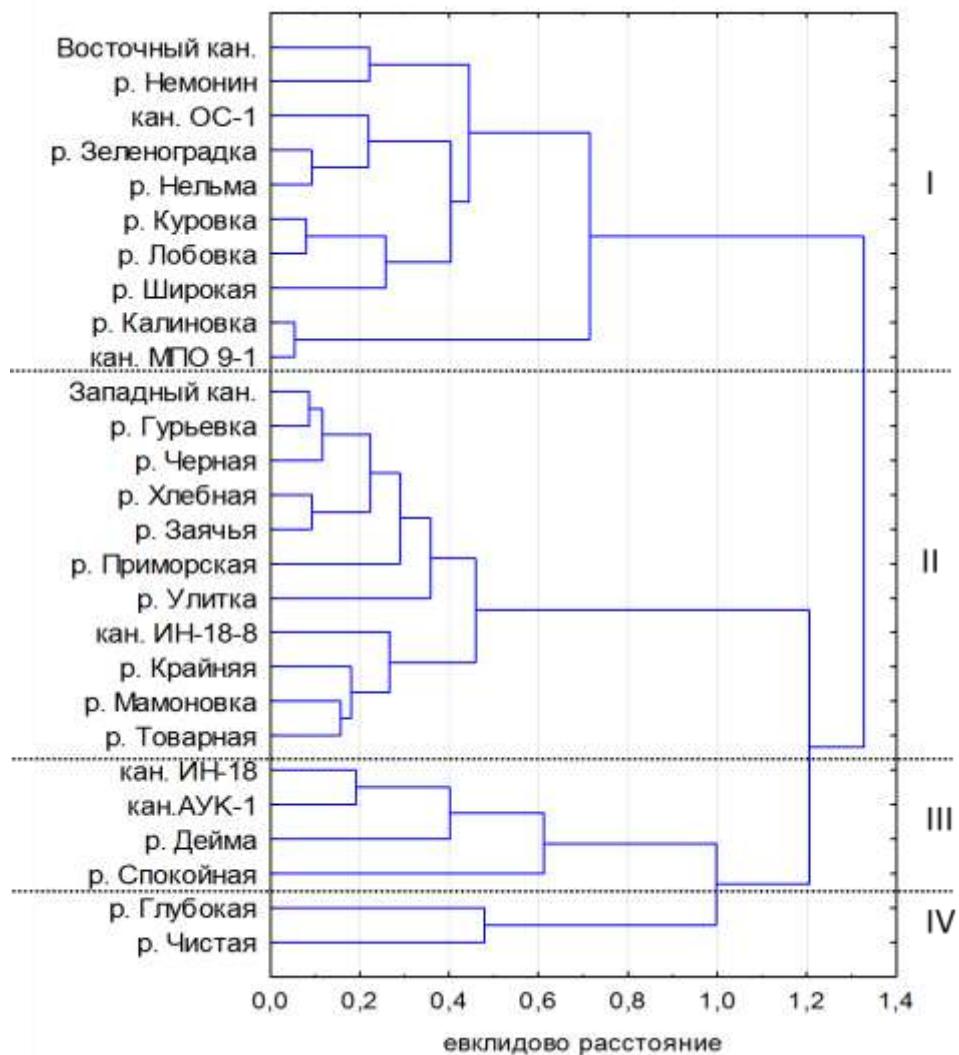


Рисунок 19 – Кластеризация рек с замедленным течением по соотношению численности отдельных групп зообентоса

Зообентос первой группы водотоков сформирован преимущественно олигохетами, при этом хирономиды являются добавочной группой. В зообентосе второй группы рек доминируют личинки комаров-звонцов. В третьей группе рек сложно выделить доминантов, здесь несколько выше численность ракообразных. В четвертой группе рек – основу численности формируют моллюски. Как видно, в 80% рек с течением менее 0,2м/с преобладает хирономидно-олигохетный комплекс видов.

Общая биомасса зообентоса в реках первой группы изменяется в широких пределах (от 1 до 430 г/м²), в среднем она составляет 116 г/м². Основу биомассы формируют моллюски, на их долю приходится около 92% (рис. 20). В частности большую биомассу формируют крупные виды, такие как *Anodonta cygnea* (L.), *Unio ovalis* (Montagu), *Unio pictorum* (L.) и *Viviparus viviparus* (L.). Биомасса зообентоса медленно текущих рек за исключением моллюсков наибольшая из всех обследованных водотоков и составляет около 9 г/м². В этой группе водоемов по биомассе в основном преобладают многочисленные крупные личинки комаров-звонцов и олигохеты.

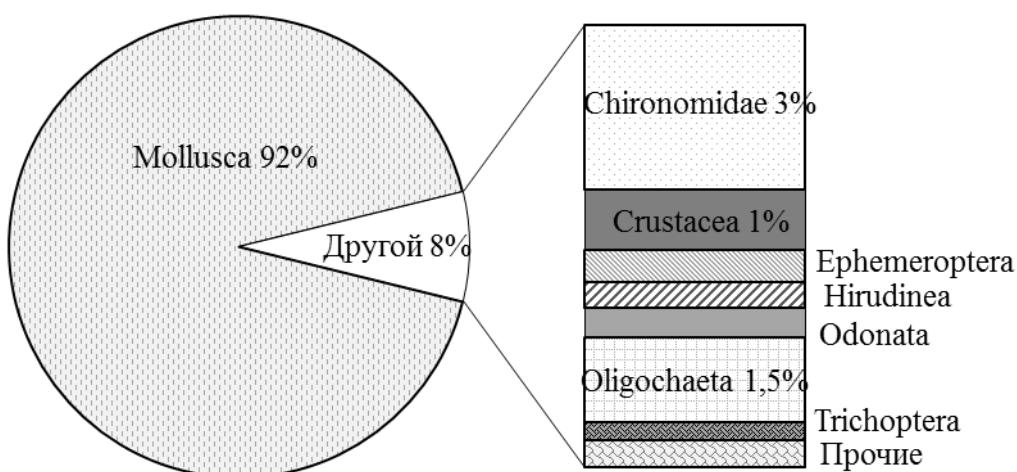


Рисунок 20 – Соотношение биомассы основных групп зообентоса в реках со скоростью течения менее 0,2 м/с (за период исследований 2006-2014 гг.)

На отдельных реках биомасса зообентоса за исключением моллюсков может быть выше средней для группы в два раза. Наибольшие показатели биомассы ($15\text{-}30\text{ г/м}^2$) наблюдается в реках с максимальной численностью, таких как Товарная, Лобовка, Мамоновка, Хлебная, Черная и Западный канал (рис. 21). Доминируют в этих водотоках массовые виды олигохет *Potamothrix hammoniensis*, *Limnodrilus hoffmeisteri* и хирономид *Chironomus plumosus*.

В других реках этой группы биомасса зообентоса, как и численность, очень низкая и не превышает 1 г/м^2 (Чистая, Гурьевка, Широкая).

В большинстве же рек внутри группы биомасса зообентоса, за исключением моллюсков, не сильно отклоняется от средних значений и находится в пределах от 5 до 15 г/м^2 (рис. 21).

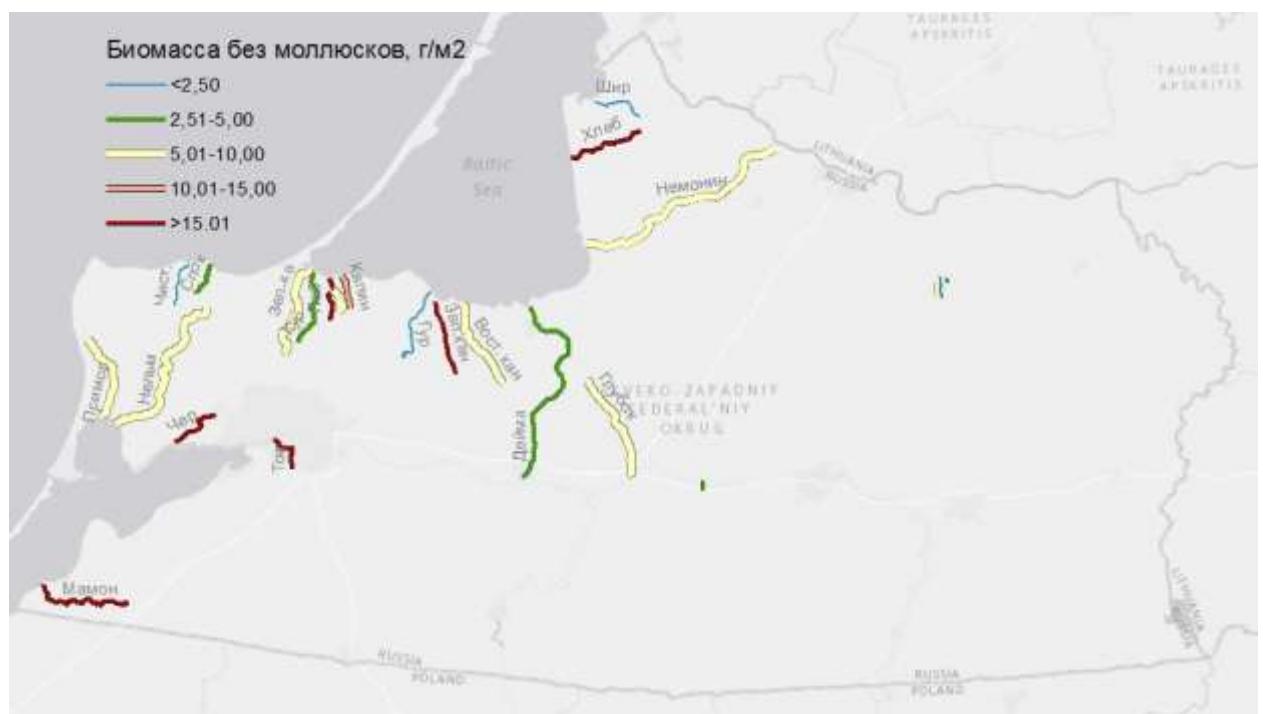


Рисунок 21 – Карта-схема изменения биомассы зообентоса в реках Калининградской области, скорость течения которых менее $0,2\text{ м/с}$, за период исследований 2006–2014 гг. (за исключением моллюсков)

В реках, где шире представлены крупные личинки поденок, ручейников, ракообразные и пиявки, эти группы формируют существенную долю и по биомассе. В целом биомасса названных групп зообентоса, редко когда

превышает совместную биомассу хирономид и олигохет. В реке Спокойная и Восточном канале достаточно большая относительная биомасса наблюдается у личинок ручейников, в реках Дейма и Немонинка – личинок стрекоз, в реке Инструч – поденок *Ephemera vulgata*. Биомасса пиявок несколько выше в Зеленоградке, Калиновке, Хлебной и Немонинке. Ракообразные формируют около 20% биомассы мягкого зообентоса рек Дейма, Крайняя, Мамоновка, Приморская.

В заключение стоит отметить, что зообентос рек с замедленным течением не отличается высоким разнообразием. По видовому составу превалируют личинки комаров-звонцов. В то же время численность и биомасса зообентоса в реках этой группы достаточно высоки. Основу численности формируют лимнофильные виды хирономид и олигохет, следующих видов *Potamothrix hammoniensis*, *Limnodrilus hoffmeisteri* и *Chironomus plumosus*. Эти же виды формируют значительную долю биомассы, хотя и уступают доле крупных моллюсков.

4.3. Зообентос рек со средней степенью проточности

В группу рек со средней степенью проточности попали водотоки, имеющие среднюю скорость течения 0,2-0,4 м/с, расположенные на более значительной высоте по отношению к уровню моря и зачастую находящиеся в различных частях Калининградской области (Глава 2). По своим гидрологическим параметрам реки Преголя и Инструч относятся к средним рекам, а все иные попадают в категорию малых и самых малых рек.

Зообентос рек со средней степенью проточности (рек второй группы) отличается более высоким видовым разнообразием, по сравнению с реками с замедленным течением. Так общее видовое разнообразие этих рек составляет 252 вида. Так же как и в реках первой группы, очень широко представлены личинки комаров-звонцов, в составе которых к настоящему времени идентифицировано 79 видов (рис. 22). Большим количеством видов представлена

группа прочие (40 видов). Все также много олигохет. Значительно возросло разнообразие реофильных видов ручейников, поденок и стрекоз (Приложение А).

В реках второй группы встречаются представители, как медленнотекущих водотоков, так и быстротечных. Существенное снижение скорости течения в меженный период приводит сокращению разнообразия и встречаемости реофильных видов. И тогда по видовому составу зообентоса, частоте встречаемости отдельных видов эти водотоки тяготеют к слабопроточным водотокам первой группы.

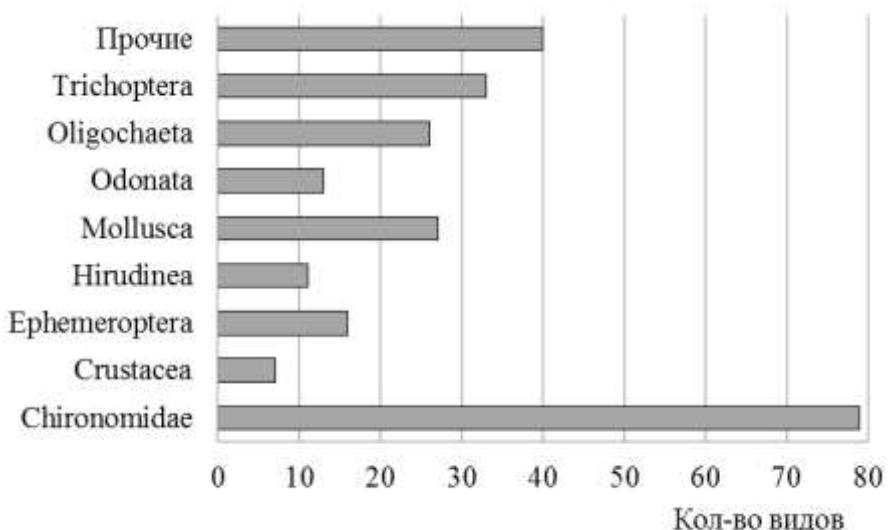


Рисунок 22 – Видовая структура зообентоса рек со скоростью течения 0,2-0,4 м/с (за период 2006-2014 гг.)

В отдельных наиболее крупных реках этой группы разнообразие зообентоса превышает 100 видов (реки Инструч, Тыльжа). На исследуемом участке реки Преголя также найдено достаточно много видов зообентоса (58 видов). В то же время в некоторых малых водотоках разнообразие донных беспозвоночных не превышает 15 видов (Корневка, Запрудная, Струга Барыцка). Более чем в половине рек этой группы (70%) в составе зообентоса можно обнаружить от 17 до 40 видов (рис. 23), что несколько больше чем в реках с замедленным течением.

В реках второй группы средняя численность бентоса заметно ниже, чем в первой (около 1300 экз/м²). В отдельных более крупных реках, таких

как Тыльжа и Прохладная, наблюдается наибольшее развитие зообентоса и численность донных беспозвоночных немного превышает 2000 экз/ m^2 . Достаточно больших значений достигает этот показатель и на исследуемом участке реки Преголя (около 1800 экз/ m^2). В других водотоках, преимущественно в самых малых реках (Стоговка, Светлогорка, Резвая, Мучная, Корневка) значение этого показателя колеблется около 500 экз/ m^2 (рис. 24). В большинстве же рек численность донных беспозвоночных находится в пределах 700-1500 экз/ m^2 (рис. 24).

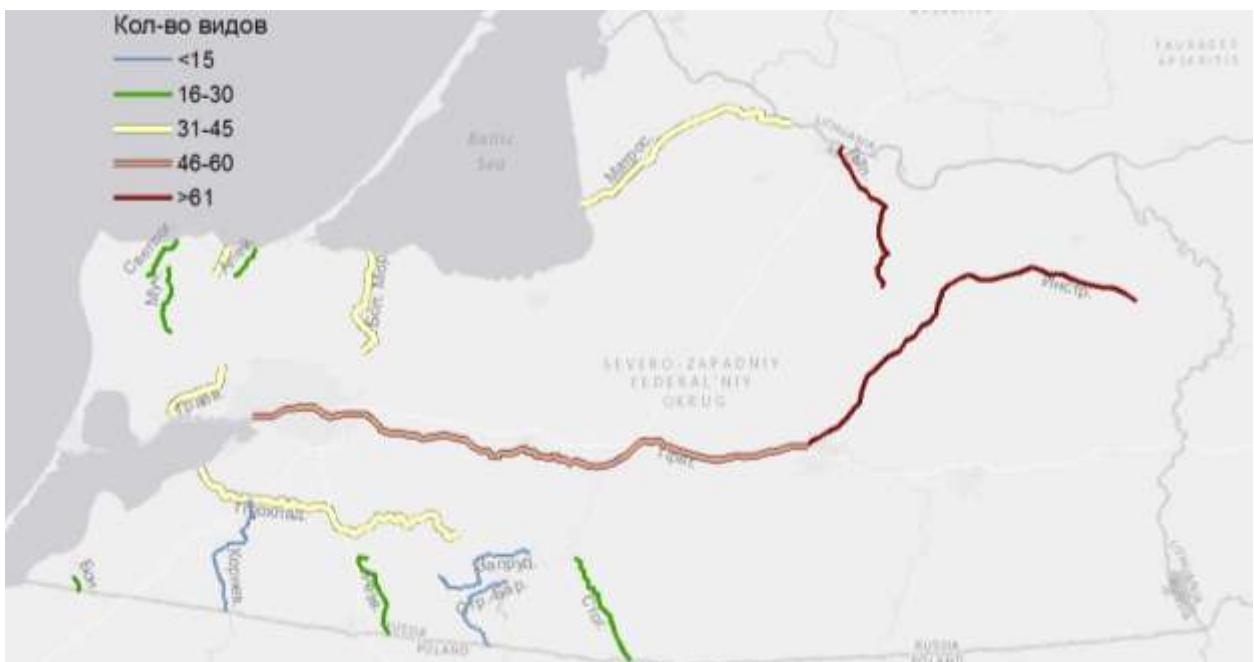


Рисунок 23 – Карта-схема изменения количества видов зообентоса в реках со скоростью течения 0,2-0,4 м/с (за период 2006-2014 гг.)

В водотоках этой группы все еще продолжают преобладать личинки комаров-звонцов и олигохеты, хотя их относительная численность становится значительно ниже (рис. 25). Существенно увеличивается доля моллюсков и немногочисленность поденок и группы прочие. Виды, преобладавшие в малопроточных реках, уходят на второй план. В этих реках сложно определить доминантов, поскольку в них присутствуют виды зообентоса характерные как для рек первой, так и для рек третьей группы. Основу зообентоса некоторых рек (Граевка, Прохладная и Стоговка) формируют полисапробные виды, преобладающие в реках первой группы: олигохеты *Potamothrix*

hammoniensis и *Limnodrilus hoffmeisteri*, хирономиды *Chironomus plumosus*. В реках Преголя, Большая Морянка и Мучная интенсивно развиваются личинки комаров-звонцов *Microtendipes pedellus*. В ряде рек (Преголя, Забава, Бонувка) существенную долю численности зообентоса образуют моллюски, в частности *Dreissena polymorpha*, *Pisidium amnicum* и *Euglesa* sp. Личинок поденок относительно много встречается в реках Бонувка, Инструч, Мучная и Светлогорка.



Рисунок 24 – Карта-схема изменения численности зообентоса реках со скоростью течения 0,2-0,4 м/с (за период 2006-2014 гг.)

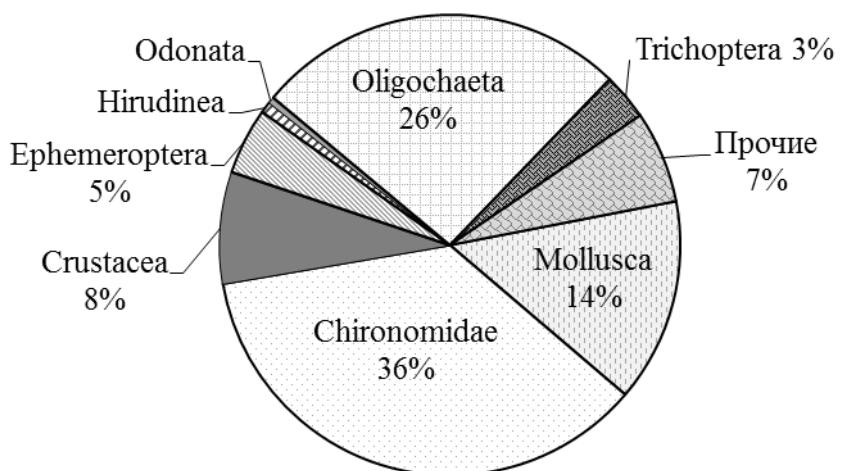


Рисунок 25 – Соотношение численности отдельных групп зообентоса реках со скоростью течения 0,2-0,4 м/с (за период 2006-2014 гг.)

С помощью методов кластерного анализа было выделено 2 группы рек (рис. 26). Деление основано на соотношении численности рассматриваемых групп зообентоса. Основу зообентоса первой группы рек формируют личинки комаров звонцов, а второй – остальные группы зообентоса. В свою очередь в первой группе выделяются подгруппы. В подгруппе Ia хирономиды формируют более 60% численности. В подгруппе Ib их численность снижается до 30%, примерно столько же приходится на моллюсков. В подгруппе Ic численность средняя хирономид составляет около 35%, столько же приходится и на олигохет. Основу зообентоса подгруппы Id составляют личинки комаров-звонцов и Прочие.

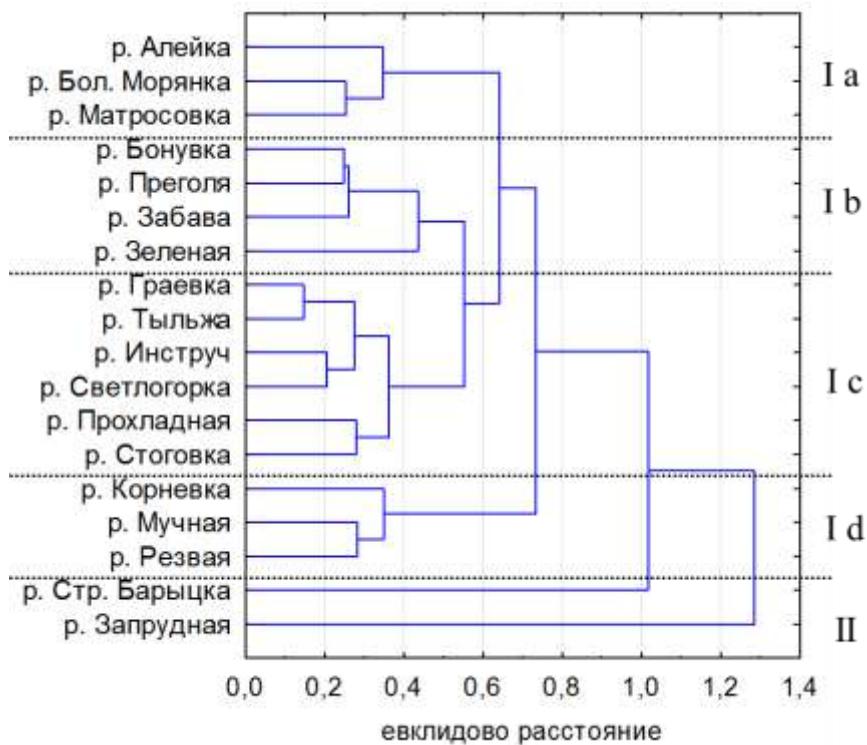


Рисунок 26 – Кластеризация рек со средней скоростью течения 0,2-0,4 м/с (по соотношению численности отдельных групп зообентоса)

Средняя биомасса зообентоса в реках второй группы значительно ниже, чем в первой и составляет $85 \text{ г}/\text{м}^2$. Так же как и в реках первой группы, около 92% от общей биомассы формируют моллюски. В отдельных реках биомасса моллюсков достигает очень больших значений. Так в исследованном участке реки Преголя биомасса этой группы максимальна (более

450 г/м²), значительно меньше – в реке Инструч (100-200 г/м²). В первую очередь по биомассе преобладают крупные (*Anodonta*, *Unio*) и многочисленные (*Viviparus viviparus*, *Dreissena polymorpha*) виды.

Средняя биомасса зообентоса, за исключением моллюсков, в реках второй группы существенно ниже, чем в первой и составляет около 6,5 г/м². Несколько выше средних значений этот показатель в реках Большая Морянка и Тыльжа, в которых распространены личинки ручейников и ракообразные. В то же время в отдельных малых водотоках этой группы биомасса зообентоса очень низкая и не превышает 2,5 г/м², а именно в реках Корневка, Бонувка, Светлогорка. В большинстве же рек этой группы значение биомассы зообентоса находится в пределах 2,5-10 г/м² (рис. 27).

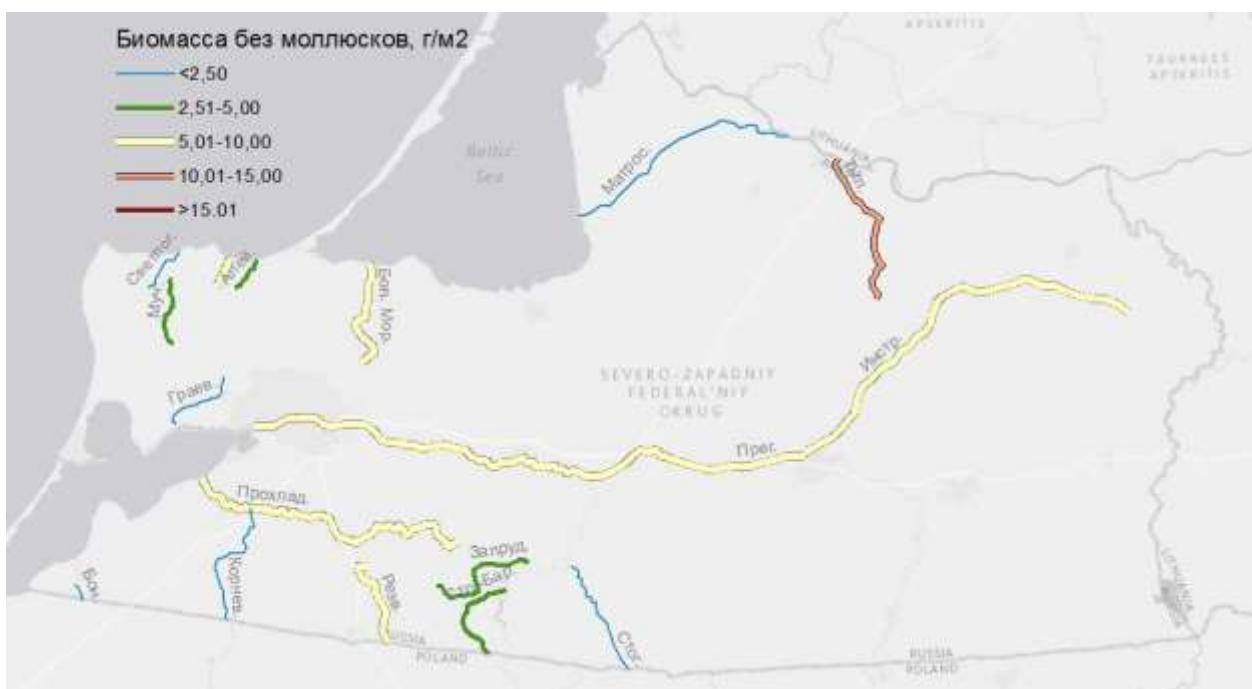


Рисунок 27 – Карта-схема пространственного изменения биомассы зообентоса в реках со скоростью течения 0,2-0,4 м/с (за период 2006-2014 гг.) (за исключением моллюсков)

В водотоках этой группы заметно снижается биомасса хирономид и олигохет, хотя в некоторых реках личинки хирономид и олигохеты продолжают преобладать (Граевка, Немонин, Прохладная). В целом в водотоках со средней степенью проточности четкое доминирование какой-либо группы зообентоса по биомассе отсутствует. Немного выше биомасса личинок ру-

чайников. Примерно одинаковые доли имеют личинки хирономид, поденок, олигохеты и ракообразные. Среди личинок комаров-звонцов по биомассе выделяется многочисленный вид *Microtendipes pedellus*. Среди личинок ручейников и поденок преобладают крупные виды, такие как *Anabolia soror* (MacLachlan) и *Ephemera vulgata*. Значительной биомассы достигают ракообразные *Asellus aquaticus* и *Gammarus lacustris*.

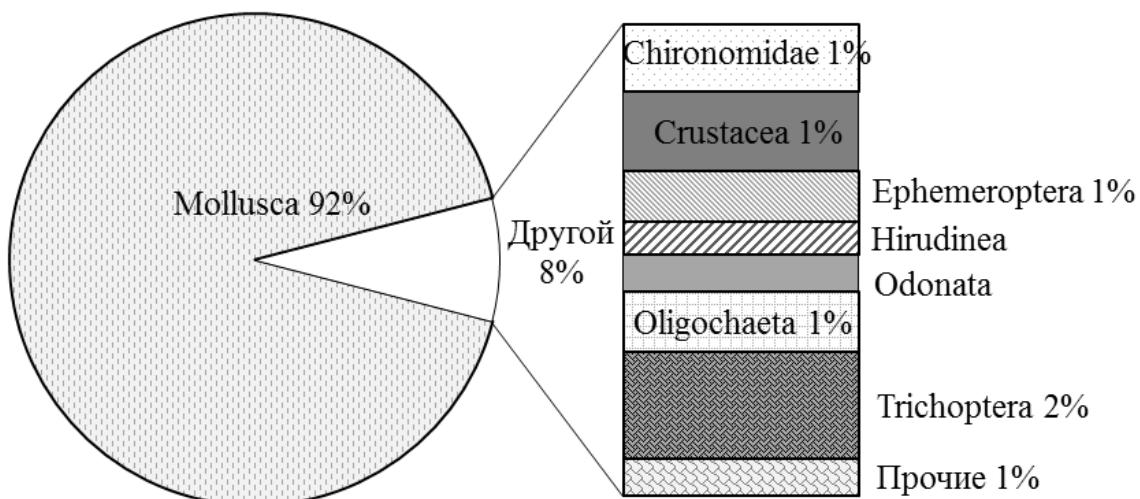


Рисунок 28 – Соотношение биомассы отдельных групп зообентоса в реках со скоростью течения 0,2-0,4 м/с (за период 2006-2014 гг.)

Реки второй группы характеризуются большим видовым разнообразием, меньшей численностью и биомассой зообентоса, по сравнению с реками первой группы. В этой группе водотоков также продолжают доминировать личинки комаров-звонцов и олигохеты, и в то же время возрастает доля ручейников, поденок и стрекоз.

4.4. Зообентос быстротечных рек

Третья группа водотоков объединяет самые быстротечные реки Калининградской области, средняя скорость течения которых превышает 0,4 м/с. В целом быстротечные реки области отличаются наибольшим разнообразием фауны донных беспозвоночных, по сравнению с другими реками. В составе зообентоса идентифицировано 317 видов. Как и в других водных объектах,

очень разнообразна фауна комаров-звонцов, в составе которых обнаружено 90 видов (рис. 29). Причем в отличие от других рек, в водотоках третьей группы шире представлены реофильные виды личинок комаров-звонцов подсемейства Orthocladiinae и Chironominae (трибы Tanytarsini). Значительно выше разнообразие группы прочие, среди которых много водяных жуков, клопов, клещей, веснянок. Широко представлены моллюски и личинки ручейников. Возрастает разнообразие личинок стрекоз и поденок, по сравнению с другими группами рек.

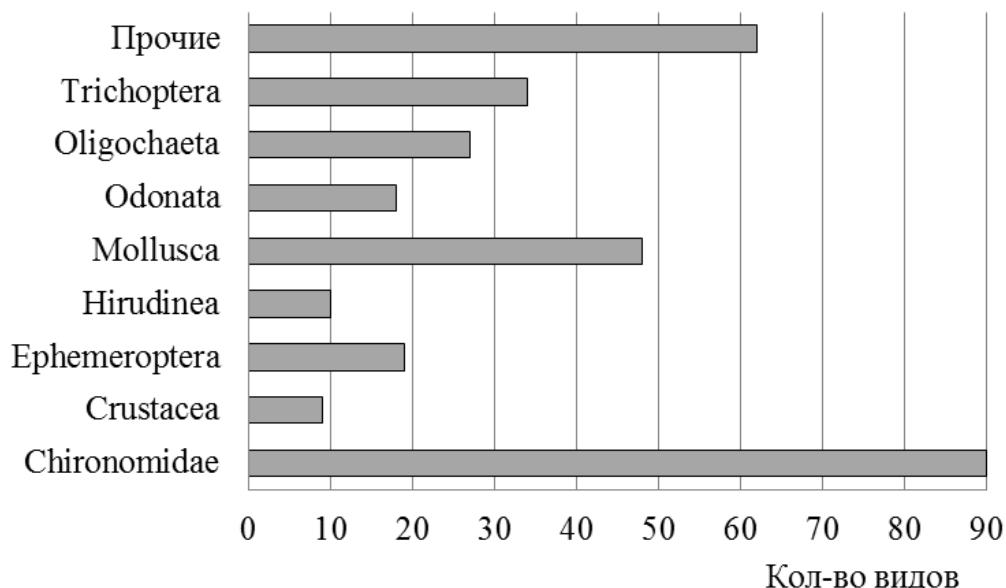


Рисунок 29 – Видовая структура зообентоса в реках со скоростью течения более 0,4 м/с (за период 2006-2014 гг)

В наиболее крупных реках Шешупе и Анграпа видовое разнообразие зообентоса очень высокое (более 150 видов). В остальных реках этой группы в составе зообентоса обнаружено 25-56 видов, что гораздо больше, чем в реках из других групп.

В быстротечных водотоках широко представлен реофильный комплекс видов, среди которых наиболее часто встречаются комары-звонцы из подсемейства Orthocladiinae – *Epoicocladius flavens* (Malloch), из подсемейства Chironominae – *Polypedilum scalaenum*, *Harnischia curtilamellata* (Malloch), *Cladotanytarsus mancus*, *Cryptotendipes nigronitens* (Edwards), *Rheotanytarsus* sp., *Stictochironomus crassiforceps*, оксифильные пиявки *Piscicola geometra*

(L.). Только в водотоках этой группы обитает водяной клоп *Aphelocheirus aestivalis*, требовательный к хорошей аэрации воды.



Рисунок 30 – Карта-схема изменения видового разнообразия зообентоса в реках со скоростью течения более 0,4 м/с

В более быстротечных реках численность зообентоса самая низкая из всех исследованных групп рек и составляет около 800 экз/ m^2 . Несколько выше численность в реках Шешупе и Писса (около 1100 - 1500 экз/ m^2 (рис. 31).

В этой группе рек моллюски формируют до 48% численности, что значительно выше, по сравнению с реками со слабой и средней проточностью (рис. 32). Зато в этих реках невелика численность хирономид, несмотря на их большое видовое разнообразие. В водотоках этой группы значительно больше представителей из подсемейств Orthocladiinae и Diamesinae. В составе зообентоса преобладают реофильные виды. Их в 2-3 раза больше, чем в реках первой и второй группы. Это в первую очередь личинки поденок, ручейников и мошек рода *Simulium*.



Рисунок 31 – Карта-схема изменения численности зообентоса в реках со скоростью течения более 0,4 м/с (за период 2006-2014 гг)

Зообентос этих рек очень разнообразен, и в его структуре сложно выделить виды-доминанты. Периодически значительной численности достигают личинки комаров-звонцов *Harnischia curtilamellata*, *Prodiamesa olivace* (Meig.), *Cladotanytarsus mancus*, *Epoicocladius flavens*, *Orthocladius saxonica* (Kief.); личинки поденок *Ephemera vulgata*, *Caenis macrura*, ручейников *Hydropsyche ornatula*, *Limnephilus flavicornis* (Fabr.), мошек *Simulium* sp.; моллюски сем. *Euglesidae* и *Dreissena polymorpha*.

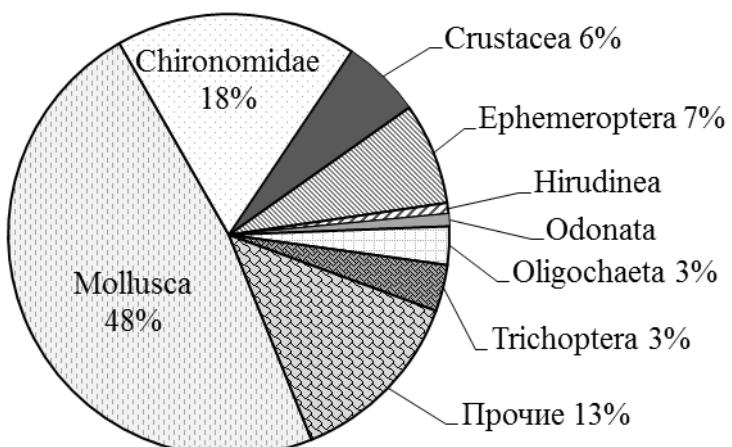


Рисунок 32 – Соотношение численности отдельных групп зообентоса в реках со скоростью течения более 0,4 м/с (за период 2006-2014 гг)

Средняя биомасса зообентоса в реках третьей группы составляет около 80 г/м², что немного ниже чем в реках первой и второй групп. Как и в других группах водных объектов по биомассе доминируют моллюски, на долю которых приходится около 94% от общей биомассы зообентоса.

В то же время биомасса бентоса, за исключением моллюсков, ниже, чем в реках первой и второй групп, и составляет всего 4,5 г/м². В отдельных реках (например, р. Красная, Русская) этот показатель не превышает 2,5 г/м². В других реках (Путиловка, Анграпа, Писса) биомасса зообентоса напротив, выше средней и составляет 6-8 г/м². (рис. 33)



Рисунок 33 – Карта-схема изменения биомассы зообентоса в реках со скоростью течения более 0,4 м/с (за исключением моллюсков)

В этой группе водотоков по биомассе кроме моллюсков преобладают личинки стрекоз (в частности *Sympetrum flaveolum*, *Stylurus flavipes*), ручейников (*Halesus interpunktatus*) и прочие (личинки мошек *Simulium*). Личинки комаров-звонцов в водотоках этой группы представлены видами с низкой абсолютной массой, в результате общая биомасса хирономид очень низкая (около 1%). Еще ниже биомасса олигохет (рис. 34).

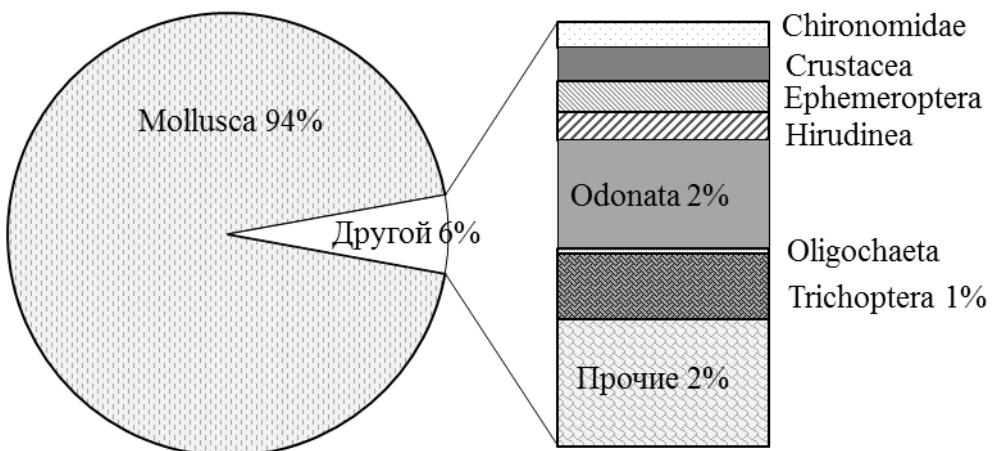


Рисунок 34 – Соотношение биомассы отдельных групп зообентоса в реках со скоростью течения более 0,4 м/с (за период 2006-2014 гг)

В целом прослеживается тенденция увеличения видового разнообразия зообентоса с ростом скорости течения водотока, что подтверждается результатом корреляционного анализа ($r=0.36$, при $p<0.05$) (рис. 35). В составе зообентоса рек с замедленным течением найдено наименьшее количество видов. Коэффициент вариации здесь наименьший (70%) и видовое разнообразие зообентоса колеблется в пределах 10-30 видов. Разнообразие зообентоса рек со средней степенью проточности несколько выше, при этом увеличивается коэффициент вариации (86%). В быстротечных реках наблюдаются наибольшие колебания в видовом разнообразии, в результате коэффициент вариации превышает 115%. В реках этой группы выделяются реки, в которых насчитывается более 150 видов зообентоса (Шешупе, Анграпа). В каждой группе рек наибольшее количество видов характерно для наиболее крупных водотоков с более разветвленной гидрографической сетью.

В тоже время по нашим исследованиям, не смотря на степень проточности рек, видовое разнообразие зообентоса в них может быть одинаковым. Этот результат достигается благодаря расширению спектра видов в той или иной таксономической группе, характерной для определенного уровня скопления органических веществ. При большой проточности спектр видов расширяется за счет реофилов не любящих большого скопления органики. А в реках с замедленным течением преимущество в развитии получают иные ви-

ды, которым необходимо достаточно высокое содержание органических веществ.

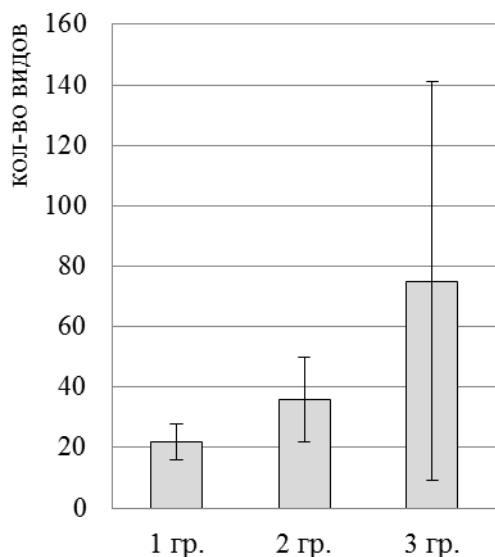


Рисунок 35 – Изменение среднего количества видов зообентоса в реках с различной степенью проточности

В целом прослеживается общая тенденция снижения численности зообентоса с увеличением проточности ($r=-0.46$, при $p<0.05$) (рис. 36). В группе слабопроточных рек выделяются водотоки, численность в которых максимальна (Западный канал, Калиновка, Лобовка, Мамоновка, Товарная, Черная). В то же время в этой группе рек можно выделить водотоки, где численность зообентоса практически не отличается от этого показателя по сравнению с реками с более высокой проточностью (Чистая, Спокойная, Гурьевка). Разница между численностью зообентоса рек со средней степенью проточности и быстротечных не очень большая и зачастую находится в пределах ошибки. В то же время в реках второй группы можно выделить водотоки, где этот показатель достаточно высок и приближается к средним значениям для слабопроточных рек (Прохладная, Тыльжа), что не характерно для быстротечных рек.

Изменение биомассы зообентоса в меньшей степени связано с изменением проточности ($r=-0.33$, при $p<0.05$) (рис. 37). На формирование биомассы большое влияние оказывает наличие в том или ином водотоке круп-

ных видов моллюсков (*Anodonta*, *Unio*, *Viviparus*). Присутствие этих видов даже в единичных экземплярах делает общий показатель биомассы очень большим и трудно сопоставимым с зообентосом тех рек, где этих видов нет. Показатель биомассы за исключением моллюсков колеблется в меньших пределах и является более сопоставимым для различных рек.

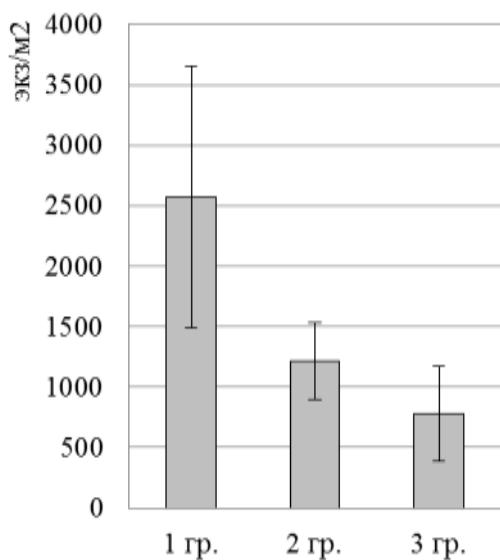


Рисунок 36 – Изменение численности зообентоса в реках с различной степенью проточности

В отдельных реках с замедленным течением биомасса (за исключением моллюсков), как и численность, достигает максимальных значений (Западный канал, Лобовка, Мамоновка, Хлебная, Черная) и в 2-3 раза превышает средние значения. Настолько высоких значений в реках второй и третьей групп показатель биомассы не достигает. В то же время значение биомассы для рек с различной степенью проточности может быть одинаковым. В каждой группе рек выделяются достаточно много водотоков, в которых биомасса донных беспозвоночных (за исключением моллюсков) колеблется в пределах 2,5-10 г/м². Группы организмов, которые формируют биомассу в водотоках в своей основе различные. В реках с замедленным течением биомассу формируют личинки хирономид и олигохеты. В ветвях со средней степенью течения доля хирономид и олигохет снижается, зато возрастает доля ручейников, поденок, ракообразных. А в водотоках третьей группы биомасса хирономид

и олигохет не существенна – преобладают реофильные группы (ручейники, стрекозы, мошки).

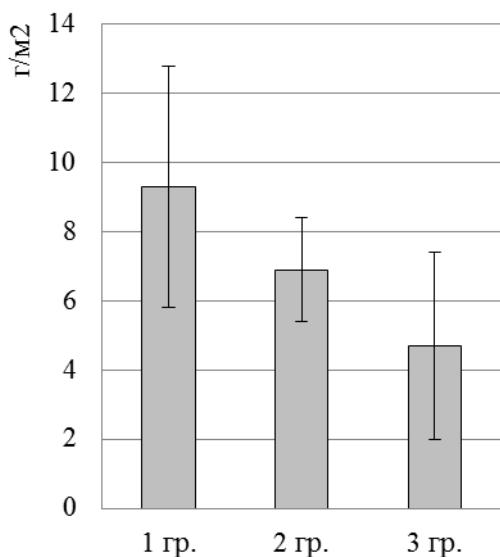


Рисунок 37 – Изменение биомассы зообентоса в реках с различной степенью проточности (за исключением моллюсков)

Видовое разнообразие, численность и биомасса зообентоса рек очень неоднородны. В их распределении прослеживается общая зависимость от степени проточности водотока. В целом с увеличением скорости течения растет общее видовое разнообразие зообентоса, но при этом снижается его численность и биомасса. Также с увеличением проточности водотока происходит перестройка в структуре зообентоса – доминирующий лимнофильный олигохетно-хирономидный комплекс заменяется на комплекс реофильных видов ручейников, поденок, хирономид и мошек. На развитие зообентоса помимо скорости течения, непосредственное влияние оказывает и ряд других природных и антропогенных факторов (погодные условия, химический состав воды, грунт и др). Таким образом, даже в близких по степени проточности водотоках развитие зообентоса не всегда будет однородным. О чем свидетельствует величина коэффициента вариации, которая варьирует в пределах от 70 до 115%. На основании полученных данных прослеживается общая тенденция, в то же время средние величины могут в значительной степени отличаться в различные годы и отдельные периоды.

4.5. Зообентос озера Виштынецкого

Гидробиологические исследования озера Виштынецкого начаты в середине XX века. Первые достаточно подробные сведения о составе, структуре и распределении зоопланктона, и зообентоса в оз. Виштынецком приводятся в работе Э.Д. Мордухай-Болтовской (Мордухай-Болтовская, 1971). В этот период была подробно изучена фауна моллюсков и обнаружены крупные виды родов *Anodonta* и *Unio*, а также определена видовая принадлежность многих *Euglesidae*. В дальнейшем подробно изучалась фауна комаров-звонцов (Щербина, 1985). Исследования последних лет расширили список амфибиотических насекомых: ручейников, поденок, жуков, двукрылых, стрекоз (Масюткина, 2014, Шибаева, 2007, 2008, 2010, 2011).

Озеро Виштынецкое представляет собой глубоководный водоем, где условия обитания существенно различаются в зависимости от глубины. В 1964 году в озере выделены три зоны: литорали, сублиторали и профундали (Мордухай-Болтовская, 1971; Шибаева, 2008).

При исследовании зообентоса с 2006 по 2014 гг. исходили из того, что область литорали ограничивается глубинами до 5 м. и занимает 24% от общей площади озера. Эта зона отличается большим разнообразием биотопов: песчаные, галечные, серые илы с различными примесями. Летом прибрежная полоса частично зарастает водной растительностью. На развитие зообентоса и зоопланктона в литорали большое влияние оказывают внешние факторы, такие как: скорость и интенсивность прогревания воды, ветровое и волновое перемешивание, влияние устьевых участков рек и истоков, локальное антропогенное воздействие, сезонные факторы. Особую часть литорали представляет собой Утиный залив. Это небольшая бухта в западной части озера, с замедленным водообменом и преобладанием илистых грунтов с большим количеством растительных остатков. Дно мелководного залива полностью покрыто водной растительностью.

Область сублиторали ограничена глубинами от 5 до 15 метров. Сублитораль характеризуется меньшим разнообразием биотопов. Грунты представлены преимущественно ракушечником, с примесью ила и песка.

Большую часть озера занимает профундаль с глубинами более 15 метров. Характерной чертой профундали является относительное постоянство условий обитания – однообразие биотопов (мелкоалевритовые илы), постоянные температуры (около 5-7°C), невысокие концентрации кислорода, слабое перемешивание вод (Берникова, 2008).

Зообентос озера Виштынецкого очень разнообразен. За период настоящих исследований было обнаружено 214 видов, 37% из которых найдены впервые (рис. 38). Фауна донных беспозвоночных озера представлена девятью группами: личинками комаров-звонцов, ручейников, поденок, стрекоз, ракообразными, пиявками, олигохетами, моллюсками и группой «прочие». В группу «прочие» вошли водяные жуки, клопы, клещи и личинки двукрылых. Наиболее разнообразны личинки комаров-звонцов (66 видов).

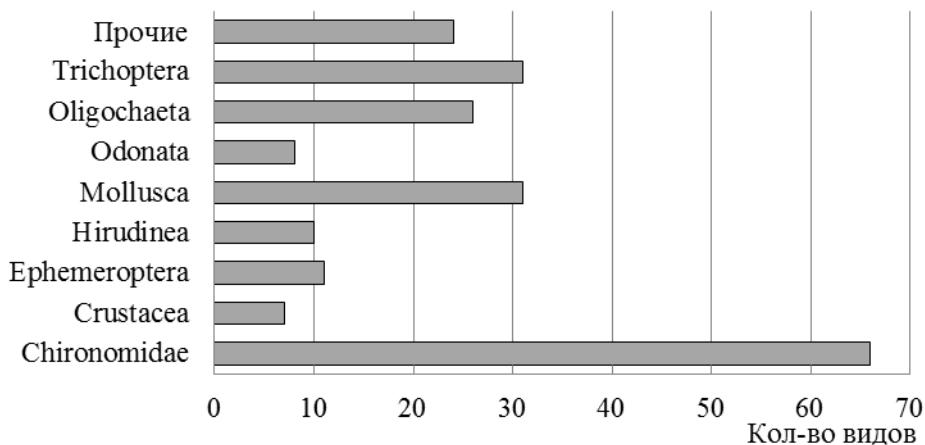


Рисунок 38 – Видовая структура зообентоса озера Виштынецкого (за период исследований 2006-2014 гг.)

Достаточно большое количество видов найдено среди ручейников и моллюсков (по 33 вида). В меньшей степени представлены ракообразные и личинки стрекоз, что в целом согласуется с предыдущими исследованиями.

Большинство видов зообентоса относится к категории «редкие». Чаще других можно встретить ракообразных *Asellus aquaticus* (L.) и *Gammarus*,

моллюсков *Dreissena polymorpha*, *Bithynia tentaculata* и *Pisidium* (Mull.), личинок комаров-звонцов *Sergentia longiventris* (Kief.), *Tanytarsus gregarius*, *Cladotanytarsus mancus*, *Microtendipes pedellus* (De Geer), *Procladius* (Skuse), личинок поденок рода *Caenis* (Stephens), малощетинковых червей *Potamothrix hammoniensis*. Эти же виды регулярно встречались и в более ранних исследованиях.

В озере обитают уникальные виды, характерные для олиготрофных озер. К таким видам относятся донные разноногие ракообразные *Pallasiola quadrispinosa*. Этот вид впервые нами был обнаружен в пищевом комке озерного сига и только после этого в свободном зообентосе на свале глубин 15-35 м. В последствии эти станции были включены в общий список регулярного отбора проб.

Наибольшее разнообразие фауны донных беспозвоночных наблюдается в зоне литорали – около 200 видов, что объясняется большим разнообразием биотопов, о чем уже упоминалось (рис. 39). Здесь широко представлены комары-звонцы, моллюски, ручейники. В этой богатой кислородом, быстро прогреваемой зоне жизнь начинает активно развиваться значительно раньше, чем в глубоководной профундали или сублиторали. Уже весной здесь можно найти около 150 видов зообентоса.

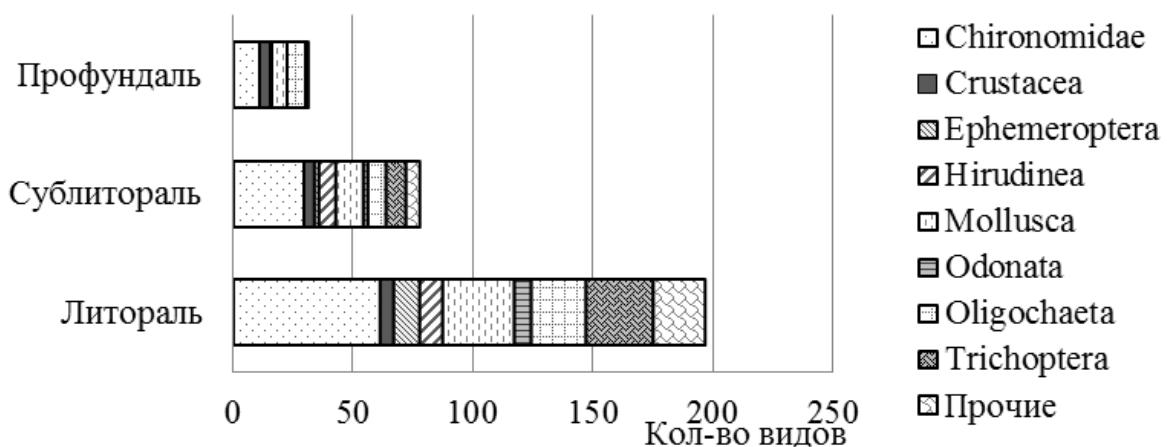


Рисунок 39 – Видовая структура зообентоса оз. Виштынецкого на различных глубинах (за период исследований 2006-2014 гг.)

Разнообразие зообентоса в сублиторали значительно ниже, чем в литорали, хотя зообентос представлен всеми девятью группами (рис. 39). Максимальное развитие донной фауны наступает к середине лета.

Фауна донных беспозвоночных профундали очень бедна. В этой зоне найдено около 30 видов зообентоса. Постоянными обитателями этой части озера являются немногочисленные моллюски сем. Euglesidae, хирономиды, олигохеты и ракообразные *Pallasiola quadrispinosa*.

Глубоководная зона отличается достаточно высокими показателями видового сходства между различными участками. Коэффициент Съеренсена-Чекановского в среднем составляет 0,5-0,7. Сходство видового состава на различных участках озера в зоне сублиторали в среднем составляет 0,21. Наиболее похожими по видовому составу можно назвать северный участок озера и область Тихой бухты, где коэффициент сходства достигает 0,57. Средние значения коэффициента общности видового сходства Съеренсена-Чекановского для фауны зообентоса на различных участках прибрежной зоны составляют всего 0,18, что является самым низким показателем по сравнению с зонами сублиторали и профундали. Таким образом, литоральная зона отличается большой мозаичностью и неоднородностью в распределении зообентоса.

Поскольку основную часть озера составляют зоны сублиторали и профундали, характеризующиеся относительно стабильными условиями обитания для зообентоса, то среднемноголетние показатели его численности и биомассы в озере достаточно стабильны и составляют соответственно около 1400 экз/ m^2 и 70 г/ m^2 (6 г/ m^2 – за исключением моллюсков). В целом распределение организмов по ложу озера крайне неравномерное. По более ранним исследованиям была установлена тенденция уменьшения численности и биомассы зообентоса с увеличением глубины, что характерно и для настоящего времени (Масюткина, 2014; Мордухай-Болтовская, 1971).

В зоне литорали выделяются участки, где численность зообентоса часто превышает 3000 экз/ m^2 (рис. 40). Это в первую очередь северо-западная

часть озера, у истока р. Писсы, а также юго-западное побережье возле устья р. Черницы. В целом средняя численность зообентоса в прибрежной части озера составляет около 2000 экз/ m^2 . По мере увеличения глубины численность донных беспозвоночных значительно снижается. В центральной глубоководной части зообентос развит в меньшей степени и его численность редко когда превышает 500 экз/ m^2 .

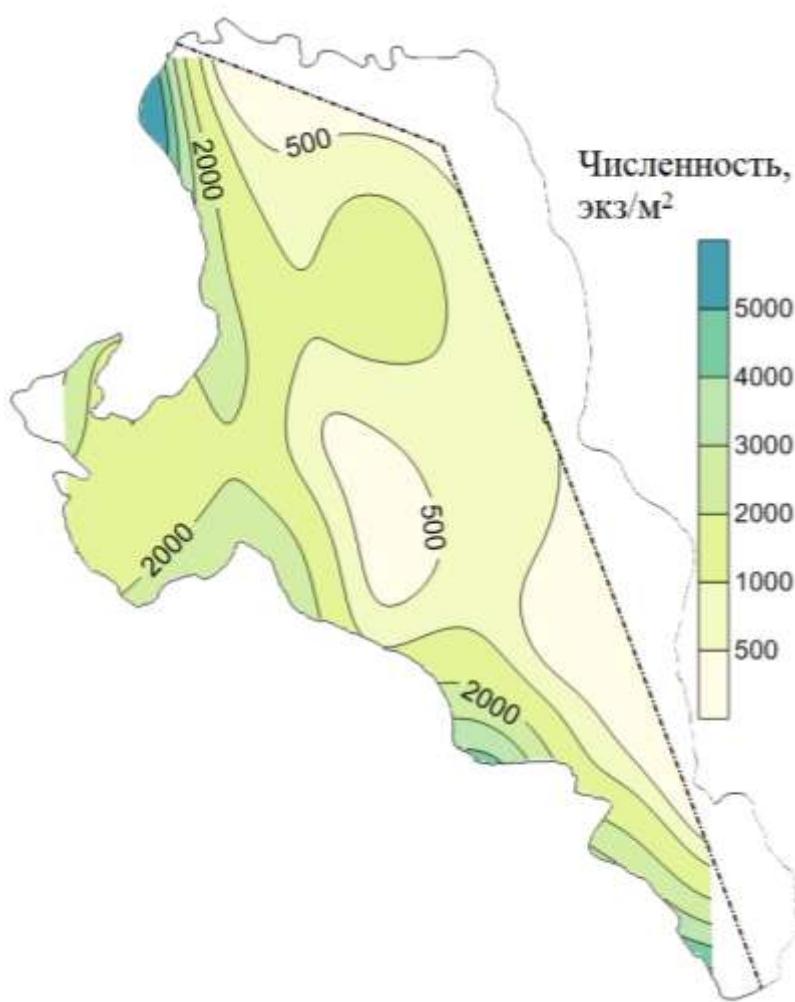


Рисунок 40 – Карта-схема пространственного распределения численности зообентоса по ложу оз. Виштынецкого (за период 2006-2014 гг.)

Основу численности зообентоса озера формируют четыре группы: хирономиды, моллюски, ракообразные и олигохеты. Около 40% численности приходится на личинок комаров-звонцов. Представители этой группы доминируют как в литорали, так и в профундали. Очень большой численности достигают хирономиды в южной части озера возле устья р. Черницы. Массово-

вое развитие наблюдается у следующих видов: *Paratendipes albimanus*, *Cladotanytarsus mancus*, *Microtendipes pedellus*, *Stictochironomus crassiforceps* (Kief.). Постоянным доминантом профундали за все время исследований можно назвать вид *Sergentia longiventris* (Мордухай-Болтовская, 1971; Биологические основы ... 1976, 1977, 1978, 1979).

Моллюски составляют приблизительно 20% всей численности зообентоса озера Виштынецкого. Местами, до глубины 10 м, дно озера сплошь покрыто дрейссеной. Роль этого вида в озере, а также неоднородность его пространственного распределения ранее уже описывалась (Щербина, 1993). В настоящее время *Dreissena polymorpha*, также продолжает играть ведущую роль среди моллюсков озера.

Олигохеты достигают большой численности преимущественно в профундали после массового вылета хирономид. Среди них по численности выделяется вид *Potamothrix hammoniensis*.

На долю ракообразных приходится около 15% всей численности зообентоса. Они преобладают в литорали и сублиторали северной и западной частях озера. Среди них доминируют *Asellus aquaticus* (L.) и представители рода *Gammarus*.

На отдельных участках литорали и сублиторали биомасса зообентоса превышает 150 г/м² (рис. 41). В первую очередь это районы, где широко распространены моллюски *Dreissena polymorpha*: район Тихой бухты, северо-западное и юго-западное побережье. На долю этого вида местами может приходиться до 95% массы бентоса. Биомасса зообентоса в литорали за исключением моллюсков не превышает 10-15 г/м². Мелкие личинки хирономид по этому показателю уступают более крупным ракообразным, а иногда пиявкам. В профундали биомасса зообентоса обычно составляет около 1 г/м². В основном доминируют хирономиды *Sergentia longiventris*, но после массового вылета хирономид преобладают олигохеты и моллюски сем. *Euglesidae*.

В годовом и межгодовом аспектах основной характеристикой зообентоса озера Виштынецкого является достаточная стабильность его средне-

взвешенных показателей (численности и биомассы). Прослеживается общая закономерность снижения видового разнообразия, численности и биомассы с увеличением глубины (в 10-15 раз).

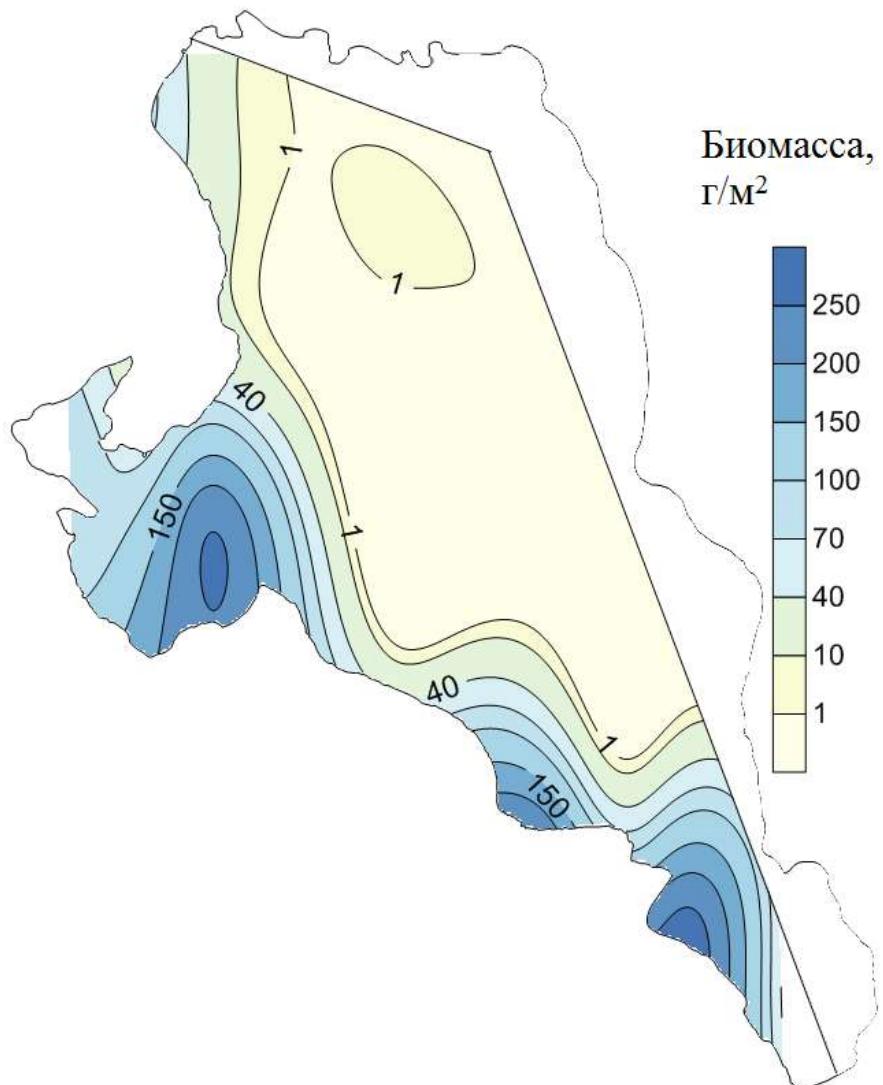


Рисунок 41 – Карта-схема пространственного распределения биомассы зообентоса по ложу оз. Виштынецкого (за период 2006-2014 гг.)

Фауна зообентоса прибрежной зоны подвержена значительным колебаниям количественных характеристик как в сезонном, так и в межгодовом аспектах. Именно в этой зоне наблюдается наибольшая мозаичность в распределении зообентоса. Практически все виды бентоса были найдены до глубины 5м. На развитие донных беспозвоночных в прибрежной зоне большое влияние оказывают внешние факторы.

Глубоководная зона отличается стабильными условиями существования. Основу зообентоса профундали формируют хирономиды, олигохеты и моллюски, что отмечается всеми исследователями со второй половины XX века.

4.6. Зообентос малых озер

Не смотря на то, что исследованные озера имеют различное происхождение, как упоминалось в главах 1 и 2, они зачастую имеют сходную картину в развитии зообентоса.

Все эти озера объединяет то обстоятельство, что в каждом из них фауна зообентоса не отличается высоким разнообразием видов. Всего в исследованных озерах обнаружено 139 видов зообентоса (рис. 42). Около одной трети всех видов составляют личинки комаров-звонцов (44 вида). Достаточно широко представлены моллюски (27 видов). Значительно ниже разнообразие олигохет, личинок стрекоз и ручейников, а также группы прочие (12-14 видов). Ракообразные, пиявки и личинки поденок представлены всего 3-7 видами (Приложение А).

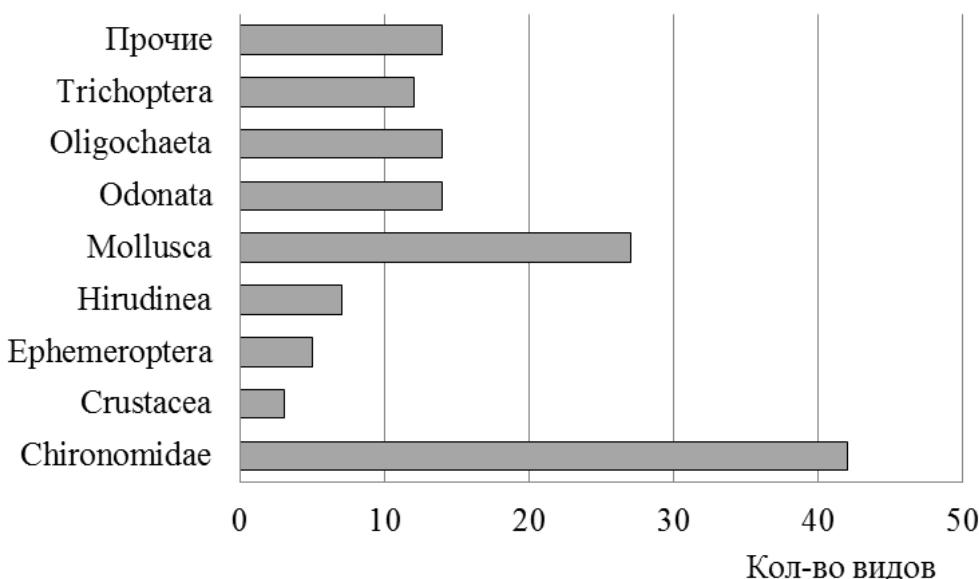


Рисунок 42 – Видовая структура зообентоса малых озер
Калининградской области (за период 2006-2014 гг)

Наибольшее разнообразие зообентоса характерно для водоемов, имеющих связь с руслами рек, таких как Правдинское водохранилище, карьер Сокольники, пруд Затон, озеро Воронье (рис. 43). В составе зообентоса Правдинского водохранилища обнаружено 68 видов, что значительно больше, чем в других водоемах. Это является закономерным, так как водохранилище образовано на реке Лаве, которая относится к категории средних рек. В водохранилище происходит постепенная смена сообществ с речного в верхней части на озерный в нижней приплотинной части. Кроме того на широких литоральных участках, местами покрытых песком и поросших вышер водной растительностью, складываются благоприятные условия для развития фитофильного и псаммофильного комплексов видов. Разнообразие зообентоса в карьере Сокольники, пруду Затон и озере Воронье несколько ниже, чем в Правдинском водохранилище (30-36 видов), что объясняется расположением водоемов относительно русел рек. Карьер Сокольники и озеро Воронье расположены в старице реки Преголя, а пруд Затон – в излучине реки Неман. Между водоемами происходит постоянный водообмен, что способствует проникновению в озера некоторых речных видов.

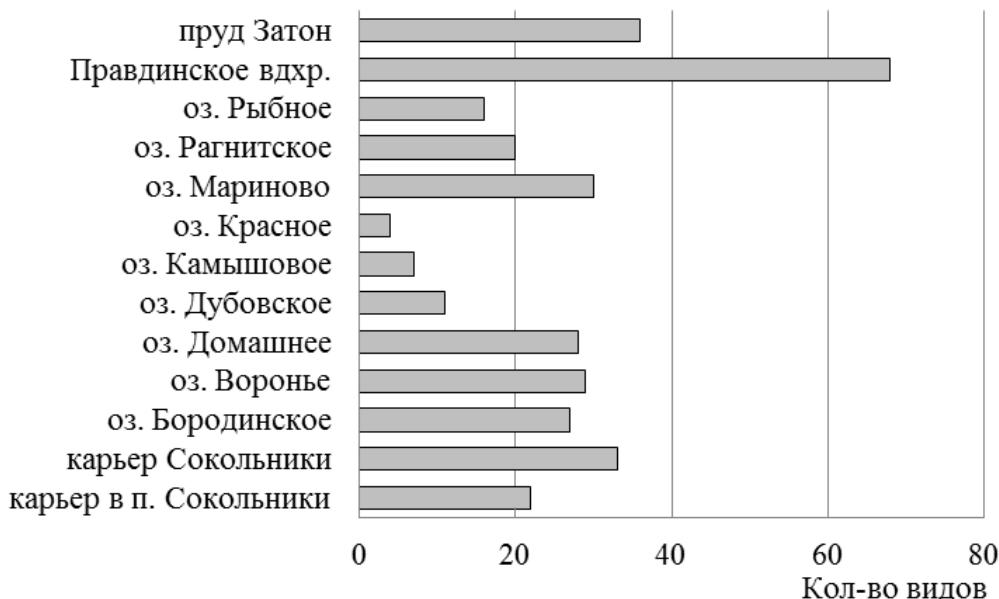


Рисунок 43 – Количество видов зообентоса в малых озерах Калининградской области (за период 2006-2014 гг)

В некоторых более крупных водоемах ледникового происхождения зообентос также весьма разнообразен и в его составе насчитывается около 30 видов: озера Мариново, Бородинское и Домашнее. В среднем разнообразие зообентоса в малых озерах области составляет 15-30 видов.

Исследованные озера очень разнородны по видовому составу зообентоса. Максимальная степень сходства видового состава наблюдается между озерами Красное, Дубовское и Камышовое, которые имеют общее ледниковое происхождение. Для них индекс сходства Серенсена-Чекановского составляет 0,44-0,55. Достаточно высокая степень сходства зообентоса наблюдается также между ледниковыми озерами Мариново и Бородинское, Домашнее и Бородинское, и кроме того между водоемами, расположенными на руслах реках Правдинским водохранилищем и прудом Затон. Более высокая степень видового сходства зообентоса наблюдается между озерами, имеющими одинаковое происхождение. Диапазон изменений индекса сходства между большинством озер находится в интервале 0,15-0,30.

Практически во всех исследованных водоемах области встречаются личинки комаров-звонцов, олигохеты и прочие. Представители именно этих трех групп формируют основу фауны зообентоса озер. Личинки поденок, ручейников, стрекоз и ракообразные встречаются редко. Моллюски широко представлены в водоемах расположенных на руслах рек, таких как карьер Сокольники и Правдинское водохранилище. Среди хирономид в водоемах области наиболее часто можно обнаружить вид *Chironomus plumosus*, среди олигохет – *Potamothrix hammoniensis*, а в группе прочие широко распространены личинки мокрецов *Seratopogonidae*.

Показатель численности зообентоса исследованных водоемов колеблется в широких пределах (от 150 до 2400 экз/м²). Средняя численность зообентоса в водоемах небольшая и составляет всего 950 экз/м².

Самые значительные колебания по численности зообентоса наблюдаются среди озер ледникового происхождения (рис. 44). Максимального развития зообентос достигает в озерах Виштынецкой группы, таких как Ка-

мышевое и Мариново, в которых средний показатель численности зообентоса составляет около $2000 \text{ экз}/\text{м}^2$. В то же время в других озерах ледникового происхождения численность донных беспозвоночных очень низкая (менее $300 \text{ экз}/\text{м}^2$).

В водоемах расположенных на руслах рек, напротив, диапазон колебаний численности относительно небольшой и почти не отклоняется от средних значений (от 800 до $1300 \text{ экз}/\text{м}^2$).

В два-три раза ниже средней численность зообентоса в относительно недавно образованном глиняном в карьере в п. Сокольники и озере Рагнитское.

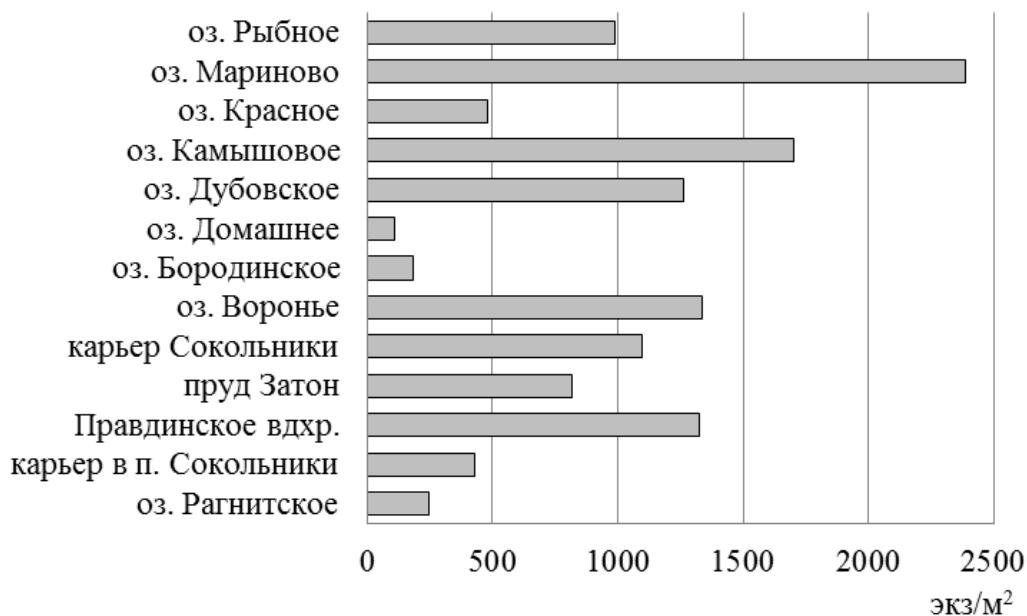


Рисунок 44 – Численность зообентоса малых озер Калининградской области (за период исследований 2006-2014 гг)

Основу численности зообентоса озер формируют личинки хирономид, олигохеты и организмы из группы прочие, среди которых наиболее распространены личинки мокрецов и хаоборусов (рис. 45). В видовом отношении большой численности достигают олигохеты *Potamothrix hammoniensis* и *Limnodrilus hoffmeisteri*; хирономиды *Polypedilum convictum*, *Chironomus plumosus* и личинки мокрецов. Личинки стрекоз и ручейников во всех озерах встречаются в единичных экземплярах.

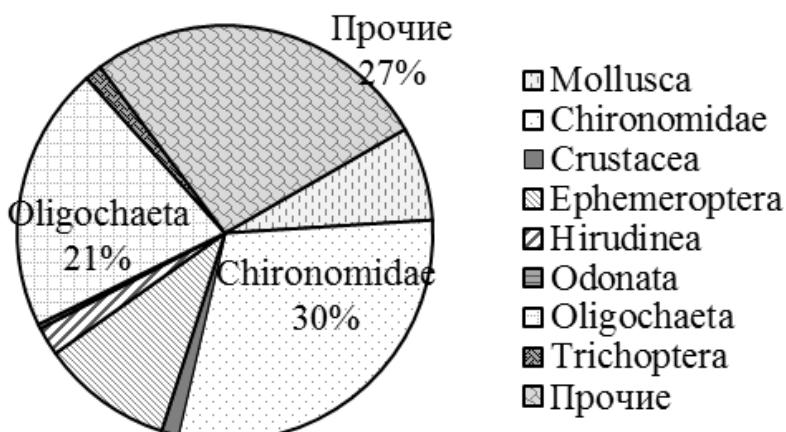


Рисунок 45 – Соотношение численности основных групп зообентоса в малых озерах Калининградской области (за 2006-2014 гг.)

С помощью методов кластерного анализа исследованные малые озера были разделены на 4 группы (рис. 46). Деление на группы основано на соотношении численности рассматриваемых групп зообентоса. Основу численности зообентоса первой группы озер формируют личинки хирономид, моллюски, поденки, в меньшем количестве – олигохеты и прочие. Зообентос озер второй группы сформирован преимущественно олигохетами (38%) и хирономидами (25%). В озерах третьей группы значительно преобладают личинки комаров-звонцов, формируя около 65% численности зообентоса. В озерах четвертой группы основу численности донных беспозвоночных составляют представители группы прочие (личинки мокрецов и хаоборусов). Кластерный анализ не показал зависимости между происхождением водоемов и преобладанием по численности той или иной группы зообентоса.

Биомасса зообентоса в некоторых исследованных водоемах достигала 140-190 г/м² (оз. Мариново и карьер Сокольники), что объясняется наличием в этих водоемах крупных видов моллюсков *Anodonta stagnalis*, *Unio pictorum* и *Viviparus viviparus*. В то время как в других водоемах, где не встречались крупные моллюски, общая биомасса зообентоса не превышала 2 г/м². В среднем биомасса зообентоса в озерах составляет около 39 г/м², из них биомасса бентоса за исключением моллюсков – всего 4 г/м². Далее характеристика биомассы зообентоса будет приводиться без учета моллюсков.

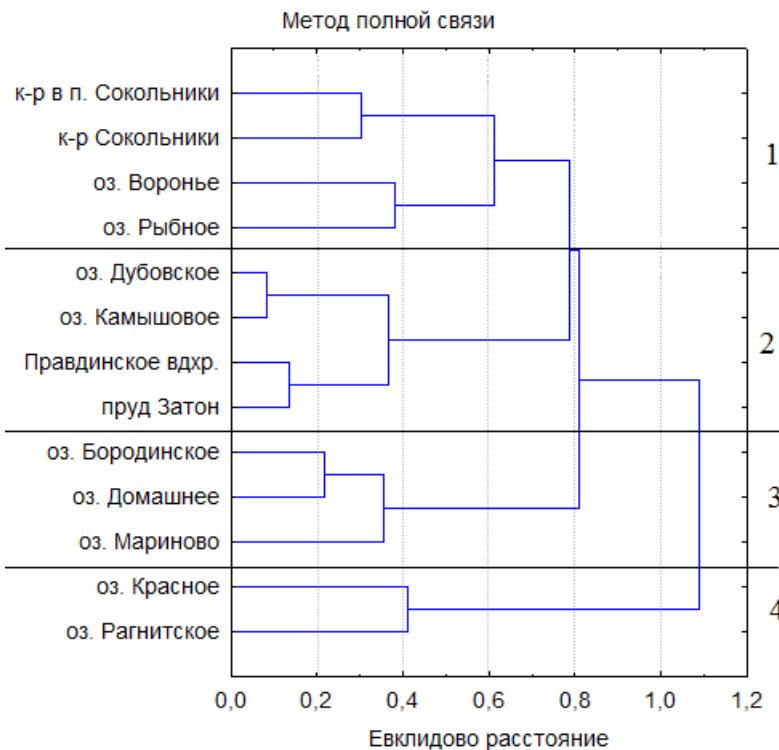


Рисунок 46 – Кластеризация малых озер по соотношению численности отдельных групп зообентоса

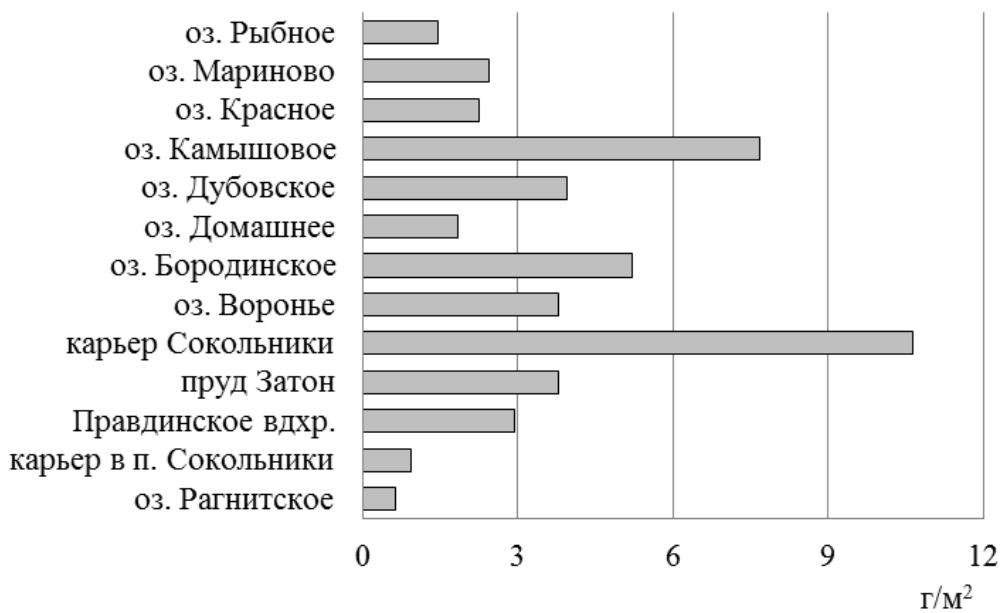


Рисунок 47 – Биомасса зообентоса малых озер Калининградской области (за период исследований 2006-2014 гг)

Происхождение водоема оказывает влияние на значение биомассы зообентоса. Биомасса зообентоса, без учета моллюсков в озерах ледникового происхождения несколько ниже, чем в водоемах, расположенных на руслах рек (рис. 47). В озерах ледникового происхождения биомасса изменяется в

пределах 1,5 до 4 г/м². Исключением является озеро Камышовое. Резкий рост биомассы донных беспозвоночных в этом озере начал отмечаться после создания на нем утиной фермы в середине 70-х годов прошлого века (Щербина, 2010). Через два года после закрытия утиной фермы в 1977 году биомасса зообентоса достигла максимальных значений и превышала 60 г/м². В последующие годы биомасса стала постепенно снижаться и к настоящему времени составляет около 7,5 г/м².

В водоемах, расположенных на руслах рек средняя биомасса зообентоса превышает 3 г/м², а ее максимум отмечается в карьере Сокольники (более 10 г/м²).

Очень низкие значения биомассы наблюдаются в карьере в п. Сокольники и озере Рагнитское.

В целом в исследованных малых озерах моллюски формируют около 89% биомассы зообентоса (рис. 48). Кроме моллюсков достаточно высокая биомасса наблюдается у личинок хирономид, группы прочие и олигохет. В отдельных водоемах возрастает биомасса и других групп зообентоса. В озере Бородинское по этому показателю преобладают личинки стрекоз и ручейников, в озере Рыбное значительную долю биомассы формируют личинки по-денок, в озере Домашнее – пиявки и ручейники. В целом биомасса отдельных групп зообентоса, также как и их численность, не зависят от происхождения водоема.

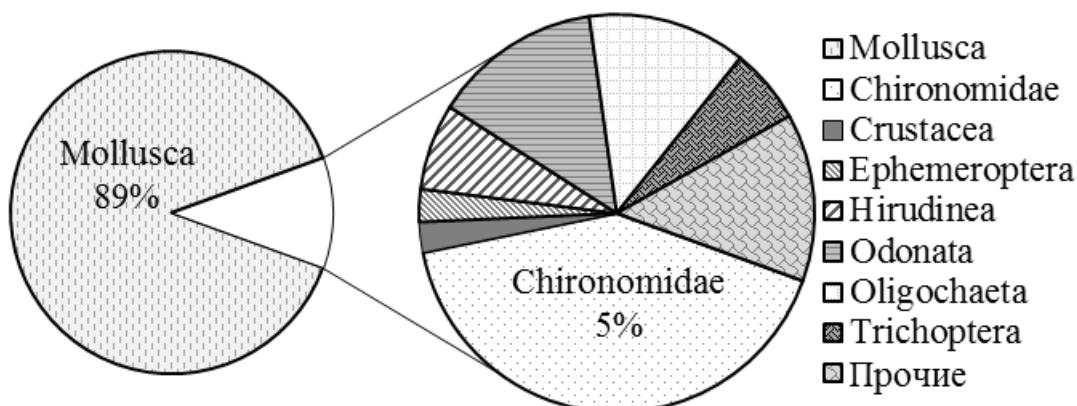


Рисунок 48 – Соотношение биомассы основных групп зообентоса в малых озерах Калининградской области (за 2006-2014 гг.)

Распределение зообентоса в малых водоемах весьма не однородно и зависит от глубины. Одним из ярких примеров может служить изменение видового разнообразия, численности и биомассы зообентоса с увеличением глубины в Правдинском водохранилище. При движении от мелководной прибрежной зоны водоема к более глубоководной центральной происходит постепенная смена биотопов. В прибрежной зоне выделяются участки с песком, галькой, растительными остатками, илом, частично или полностью покрытые водной растительностью. Биотопы центральной части водохранилища и исследованных озер в целом однообразны и представлены преимущественно илами. В распределении гидрохимических параметров также прослеживается зависимость от глубины. Так, например, с увеличением глубины снижается концентрация кислорода.

В центральной части водохранилища зообентос не отличается высоким разнообразием. Донная фауна этой части водохранилища представлена лимнофильными видами, малотребовательными к недостатку кислорода: олигохетами, личинками хирономид, мокрецов и некоторыми моллюсками. Среди олигохет часто и в большом количестве встречаются тубифициды *Limnodrilus hoffmeisteri* и *Limnodrilus claparedeanus* (Ratzel). В отдельные периоды численность олигохет доходит до 2200 экз/м², а биомасса – до 10 г/м². В целом олигохеты формируют более 60% численности и биомассы зообентоса центральной части водохранилища. Среди хирономид преобладают представители рода *Chironomus*. Моллюски представлены преимущественно видом *Pisidium amnicum*. Средняя численность зообентоса в центральной части водохранилища составляет около 1100 экз/м², биомасса – 6 г/м².

Разнообразные биотопы в прибрежной части водохранилища способствуют развитию здесь большого числа видов зообентоса, среди которых отмечаются фитофильные, псамофильные, а в верхней части водохранилища еще и реофильные виды. Практически все виды зообентоса, отмеченные в водохранилище, были найдены в прибрежной зоне.

По численности в прибрежной части водохранилища преобладают личинки комаров-звонцов (более 60%). Массовое развитие наблюдается у широко распространенных в водоемах области видов: *Microtendipes pedellus*, *Glyptotendipes glaucus* (Meig.), *Glyptotendipes gripekoveni*, *Polypedilum convictum* и *Polypedilum nubeculosum*. Доля олигохет в прибрежной части значительно ниже, чем в центральной (12%). Хотя в отдельные периоды количество олигохет существенно увеличивается. Местами отмечаются скопления моллюсков *Dreissena polymorpha*, с общей численностью около 6000 экз/м². Хотя в целом моллюски формируют не более 10% от общей численности зообентоса. Ракообразные, пиявки, личинки поденок, ручейников и стрекоз – не многочисленны. Средняя численность зообентоса прибрежной части немного ниже, чем центральной, и составляет около 900 экз/м². В то время как биомасса, в основном за счет моллюсков достаточно высока – 34 г/м² (из них биомасса бентоса за исключением моллюсков всего 4 г/м²).

Фауна донных беспозвоночных малых озер не отличается большим разнообразием видов. Численность и биомасса зообентоса колеблются в широких пределах. Происхождение водоема оказывает влияние на видовое разнообразие, общую численность и биомассу зообентоса. Эти показатели несколько выше в водоемах, имеющих связь с руслами рек.

Показатель численности между водоемами ледникового происхождения отличается в 5-10 раз, а разница в биомассе может доходить до 30 раз. В то время как биомасса бентоса за исключением моллюсков изменяется всего в 2-3 раза. Исключением является озеро Камышовое, в котором на формирование зообентоса существенное влияние оказала существовавшая ранее утиная ферма.

Численность и биомасса зообентоса в карьере, расположеннном в п. Сокольники, и озере Рагнитское очень низкие, в 4 раза ниже среднего.

В целом основу численности формируют личинки комаров-звонцов, олигохеты и организмы из группы прочие. По биомассе доминируют моллюски, несколько выше биомасса хирономид, олигохет и прочих по сравнению

с другими группами. Преобладание по численности и биомассе той или иной группы зообентоса не зависит от происхождения водоема.

В исследованных озерах проявляется общая закономерность снижения видового разнообразия зообентоса с увеличением глубины. В то же время общая численность не претерпевает существенных изменений с ростом глубины. Биомасса имеет более высокое значение в прибрежной части в основном за счет присутствия там моллюсков.

ГЛАВА 5. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОБЛАСТИ

Экологическое состояние водных объектов зависит от ряда как природных, так и антропогенных факторов.

Среди природных факторов в пределах области можно выделить малый уклон бассейнов и слабую проточность рек. Способность к самоочищению этой группы водотоков значительно ниже, чем быстротечных. Кроме того многие реки находятся в подпоре от принимающих вод заливов, что способствует удержанию и накоплению биогенных веществ. Большинство водных объектов области связано между собой сложной сетью мелиоративных каналов, что приводит к перераспределению загрязняющих веществ между ними. В питании многих рек (особенно Полесской и Неманской низменностей) большую роль играют богатые органическим веществами болотные воды. Для таких рек характерно низкое содержание кислорода в воде, что приводит к замедлению процессов трансформации органического вещества. В этих водотоках важную роль в очищении играют бентосные организмы, способные выдерживать дефицит кислорода и повышенное содержание органических веществ.

Значительное влияние на формирование фауны зообентоса оказывает антропогенная деятельность. В своей хозяйственной деятельности человек активно использует реки и озера для различных целей. В последние годы водозабор из поверхностных водоисточников области превышает 52 млн. куб. в год (Доклад..., 2014; Доклад ..., 2015). Сброс в поверхностные водные объекты составляет около 116 млн. куб. в год, и только 8% из них нормативно-чистые, а 20% сбрасываются без очистки (Доклад ..., 2015). Результатом интенсивного использования рек и озер человеком становится изменение водных экосистем, снижение общего видового разнообразия, смена доминирующих групп и видов, увеличение численности полисапробных видов и др.

Природные особенности местности могут в свою очередь либо усиливать, либо ослаблять антропогенное воздействие. Донные сообщества в силу своих особенностей отражают интегрированное влияние различных факторов на водные объекты. Видовой состав и количественные показатели развития сообществ зообентоса существенно отличаются в зависимости от условий обитания, включая гидрологические, геоморфологические, антропогенные и иные особенности геосистем Калининградской области.

Полученная в ходе проводимых исследований информация о составе, структуре, количественных характеристиках и распределении зообентоса легла в основу оценки экологического состояния рек и озер области. Данные были обобщены и с помощью современных ГИС технологий нанесены на карту, что позволило дать наглядное представление о современной экологической обстановке на водных объектах с учетом структурно-функциональных и индикаторных показателей донных сообществ.

5.1. Оценка экологического состояния водных объектов области, основанная на хирономидном индексе Балушкиной

Личинки комаров-звонцов встречаются практически во всех исследованных реках и озерах и формируют около 33% от всей численности зообентоса, и зачастую являются доминирующей группой. По степени доминирования хирономид исследованные водоемы и водотоки можно разделить на 5 групп (табл. 11). К первой группе относятся водные объекты, в которых численность хирономид была максимальной (более 75%). Во вторую группу входят реки и озера, в которых относительная численность личинок комаров-звонцов составляет 50-75%. В водных объектах третьей группы хирономиды формируют всего 25-50%. Наименьшая численность хирономид наблюдается в водных объектах четвертой (10-25%) и пятой групп (менее 10%). Первая и пятая группы самые маленькие и включают всего 2 озера и 11 водотоков. И все они относятся к категории самых малых. В наиболее крупных и хорошо

изученных водных объектах области (оз. Виштынецкое, реках Неман, Анграпа, Преголя и Шешупе) доля хирономид составляет около 23-32%.

Таким образом, оценка экологического состояния по хирономидному индексу Балушкиной для водных объектов пятой группы, где наименьшая численность хирономид, будет менее достоверной по сравнению с индексами, основанными на других группах зообентоса. Для большинства исследованных водных объектов хирономиды являются хорошими показателями качества воды.

Таблица 11 – Классификация водных объектов Калининградской области по степени доминирования хирономид (по численности)

Доля хирономид в численности зообентоса, %				
I (>75)	II (50-75)	III (25-50)	IV (10-25)	V (<10)
оз. Бородинское	канал ИН-18-8	Западный канал	карьер Сокольники	Восточный канал
р. Хлебная	канал Матросовка	карьер в п. Сокольники	оз. Воронье	канал ИН-18
р. Черная	канал ОС-1	оз. Виштынецкое	оз. Дубовское	карьер Орловский
	оз. Домашнее	оз. Рагнитское	оз. Камышовое	р. Заячья
	оз. Мариново	Правдинское вдхр.	оз. Красное	р. Запрудная
	р. Алейка	пруд Затон	оз. Рыбное	р. Калиновка
	р. Крайняя	р. Анграпа	р. Бонувка	р. Резвая
	р. Мамоновка	р. Бол. Морянка	р. Дейма	р. Спокойная
	р. Прохладная	р. Граевка	р. Забава	р. Струга Барышка
	р. Русская	р. Гурьевка (сев)	р. Инstrupч	р. Улитка
	р. Скирвите	р. Зеленая	р. Корневка	
		р. Зеленоградка	р. Красная	
		р. Лобовка	р. Куровка	
		р. Мучная	р. Немонин	
		р. Нельма	р. Писса	
		р. Неман	р. Путиловка	
		р. Преголя	р. Шешупе	
		р. Приморская		
		р. Светлогорка		
		р. Стоговка		
		р. Тыльжа		
		р. Чистая		
		р. Широкая		

Хирономидный индекс основан на соотношении численности отдельных подсемейств хирономид. Поэтому стоит рассмотреть подробнее изменение

ние численности хирономид в исследованных водных объектах по выделяемым подсемействам.

В исследованных водных объектах наиболее распространены виды из подсемейства Chironominae. Численность некоторых видов (*Microtendipes pedellus*, *Chironomus plumosus*, *Cladotanytarsus mancus* и др.) может достигать очень больших значений, что уже упоминалось в главе 3. В реках с различной степенью проточности особи этого подсемейства формируют около 60% от общей численности хирономид (рис. 49). Причем в быстротечных реках шире представлены реофильные виды трибы Tanitarsini. В реке Неман и озерах, в том числе и Виштынецком, численность представителей из подсемейства Chironominae достигает 80%.

Виды из подсемейства Orthocladiinae встречаются значительно реже и в меньших количествах. Хотя на отдельных участках некоторых озер и рек (например, в озерах Виштынецкое и Воронье, реках Анграпа, Зеленая, Инструч, Крайняя, Неман, Шешупе и др.) они могут формировать до 30% от общей численности зообентоса. Среди представителей этого подсемейства в большем количестве встречаются следующие виды: *Epoicocladius flavens*, *Cricotopus algarum*, *Cricotopus silvestris*, *Orthocladiinae acuticauda*, *Psectrocladius psilopterus*. В целом проявляется общая закономерность снижения численности представителей Orthocladiinae по мере уменьшения скорости течения рек (рис. 49). Так в быстротечных реках 3 группы Orthocladiinae составляют около 20% от общей численности хирономид, в реках с замедленным течением их доля снижается до 10%. В озерах ортокладиины представлены в основном зарослевыми формами и развиваются преимущественно в прибрежной зоне. По численности они значительно уступают подсемействам Chironominae и Tanypodinae.

Виды из подсемейства Tanypodinae встречаются чаще, чем Orthocladiinae, и местами формируют массовые скопления. Так, например, значительной численности достигают виды *Procladius choreus*, *Procladius ferrugineus* и *Psectrotanypus varius*. Массовое развитие этих видов наблюдает-

ся в первую очередь в реках с замедленным течением: Лобовке, Мамоновке, Товарной, Тыльже, Западном канале и др. В целом в водотоках первой группы таниподины формируют около 30% численности хирономид (рис. 49). При увеличении скорости течения их численность значительно снижается, и в быстротечных реках на них долю приходится всего 10%.

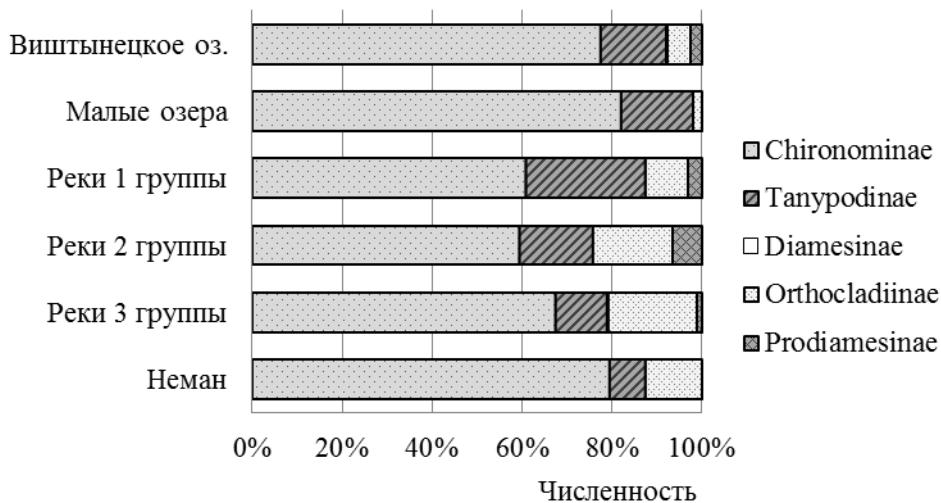


Рисунок 49 – Соотношение численности подсемейств хирономид в различных водных объектах Калининградской области (за 2006-20144 гг)

В результате проведенных исследований и анализа полученного материала установлено, что в большинстве водных объектов доминируют особи из подсемейства Chironominae, а остальные подсемейства зачастую являются добавочными, что напрямую отражается на величине хирономидного показателя (рис. 50). Значения рассматриваемого индекса большинства водных объектов лежат в диапазоне от 1,09 до 6,50, а состояние рек и озер оценивается как умеренно-загрязненное (36 рек и озер). Значения хирономидного индекса рек Мучная, Красная, Путиловка, Бонувка очень близки к переходному значению между классами чистых и умеренно-загрязненных вод. В то время как значения индекса для рек Прохладная, Корневка, Запрудная, Хлебная, Черная, Струга Барышка и озер Камышовое и Бородинское близки к верхней границе класса и находятся на границе между классами умеренно-загрязненных и загрязненных вод.

К классу загрязненных относятся около 31% из всех исследованных рек и озер (20 водных объектов), в которых значения хирономидного индекса находятся в пределах 6,51-9,00. В основном это озера и реки с замедленным течением. В некоторых водных объектах, например: Восточный канал, реки Зеленоградка и Товарная, озеро Дубовское, значения хирономидного индекса превышают значения 8-8,50, что приближает их к категории грязные.

В отдельных реках и озерах значительную долю в численности формируют представители подсемейства Tanypodinae, в результате в этих водоемах индекс Балушкиной превышает 9. В частности к ним относятся река Спокойная, озеро Рыбное и каналы ИН-18, АУК-1, ОС-1. Качество воды этих водных объектов оценивается как грязное.

Только в трех реках преобладают представители из подсемейств Orthocladiinae: Чистая, Широкая и Резвая. Для этих рек характеры самые низкие значения хирономидного индекса (менее 1,08), а качество воды можно охарактеризовать как чистое (рис. 50).

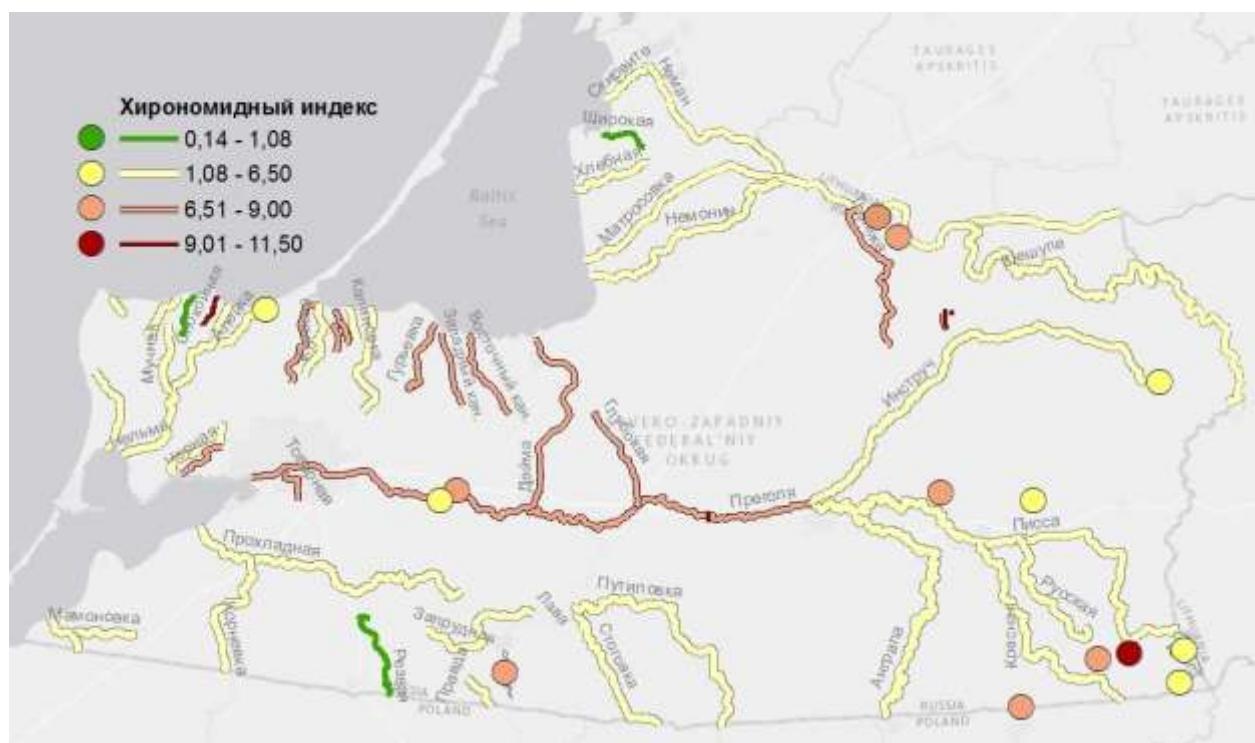


Рисунок 50 – Пространственное изменение хирономидного индекса Е.В. Балушкиной в водных объектах Калининградской области

В ходе проводимых исследований было отмечено, что при сильном загрязнении происходит массовое развитие не только представителей из подсемейства Tanypodinae, но и вида из подсемейства Chironominae – *Chironomus plumosus*. Многими авторами отмечается, что в реках, испытывающих достаточно сильное антропогенное воздействие, резко увеличивается численность комаров-звонцов вида *Chironomus plumosus* и этот вид становится доминантом (Мотыль ..., 1983; Тодераш, 1984; Зинченко, 2011). Личинки *Chironomus plumosus* выбирают илистые биотопы с пониженным содержанием кислорода (до 2-3 мг/л) и постоянным обогащением аллохтонными веществами. Личинки также более устойчивы к токсическому загрязнению по сравнению с другими видами. При таких условиях у вида *Chironomus plumosus* практически отсутствуют пищевые конкуренты, что и позволяет им развиваться в больших количествах.

Одним из ярких примеров массового развития этого вида является р. Лобовка. Фауна хирономид р. Лобовки в течение всего года представлена всего одним или двумя видами хирономид: *Chironomus plumosus* и *Psectrotanypus varius* (п/сем. Tanypodinae). Оба вида относятся к детритофагам, толерантны к низким концентрациям кислорода, а их массовое развитие неоднократно наблюдалось в загрязненных и грязных водных объектах (Зинченко Т.Д., 2011). В летний период численность хирономид в реке достигала максимальных значений 3900 экз/м² и около 65% приходилось на долю *Chironomus plumosus*. В аналогичных по гидрологическим и геоморфологическим характеристикам реках (Нагорнова, 2010), таких как Зеленоградка, Большая Морянка, Гурьевка, Куровка, Калиновка, фауна хирономид разнообразнее. В целом зообентос р. Лобовки представлен олигохетно-хирономидным комплексом с преобладанием α- и полисапробных видов олигохет *Potamothrix hammoniensis* (Mich.) и *Limnodrilus udekemianus* (Clap.). В реке при оборе проб наблюдался сильный канализационный запах, и по гидрохимическим показателям река находится в состоянии сильного загрязнения (Нагорнова, 2012).

Помимо р. Лобовки можно выделить еще несколько рек и озер, в которых вид *Ch. plumosus* являлся доминантом: реки Хлебная и Черная, озеро Красное. В некоторых водотоках численность *Ch. plumosus* резко возрас- тала в период летней и зимней межени: Западный канал, Зеленоградка, Про- хладная, Нельма, Приморская (устье, ниже выпуска сточных вод), Тыльжа (п. Рудаково), Гаревка, Мамоновка. В это время течение в вышеупомянутых реках еще более замедляется (менее 0,05 м/с), и таким образом снижается способность рек к самоочищению, в то время как поступление сточных вод сохраняется. Нарушение сезонного хода биогенных элементов и кислородно- го режима в этих реках также свидетельствуют о загрязнении (Нагорнова, 2012).

Массовое развитие *Ch. plumosus* в сильно загрязненных реках и озерах отмечалось и другими авторами (Мотыль ... 1983; Зинченко, 2011). Зачастую интенсивному развитию личинок комаров-звонцов *Ch. plumosus* сопутствуют полисапробные виды олигохет. Хирономидный индекс Балушкиной в его классическом варианте не учитывает массовое развитие особей вида *Ch. plumosus* как показатель загрязнения. В результате в водных объектах, где значительная численность этого вида, хирономидный индекс не согласуется с другими гидробиологическим и гидрохимическими показателями. Так, например, в реках Лобовка, Хлебная и Черная значения индекса Балушкиной составляют 7,36, 6,5 и 6,51, что характеризует реки как загрязненные. В то время как по другим индексам качество воды в этих реках оценивается как грязное. Индекс сапробности более 3,5; индекс Шеннона не более 1,5; олиго- хетный индекс Гуднайта-Уитлея доходит до 90; биотический индекс Вуди- висса около 2-3. На неблагоприятное качество воды указывают и гидрохими- ческие показатели (Нагорнова, 2012; Нагорнова, и др., 2011; Берникова, и др., 2013). Так в течение всего года в реках наблюдался дефицит кислорода. В реках Черной и Лобовке концентрация аммонийного азота и фосфатов в не- сколько раз превышала ПДК.

В Калининградской области также как и во многих других регионах России прослеживается тенденция резкого увеличения численности полисарабного вида *Ch. plumosus* при усилении загрязнения (Зинченко, 2011). Исходя из выше изложенного следует, что хирономидный индекс Балушкиной не достаточно чувствителен к массовому развитию этого вида. При массовом развитии вида *Ch. plumosus* значения хирономидного индекса вступают в противоречия с результатами оценки качества воды по другим индексам. Поэтому на наш взгляд могут быть внесены некоторые изменения при расчете хирономидного индекса, и тогда форма расчета индекса будет иметь следующий вид (7).

Проведенные расчеты показали, что при невысокой численности вида *Ch. plumosus* не происходит сильного отклонения модифицированного хирономидного индекса от классического варианта. Значительно изменяется величина индекса в водотоках и водоемах, где *Ch. plumosus* – доминирующий вид. Так, например, в реках Черная, Лобовка, Хлебная, озеро Красное величина индекса изменилась на 3-4 единицы. Вместе с тем для большинства водных объектов значения модифицированного индекса находились в том же диапазоне класса качества, что и для классического варианта. Изменения в величине индекса в первую очередь затронули малопроточные водоемы первой рыбохозяйственной категории.

$$K_{Ch.\text{Мод}} = \frac{a_{(T+Ch.pl)} + 0.5a_{Ch}}{a_o}, (7)$$

где $a_{(T+Ch.pl)}$ – смещенная относительная численность представителей подсемейства Tanypodinae и вида *Ch. plumosus*.

a_{Ch} – смещенная относительная численность представителей подсемейства Chironominae, за исключением вида *Ch. plumosus*.

a_o – смещенная относительная численность представителей подсемейства Orthocladiinae.

Проведенный корреляционный анализ показал более тесную взаимосвязь модифицированного индекса с другими гидробиологическими и гидро-

химическими показателями, по сравнению с классическим вариантом (табл. 12). Практически в два раза возросла прямая взаимосвязь с показателем сапробности и олигохетным индексом. Так как вид *Chironomus plumosus* являются полисапробом, а в местах интенсивного развития этого вида наблюдается большое количество олигохет. Кроме того в значительной степени усилилась обратная взаимосвязь с биотическим индексом Вудивисса. При не высокой же численности вида *Ch. plumosus* расчеты показывают не значительное отклонение модифицированного хирономидного индекса от его классического варианта. Коэффициент корреляции между классическим и модифицированным хирономидными индексами составил 0,94.

Таблица 12 – Значения коэффициентов корреляции между гидробиологическими индексами водных объектов Калининградской области

Показатель	O	BI	S	K _{Ch}	K _{Ch.Mod}	IP	IP_Mod	H
K _{Ch}	0,13	-0,21	0,19	1,00	0,94	0,66	0,63	-0,12
K _{Ch.Mod}	0,22	-0,28	0,35	0,94	1,00	0,73	0,75	-0,13

Примечание: O – олигохетный индекс Гуднайта-Уитлея, BI – биотический индекс Вудивисса, S – сапробность, K_{Ch} – хирономидный индекс, K_{Ch.Mod} – модифицированный хирономидный индекс, H – индекс Шеннона, IP – интегральный показатель Е.В. Балушкиной, IP_Mod – интегральный показатель Е.В. Балушкиной, рассчитанный с учетом K_{Ch.Mod}.

Более сильная связь наблюдается между модифицированным индексом и гидрохимическими, гидрологическими показателями, такими как азот аммонийный, фосфор фосфатов, насыщение воды кислородом, окисляемость, скорость течения (табл. 13).

Таблица 13 – Значения коэффициентов корреляции между гидробиологическими и гидрохимическими показателями водных объектов Калининградской области

Показатель	N-NH4	N-NO2	N-NO3	P-PO4	O ₂ , %	Окисляемость	Vтеч.
K _{Ch}	0,17	-0,12	-0,12	-0,05	-0,09	-0,09	-0,36
K _{Ch.Mod}	0,33	-0,11	-0,11	0,16	-0,28	0,11	-0,44

Значения модифицированного хирономидного индекса отличны от значений классического варианта для 25 водных объектов. Причем для большинства водных объектов значения модифицированного индекса находятся в том же диапазоне класса качества, что и для классического варианта

(рис. 51). Изменения в величине индекса не затронули реки и озера, качество воды в которых оценивается как чистое и умеренно-загрязненное при величине индекса менее 4.

Для 4 водных объектов (озера Бородинское и Камышовое, реки Нельма и Прохладная) класс качества воды меняется с умеренно-загрязненного до загрязненного. Во всех этих водоемах классический хирономидный индекс превышает 6,20, что является близким к переходному значению к следующему классу качества воды.

Для 5 водных объектов класс качества воды изменился с загрязненного до грязного. К ним относятся реки Лобовка, Черная и Зеленоградка, озера Красное и Дубовское. Отличительной чертой этих водоемов является высокая численность *Ch. plumosus*.

Только для реки Хлебная класс качества изменился с умеренно-загрязненного до грязного. В этой реке, как уже говорилось, численность *Ch. plumosus* очень высока (более 90%).

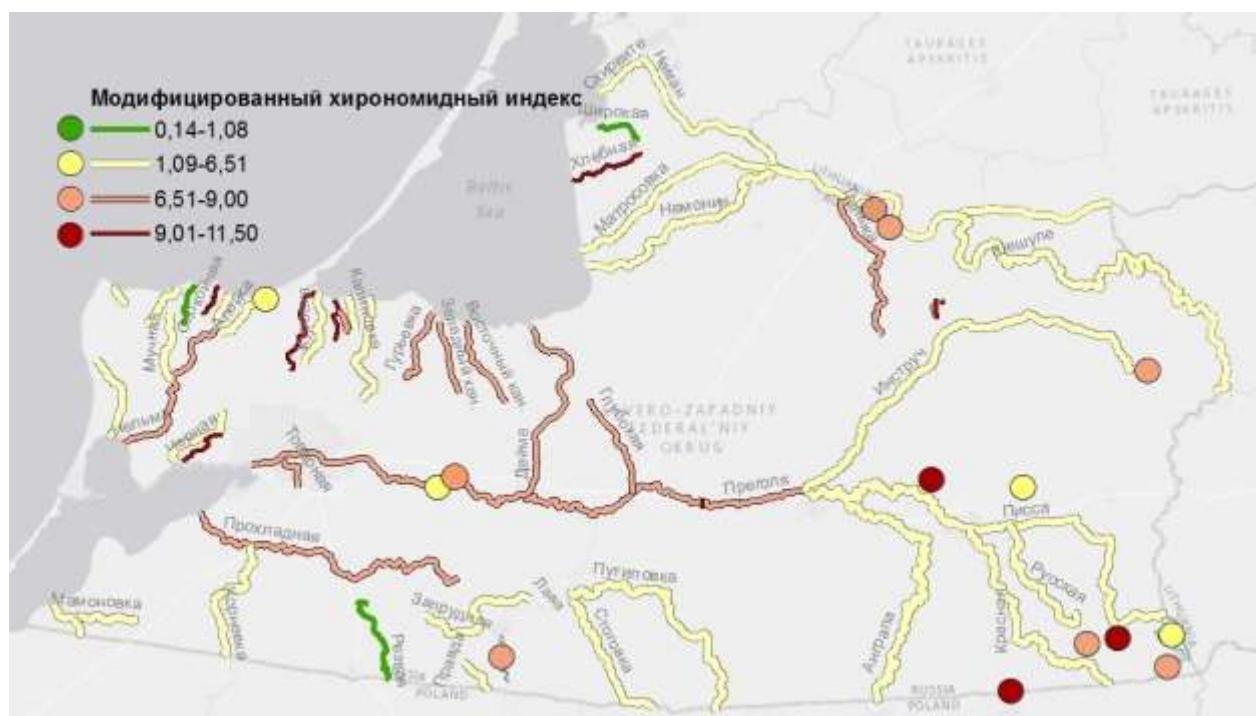


Рисунок 51 – Пространственное изменение модифицированного хирономидного Е.В. Балушкиной в водных объектах Калининградской области

Таким образом, на основании полученных значений модифицированного хирономидного индекса качество воды 3 водных объектов оценивается как чистое, 30 – умеренно загрязненное, 19 – загрязненное и 10 грязное. В целом модифицированный индекс характеризует водоемы и водотоки области как более загрязненные по сравнению с классическим вариантом индекса. Для модифицированного индекса характерна более тесная взаимосвязь с гидрохимическим, гидрологическими и гидробиологическими показателями. В дальнейших исследованиях стоит отдавать предпочтение модифицированному варианту. Невысокая численность *Ch. plumosus* в том или ином водоеме или отдельном его участке не отразится на оценке качества воды. В то время как массовое развитие этого вида является общепринятым показателем загрязнения, что и отражает данная модификация индекса.

5.2. Оценка экологического состояния водных объектов области, основанная на индексе сапробности

В настоящее время эта система и различные ее модификации нашли широкое применение во многих странах, в том числе и России (Pauw, 1983). Индекс сапробности является одним из важнейших показателей, по которому проводится оценка экологического состояния различных водных объектов и в Калининградской области (Шибаева, 1995, 1997; Масюткина, 2014; Лятун, и др., 2013; Ежова, и др., 2014)

В исследованных водных объектах Калининградской области индивидуальная сапробная валентность установлена для 62% видов зообентоса. Основная часть видов относится к β -мезосапробам, на долю которых приходится около 75% из видов с установленной сапробной валентностью. Значительно меньше олигосапробов (13%) и α -мезосапробов (10%). Немногие виды способны выдерживать значительное загрязнение воды и только 2% относятся к полисапробам (рис. 52).

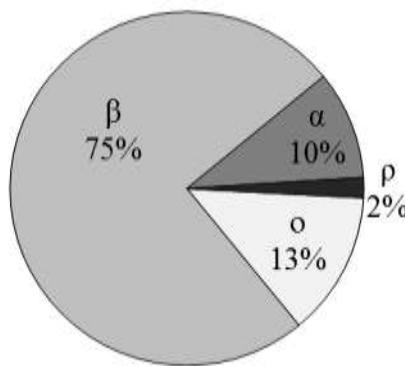


Рисунок 52 – Соотношение количества видов с различной сапробной валентностью в водных объектах Калининградской области

К олигосапробам относятся преимущественно личинки ручейников, некоторые виды хирономид, моллюсков и прочие (личинки веснянок и жуков). Альфа-мезосапробы широко представлены среди олигохет, пиявок и личинок хирономид. Большинство полисапробных видов относится к олигогетам и один вид к личинкам-комаров звонцов. Среди личинок ручейников, стрекоз и поденок не найдено α -мезосапробов и полисапробов, эти группы предпочитают более чистую воду. Пиявки предпочитают воду среднего качества и представлены только β -мезосапробами и α -мезосапробами (рис. 53).

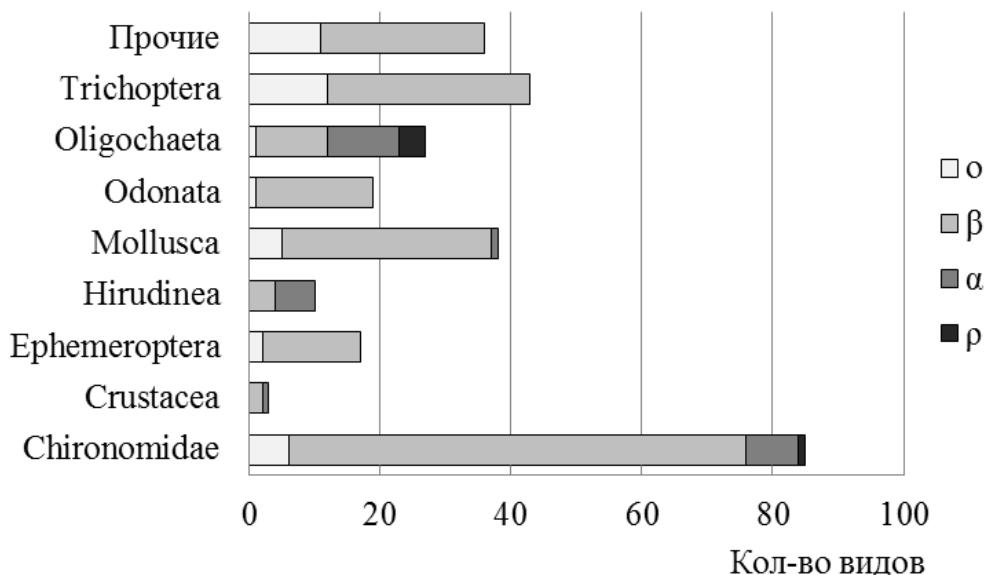


Рисунок 53 – Количество видов с известной сапробной валентностью в отдельных группах зообентоса

Во всех группах водных объектов β -мезосапробы составляют около 75% всех видов (рис. 54). В исследованных реках проявляется общая законо-

мерность снижения разнообразия олигосапробных видов по мере снижения скорости течения. В тоже время с уменьшением скорости течения возрастает разнообразие α -мезосапробов и полисапробов. Наибольшее число олигосапробов найдено в Виштынецком озере и быстротечных реках (13%). В этих же водоемах меньше всего α -мезосапробов и полисапробов. В малых озерах и реках с замедленным течением олигосапробов немного - всего 7-9% видов. В этих водоемах шире представлены α -мезосапробы, а также найдены все виды полисапробов.

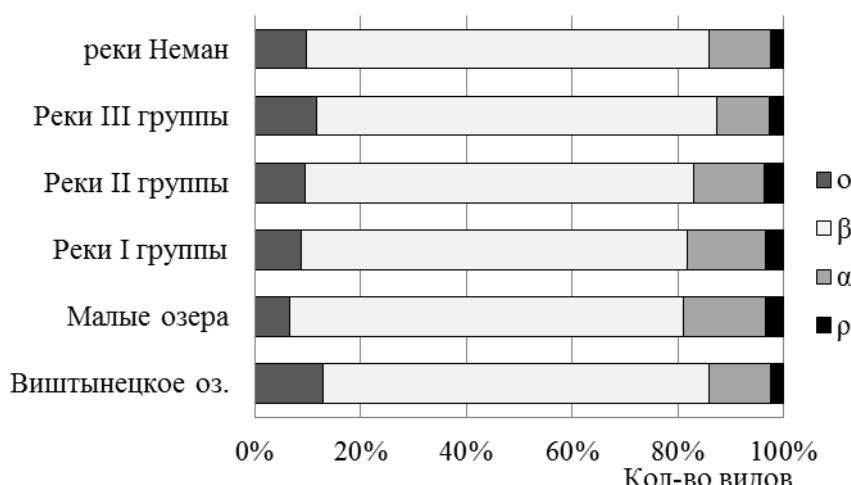


Рисунок 54 – Соотношение числа видов с различной сапробной валентностью в водных объектах Калининградской области

Численность олигосапробных видов также находится в прямой зависимости от скорости течения, а численность α -мезосапробных и полисапробных – в обратной. При увеличении скорости течения численность олигосапробов увеличивается с 3% до 20%. В то же время численность полисапробов снижается с 30% до 1%. Такие же изменения претерпевает численность α -мезосапробов (рис. 55).

В озере Виштынецком и реках третьей группы численность олигосапробов достигает максимальных значений среди исследованных водных объектов – около 20% (рис. 55). В озере по сравнению с быстротечными реками больше α -мезосапробов и полисапробов.

Основу численности зообентоса р. Неман составляют β -мезосапробы (90%). Поли- и α -мезосапробные виды не многочисленны.

В медленно текущих реках первой группы найдено наименьшее число олигосапробов – 3%, зато численность полисапробов достигает 30%, и немного больше доля α-мезосапробов – 36%.

В малых озерах и реках второй группы 60% от численности принадлежит β-мезосапробам (рис. 55). Значительную долю в численности формируют и полисапробы. В реках второй группы немного выше численность олигосапробов и меньше β-мезосапробов, чем в малых озерах.

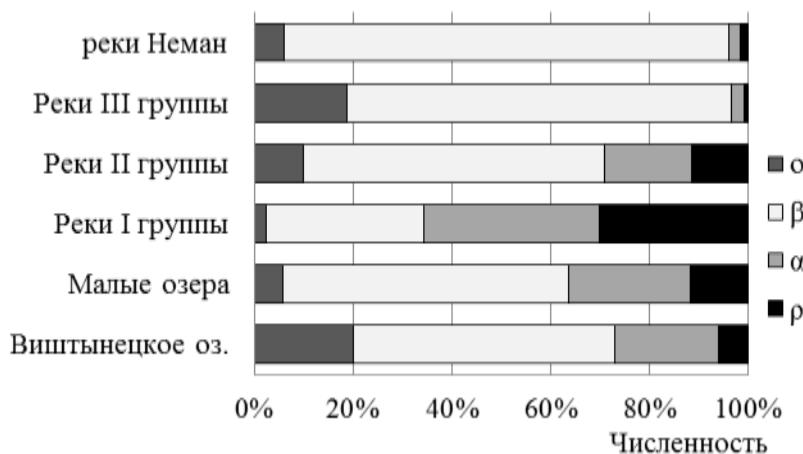


Рисунок 55 – Соотношение численности организмов зообентоса с различной сапробной валентностью в водных объектах Калининградской области

Расчеты индекса сапробности показывают, что среди исследованных водных объектов в Калининградской области не выявлено водоемов, качество воды которых оценивалось бы как чистое (олигосапробное).

Более половины исследованных рек и озер (37 водных объекта) относятся к категории умеренно-загрязненные (β-мезосапробные). Причем только для 6 рек индекс сапробности был менее 2,00. К ним относятся реки Анграпа, Зеленая, Корневка, Мучная, Русская, Спокойная (рис. 56). Вода этих рек характеризуется наименьшим содержанием органических веществ.

Качество воды 38% исследованных водных объектов оценивается как загрязненное. Практически во всех этих реках и озерах значения индекса колеблются в пределах 2,51-3,00, и только для реки Лобовка превышает 3,10, что приближает ее к грязным рекам. Вода такого качества характерна для

многих рек с замедленным течением и некоторых рек со средней степенью проточности.

Самые высокие значения индекса сапробности наблюдаются в реках Черная и Хлебная (более 3,50). Качество воды этих рек можно оценить как грязное. Зообентос этих водотоков представлен полисапробными видами олигохет и хирономид (см. Главу 3).

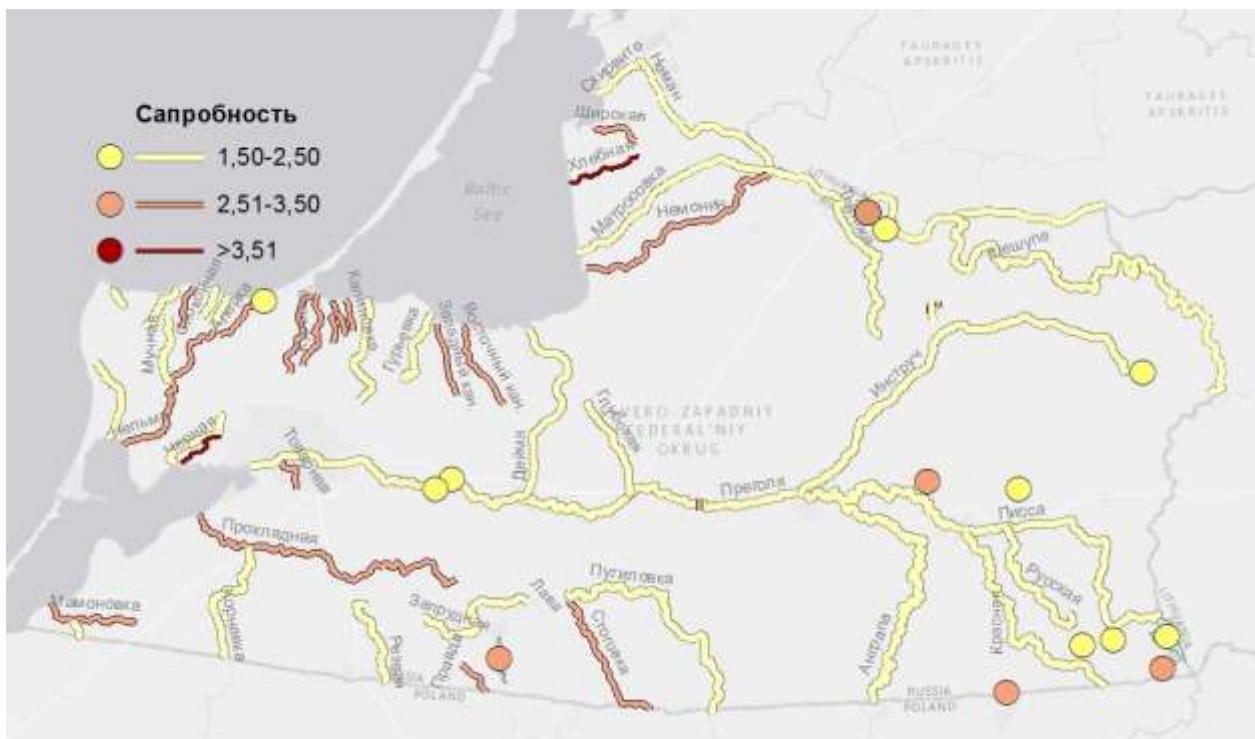


Рисунок 56 – Пространственное изменение индекса сапробности в водных объектах Калининградской области

В большом диапазоне изменяется величина индекса сапробности для озера Виштынецкого (в пределах 1,4-3,4), что отражает смену сообществ в озере. Вода большей части озера соответствует β -мезосапробному качеству (Масюткина, 2014). На карте пространственного распределения значений индекса сапробности (рис. 57) заметно, что наибольшие значения этого показателя отмечены на выходе из Тихой бухты и в глубоководной центральной части озера. Качество воды в придонных слоях этих районов можно охарактеризовать как загрязненное, α -мезосапробное. На юго-западном прибрежном участке и в истоке р. Писсы, индекс сапробности – около 1,5, следовательно, они загрязнены слабее и имеют воду о- β -мезосапробного качества.

При оценке экологического состояния глубоких озер по индикаторным организмам зообентоса следует учитывать, что на дне даже очень чистых естественных водоемов всегда скапливается некоторое количество органического вещества, которое является важным элементом среды мезосапробных организмов. Поэтому типичные β -мезосапробы, являющиеся показателем загрязнения в планктоне, на дне больших озер таковыми большинстве случаев не будут. Для глубоководных участков несомненным показателем загрязнения следует признать α -мезосапробов и полисапробов (Абакумов, 1992).

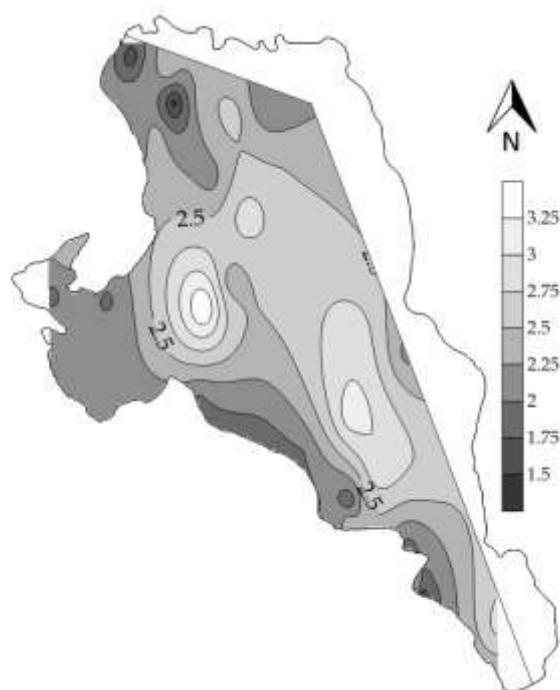


Рисунок 57 – Пространственное изменение индекса сапробности в оз. Виштынецком

Корреляционный анализ показал наибольшую взаимосвязь индекса сапробности с гидрохимическим параметрами и другими гидробиологическим индексами. Хорошая прямая связь наблюдается между индексами сапробности и олигохетным, модифицированным хирономидным индексом Балушкиной и интегральным показателем. Между индексом сапробности и биотическим показателем Вудивисса отмечена взаимообратная связь (табл. 14).

Таблица 14 – Значения коэффициентов корреляции между индексом сапробности и другими гидробиологическими индексами

Показатель	O	BI	S	K _{Ch}	K _{Ch.Mod}	IP	IP Mod	H
S	0,57	-0,36	1,00	0,19	0,35	0,68	0,71	-0,08

Примечание: *O* – олигохетный индекс Гуднайта-Уитлея, *BI* – биотический индекс Вудивисса, *S* – сапробность, *K_{Ch}* – хирономидный индекс, *K_{Ch.Mod}* – модифицированный хирономидный индекс, *H* – индекс Шеннона, *IP* – интегральный показатель Е.В. Балушкиной, *IP Mod* – интегральный показатель Е.В. Балушкиной, рассчитанный с учетом *K_{Ch.Mod}*.

Прямая связь наблюдается между индексом сапробности и концентрацией азота аммонийного, фосфора фосфатов, окисляемостью. И в то же время сильная взаимообратная связь характерна для сапробности и скорости течения, насыщением воды кислородом (табл. 15).

Таблица 15 – Значения коэффициентов корреляции между индексом сапробности и гидрохимическими показателями водных объектов Калининградской области

Показатель	N-NH4	N-NO2	N-NO3	P-PO4	O ₂ , %	Окисляемость	Vтеч.
S	0,45	0,15	0,17	0,40	-0,55	0,46	-0,53

Таким образом, значения индекса сапробности для большинства исследованных рек и озер находятся в пределах 2,00-3,00, что характеризует их как умеренно-загрязненные и загрязненные. Наименьшие значения показателя (<2,00) наблюдаются в реках Анграпа, Зеленая, Корневка, Мучная, Русская, Спокойная. Качество воды этих рек можно оценить как умеренно-загрязненное близкое к чистому. В двух реках (Черная и Хлебная) индекс сапробности превышает 3,50, что свидетельствует о большом содержании органических веществ в воде этих рек, а воду в них можно назвать грязной. Близкой к ним является река Лобовка. В целом между индексом сапробности и гидрохимическим параметрами, а также гидробиологическими индексами наблюдается наибольшая взаимосвязь, по сравнению с другими рассматриваемыми показателями. Для рек проявляется общая закономерность снижения численности олигосапробных видов по мере уменьшения скорости течения рек, в то время как численность α-мезосапробных и полисапробных возрастает.

5.3. Оценка экологического состояния водных объектов области, основанная на индексе Вудивисса

Одним из признаков чистоты воды является наличие в реке или озере личинок веснянок. Представители этой группы зообентоса считаются одними из самых требовательных к качеству воды и содержанию кислорода. Разнообразие веснянок составляет всего 11 видов. В исследованных водных объектах веснянки встречаются редко и в единичных экземплярах. Их присутствие отмечено всего в 14 реках, преимущественно в быстротечных и в верхнем течении рек со средней степенью проточности (Анграпа, Шешупе, Писса, Инструч, Корневка, Мучная, Резвая, Неман).

Достаточно чувствительными к загрязнению являются личинки поденок. Разнообразие поденок значительно выше, чем веснянок (26 видов), и они более обычны для рек и озер. Достаточно часто они встречаются в быстротечных реках. С уменьшением проточности частота встречаемости поденок снижается. В некоторых озерах (Камышовое, Красное) и многих реках с замедленным течением (Зеленоградка, Восточный канал, Лобовка, Товарная, Хлебная, Черная, Широкая) личинки поденок не были найдены вообще.

Некоторые группы, напротив, являются показателем значительного загрязнения. К ним в первую очередь относятся виды не требовательные к содержанию кислорода (тубифициды, некоторые личинки комаров-звонцов, личинки хаоборусов, мокрецов и другие двукрылые). Эти группы в значительной степени развиваются в малопроточных реках, с повышенным содержанием органических веществ (Лобовка, Зеленоградка, Товарная, Широкая) и озерах (Дубовское, Камышовое, Красное, Рагнитское).

Таким образом, индекс Вудивисса принимает максимальные значения в тех водных объектах, в которых наиболее широко распространены личинки веснянок и поденок. Максимальные значения индекса (7-8) наблюдаются в реках Анграпа, Бонувка, Корневка, Мучная, Путиловка, Резвая и Стоговка. Все эти реки характеризуются значительной проточностью и умеренным ан-

тропогенным воздействием. Качество воды этих рек по индексу Вудивисса можно охарактеризовать как чистое (рис. 58).

В большинстве же исследованных рек и озер наблюдаются более низкие значения биотического показателя. Для 45% исследованных водных объектов он составляет 5-6, что характеризует эти водоемы как умеренно-загрязненные (рис. 58). Помимо рек, в эту группу входят некоторые озера, в том числе и озеро Виштынецкое. Так как распределение зообентоса по ложу озера отличается гетерогенностью, то и значения индекса колеблются в широких пределах. В целом в озере отмечено снижение разнообразия и постепенное выпадение отдельных групп из состава зообентоса с увеличением глубины (Масюткина, 2014). В литоральной зоне практически всегда встречаются разнообразные виды личинок поденок и ручейников. Биотический индекс в этой зоне редко опускается ниже 7. В результате качество воды в этой части озера оценивается как чистое. На глубинах более 15 м зообентос представлен в основном отдельными видами ракообразных, личинок хирономид, олигохет и моллюсками сем. Euglesidae. Значения биотического показателя в этой зоне не высоки (около 3). Низкое разнообразие и отсутствие индикаторных групп в профундали не обязательно связаны с плохим качеством воды. Изначально индекс Вудивисса, наряду с применением на лотических водотоках применим для оценки состояния небольших озер, за исключением самых глубоких участков, что также подтверждается настоящими исследованиями.

Кроме озера Виштынецкого по этому индексу к умеренно-загрязненным можно отнести озера Воронье, Домашнее, Рыбное, карьер Сокольники и безымянный карьер в п. Сокольники.

Загрязненными можно назвать 19% исследованных водных объектов, в которых значения биотического показателя составляют 4 (рис. 58). В основном это реки, а также озеро Мариново. Разнообразие зообентоса этих водоемов значительно ниже, личинки поденок и ручейников встречаются

очень редко. Чаще встречаются ракообразные, хирономиды, выдерживающие существенное загрязнение.

Индекс Вудивисса для значительной части озер не превышает 3, а качество воды оценивается как грязное (рис. 58). Невысокие значения индекса наблюдаются и в некоторых реках, с повышенным содержанием органических веществ (Лобовка, Зеленоградка, Товарная, Хлебная, Широкая). В целом зообентос этих рек не отличается большим разнообразием, а зачастую представлен преимущественно олигохетами и некоторыми личинками хирономид.

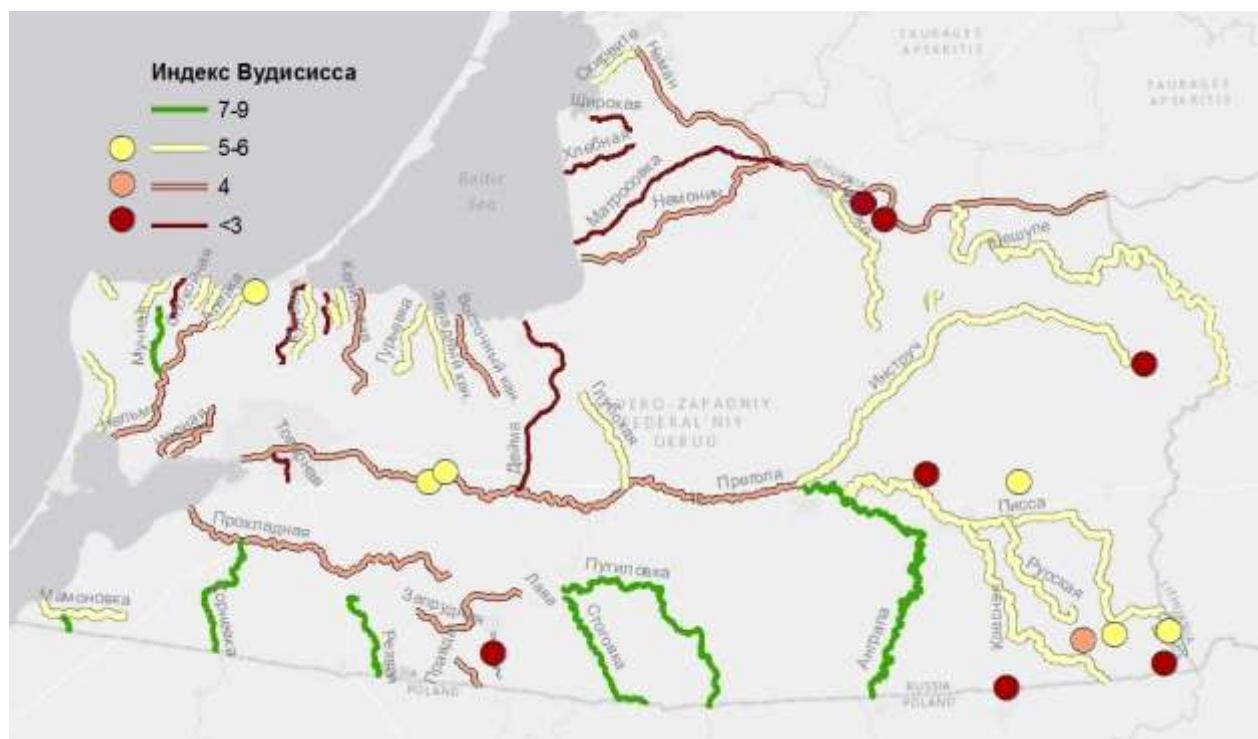


Рисунок 58 – Пространственное изменение индекса Вудивисса в водных объектах Калининградской области

В реке Медвежьей, на исследуемом участке, не найдено ни одной живой особи из организмов зообентоса – этой реке присвоено значение индекса 0, а качество воды оценивается как очень грязное. Донные осадки в месте отбора проб представлены черными илами, береговая растительность развита слабо. Во время отбора проб чувствовался сильный канализационный запах. В целом для реки характерен дефицит кислорода, высокие концентрации биогенных элементов и нарушение их сезонного хода, что свидетельствует о

серьезном загрязнении реки. Река Медвежья имеет большое значение для воспроизводства лососевых видов рыб, в частности в водоток на нерест заходила кумжа. В связи, с чем водотоку присвоена высшая рыбохозяйственная категория (Новожилов, 2006). В настоящее время можно говорить об очень сильном загрязнении отдельных участков реки. Пятнадцать лет назад в р. Медвежьей было обнаружено 32 вида зообентоса, а качество воды оценивалось как загрязненное (Шибаева, 1997). Таким образом, река может утратить свой рыбохозяйственный статус. Состояние реки необходимо контролировать на ее всем протяжении, с целью более точного установления источников загрязнения и степени деградации экосистемы, а также принятия дальнейших мер по восстановлению реки или отдельных ее участков.

Оценить взаимосвязь различных показателей помогает корреляционный анализ. Между биотическим индексом Вудивисса и остальными рассмотренными показателями существует средняя взаимосвязь (табл. 16). В большей степени взаимосвязь выражена с индексом сапробыости и интегральным показателем.

Таблица 16 – Значения коэффициентов корреляции между биотическим показателем Вудивисса и гидробиологическими индексами

Показатель	O	BI	S	K _{Ch}	K _{Ch.Mod}	IP	IP_Mod
BI	-0,26	1,00	-0,36	-0,21	-0,28	-0,61	-0,61

Примечание: O – олигохетный индекс Гуднайта-Уитлея, BI – биотический индекс Вудивисса, S – сапробность, K_{Ch} – хирономидный индекс, K_{Ch.Mod} – модифицированный хирономидный индекс, H – индекс Шеннона, IP – интегральный показатель Е.В. Балушкиной, IP_Mod – интегральный показатель Е.В. Балушкиной, рассчитанный с учетом K_{Ch.Mod}.

Коэффициент корреляции между биотическим показателем и гидрохимическими, гидрологическими параметрами исследованных водных объектов также не достигает высоких значений (табл. 17). Более сильная прямая взаимосвязь наблюдается между индексом Вудивисса и скоростью течения, а также степенью насыщения воды кислородом. Что объясняется уменьшением количества наиболее чувствительных к загрязнению групп (таких как веснянки, поденки и ручейники) по мере снижения степени проточности и содержания кислорода.

Таблица 17 – Значения коэффициентов корреляции между биотическим показателем Вудивисса и гидрохимическими показателями водных объектов Калининградской области

Показатель	N-NH4	N-NO2	N-NO3	P-PO4	O ₂ , %	Окисляемость	Vтеч.
BI	-0,20	0,20	-0,02	-0,04	0,32	-0,13	0,43

На основании значений биотического индекса большинство исследованных водных объектов относится к категории умеренно-загрязненные и загрязненные. Некоторые реки, преимущественно быстротечные и текущие с южной более высокой и менее заселенной части области (Анграпа, Корневка), характеризуются повышенными значениями индекса и соответственно более чистой водой. В отдельных слабопроточных реках, испытывающих повышенную антропогенную нагрузку (Лобовка, Товарная), и многих малых озерах (Красное, Рагнитское) значения индекса не превышают 3, что характеризует их как грязные. В то же время, стоит обращать внимание на то, что индекс Вудивисса не всегда дает адекватную оценку состояния озер, зачастую занижая ее.

5.4. Оценка экологического состояния водных объектов области, основанная на олигохетном индексе

Абсолютные показатели обилия отдельных групп донных организмов могут изменяться при загрязнении, следовательно, в определенной степени отражать его величину. Например, исследователи отмечают, что олигохеты, обычно немногочисленные в донных биоценозах, в местах спуска бытовых стоков часто развиваются в огромных количествах (Шитиков, и др., 2003; Безматерных, 2007, 2008). Поэтому многими гидробиологами массовое развитие олигохет, в особенности видов *Tubifex tubifex* и *Limnodrilus hoffmeisteri*, расценивается как показатель загрязнения. Именно на этом и основан олигохетный индекс, предложенный К.Г. Гуднайтом и Л.С. Уитлеем во второй половине XX века.

В целом в исследованных водных объектах олигохеты достигают большой численности лишь не в некоторых реках и озерах из числа исследованных. В большинстве случаев они формируют менее 50% от общей численности зообентоса.

Очень высокие значения индекса Гуднайта-Уитлея ($>66\%$) наблюдаются для рек Лобовка и Курковка (рис. 59). Как уже говорилось, в этих реках отмечается повышенное содержание органических веществ, причиной которому может быть, в том числе антропогенное воздействие, что и отражается на качестве воды и высоких значениях практически всех рассматриваемых гидробиологических индексов.

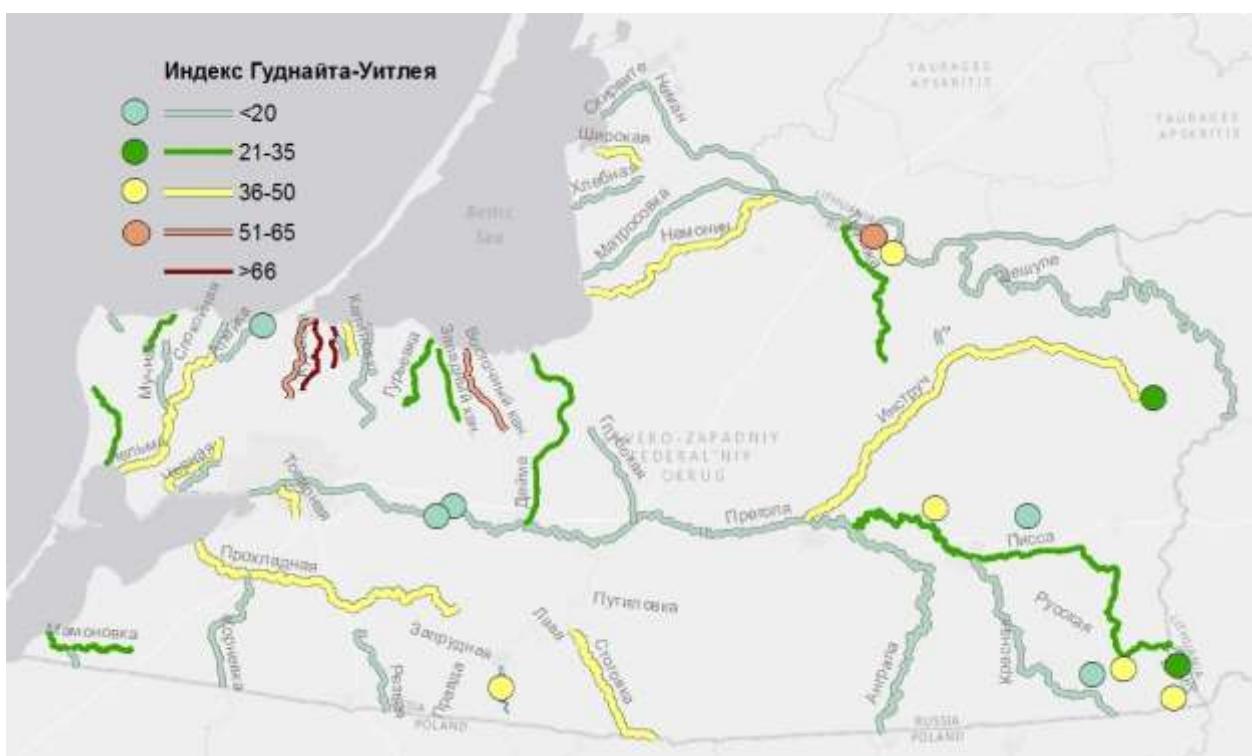


Рисунок 59 – Пространственное изменение олигохетного индекса Гуднайта-Уитлея в исследованных водных объектах Калининградской области

Несколько более низкие, но все равно достаточно высокие значения олигохетного показателя, наблюдаются в реке Зеленоградка, Восточном канале и пруде Затон. Качество воды этих водоемов можно оценить как загрязненное, что также хорошо согласуется с другими индексами (рис. 59).

В 22% из всех исследованных водных объектов значение индекса колеблется в пределах 36-50, что позволяет охарактеризовать их как умеренно-

загрязненные (рис. 59). В эту группу входят многие озера с мощными иловыми отложениями (Дубовское, Камышовое, Рагнитское, Рыбное, Правдинское водохранилище), а также реки с замедленным течением (Товарная, Гравевка, Гурьевка, Немонин, Широкая и др.).

Около 70% рек и озер характеризуются более низкими значениями олигохетного показателя (менее 35). Качество воды в них оценивается как чистое, что не всегда согласуется с другими рассматриваемыми гидробиологическим индексами. В частности серьезные противоречия наблюдаются между олигохетным индексом и индексами сапробности и хирономидным для следующих рек Черная, Хлебная, Крайняя, небольшими каналами АУК-1, ОС-1 и др.

Известно, что олигохеты предпочитают озера и затишные участки рек с отложениями ила. В быстротечных реках их численность будет значительно ниже, чем в реках с замедленным течением и озерах, даже при одинаковом уровне загрязнения. В реках с более быстрым течением и песчано-галечными грунтами даже небольшое количество олигохет может служить показателем загрязнения (Безматерных, 2007; Зиновьев, 1987). Среди исследованных рек особое внимание стоит обращать на наиболее быстротечные реки, такие как: Неман, Красная, Русская, Зеленая, Анграпа, Шешупе, Путоловка, Мучная. Численность олигохет в этих реках не превышает 20%, что даже с учетом скорости течения соответствует категории «чистые».

Проведенный корреляционный анализ показывает, что между олигохетным индексом и остальными гидробиологическими показателями взаимосвязь выражена не сильно (табл. 18). В частности очень маленький коэффициент корреляции наблюдаются для олигохетного индекса и классического хирономидного. Взаимосвязь с модифицированным хирономидным индексом выражена сильнее. Отмечено, что массовое развитие хирономид *Chironomus plumosus* сопровождается интенсивным развитием олигохет, что и отражается на величине взаимосвязи двух индексов. Достаточно сильная прямая взаимосвязь характерна для олигохетного индекса и сапробности, а

также интегрального показателя. Многие олигохеты, которые в большом количестве развиваются в грязных водных объектах являются α -мезосапробами или полисапробами (*Potamothrix*, *Limnodrilus* и др.).

Таблица 18 – Значения коэффициентов корреляции между олигохетным индексом и другими гидробиологическими индексами

Показатель	O	BI	S	K_{Ch}	$K_{Ch.Mod}$	IP	IP_Mod	H
O	1,00	-0,26	0,57	0,13	0,22	0,75	0,74	-0,09

Примечание: O – олигохетный индекс Гуднайта-Уитлея, BI – биотический индекс Вудивисса, S – сапробность, K_{Ch} – хирономидный индекс, $K_{Ch.Mod}$ – модифицированный хирономидный индекс, H – индекс Шеннона, IP – интегральный показатель Е.В. Балушкиной, IP_Mod – интегральный показатель Е.В. Балушкиной, рассчитанный с учетом $K_{Ch.Mod}$.

Взаимосвязь олигохетного индекса с гидрохимическим и гидрологическими параметрами также выражена менее, чем для других рассматриваемых индексов (например, сапробности). Средняя обратная взаимосвязь наблюдается между насыщением воды кислородом и скоростью течения (табл. 19). Что в принципе является закономерным, так как олигохеты избегают участков с сильными скоростями течения и легко переносят дефицит кислорода. Более значимая взаимосвязь наблюдается между олигохетным индексом и концентрацией аммонийного азота. Так при увеличении содержания в воде аммонийного азота, являющегося показателем поступления загрязняющих веществ в водоем, возрастает численность олигохет и, следовательно, олигохетный индекс.

Таблица 19 – Значения коэффициентов корреляции между гидробиологическими и гидрохимическими показателями водных объектов Калининградской области

Показатель	N-NH4	N-NO2	N-NO3	P-PO4	O ₂ , %	Окисляемость	Vтеч.
O	0,45	0,10	0,25	0,20	-0,35	0,08	-0,35

В заключение стоит отметить, что с помощью олигохетного индекса резко выделяются водные объекты, испытывающие значительное загрязнение: Лобовка, Куровка, Зеленоградка, Восточный канал, пруд Затон. Оценка качества воды для них не противоречит оценке по другим индексам. В то же время большинство рек и озер Калининградской области по олигохетному

показателю находятся в благополучном состоянии, что не всегда согласуется с другими гидробиологическими индексами. Кроме того, при определении экологического состояния быстротечных рек, необходимо делать поправку на влияние скорости течения на значения индекса. Таким образом, для качества воды того или иного водного объекта не рекомендуется использовать только один олигохетный индекс, так как результаты могут смещены сторону лучшего качества воды.

5.5. Комплексная оценка экологического состояния водных объектов области

Не все индексы достаточно информативны и достоверны на тех или иных водных объектах. Иногда индексы, которые используются для оценки качества воды, хорошо отражают изменения, происходящие внутри отдельных таксонов. Но каждый индекс, выделяя какую-либо особенность сообщества, недоучитывает другие (Балушкина, 1997). В этом и заключается причина несовпадения в оценках качества вод по различным показателям.

Так, например, значение хирономидного индекса в р. Чистой составило 0,14, а олигохетный – менее 1, что соответствует чистой воде. В то время как в этой же реке индекс сапробности превышает 2,65, индекс Вудивисса всего – 2, индекс Шеннона – 1,8. На основании этих трех показателей воду в реке можно назвать загрязненной. Противоречие между показаниями различных индексов заметны и для ряда других водных объектов: карьер Сокольники, оз. Рыбное, р. Широкая, р. Спокойная и др.

В таких спорных случаях хорошо зарекомендовали себя интегральные показатели, включающие набор индексов, которые наиболее полно характеризуют сообщество донных животных в целом и отражают специфику антропогенного воздействия на экосистему. Среди таких показателей можно назвать комбинированный индекс Балушкиной, который опробован на мно-

гих водных объектах России (Балушкина, 1997, 2009). С помощью этого индекса можно выделить 4 типа водных объектов, находящихся в различном экологическом состоянии: удовлетворительном, напряженном, критическом и кризисном.

На основании значений интегрального показателя экологическое состояние 18% из исследованных водных объектов (10 рек и 2 озера) можно назвать удовлетворительным, а воду в них относительно чистой (рис. 61). В основном это водные объекты высшей рыбохозяйственной категории: реки Резвая, Мучная, Красная, Забава, Анграпа, Шешупе, а также озера Воронье и Виштынецкое. В удовлетворительном состоянии находятся также некоторые реки первой (Путиловка) и второй (Спокойная и Зеленая) рыбохозяйственных категорий, а также река Бонувка, рыбохозяйственная категория которой в настоящий момент не определена. Для этих рек и озер характерно большое разнообразие зообентоса, представлены многие виды чувствительные к низким концентрациям кислорода и загрязнению.

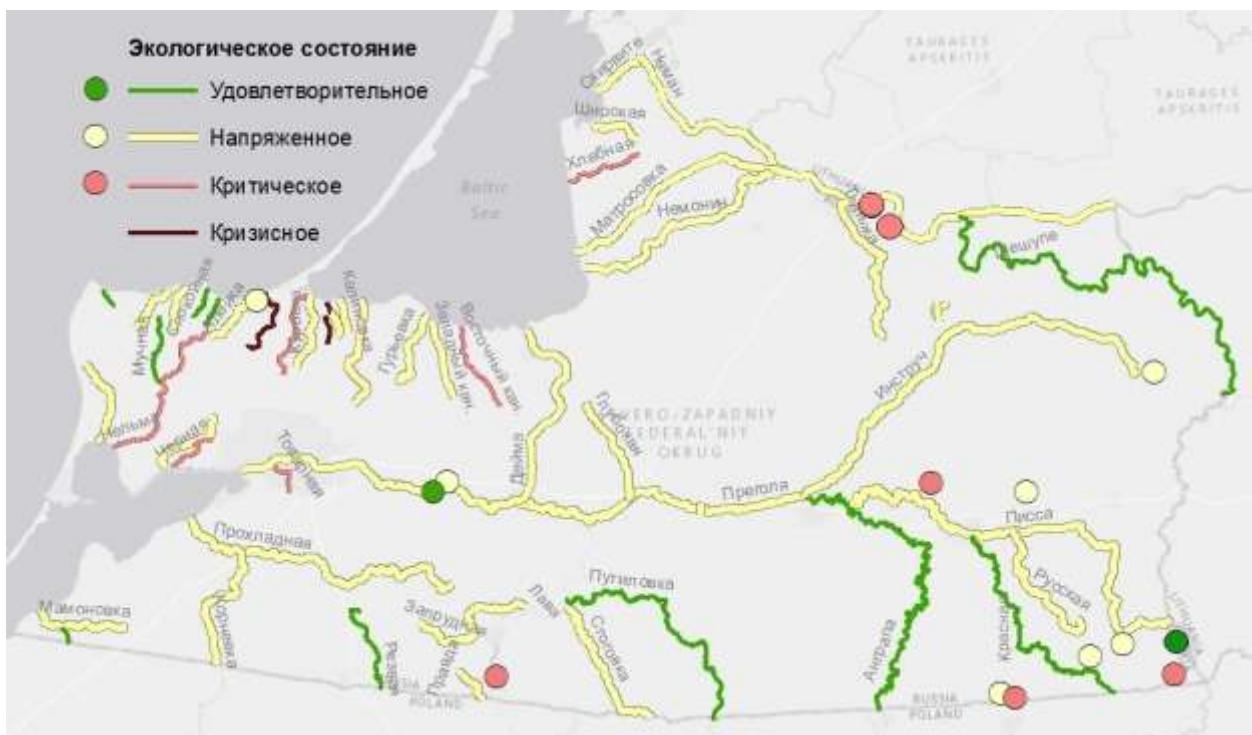


Рисунок 60 – Экологическое состояние водных объектов Калининградской области (по интегральному показателю)

В озере Виштынецком наблюдается пространственная неоднородность значений интегрального показателя, что ранее уже было отмечено и для других индексов (рис. 61). Так наименьшие значения индекса характерны для зоны литорали. Особенно выделяются участки у истока р. Писсы и юго-западного побережья. Эти районы можно назвать слабозагрязненными. При движении к центральной части озера значения индекса увеличиваются, также несколько выше они и в Утином заливе. Что характеризует эти участки озера как умеренно-загрязнённые. В целом состояние озера Виштынецкого по данному индексу можно назвать удовлетворительным.

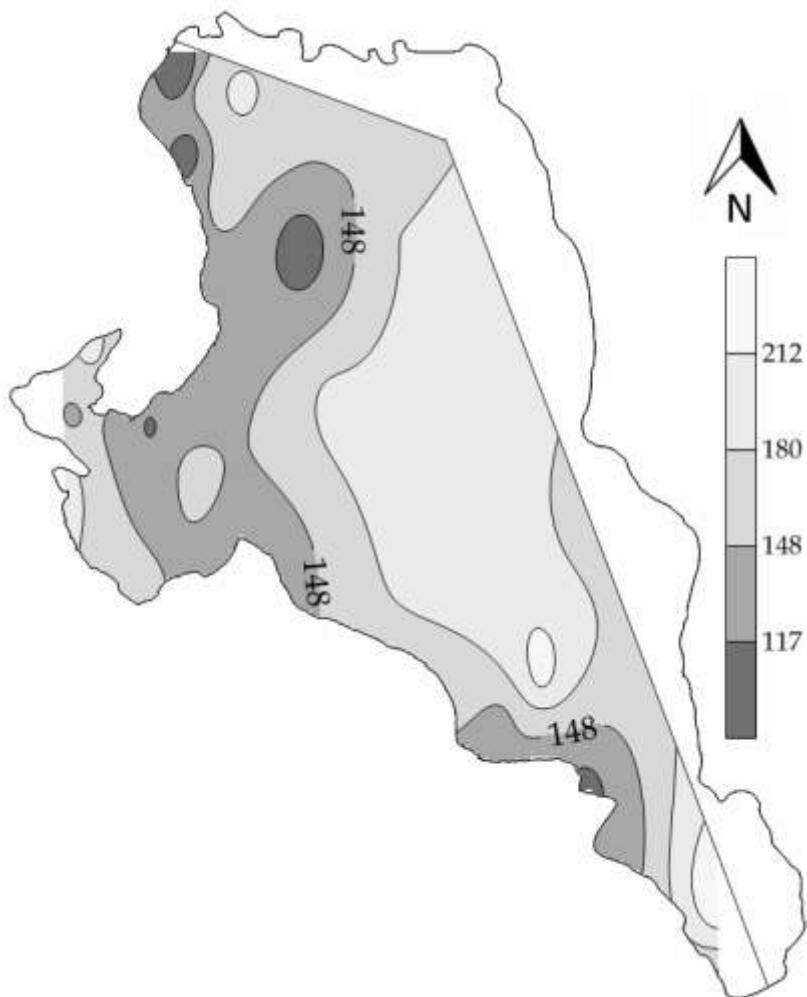


Рисунок 61 – Пространственное изменение интегрального показателя в оз. Виштынецком

Около 60% исследованных водных объектов (39 рек и озер) характеризуются умеренным загрязнением и их экологическое состояние можно

оценить как напряженное (рис. 60). К ним относятся 18 рек и озер высшей рыбохозяйственной категории, 15 первой, 2 реки из второй категории, а также малые реки и каналы с неопределенной категорией. Причем значения интегрального показателя для ряда рек (Алейки, Корневки, Писсы, Приморской, Чистой, Русской и Большой Морянки) находятся в нижней границе класса качества, т.е. их состояние близко к удовлетворительному. В то время как значения индекса для ряда других водоемов (реки Прохладная, Широкая и Немонин, пруд Затон, озеро Бородинское) приближается к верхней границе класса качества, т.е. состояние этих водных объектов близко к критическому. В последних, в значительном количестве развиваются полисапробные виды, такие как олигохеты *Potamothrix hammoniensis* и *Limnodrilus hoffmeisteri*, хирономиды *Chironomus plumosus*.

Экологическое состояние 18% из исследованных водных объектов, по интегральному показателю, оценивается как критическое, а вода в них загрязненная. Это в первую очередь малые реки с замедленным течением и озера, испытывающие значительную антропогенную нагрузку. Среди них преобладают водоемы первой рыбохозяйственной категории (реки Зеленоградка, Хлебная, Черная, Восточный канал, озера Домашнее, Дубовское и Камышовое). В критическом состоянии находятся также несколько озер с неопределенной к настоящему времени категорией (Рагнитское, Красное), а также несколько водоемов высшей рыбохозяйственной категории (река Нельма, Правдинское водохранилище и пруд Затон). В последних, значения интегрального показателя самые низкие и близки к переходному от 2 к 3 классу (от умеренно-загрязненных к загрязненным). В целом видовое разнообразие зообентоса водных объектов, находящихся в критическом состоянии, очень низкое. Основу зообентоса, как уже указывалось в главе 3, составляют виды способные выдерживать дефицит кислорода и значительное загрязнение, в основном это отдельные виды личинок хирономид, мокрецов, хаоборусов, олигохеты. Периодически наблюдается массовое развитие олигохет *Potamothrix hammoniensis* и *Limnodrilus hoffmeisteri*, личинок комаров-

звонцов *Chironomus plumosus*. В результате численность зообентоса достигает очень больших значений.

В кризисном состоянии находятся две реки: Лобовка и Медвежья. Как уже упоминалось ранее, на эти водотоки оказывается достаточно серьезное антропогенное воздействие, что привело к существенным перестройкам в структуре зообентоса и даже полному его отсутствию на некоторых участках. Стоит еще раз подчеркнуть, что река Медвежья относится к водным объектам высшей рыбохозяйственной категории и имеет большое значение для воспроизводства лососевых видов рыб. Неблагополучная экологическая ситуация на отдельных участках реки ставит под сомнение возможность нереста лососевых видов в реке, а также может привести к утрате рыбохозяйственного статуса.

С помощью методов статистического анализа была выявлена степень взаимосвязи интегрального показателя с остальными гидробиологическими индексами, а также некоторыми гидрохимическими показателями.

Поскольку интегральный показатель отражает комплексную структуру зообентоса, между ним и остальными индексами наблюдается самая тесная связь. Использование модифицированного хирономидного индекса практически не отразилось на значениях интегрального показателя и на его силе взаимосвязи с другими индексами (табл. 20).

Таблица 20 – Значения коэффициентов корреляции между интегральным показателем и гидробиологическими индексами

Показатель	O	BI	S	K _{Ch}	K _{Ch.Mod}	IP	IP_Mod	H
IP'	0,75	-0,61	0,68	0,66	0,73	1,00	0,99	-0,33
IP' Mod	0,74	-0,61	0,71	0,63	0,75	0,99	1,00	-0,32

Примечание: O – олигохетный индекс Гуднайта-Уитлея, BI – биотический индекс Вудивисса, S – сапробность, K_{Ch} – хирономидный индекс, K_{Ch.Mod} – модифицированный хирономидный индекс, H – индекс Шеннона, IP – интегральный показатель Е.В. Балушкиной, IP_Mod – интегральный показатель Е.В. Балушкиной, рассчитанный с учетом K_{Ch.Mod}.

Проведенный корреляционный анализ выявил, что между интегральным показателем и гидрохимическим параметрами также существует тесная взаимосвязь (табл. 21). Так наиболее сильная взаимосвязь отмечена между

интегральным показателем и азотом аммонийным, фосфором фосфатов, насыщением воды кислородом, скоростью течения.

Таблица 21 – Значения коэффициентов корреляции между интегральным показателем и гидрохимическими показателями водных объектов Калининградской области

Показатель	N-NH4	N-NO2	N-NO3	P-PO4	O ₂ , %	Окисляемость	Vтеч.
IP'	0,42	-0,04	0,07	0,15	-0,47	0,10	-0,54
IP'_Мод	0,46	-0,03	0,06	0,24	-0,53	0,19	-0,55

Таким образом, экологическое состояние, по интегральному индексу, 60% исследованных рек и озер оценивается как напряженное, а качество воды в них умеренно-загрязненное. Что обусловлено рядом природных и антропогенных причин.

Экологическое состояние отдельных водных объектов, в основном высшей рыбохозяйственной категории (озера Виштынецкое, Воронье и реки Резвая, Мучная, Красная, Забава, Анграпа, Шешупе, Путиловка, Спокойная, Зеленая, Бонувка) можно охарактеризовать как удовлетворительное. На эти реки и озера оказывается антропогенная нагрузка, которая находится в пределах их способности к самоочищению. В то же время реки отличаются повышенными скоростями течения, по сравнению с другими, что обеспечивает более быстрое самоочищение воды.

В критическом состоянии находятся 12 водных объектов. Это в первую очередь малые реки с замедленным течением и озера, относящиеся к первой и второй рыбохозяйственной категориям. На акваторию и водосборную территорию этих водных объектов оказывается значительное антропогенное воздействие, а способность к самоочищению этих водоемов по ряду природных причин снижена.

В кризисном состоянии находятся реки Лобовка и Медвежья. Как уже упоминалось ранее, на эти водотоки оказывается достаточно серьезное антропогенное воздействие, что привело к существенным перестройкам в структуре зообентоса и даже полному его отсутствию на некоторых участках.

Анализ фауны зообентоса, биолого-продукционных параметров и экологического состояния водных объектов Калининградской области позволили выделить реки и озера наиболее подходящие для развития различных видов хозяйственной деятельности, в том числе аквакультуры и воспроизведения особо ценных видов рыб (рис. 62). Эти реки и озера отличаются высоким биолого-продукционными показателями и благоприятным экологическим состоянием. Из них несколько хуже качество воды в реках Немонин и Прохладная, в связи с чем рекомендуется проводить регулярный контроль состояния этих рек.

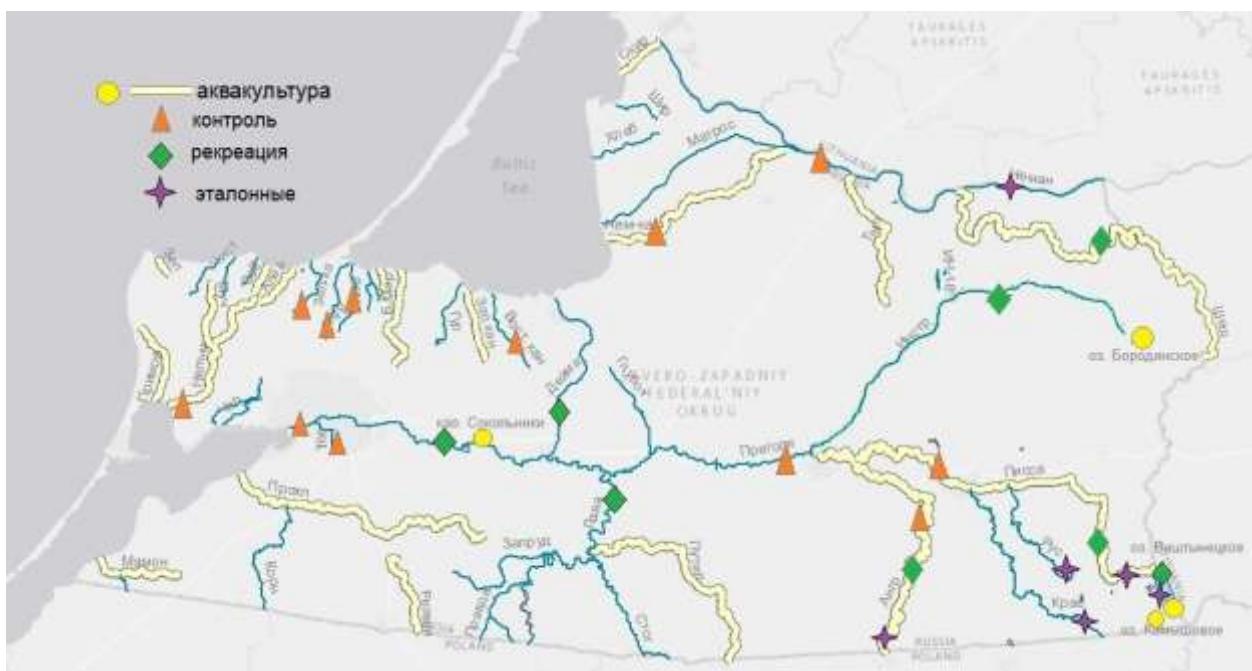


Рисунок 62 – Рекомендации по использованию водных объектов Калининградской области

Дополнительный мониторинг рекомендуется проводить также на реках Писса, Анграпа, Неман, Преголя ниже городов. Можно рекомендовать к проведению гидробиологического мониторинга реки с нестабильной экологической ситуацией: Лобовка, Медвежья, Восточный канал, Зеленоградка, Товарная. Биологическая способность этих рек к самоочищению почти исчерпана, поэтому серьезное антропогенное воздействие на их отдельные участки отражается на всей реке. Река Нельма также нуждается в усиленном контроле. Она имеет важное значение для воспроизводства лососевых, но ее

экологическое состояние оценивается как критическое (особенно неблагополучная ситуация складывается в устьевой зоне), что может мешать миграциям рыб вверх по течению и в р. Мучную.

Среди водных объектов области можно выделить эталонные, где отмечается большое разнообразие бентоса, обитают редкие и узко-специфичные виды. Качество воды в них преимущественно относительно чистое или удовлетворительное. В основном это реки и озера слабо урбанизированной юго-восточной части области. Также к эталонным можно отнести реку Неман и озеро Виштынецкое. Это наиболее крупные водные объекты, не имеющие аналогов на территории области и отличающиеся большим разнообразием фауны.

Многие водные объекты привлекательны для целей рекреации и туризма (реки Писса, Шешупе, Анграпа и др). В то же время организация водного туризма должна основываться на нормах природоохранного законодательства.

ВЫВОДЫ

1. В исследованных водных объектах Калининградской области идентифицировано 502 вида зообентоса, 39% из которых обнаружены впервые. Наиболее разнообразны личинки комаров-звонцов (142 вида) и моллюски (70 видов). В видовом отношении в зообентосе преобладают гетеротопные организмы, интенсивность развития которых подвержена сильным сезонным колебаниям.
2. На распределение зообентоса в водных объектах области большое влияние оказывают гидрологические условия. В малых реках это уклон и скорость течения. В озере Виштынецком – глубины. В малых озерах – происхождение и степень проточности.
3. В пределах Калининградской области нами выделено 6 групп водных объектов, отличающихся по гидробиологическим и гидрологическим параметрам: 1) малые реки со средней скоростью течения менее 0,2 м/с; 2) малые реки со скоростью течения 0,2-0,4 м/с; 3) реки со скоростью течения более 0,4 м/с; 4) река Неман, 5) озеро Виштынецкое; 6) малые озера.
4. Антропогенной модификации в большей степени подвержены малые реки первой группы, впадающие в Куршский и Вислинский заливы (Черная, Товарная, Калиновка, Куровка, Нельма, Зеленоградка, Восточный канал, Лобовка и Медвежья), а также отдельные реки второй группы (Граевка, Немонин, Прохладная, Тыльжа, Стоговка) и малые озера (Камышовое, Рагнитское). В этих водных объектах снижается общее видовое разнообразие и резко возрастает численность полисапробных видов.
5. Большинство водных объектов области находятся в напряженном состоянии (около 60%), а качество воды в них оценивается как загрязненное. В удовлетворительном состоянии находятся лишь 18% рек и озер, столько же – в критическом. В некоторых реках наблюдается кризисная ситуация (реки Медвежья и Лобовка).

6. Проведенный корреляционный анализ показал, что величина взаимосвязи модифицированного хиромидного индекса в среднем возросла на 50% с гидробиологическим показателями и на 80% с гидрохимическим параметрами, по сравнению с классическим вариантом, что делает его более достоверным.
7. Наилучшим образом экологическое состояние рек и озер Калининградской области отражают индекс сапробности и интегральный показатель Балушкиной, рассчитанный с учетом модифицированного хирономидного индекса, что также подтверждается результатами корреляционного анализа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов В.А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. – СПб: Гидрометиздат, 1992. – 318 с.
2. Абакумов В.А., Полищук В.В. Сопоставление систем биологической индикации, апробированных во время совместных советско-английских исследований на базе Института гидробиологии АН УССР // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям: труды II Советско-английского семинара. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – с. 81-117.
3. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Ленинград: Гидрометиздат, 1953. – 170 с.
4. Алексеев Н. К., Демидова А. Г., Берникова Т. А. Озеро Виштынецкое. Калининград. – Калининград: Кн. изд-во, 1976. – 47 с.
5. Алимов А.Ф. Изменения структуры сообществ животных при эвтрофировании и загрязнении водных экосистем // Доклады Академии наук. – 2010 г. – № 2: Т. 433. – стр. 269-272.
6. Баканов А.И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов // Биология внутренних вод. – Борок, 2000. – №1 – с. 68-82.
7. Балушкина Е.В. Оценка качества вод и состояния водоемов и водотоков северо-запада России по характеристикам сообществ донных животных // Вопросы экологического нормирования и разработки системы оценки состояния водоемов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – с. 69-101.
8. Балушкина Е.В. Оценка состояния экосистем водоемов и водотоков северо-запада России по структурным характеристикам макрозообентоса // Материалы XI научного семинара "Чтения памяти К.М. Дерюгина". – СПб., 2009 г. – стр. 25-44.

9. Балушкина Е.В. Применение интегрального показателя для оценки качества вод по структурным характеристикам донных сообществ // Реакция озерных экосистем на изменение внешних условий. – СПб.: Труды Зоол. инт-та РАН, 1997. – Т. 272. – с. 262-288.
- 10.Балушкина Е.В. Хирономиды как индикаторы степени загрязнения воды // Методы биологического анализа пресных вод. - Л.: Зоол. ин-т АН СССР., 1976. – с. 106-118.
- 11.Баринова Г.М. Калининградская область. Климат. – Калининград: ФГУПИПП "Янтарный сказ", 2002. – стр. 196 с.
- 12.Баринова Г.М. Климат // Калининградская область: Очерки природы / ред. Литвин М.В. – Калининград: Янтарный сказ, 1999. – с. 54-69.
- 13.Безматерных Д.М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири. – Новосибирск: Ин-т вод. и экол. проблем, 2007. – 87 с.
- 14.Безматерных Д.М. Зообентос равнинных притоков верхней Оби: монография. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2008. – 186 с.
- 15.Белов Н.С., Зотов С.И. Оценка гидроэкологического состояния речных систем Калининградской области // Вестник РГУ им. И. Канта. – Калининград, 2008 – Серия: Естественные науки. № 1. – с. 6-16.
- 16.Берникова Т.А. Вклад малых рек в загрязнение прибрежной зоны Балтийского моря / Т.А. Берниоква, М.Н. Шибаева, М.Н. Андиренко, В.А. Шкицкий // Материалы XXI Международной береговой конференции. – Калининград., 2004. – стр. 208-209.
- 17.Берникова Т.А. Гидрохимические условия. Река Шешупе. // Рыбохозяйственный кадастров трансграничных водоемов России (Калининградская область) и Литвы / ред. Шибаев С.В., Жлопников М.М., Соколов А.В. – Калининград: Изд-во "ИП Мишуткина", 2008. – с. 132-134.
- 18.Берникова Т.А. Нагрузка на Калининградский залив состороны малых рек / Т.А. Берникова, М.Н. Шибаева, В.А. Шкицкий // Экологические и

- рыбохозяйственные аспекты изучения прибрежных зон морей и внутренних водоемов. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2003 г. – стр. 63-69.
- 19.Берникова Т.А. Физико-географическая и гидрологическая характеристика. Река Неман. // Рыбохозяйственный кадастр трансграничных водоемов россии (Калининградская область) и Литвы / ред. Шибаев С.В., Хлопников М.М., Соколов А.В. – Калининград: Изд-во "ИП Мишуткина", 2008. – с. 115-118.
- 20.Берникова Т.А. Физико-географические условия, гидрологический режим. Река Шешупе. // Рыбохозяйственный кадастр трансграничных водоемов России (Калининградская область) и Литвы / ред. Шибаев С.В., Хлопников М.М., Соколов А.В.. - Калининград: Изд-во "ИП Мишуткина", 2008. – с. 130-132.
- 21.Берникова Т.А. Экологическая оценка рек Нельмы и Приморской / Т.А. Берникова, М.Н. Шибаева, В.А. Шкицкий, В.Е. Рябой // Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию основания Калининградского государственного технического университета. – Калининград, 2000. – стр. 167-168.
- 22.Берникова Т.А., Нагорнова Н.Н. и Цупикова Н.А. Некоторые результаты гидрологического исследования водотоков Калининградской области / Т.А. Берникова, Н.Н. Нагорнова, Н.А. Цупикова // Известия КГТУ. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2013 г. – №32. – стр. 74-84.
- 23.Берникова Т.А., Рябой В.Е. Оценка экологического состояния некоторых малых рек Калининградской облати по гидрологическим показателям // Экологические проблемы Калининградской области: сб. научн. тр. – Калининград, 1997 г. – стр. 36-40.
- 24.Берникова Т.А. Озера. // Калининградская область: Очерки природы / ред. Литвин М.В. – Калининград: Изд-во ГИПП "Янтарный сказ", 1999. – 2-е изд., доп. и расш. – с. 84-92.

- 25.Берникова Т.А. Физико-географическая и гидрологическая характеристика // Озеро Виштынецкое / ред. Тылик К.В., Шибаев С.В. – Калининград: Изд-во "ИП Мишткина", 2008. – с. 20-44.
- 26.Берникова Т.А. Физико-географическая характеристика и гидрологический режим оз. Виштынецкого // Рыбохозяйственный кадастр трансграничных водоемов России (Калининградская область) / авт. книги Шибаев С. В., Хлопников М. М., Соколов А. В. – Калининград: Изд-во "ИП Мишткина", 2008. – с. 94-97.
- 27.Берникова Т.А., Цупикова Н.А. Динамика вод и формирование гидрологических особенностей оз. Виштынецкого // Известия КГТУ. – Калининград: Издательство КГТУ, 2007 г. – № 12. – стр. 94-102.
- 28.Биологические основы рационального рыбохозяйственного использования малых озер: отчет о НИР. – Калининград: КТИРПиХ, 1978. – 397 с. – № ГР 76029502; инв. № Б 736811.
- 29.Биологические основы рационального рыбохозяйственного использования малых озер: отчет о НИР. – Калининград: КТИРПиХ, 1979. – 245 с.
- 30.Биологические основы рационального рыбохозяйственного использования малых озер в климатических условиях Калининградской области: Отчет о НИР. – Калининград: Калининградский технический институт рыбной промышленности и хозяйства, 1977. – 454 с. – № ГР 76029502; инв. № Б 657213.
- 31.Биологические основы рационального рыбохозяйственного использования малых озер в климатических условиях Калининградской области: отчет НИР. – Калининград: Калининградский институт рыбной промышленности и хозяйства, 1976. – 229 с. – № ГР 76029502; инв. № Б 571047.
- 32.Винберг Г.Г. Гидробиология // История биологии. – М.: Наука. – Гл. 9 – 1975 г. – с. 231-248.

33. Ваулина В.Д. Ландшафты // Калининградская область: Очерки природы / ред. М.В. Литвин. – Калининград: изд-во "Янтарный сказ", 1999. – 2-е изд., доп. и расш. – с. 189-212.
34. Вудивисс Ф.С. Совместные англо-советские биологические исследования в Ноттингеме в 1977 г. // Научные основы контроля качества поверхностных вод погидробиологическим показателям: труды II Советско-английского семинара. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – с. 117-190.
35. Голубева Г.В. Индикаторное значение отдельных форм хирономид // Экология гидробионтов водоемов Западного Урала – Пермь, 1988. – с. 43-50.
36. Герасимов Ю.В. Высшая водная растительность // Озеро Виштынецкое / ред. Тылик К.В., Шибаев С.В. – Калининград: изд-во "ИП Мишуткина", 2008. – с. 66-72.
37. Государственный доклад об экологической обстановке в Калининградской области в 2013 году. – Калининград, 2013.
38. Государственный доклад об экологической обстановке в Калининградской области в 2014 году. – Калининград, 2014.
39. Дедков В.П. Биологические ресурсы // Калининградская область. Природные ресурсы / авт. книги Литвин В.М., Ельцина Г.Н., Дедков В.П. – Калининград: Янтарный сказ, 1999. – с. 65-73.
40. Денисенко С.Г. и др. Результаты оценки экологического благополучия сообществ зообентоса по индексу «Разности выравненностей» / С.Г. Денисенко, М.А. Барбашова, В.В. Скворцов и др. // Биология внутренних вод – 2013, №1. – с. 46-55.
41. Домнин Д. А., Чубаренко Б. В. Атлас речных трансграничных бассейнов Калининградской области. – Калининград: Терра Балтика, 2007. – 38 с.
42. Ежова Е.Е., Кочешкова О.В. Распределение и сезонная динамика численности и биомассы макрозообентоса в нижнем и среднем течении реки Преголи // Известия Калининградского государственного

технического университета. – Калининград: КГТУ, 2014 г. – №32. – с. 143-152.

43. Ежова Е.Е., Цыбалева Г.А. Видовой состав и распределение макрозообентоса и зоопланктона в нижнем течении р. Преголи в летне-осенний период 1995 года // Экологические проблемы Калининградской области: сб. науч. тр. – Калининград: изд-во КГТУ, 1997 г. – с. 29-37.
44. Ермаканов З.К. Влияние антропогенных факторов на ихтиоценоз и рыбный промысел Аральского моря // Материалы международной научно-практической конференции "Рациональное использование пресноводных экосистем – перспективное направление реализации национального проекта "Развитие АПК". – М.: Изд-во Россельхозакадемии, 2007. – с. 329-332.
45. Жадин В.И. Жизнь пресных вод СССР. – М.-Л.: Издательство Академии наук СССР, 1940. – 460 с.
46. Жадин В.И. Методы гидробиологического исследования. – М.: Высшая школа, 1960. – 190 с.
47. Жадин В.И. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. – М.-Л.: Наука, 1952. – 376 с.
48. Зиновьев В.П. Экспресс-методы определения качества вод по зообентосу в реках Восточной Сибири // Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. – Л.: Гидрометиздат, 1987. – с. 127-134.
49. Зинченко Т.Д. Методологический подход к оценке экологического состояния речных систем по гидрохимическим и гидробиологическим показателям / Т.Д. Зинченко, Л.А. Выхристюк, В.К. Шитиков // Изв. Сам. НЦ РАН. – 2000. – Т.2. №2. – с. 233-243.
50. Зинченко Т.Д. Эколо-фаунистическая характеристика хирономид (Diptera, Chironomidae) малых рек бассейна Средней и Нижней волги (Атлас). – Тольятти: Кассандра, 2011. – 258 с.
51. Зотов С.И., Белов Н.С. Оценка экологической чувствительности речных бассейнов Калининградской области к химическому загрязнению //

Вестник РГУ им. Канта. – Калининград, 2006. – Вып. 1. Естественный науки. – с. 19-22

- 52.Израэль Ю.А. Гидробиологическая служба наблюдений и контроля поверхностных вод в СССР / Ю.А. Израэль, Н.К. Гасилина, В.А. Абакумов // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям / ред. В.А. Абакумов. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1981. – с. 7-16.
- 53.Кесминас В. Ихтиофауна. Река Неман / В. Кесминас, Р. Репечка, К.В. Тылик // Рыбохозяйственный кадастр трансграничных водоемов России (Калининградская область) и Литвы / ред. Шибаев С.В., Хлопников М.М., Соколов А.В. – Калининград: Изд-во "ИП Мишуткина", 2008. – с. 123-126.
- 54.Кесминас В., Вирбицкас Т. Оценка качества воды р. Шешупе по гидрохимическим показателям в пределах Литовской Республики. Река Шешупе. // Рыбохозяйственный кадастр трансграничных водоемов России (Калининградская область) и Литвы / ред. Шибаев С.В., Хлопников М.М., Соколов А.В. – Калининград: Изд-во "ИП Мишуткина", 2008. – с. 134-135.
- 55.Кесорецких И. И. Карты уязвимости природных комплексов к антропогенным воздействиям как элемент оптимизации регионального природопользования (на примере Калининградской области) // Современные проблемы науки и образования. – 2014. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/120-16513>.
- 56.Кесорецких И.И. Оценка пространственной и временной изменчивости показателя уязвимости ландшафтов Калининградской области как компонент экологически ориентированного территориального планирования / И.И. Кесорецких, С.И. Зотов, М.В. Дробиз // Балтийский регион, - Калининград, 2015 – Вып. №4 (26) – с. 162-180.

- 57.Ким Дж.-О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюелр, У.Р. Клекка и др. / перев. А.М. Хотинский, С.Б. Королева. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
- 58.Кожова О.М. Применение методов экосистемного анализа к оценке качества вод // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям / ред. В.А. Абакумов. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1981. – с. 16-30.
- 59.Лепнева С.Г. Ручейники. Личинки и куколки подотряда кольчатощупиковых (*Annulipalpia*). – М.-Л.: Наука, 1964. – 560 с.
- 60.Лепнева С.Г. Ручейники. Личинки и куколки подотряда цельнощупиковых (*Integripalpia*). – М.-Л.: Наука, 1966. – 560 с.
- 61.Липин А.Н. Пресные воды и их жизнь. – М.: Государственное учебно-педагогическое издательство министерства, 1950. – 346 с.
- 62.Литвин М.В. Рельеф и геоморфологическое районирование // Калининградская область: Очерки природы / ред. М.В. Литвин. – Калининград: Янтарный сказ, 1999. – с. 36-54.
- 63.Лукин Е.И. Пиявки пресных и солоноватых водоемов. – Л.: Наука, 1976. – 484 с.
- 64.Лятун М.В., Молчанова Н.С. Макрозообентоса нижнего течения реки Преголя в 1980-2007 гг. // Известия КГТУ. – Калининград: КГТУ, 2013 г. – №28. – с. 79-86.
- 65.Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. – Л.: ЗИН АН СССР, 1974. – 60 с.
- 66.Малявкина А.Н. Берникова Т.А. Донные осадки оз. Виштынецкого // Материалы VI Юбилейной международной конференции "Иновации в науке и образовании – 2008". – Калининград: Изд-во КГТУ, 2008. – Ч.1. – с. 141-143.
- 67.Малявкина А.Н. Предварительные результаты мониторинга некоторых замкнутых водных экосистем Калининградской области /

- А.Н. Малявкина, Н.Н. Нагорнова, Т.А. Берникова // Известия КГТУ. – Калининград: КГТУ, 2010 г. – № 19. – с. 204-2012.
- 68.Маркова Л.Л. Реки // Калининградская область: Очерки природы / ред. Литвин М.В. – Калининград: Янтар. сказ, 1999. – с. 69-84.
- 69.Масюткина Е.А. Оценка экологического состояния оз. Виштынецкого с применением различных гидробиологических индексов // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – Калининград: БФУ им. И. Канта, 2014 г. – № 7. – с. 66-76.
- 70.Масюткина Е.А. Оценка экологического состояния Правдинского водохранилища по гидробиологическим показателям / Е.А. Масюткина, М.Н. Шибаева, В.Г. Загирова // Труды III Балтийского морского форума, Международной научной конференции "Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов" / ред. Тылик К.В. – Калининград: ФГБОУ ВПО "Калининградский государственный технический университет", 2015. – с. 172-174.
- 71.Масюткина Е.А., Шибаева М.Н. Комары-звонцы сем. Chironomidae как показатель качества воды малых водоемов Калининградской области // Известия Калининградского государственного технического университета. – Калининград: КГТУ, 2014 г. – № 32. – с. 54-62.
- 72.Масюткина Е.А., Шибаева М.Н. Результаты использования личинок комаров-звонцов (сем. Chironomidae) для определения качества воды рек Калининградской области // Материалы лекций II-й Всероссийской школы-конференции "Экосистемы малых рек: Биоразнообразие, экология, охрана". – Ярославль: Филигрань, 2014. – с. 279-283.
- 73.Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М.: Наука, 1975. – 240 с.
- 74.Миркин Б.М. и Розенберг Г.С. Фитоценология. Принципы и методы. – М., 1978. – 211 с.

- 75.Мисейко Г.Н. Биологический анализ качества пресных вод / Г.Н. Мисейко, Д.М. Безматерных, Т.И. Тушкова // Барнаул: Изд-во АГУ, 2001 г. – 201 с.
- 76.Мордухай-Болтовская Э.Д. Зоопланктон и зообентос озера Виштынецкого / Э.Д. Мордухай-Болтовская, П.И. Иванов, И.Н. Машинец // Биология рыб и водных беспозвоночных морских и внутренних водоемов: Труды КТИРПХ. – Калининград: КТИРПХ, 1971 г. – вып. XXXVI. – с. 66-72.
- 77.Мотыль Chironomus plumosus L. Систематика, морфология, экология, продукция. – М.: Наука, 1983.
- 78.Нагорнова Н.Н. Выбор ключевых точек мониторинга экосистем водотоков в Калининградской области / Н.Н. Нагорнова, Н.А. Цупикова, Т.А. Берникова // Труды VIII междунар. научной конференции "Инновации в науке и образовании - 2010", посвященной 80-летию образования университета. – Калининград: КГТУ, 2010. – Ч. 1. – с. 160-162.
- 79.Нагорнова Н.Н. Геоэкологическая оценка состояния малых водотоков Калининградской области: автореф. дис. к.г.н. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО "КГТУ", 2012 г. – 21 с.
- 80.Нагорнова Н.Н. Гидрогеохимическая характеристика малых рек Калининградской области / Н.Н. Нагорнова, Т.А. Берникова, Н.А. Цупикова // Вестник БФУ им. И. Канта. – Калининград: БФУ им. И. Канта, 2011 г. – №7. – с. 160-166.
- 81.Нагорнова Н.Н. Мониторинг выноса органических и биогенных веществ рекой Прохладной в Калининградский (Вислинский) залив / Н.Н. Нагорнова, А.Н. Малявкина, Т.А. Берникова // Материалы международной конференции "Комплексное управление, индикаторы развития, пространственное планирование и мониторинг прибрежных районов юго-восточной Балтики". – Калининград: Изд-во "Терра-Балтика", 2008. – с. 111.

- 82.Нагорнова Н.Н., Берникова Т.А. Гидрологические условия реки Прохладной и ее притоков по наблюдениям в сентябре 2007 года // Инновации в науке и образовании – 2008: сб. тр. VI междунар. науч. конф. – Калининград: КГТУ, 2008. – Ч.1. – с. 143-146.
- 83.Нагорнова Н.Н., Берникова Т.А. Некоторые факторы формирования короткопериодической изменчивости состояния малых аквальных экосистем на примере Калининградской области // Вестник Российского университета дружбы народов. - М., 2010 г. - №1. – с. 30-38.
- 84.Нагорнова Н.Н., Берникова Т.А. Результаты рекогносцировочного обследования некоторых экосистем водотоков бассейна Балтийского моря по гидрологическим показателям // Известия Калининградского государственного технического университета. – Калининград: КГТУ, 2012 г. –№ 24. – с. 56-63.
- 85.Нагорнова Н.Н., Берникова Т.А. Сезонная изменчивость гидрохимических условий р. Неман в пределах Калининградской области // Труды первой научно-практической конференции с международным участием, посвященной 60-летию атомной энергетики "Экологическая безопасность АЭС" / ред. Шибаев С.В. – Калининград: Изд-во "Аксиос", 2014. – с. 67-76.
- 86.Николаев И.И. Определение качества вод озер по гидробиологическим показателям // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям / ред. Абакумов В.А. – Ленинград: Гидрометиздат, 1981. – с. 43-59.
- 87.Новожилов О.А. Эколо-биологическая характеристика, охрана и пути восстановления численности кумжи (*Salmo trutta* L.) в водоемах Калининградской области: автореф. дис. к.б.н. – Калининград: КГТУ, 2006 г. – 23 с.
- 88.Определитель насекомых Дальнего Востока России. – Владивосток: Дальнаука, 2006. – Т.VI. Двукрылые и блохи. Ч.4. – 936 с.

- 89.Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий: Т.1. Низшие беспозвоночные. / под ред. С.Я. Цалолихина – СПб.: Наука, 1994. – 396 с.
- 90.Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий: Т.2. Ракообразные. / под ред. С.Я. Цалолихина – СПб.: Наука, 1995. – 628 с.
- 91.Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т.3. Паукообразные и низшие насекомые. / под ред. С.Я. Цалолихина – СПб.: Наука, 1997. – 448 с.
- 92.Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий: Т.4. Высшие беспозвоночные. Двукрылые насекомые. / под ред. С.Я. Цалолихина – СПб.: Наука, 2001. – 836 с.
- 93.Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий: Т.5. Высшие насекомые./ под ред. С.Я. Цалолихина – СПб.: Наука, 2001. – 825 с.
- 94.Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий: Т.6. Моллюски. Полихеты. Немертины. / под ред. С.Я. Цалолихина – СПб.: Наука, 2004. – 528 с.
- 95.Орленок В.В. Географический атлас Калининградской области. – Калининград: Изд-во КГУ, 2002. – стр. 276 с.
- 96.Орленок В.В. Озеро Виштынецкое: природа, история, экология. / В.В. Орленок, Г.М. Баринова, П.П. Кучерявый и др. – Калининград: Изд-во КГУ, 2000. – 185 с.
- 97.Орленок В.В. Федоров Г.М. Региональная география России. Калининградская область: уч. пособ. для студентов, обучающихся по географическим специальностям. – Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2005. –259 с.
- 98.Павловский В.А. Структура и динамика макрозообентоса Сямозера: автореф. дис. к.б.н. – Петрозаводск, 2007 г. – 24 с.

99. Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Chironominae фауны СССР (Diptera, Chironomidae=Tendipedidae). – Л.: Наука, 1983. – 296 с.
100. Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Orthocladiinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae=Tendipedidae). – Л.: Наука, 1970. – 344 с.
101. Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Podonominae и Tanypodinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae=Tendipedidae). – Л.: Наука, 1977. – 154 с.
102. Пидкайко М.Л. Краткая биолого-продукционная характеристика водоемов северо-запада СССР / М.Л. Пидкайко, Б.М. Александров, Ц.И. Иоффе // Известия Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства / ред. Иоффе Ц.И. – Ленинград, 1968 г. – Т. 67. – с. 205-228.
103. Плохинский Н.А. Биометрический анализ в биологии. – М.: МГУ, 1982. – 157 с.
104. Плохинский Н.А. Биометрия. – М.: МГУ, 1970. – 279 с.
105. Постановление Правительства Калининградской области от 14.09.2012 №727 О целевой Программе Калининградской области "Развитие аквакультуры в Калининградской области на 2013-2015 годы".
106. Постановление Правительства Калининградской области от 17.08.2012 №628 О целевой программе Калининградской области "Развитие прибрежного рыболовства в Калининградской области на 2013-2020 годы".
107. Приказ Росрыболовства от 16 марта 2009 г. №191 "Об утверждении Перечня особо ценных и ценных видов водных биоресурсов, отнесенных к объектам рыболовства".
108. Приказ Росрыболовства от 17 сентября 2009 г. №818 "Об установлении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения и

особенностей добычи (вылова) водных биологических ресурсов, обитающих в них и отнесенным к объектам рыболовства".

109. Пухневич Д.А. Структурные характеристики макрозообентоса и оценка качества воды водоемов Нижнего Новгорода и Нижегородской области // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – Нижний Новгород, 2011. – №2 – с. 107-112.
110. РД-52.24.309-2011. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши.
111. Руковоодство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. – Л.: Гидрометиздат, 1983. – 240 с.
112. Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. – Минск: Орех, 2004. – 125 с.
113. Семенченко В.П., Разлуцкий В.И. Экологическое качество поверхностных вод. – Минск: Беларус. Навука, 2010. – 329 с.
114. Семерной В.П. Санитарная гидробиология: Учеб. пособие по гидробиологии. Яросл. Гос. Ун-т., Ярославль. – 2002 г. – 147 с.
115. Тодераш И.К. Функциональное значение хирономид в экосистемах водоемов Молдавии. – Кишенев: Изд-во "Штиинца", 1984. – 172 с..
116. Трофимова Т.А. Новые индикаторные виды пресноводного бентоса и расчет их видовых сапробных характеристик // Экология водных беспозвоночных: сб. материалов Международной конференции, посвященной 100 летию со дня рождения Ф.Д. Мордухай-Болтовского. – Ярославль: Принтхаус, 2010. – с. 310-314.
117. Тылик К.В. Ихтиофауна Калининградской области: справочное пособие. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2003. – 128 с.
118. Тылик К.В. Редкие виды рыб Калининградской области // Изучение водных биоресурсов Калининградской области: сб. науч. тр. – Калининград: Изд-во КГТУ, 1996. – с. 51-62.
119. Тылик К.В. Рыбы Калининградской области. – Калининград, 2013. – 105 с.

120. Тылик К.В., Соколов А.В. Рыбы озера Виштынецкого // Озеро Виштынецкое / ред. Тылик К.В., Шибаев С.В. – Калининград: Изд-во "ИП Мишуткина", 2008. – с. 72-86.
121. Тылик К.В., Шибаев С.В. Предварительные данные по биологии лососевых рыб Калининградской области // Изучение водных биоресурсов Калининградской области: сб. науч. тр. – Калининград: Изд-во КГТУ, 1996. – с. 76-84.
122. Тылик К.В., Шибаев С.В. Состав ихтиофауны рек Калининградской области как индикатор их экологического состояния // Аквакультура и биомониторинг водоемов: сб. науч. тр. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2001 г. – с. 132-139.
123. Унифицированные методы исследования качества вод. – М.: СЭВ, 1975. – Ч. 3. Методы биологического анализа вод. – 176 с."
124. Федеральный закон от 20.12.2004 N166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» – М., 2004.
125. Хокс Х.А., Дженкис Р.А. Совместные англо-советские биологические исследования в Ноттингеме в 1977 г. // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. – Л.: Гидрометиздат, 1981. – с. 209-230.
126. Цыбалева Г.А. Зоопланктон и зообентос Правдинского водохранилища (по данным 1979 г.) // Состояние кормовой базы и питание рыб во внутренних водоемах: сб. науч. тр. КТИ. – Калининград: КТИ, 1981 г. – №173. – с. 56-63.
127. Чекановская О.В. Водные малощетинковые черви фауны СССР. – М.-Л.: Издательство Академии наук СССР, 1962. – 411 с.
128. Шибаев С.В. Геоэкологические аспекты переноса биогенных веществ трансграничными реками (на примере Калининградской области) / С.В. Шибаев, Н.Н. Нагорнова, Т.А. Берникова и др. // Известия КГТУ. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2011 г. – №22. – с. 133-141.

129. Шибаева М.Н. Зообентос // Озеро Виштынецкое / ред. К.В. Тылик, С.В. Шибаев. – Калининград: ИП Мишуткина, 2008. – с. 50-55.
130. Шибаева М.Н. Зообентос малых рек Калининградской области как показатель качества воды // Изучение водных биоресурсов Калининградской области: сб. науч. тр. - Калининград: Калининградский государственный технический университет, 1995 г. – с. 85-93.
131. Шибаева М.Н. Зообентос малых рек Самбийского полуострова Алейки и Забавы по материалам 1993-1994 гг. // Изучение водных биоресурсов Калининградской области. – Калининград: КГТУ, 1996 г. – с. 85-92.
132. Шибаева М.Н. Видовое разнообразие зообентоса, биоиндикация и экологическое состояние озер Калининградской области / М.Н. Шибаева, Е.П. Матвеева, Е.А. Масюткина // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – Калининград: БФУ им И. Канта, 2011 г. – №7. – с. 91-96.
133. Шибаева М.Н. Видовое разнообразие зообентоса и биоиндикация внутренних водоемов Калининградской области / М.Н. Шибаева, Е.А. Масюткина, Е.П. Матвеева // Известия КГТУ. – Калининград, 2010., № 19. – с. 172-179.
134. Шибаева М.Н. Видовое разнообразие зоопланктона как показатель экологического состояния водоемов Калининградской области / М.Н. Шибаева, Е.А. Масюткина, Е.П. Матвеева // Известия Калининградского государственного технического университета. – Калининград: КГТУ, 2013 г. – №28. – с. 153-163.
135. Шибаева М.Н. Экологическая характеристика малых рек Калининградской области: автореф. дисс. к.б.н. – Калининград: КГУ, 1997 г. – 27 с.
136. Шибавева М.Н. Экологическое состояние озера Виштынецкого по биоиндикаторам зоопланктона и зообентоса / М.Н. Шибаева, Е.А. Проныкина, Е.П. Матвеева, Е.А. Масюткина и др. // Материалы V

- Международной научной конференции "Иновации в науке и образовании - 2007". – Калининград, 2007. – Ч.1. – с. 101-102
137. Шилова А.И. Хирономиды рыбинского подохранилища. – Л.: Наука, 1976. – 251 с.
138. Шитиков В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
139. Щербина Г.Х. Изменение макрозообентоса озера Камышового после ликвидации утиной фермы // Экология водных беспозвоночных: сб. материалов Международной конференции посвященной 100 летию со дня рождения Ф.Д. Мордухай-Болтовского. – Ярославль: Принтхаус, 2010. – с. 363-366.
140. Щербина Г.Х. Таксономический состав и сапробиологическая значимость донных макробес позвоночных различных пресноводных систем северо-запада России // Экология и морфология беспозвоночных континентальных вод. – Махачкала: Наука ДНЦ, 2010. – с. 426-466.
141. Щербина Г.Х. Роль *Dreissena polymorpha* в донных сообществах оз. Виштынецкого // Зооценозы водоемов бассейна Волги в условиях антропогенного воздействия: тр. ИБВВ РАН. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. – Вып. 67/72. – с. 145-159.
142. Щербина Г.Х. Хирономиды озер Приалтики, их продукты и роль в питании рыб-бентофагов: дис. к.б.н.. – Л.: ЗИН АН СССР, 1985 г.
143. Яковлев В. А. Трофическая структура зообентоса – показатель состояния водных экосистем и качества воды // Водные ресурсы. – 2000. – Т. 27. №2. – С. 237–244.
144. Яковлев В.А. Пресноводный зообентос северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика) – Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2005 – Ч.2. – 145 с.
145. Brundin L. Zur Systematik der Orthocladiinae (Diptera, Chironomidae) // Rep. Inst.Frieschwater Res. – Drottingholm, 1982. – Bd. 37. – S. 5–185.

146. Chaphekar, S.B. An overview on bio-indicators // J.Environ.Biol. – 1991. – V.12, Spec.Numb. – P. 163-168.
147. De Pauw N. Biotic index for sediment quality assessment of watercourses in Flanders, Belgium / N. DePauw, S. Heylen // Aquatic Ecology. – 2001. – Vol. 35. – p. 121–133.
148. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates / eds. D.M. Rosenberg, V.H. Resh. – N.Y.: Chapman & Hall, 1993. – 488 p.
149. Goodnight C.J., Whitley L.S. Oligochaetes as indicator of pollution // Proc. 15th Annual Ind. Waste Conf. Pardue, 1961. – P. 139–142.
150. Gray J.S. Detecting pollution induced changes in communities using the lognormal distribution of individuals among species // Mar. Pollut. Bull. 1981. V. 12. №5. P.173-176.
151. Hering D., Buffagni A., Moog O., Sandin L., Sommerhauser M., Stubauer I., Feld C., Johnson R., Pinto P., Skoulikidi N., Verdenschot P., Zahradkova S. The Development of a System to Assess the Ecological Quality of Streams Based on Macroinvertebrates – Design of the Sampling Programme within the AQEM Project // Internat. Rev. Hydrobiol. – 2003. – v. 88, № 3–4. – P. 345–361.
152. Kelly M.G. Biological monitoring of eutrophication in rivers / M.G. Kelly, B. Whitton // Hydrobiologia. – 1998. –№ 384. – P. 55-67.
153. Kolkwitz R., Marssom M. Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna // Mitteilungen der königlichen Prüfanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung. – Berlin, 1902. – № 1. – p. 33-72.
154. Milbrink G. Communities of Oligochaeta as indicators of the water quality in Lake Hjalmaren // Zoonews. 1973. V.1. №1. P.77-88.
155. Moretti, M.S. Biomonitoring of benthic macroinvertebrates in the middle Doce River watershed / M.S. Moretti, M. Callistoi //Acta Limnol. Bras. – 2005. – Vol. 17(3) . – P. 267–281.

156. Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse // Gas – und Wasserfach. – 1955. - №18 – V.96. – p. 604-618.
157. Pauw N. Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium // Hydrobiologia. – 1983. – № 100. – p. 153-168.
158. Pauw N. River monitoring and assessment methods based on macroinvertebrates / N. De Pauw, W. Gabriels, P.L.M. Goethals // Biological monitoring of rivers. Applications and perspectives. – Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2006. – P. 113–134.
159. Rolauffs P. Entwicklung eines leitbildorientierten Saprobenindexes für die biologische Fließgewässerbewertung / P. Rolauffs, D. Hering, M. Sommerhäuser, S. Jähnig & S. Rödiger // Umweltbundesamt Texte 11/03. Forschungsbericht 200 24 227 – 2003 –137 S.
160. Sæther O.A. Taxonomic studies on Chironomidae: Nanocladius, Pseudochironomus, and the Harnischia complex. – Bull. Fish. Res. Bd Can. 1977. – V. 196. – 143 p.
161. Sládeček V. System of water quality from the biological point of view // Ergebnisse der Limnol. – 1973. – H. 7. – 218 s.
162. Thienemann A. Chironomus Lebel, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der Chironomiden. – Stuttgart, 1954. – V. XX. – 834 s.
163. Uzunov Y. Indicator Value of Freshwater Oligochaeta / Y. Uzunov, V. Kozel, V. Sladecek // Acta hydrochim. Hydrobiol. – 1988. – №16. – p. 173-186.
164. Wegl R. Index für die Limnosaprobität. – Wien, 1983. – 175 s.
165. Woodiwiss F.S. The biological system of stream classification used by the River Trent Board // Chem. Indust. – 1964. – p. 443-447.
166. Zahner R. Organismen als Indicatoren für den Gewässerzustand // Arch. Hyg. und Bacteriol. – 1965. – Bd 149, № 3/4. – s. 243-256.

Приложение А

Видовое разнообразие зообентоса в водных объектах
Калининградской области

№ п/п	Название вида	Река Неман	Реки 1 гр.	Реки 2 гр.	Реки 3 гр.	оз. Виш- тынецкое	Малые озера
сем. Chironomidae							
1	<i>Ablabesmyia lentiginosa</i> (Fries)	+	+	+	+	+	+
2	<i>Ablabesmyia monilis</i> (L.)	+	+	+	+	+	+
3	<i>Ablabesmyia</i> sp. (Johannsen)			+			+
4	<i>Anatopynia plumipes</i> (Fries)		+				
5	<i>Brillia longifurca</i> (Kief.)				+		
6	<i>Brillia modesta</i> (Meig.)		+	+	+	+	
7	<i>Chernovskia ra</i> (Ulomsky)	+			+		
	<i>Chironomus anthracinus</i> (Zetterstedt)					+	
9	<i>Chironomus cingulatus</i> (Meig.)	+	+		+	+	+
10	<i>Chironomus dorsalis</i> (Meig.)	+		+	+	+	+
	<i>Chironomus heterodentatus</i>						
11	(Konstantinov)	+		+	+		
12	<i>Chironomus luridus</i> (Strenzke)		+				
13	<i>Chironomus nigrifrons</i> (Linevich)	+					
	<i>Chironomus nigrocaudatus</i>						
14	(Erbaeva)		+	+	+		
	<i>Chironomus obtusidens</i>						
15	(Goetghebuer)	+					
	<i>Chironomus pallidivittatus</i>						+
16	(Malloch)						
17	<i>Chironomus plumosus</i> (L.)	+	+	+	+	+	+
18	<i>Chironomus sordidatus</i> (Kief.)		+				
19	<i>Chironomus</i> sp. (Meig.)	+	+	+	+	+	+
20	<i>Chironomus tentans</i> (Fabr.)	+				+	+
21	<i>Cladopelma viridula</i> (L.)	+	+	+	+	+	+
22	<i>Cladotanytarsus mancus</i> (Walk.)	+		+	+	+	+
23	<i>Cladotanytarsus</i> sp. (Walk.)	+		+			
	<i>Cladotanytarsus vanderwulpi</i>						
24	(Edwards)	+					
25	<i>Clinotanypus nervosus</i> (Meig.)	+	+	+	+	+	+
26	<i>Corynoneura scutellata</i> (Winnertz)			+			
27	<i>Corynoneura</i> sp. (Winnertz)			+	+		
28	<i>Cricotopus algarum</i> (Kief.)	+		+	+	+	+
29	<i>Cricotopus bicinctus</i> (Meig.)	+			+		
30	<i>Cricotopus fuscus</i> (Edwards)				+		
31	<i>Cricotopus latidentatus</i> (Tshern.)	+				+	
32	<i>Cricotopus silvestris</i> (Fabr.)	+	+	+	+	+	+
33	<i>Cricotopus</i> sp. (Wulp)		+	+	+		
	<i>Cryptochironomus borysthenicus</i>						
34	(Tsher.)			+	+		
35	<i>Cryptochironomus defectus</i> (Kief.)	+	+	+	+	+	+

Продолжение Приложения А

№ п/п	Название вида	Река Неман	Реки 1 гр.	Реки 2 гр.	Реки 3 гр.	оз. Виш- тынецкое	Малые озера
36	<i>Cryptochironomus</i> sp. (Kieffer)	+	+	+	+	+	+
	<i>Cryptotendipes nigronitens</i> (Edwards)						
37		+	+	+	+		
38	<i>Cryptotendipes</i> sp. (Lenz)			+	+		
39	<i>Demeijerea rufipes</i> (L.)	+					
	<i>Demicryptochironomus vulneratus</i> (Zett.)						
40		+	+	+	+	+	+
41	<i>Diamesa insignipes</i> (Kieff.)		+			+	
42	<i>Diamesa</i> sp. (Meigen)				+		
43	<i>Dicrotendipes nervosus</i> (Staeger)	+	+	+	+	+	+
44	<i>Dicrotendipes tritomus</i> (Kief.)	+	+	+	+	+	+
45	<i>Diplocladius cultriger</i> (Kieff.)			+			
46	<i>Einfeldia</i> sp. (Keiffer)				+		
	<i>Endochironomus albipennis</i> (Meig.)		+		+	+	+
47		+	+		+	+	+
48	<i>Endochironomus</i> sp. (Fabr.)		+				
49	<i>Endochironomus tendens</i> (Fabr.)	+		+	+	+	+
50	<i>Epoicocladius flavens</i> (Malloch)		+	+	+	+	
51	<i>Eukiefferiella alpestris</i> (Goetgh.)				+		
52	<i>Eukiefferiella bavarica</i> (Goetgh.)	+					
	<i>Eukiefferiella claripennis</i> (Lundbeck)					+	
53							
54	<i>Eukiefferiella coerulescens</i> (Kieff.)	+					
55	<i>Eukiefferiella longicalcar</i> (Kieff.)				+		
	<i>Eukiefferiella longipes</i> (Tshernovskij)					+	
56							
57	<i>Eukiefferiella</i> sp. (Thienemann)	+		+	+		
	<i>Eukiefferiella tschernovskii</i> (Pankratova)						
58		+					
59	<i>Glyptotendipes barbipes</i> (Staeg.)	+				+	
60	<i>Glyptotendipes glaucus</i> (Meig.)	+	+	+	+		+
61	<i>Glyptotendipes gripekoveni</i> (Kief.)	+	+	+	+	+	+
	<i>Harnischia curtilamellata</i> (Malloch)						
62		+	+		+		
63	<i>Harnischia fuscimana</i> (Kief.)				+		
	<i>Heterotrissocladius marcidus</i> (Walker)				+		
64							
65	<i>Kloosia</i> sp. (Kruseman)	+					
66	<i>Limnophyes prolongatus</i> (Kief.)		+				
67	<i>Limnophyes pusillus</i> (Eaton)	+	+	+			
68	<i>Limnophyes</i> sp. (Eaton)		+	+	+		
	<i>Limnophyes transcaucasicus</i> (Tshernovskij)				+		
69							
70	<i>Lipiniella arenicola</i> (Shilova)	+			+		
71	<i>Microchironomus tener</i> (Kieff.)	+		+			+

Продолжение Приложения А

№ п/п	Название вида	Река Неман	Реки 1 гр.	Реки 2 гр.	Реки 3 гр.	оз. Виш- тынецкое	Малые озера
72	<i>Microcricotopus bicolor</i> (Zetterstedt)					+	
73	<i>Micropsectra praecox</i> (Meig.)	+	+	+	+	+	
74	<i>Microtendipes pedellus</i> (De Geer)	+	+	+	+	+	+
75	<i>Monodiamesa bathyphila</i> (Kieff.)		+	+	+	+	
76	<i>Orthocladiinae acuticauda</i> (Pagast)	+					
77	<i>Orthocladius siccicola</i> (Kief.)	+		+	+	+	
78	<i>Orthocladius semivirens</i> (Edw.)				+		
79	<i>Parachironomus pararostratus</i> (Lenz)	+			+	+	+
80	<i>Parachironomus</i> sp. (Lenz)					+	
81	<i>Parachironomus vitiosus</i> (Goetghebuer)	+		+			
82	<i>Paracladopelma camptolabis</i> (Kief.)	+	+	+	+	+	
83	<i>Paralauterborniella nigrohalteralis</i> (Malloch)	+	+				
84	<i>Paratanytarsus austriacus</i> (Kieffer)		+	+			
85	<i>Paratanytarsus confusus</i> (Palmen)	+			+		
86	<i>Paratanytarsus lauterborni</i> (Kief.)	+			+	+	+
87	<i>Paratanytarsus quintuplex</i> (Kief.)			+			
88	<i>Paratanytarsus</i> sp. (Thienemann & Bause)	+	+	+	+	+	+
89	<i>Paratendipes albimanus</i> (Meig.)	+	+	+	+	+	+
90	<i>Paratendipes intermedius</i> (Tshernovskij)	+					
91	<i>Pentapedilum exectum</i> (Kief.)	+	+	+	+	+	+
92	<i>Polypedilum birenatum</i> (Kieff.)	+	+	+	+	+	+
93	<i>Polypedilum convictum</i> (Walk.)	+	+	+	+	+	+
94	<i>Polypedilum nubeculosum</i> (Meig.)	+	+	+	+	+	+
95	<i>Polypedilum pedestre</i> (Meig.)	+		+		+	
96	<i>Polypedilum scalaenum</i> (Schrank)	+	+	+	+	+	
97	<i>Polypedilum</i> sp. (Kief.)	+		+	+		+
98	<i>Polypedilum tetricrenatum</i> (Hirvenoja)	+	+	+	+	+	
99	<i>Pothastia gaedii</i> (Meig.)	+			+		
100	<i>Pothastia longimanus</i> (Kieff.)	+			+	+	
101	<i>Procladius choreus</i> (Meig.)	+	+	+	+	+	+
102	<i>Procladius ferrugineus</i> (Kief.)	+	+	+	+	+	+
103	<i>Procladius</i> sp. (Skuse)		+			+	
104	<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meig.)		+	+	+	+	
105	<i>Prodiamesa rufovittata</i> (Goetgh.)		+	+			
106	<i>Psectrocladius dilatatus</i> (Kief.)	+		+			
107	<i>Psectrocladius ishimicus</i> (Tshernovskij)	+		+		+	

Продолжение Приложения А

№ п/п	Название вида	Река Неман	Реки 1 гр.	Реки 2 гр.	Реки 3 гр.	оз. Виш- тынецкое	Малые озера
108	<i>Psectrocladius psilopterus</i> (Kief.)	+	+	+	+	+	+
	<i>Psectrocladius simulans</i> (Jochannsen)				+	+	+
109			+		+	+	
110	<i>Psectrocladius</i> sp. (Kief.)		+	+			
111	<i>Psectrotanypus varius</i> (Fabricius)	+	+	+		+	
	<i>Pseudochironomus prasinatus</i> (Staeger)						+
112							
113	<i>Rheotanytarsus exiguus</i> (Johannsen)	+			+		
114	<i>Rheotanytarsus</i> sp. (Thienemann & Bause)	+	+	+	+		
115	<i>Robackia demejerei</i> (Kruseman)	+					
116	<i>Sergentia coracina</i> (Zetterstedt)					+	
117	<i>Sergentia longiventris</i> (Kief.)		+	+	+	+	
118	<i>Stenochironomus</i> sp. (Kief.)	+	+		+		+
	<i>Stictochironomus "connectens</i>						
119	<i>№2</i> " (Lipina)	+				+	
120	<i>Stictochironomus crassiforceps</i> (Kief.)	+	+	+	+	+	
121	<i>Stictochironomus</i> sp. (Kief.)	+		+	+		
122	<i>Syndiamesa</i> sp. (Kief.)		+				
	<i>Synorthocladius semivirens</i>						
123	<i>(Keiffer)</i>	+			+		
124	<i>Tanypus punctipennis</i> (Meig.)				+	+	+
125	<i>Tanypus vilipennis</i> (Kief.)		+	+	+	+	+
	<i>Tanytarsus anduennensis</i>						
126	<i>(Goetghebuer)</i>					+	
127	<i>Tanytarsus excavatus</i> (Edwards)	+	+		+	+	
128	<i>Tanytarsus gregarius</i> (Kief.)	+	+	+	+	+	+
129	<i>Tanytarsus lestagei</i> (Goetghebuer)	+	+				
130	<i>Tanytarsus lobatifrons</i> (Kief.)	+	+	+	+	+	+
	<i>Tanytarsus medius</i> (Reiss &						
131	<i>Fittkau)</i>		+	+	+		
132	<i>Tanytarsus mendax</i> (Kieff.)			+			
133	<i>Tanytarsus pallidicornis</i> (Walker)	+	+	+	+	+	
134	<i>Tanytarsus</i> sp. (Van Der Wulp)	+	+		+	+	
135	<i>Tanytarsus usmaensis</i> (Pagast)				+	+	
136	<i>Tanytarsus verralli</i> (Goetghebuer)	+		+	+		
	<i>Thienemanniella flaviforceps</i>						
137	<i>(Kieffer)</i>					+	
138	<i>Thienemanniella fusca</i> (Kief.)	+		+	+		
139	<i>Thienemanniella</i> sp. (Kief.)					+	
140	<i>Trichocladius inaequalis</i> (Kief.)	+	+	+			+
	<i>Trissocladius potamophilus</i>						
141	<i>(Tshernovskij)</i>	+	+	+	+		

№ п/п	Название вида	Река Неман	Реки 1 гр.	Реки 2 гр.	Реки 3 гр.	оз. Виш- тынецкое	Малые озера
142	<i>Virgatanytarsus anduennensis</i> (Goetghebuer)	+					
кл. Crustacea							
143	<i>Argulus foliaceus</i> (L.)					+	
144	<i>Asellus aquaticus</i> (L.)	+	+	+	+	+	+
145	<i>Corophium curvispinum</i> (G. O. Sars)	+			+		
146	<i>Corophium</i> sp. (Latreille)	+	+	+	+		
147	<i>Gammarus duebeni</i> (Lilljeborg)	+			+		
148	<i>Gammarus lacustris</i> (G. O. Sars)	+	+	+	+	+	+
149	<i>Gammarus locusta</i> (L.)	+	+	+	+	+	+
150	<i>Gammarus pulex</i> (L.)	+		+	+	+	
151	<i>Gammarus</i> sp. (Fabricius)	+	+	+	+	+	
152	<i>Mysidae</i> sp. (Haworth)	+		+			
153	<i>Mysis relicta</i> (Lovén)	+			+		
154	<i>Astacus astacus</i> (L.)	+			+		+
155	<i>Pacifastacus leniusculus</i> (Dana)				+		
156	<i>Pallasiola quadrispinosa</i> (Sars)					+	
отр. Ephemeroptera							
157	<i>Ametropus fragilis</i> (Albarda)	+					
158	<i>Baetidae</i> (Leach)				+	+	
159	<i>Baetis rhodani</i> (Pict.)	+	+	+	+		
160	<i>Caenis horaria</i> (L.)	+	+	+	+	+	+
161	<i>Caenis macrura</i> (Stephens)	+	+	+	+	+	+
162	<i>Caenis</i> sp. ((пусто))		+				
163	<i>Centroptilum luteolum</i> (Mull.)	+		+	+	+	+
164	<i>Cloeon dipterum</i> (L.)	+	+	+	+	+	+
165	<i>Cloeon simile</i> (Eaton)		+	+	+	+	+
166	<i>Cloeon</i> sp. (Leach)		+				
167	<i>Ephemera lineata</i> (Eaton)	+		+	+		
168	<i>Ephemera vulgata</i> (L.)	+	+	+	+	+	
169	<i>Ephemerella ignita</i> (Poda)	+		+	+	+	
170	<i>Eurylophella karellica</i> (Tiensuu)			+			
171	<i>Heptagenia flava</i> (Rostock)				+		
172	<i>Heptagenia fuscogrisea</i> (Retzius)	+		+	+	+	
173	<i>Heptagenia</i> sp. (Walsh)	+	+		+	+	
174	<i>Heptagenia sulphurea</i> (Mull.)	+			+	+	
175	<i>Leptophlebia marginata</i> (L.)		+	+			
176	<i>Leptophlebia</i> sp. (Westwood)					+	
177	<i>Leptophlebia vespertina</i> (L.)				+		
178	<i>Nigrobaetis niger</i> (L.)		+	+			
179	<i>Paraleptophlebia submarginata</i> (Stheph.)	+	+	+	+		

№ п/п	Название вида	Река Неман	Реки 1 гр.	Реки 2 гр.	Реки 3 гр.	оз. Виш- тынецкое	Малые озера
180	<i>Potamanthus luteus</i> (L.)				+	+	
181	<i>Potamanthus</i> sp. (Pictet)				+		
182	<i>Procloeon bifidum</i> (Bengtsson)		+	+	+		
п/кл. Hirudinea							
183	<i>Batracobdella paludosa</i> (Carena)		+				
184	<i>Erpobdella lineata</i> (O.F.Müller)	+	+		+	+	
185	<i>Erpobdella nigricollis</i> (Brand.)	+	+	+	+	+	+
186	<i>Erpobdella octoculata</i> (L.)	+	+	+	+	+	+
187	<i>Glossiphonia</i> sp. (Johnson)			+		+	
188	<i>Glossiphonia complanata</i> (L.)	+	+	+		+	+
189	<i>Glossiphonia concolor</i> (Apathy)		+		+	+	
190	<i>Glossiphonia heteroclita</i> (L.)	+	+	+	+	+	+
191	<i>Haementeria costata</i> (Fr. Müller)	+					
192	<i>Helobdella stagnalis</i> (L.)	+	+	+	+	+	+
	<i>Hemiclepsis marginata</i> (O.F.Müller)						
193		+	+	+	+	+	
194	<i>Hirudo medicinalis</i> (L.)						+
195	<i>Piscicola fasciata</i> (Koll.)	+	+	+	+	+	
196	<i>Piscicola geometra</i> (L.)	+	+	+	+		
197	<i>Protoclepsis maculosa</i> (Rathke)			+	+		+
198	<i>Protoclepsis</i> sp. (Livanow)			+			
тип Mollusca							
199	<i>Acroloxus lacustris</i> (L.)		+		+		+
200	<i>Acroloxus</i> sp. (Beck)					+	
201	<i>Amesoda solida</i> (Normand)	+			+		
202	<i>Ancylus fluviatilis</i> (O. F. Müller)				+		
203	<i>Anisus acronicus</i> (Ferrusac)				+		
204	<i>Anisus albus</i> (Mull.)					+	
205	<i>Anisus contortus</i> (L.)					+	
206	<i>Anisus dispar</i> (Westerlund)				+	+	
207	<i>Anisus</i> sp. (Studer)	+			+	+	
208	<i>Anisus vortex</i> (L.)	+					
209	<i>Anisus vorticulus</i> (Troschel)					+	
210	<i>Anodonta cygnea</i> (L.)	+	+				
211	<i>Anodonta piscinalis</i> (Nilsson)	+		+	+		
212	<i>Anodonta</i> sp. (Lamarck)		+		+		+
213	<i>Anodonta stagnalis</i> (Gmel)	+		+			+
214	<i>Anodonta subcircularis</i> (Clessin)	+	+	+			
215	<i>Bithynia leachii</i> (Shepp.)	+	+	+	+	+	
216	<i>Bithynia</i> sp. (Leach)				+		
217	<i>Bithynia tentaculata</i> (L.)	+	+	+	+	+	+
218	<i>Borysthenia naticina</i> (Menke)	+	+	+		+	+

Продолжение Приложения А

№ п/п	Название вида	Река Неман	Реки 1 гр.	Реки 2 гр.	Реки 3 гр.	оз. Виш- тынецкое	Малые озера
219	<i>Choanomphalus rossmaessleri</i> (Schmidt)	+					
220	<i>Dreissena polymorpha</i> (Pall.)	+	+	+	+	+	+
221	<i>Euglesidae</i>	+	+	+	+	+	+
222	<i>Hippeutis</i> sp. (Charpentier)				+		
	<i>Lithoglyphus naticoides</i> (C.Pfeiffer)			+	+		+
224	<i>Lymnaea auricularia</i> (L.)	+	+		+	+	+
225	<i>Lymnaea corvus</i> (Gmelin)	+					
226	<i>Lymnaea fusca</i> (C.Pfeiffer)		+		+		
227	<i>Lymnaea glabra</i> (L.)						+
228	<i>Lymnaea glutinosa</i> (Mull.)	+	+	+	+		
229	<i>Lymnaea intermedia</i> (Lamarck)	+					+
230	<i>Lymnaea lagotis</i> (Schac.)				+	+	+
231	<i>Lymnaea ovata</i> (Drap.)	+	+	+	+	+	+
232	<i>Lymnaea patula</i> (Costa)		+		+	+	
233	<i>Lymnaea</i> sp. (Lamarck)	+	+		+	+	
234	<i>Lymnaea stagnalis</i> (L.)	+		+	+	+	+
235	<i>Lymnaea turricula</i> (Held)					+	
236	<i>Musculium ryckholti</i> (Normand)				+		
237	<i>Musculium</i> sp. (Link)				+		+
238	<i>Neopisidium</i> sp. (Odhner)			+	+		
239	<i>Physa fontinalis</i> (L.)		+	+	+	+	
240	<i>Pisidium amnicum</i> (Mull.)	+	+	+	+	+	+
241	<i>Pisidium inflatum</i> (Muhrfeld)			+			
242	<i>Planorbarius banaticus</i> (Lang)	+			+		
243	<i>Planorbarius corneus</i> (L.)	+				+	
244	<i>Planorbarius grandis</i> (Dunker)	+				+	
245	<i>Planorbis carinatus</i> (Mull.)	+					
246	<i>Planorbis planorbis</i> (L.)	+	+		+	+	+
247	<i>Pseudanodonta complanata</i> (Rossmaessler)					+	
248	<i>Pseudanodonta kletti</i> (Rossmaessler)	+		+			+
249	<i>Segmentina nitida</i> (O. F. Müller)		+		+	+	
250	<i>Sphaerium corneum</i> (L.)	+	+		+		
251	<i>Sphaerium nitidum</i> (Clessin)	+	+	+	+	+	+
252	<i>Sphaerium nucleus</i> (Studer)		+	+	+		
253	<i>Sphaerium rivicola</i> (Lamarck)	+	+		+		+
254	<i>Sphaerium</i> sp. (Scopoli)	+	+		+		
255	<i>Theodoxus fluviatilis</i> (L.)	+	+	+	+		
256	<i>Unio longirostris</i> (Rossm.)		+				
257	<i>Unio ovalis</i> (Montagu)	+	+	+	+		+

№ п/п	Название вида	Река Неман	Реки 1 гр.	Реки 2 гр.	Реки 3 гр.	оз. Виш- тынецкое	Малые озера
258	<i>Unio pictorum</i> (L.)	+	+	+	+		+
259	<i>Unio tumidus</i> (Philipsson)				+		
260	<i>Valvata ambigua</i> (West.)	+	+	+	+	+	+
261	<i>Valvata cristata</i> (O.F. Müller)					+	
262	<i>Valvata depressa</i> (C.Pfeiffer)		+	+	+	+	+
263	<i>Valvata piscinalis</i> (Mull.)			+	+	+	+
264	<i>Valvata planorbulina</i> (Paladilhe)		+		+		
265	<i>Valvata pulchella</i> (Studer)			+	+		
266	<i>Valvatidae</i> sp. ((пусто))	+					
267	<i>Viviparus contectus</i> (Millet)	+	+		+		+
268	<i>Viviparus viviparus</i> (L.)	+	+	+	+	+	+
отр. Odonata							
269	<i>Aeshna affinis</i> (Van der Linden)	+			+		
270	<i>Aeshna cyanea</i> (Mull.)						+
271	<i>Aeshna grandis</i> (L.)	+	+		+		
272	<i>Aeshna viridis</i> (Eversmann)	+		+	+		
273	<i>Calopteryx splendens</i> (Harris)	+		+	+		
274	<i>Calopteryx virgo</i> (L.)	+	+	+	+		
	<i>Coenagrion hastulatum</i>						
275	(Charpentier)					+	
276	<i>Coenagrion ornatum</i> (Charp.)		+		+		+
277	<i>Coenagrion puella</i> (L.)			+	+	+	+
	<i>Coenagrion pulchellum</i> (Vander						
278	Linden)	+	+		+	+	+
279	<i>Coenagrion</i> sp. (Kirby)		+			+	+
280	<i>Coenagrionidae</i> (Kirby)						+
281	<i>Cordulia aenea</i> (L.)		+			+	
282	<i>Enallagma cyathigerum</i> (Charp.)						+
283	<i>Erythromma najas</i> (Hansemann)		+	+	+		+
284	<i>Gomphus vulgatissimus</i> (L.)	+			+		
285	<i>Ischnura elegans</i> (Vander Linden)	+		+			+
286	<i>Ischnura pumilio</i> (Charpentier)	+			+		+
287	<i>Lestes sponsa</i> (Hansemann)				+		
	<i>Leucorrhinia caudalis</i>						
288	(Charpentier)				+		
	<i>Leucorrhinia pectoralis</i>						
289	(Charpentier)	+		+			+
290	<i>Libellula depressa</i> (L.)						+
291	<i>Libellula quadrimaculata</i> (L.)					+	
292	<i>Libellula</i> sp. (L.)					+	
293	<i>Onychogomphus forcipatus</i> (L.)				+		
294	<i>Ophiogomphus cecilia</i> (Fourcroy)	+			+		
295	<i>Platycnemis pennipes</i> (Pall.)	+		+	+		+

Продолжение Приложения А

№ п/п	Название вида	Река Неман	Реки 1 гр.	Реки 2 гр.	Реки 3 гр.	оз. Виш- тынецкое	Малые озера
296	<i>Pyrrhosoma nymphula</i> (Sulzer)			+			
297	<i>Somatochlora metallica</i> (Vand.)		+	+		+	
298	<i>Somatochlora</i> sp. (Vand.)					+	
299	<i>Stylurus flavipes</i> (Charpentier)	+	+	+	+	+	
300	<i>Sympetrum fusca</i> (Vander Linden)			+			
301	<i>Sympetrum flaveolum</i> (L.)				+		
302	<i>Sympetrum</i> sp. (Newman)						+
п/кл. Oligochaeta							
303	<i>Aulodrilus pigueti</i> (Kowalewski)	+		+	+	+	
304	<i>Aulodrilus</i> sp. (Bretschner)	+		+			
305	<i>Chaetogaster diastrophus</i> (Gruithuisen)					+	
306	<i>Chaetogaster limnaei</i> (Baer)	+			+	+	
307	<i>Enchytraeidae</i> (Vejdovský)	+	+		+		
308	<i>Enchytraeidae</i> sp. (Vejdovský)		+		+		
309	<i>Fridericia</i> sp. (Michaelsen)	+					
310	<i>Isochaetides michaelseni</i> (Lastock)	+	+	+	+	+	+
311	<i>Isochaetides newaensis</i> (Mich.)	+	+	+	+	+	
312	<i>Isochaetides</i> sp. (Hrabe)				+		
	<i>Limnodrilus claparedeanus</i>						
313	(Ratzel)	+	+	+	+		+
314	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (Clap.)	+	+	+	+	+	+
315	<i>Limnodrilus</i> sp. (Claparede)	+	+	+	+	+	+
316	<i>Limnodrilus udekemianus</i> (Clap.)	+	+	+	+	+	
317	<i>Lumbricidae</i>		+	+			
318	<i>Lumbriculus</i> sp. (Grube)			+	+		
319	<i>Lumbriculus variegatus</i> (Mull.)	+	+	+	+	+	
320	<i>Naididae</i>	+		+	+	+	
321	<i>Nais barbata</i> (Mull.)	+					
322	<i>Nais elinguis</i> (Mull.)		+				
323	<i>Nais pseudobtusa</i> (Piguet)		+				
324	<i>Nais simplex</i> (Piguet)			+			
325	<i>Nais</i> sp. (O.F. Müller)	+		+			+
326	<i>Nais variabilis</i> (Piquet)	+		+	+	+	
327	<i>Ophidona serpentina</i> (O. F. Müller)	+	+	+	+		+
328	<i>Peloscolex ferox</i> (Eisen)	+	+	+	+	+	+
329	<i>Potamothrix hammoniensis</i> (Mich.)	+	+	+	+	+	+
330	<i>Potamothrix moldaviensis</i> (Vejdovsky)	+		+	+	+	+
331	<i>Potamothrix</i> sp. (Vejdovský & Mrazek)	+	+	+	+	+	+
332	<i>Pristina aequiseta</i> (Bourne)					+	

Продолжение Приложения А

№ п/п	Название вида	Река Неман	Реки 1 гр.	Реки 2 гр.	Реки 3 гр.	оз. Виш- тынецкое	Малые озера
333	<i>Pristina bilobata</i> (Bretschner)	+					
334	<i>Propappus</i> sp. (Mich.)					+	
335	<i>Propappus volki</i> (Mich.)					+	
336	<i>Psammoryctides albicola</i> (Mich.)	+				+	+
337	<i>Psammoryctides barbatus</i> (Grube)	+	+	+	+	+	
338	<i>Psammoryctides</i> sp. (Hrabe)	+		+		+	
339	<i>Rhyacodrilus</i> sp. (Bretschner)	+	+		+	+	
340	<i>Stylaria lacustris</i> (L.)	+	+	+	+	+	+
341	<i>Stylodrilus</i> sp. (Claparede)	+	+	+	+	+	
342	<i>Tubifex</i> sp. (Mull.)		+	+	+		
343	<i>Tubifex tubifex</i> (Mull.)	+	+	+	+	+	+
344	<i>Tubificidae</i>			+			
345	<i>Uncinaria uncinata</i> (Orsted)	+			+	+	+
отр. Trichoptera							
346	<i>Agraylea multipunctata</i> (Curtis)				+	+	
347	<i>Agrypnia pagetana</i> (Curtis)	+	+	+	+		
348	<i>Anabolia soror</i> (MacLachlan)	+	+	+	+	+	+
349	<i>Anabolia</i> sp. (Stephens)			+			
350	<i>Apatania auricula</i> (Forsslund)				+		
351	<i>Arctopsyche ladogensis</i> (Kolenati)					+	
352	<i>Athripsodes aterrimus</i> (Stephens)			+	+	+	+
353	<i>Athripsodes cinereus</i> (Curt.)	+			+	+	
354	<i>Athripsodes</i> sp. (Billberg)			+		+	
355	<i>Brachycentrus subnubilis</i> (Curtis)	+		+	+		
356	<i>Ceraclea annulicornis</i> (Stephens)			+			
357	<i>Chaetopteryx sahlbergi</i> (McLachlan)				+		
358	<i>Cheumatopsyche lepida</i> (Pictet)	+					
359	<i>Cyrnus flavidus</i> (McLachlan)	+		+	+	+	+
360	<i>Ecnomus tenellus</i> (Rambur)	+	+	+	+	+	+
361	<i>Goera pilosa</i> (Fabr.)					+	
362	<i>Halesus interpunctatus</i> (Zetterstedt)		+	+	+	+	
363	<i>Halesus radiatus</i> (Curtis)			+			
364	<i>Halesus</i> sp. (Stephens)			+			
365	<i>Holocentropus picicornis</i> (Steph.)					+	
366	<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curt.)	+	+	+	+	+	
367	<i>Hydropsyche ornatula</i> (MacLachlan)	+	+	+	+		
368	<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis)	+			+		
369	<i>Hydroptila tineoides</i> (Dalman)	+			+		
370	<i>Lepidostoma hirtum</i> (Fabr.)				+		
371	<i>Leptocerus tineiformis</i> (Curtis)	+				+	

Продолжение Приложения А

№ п/п	Название вида	Река Неман	Реки 1 гр.	Реки 2 гр.	Реки 3 гр.	оз. Виш- тынецкое	Малые озера
372	Limnephilidae	+		+			
373	Limnephilus borealis (Zetterstedt)	+	+	+	+		
374	Limnephilus flavicornis (Fabr.)	+		+	+	+	
375	Limnephilus politus (MacLachlan)	+	+	+	+	+	+
376	Limnephilus rhombicus (L.)		+	+	+	+	+
377	Limnephilus sp. (Leach)	+	+	+	+	+	+
378	Lype phaeopa (Stephens)				+		
379	Molanna angustata (Curtis)	+	+	+	+	+	
380	Mystacides azurea (L.)		+		+	+	+
381	Mystacides longicornis (L.)			+	+	+	+
382	Mystacides sp. (Berthold)					+	
383	Neureclipsis bimaculata (L.)	+	+		+	+	
384	Notidobia ciliaris (L.)			+	+	+	
385	Oligostomis reticulata (L.)		+	+		+	
386	Oligotricha striata (L.)		+				
387	Oxyethira costalis (Curt.)					+	
388	Oxyethira sp. (Eaton)					+	
389	Phryganea bipunctata (Retzius)	+	+	+	+	+	+
390	Plectrocnemia conspersa (Curt.)					+	
391	Polycentropus flavomaculatus (Pict.)		+	+	+	+	+
392	Potamophylax latipennis (Curtis)			+			
393	Potamophylax rotundipennis (Brauer)		+	+	+		
394	Potamophylax sp. (Wallengren)					+	
395	Rhyacophila nubila (Zett.)			+	+		
396	Rhyacophila sp. (Pictet)			+	+		
397	Semblis phalaenoides (L.)			+	+		+
398	Semblis sp. (Fabricius)	+					
399	Silo pallipes (Fabr.)			+		+	
400	Tinoides waeneri (L.)	+				+	
401	Triaenodes bicolor (Curtis)				+		

Прочие**отр. Coleoptera**

402	Agabus sp. (Leach)	+	+	+		+	
403	Agabus undulatus (Schrank)	+	+		+		
404	Aulonogyrus concinnus (Klug)				+		
405	Chrysomelidae (Latreille)					+	
406	Coleoptera	+	+				
407	Colymbetes sp. (Clairville)	+	+		+	+	
408	Donacia sp. (Fabricius)			+		+	
409	Dytiscidae (Leach)			+			

Продолжение Приложения А

№ п/п	Название вида	Река Неман	Реки 1 гр.	Реки 2 гр.	Реки 3 гр.	оз. Виш- тынецкое	Малые озера
410	<i>Dytiscus</i> sp. (L.)				+		
411	<i>Elmidae</i> sp. (Curtis)	+		+	+		
412	<i>Elmis</i> sp. (Latreille)			+	+		
413	<i>Elodes minuta</i> (L.)						+
414	<i>Gyrinus</i> sp. (Geoffroy)				+		
415	<i>Haliplus</i> sp. (Latreille)	+	+			+	
416	<i>Haliplus varius</i> (Nicolai)					+	
417	<i>Helophorus</i> sp. (Fabricius)	+					
418	<i>Hydraena riparia</i> (Kugelann)				+		
419	<i>Hydraena</i> sp. (Kugelann)				+		
420	<i>Hydrophilidae</i> (Latreille)			+			
421	<i>Hydroporus</i> sp. (Clairville)	+			+		
422	<i>Isotomidae</i> sp. (Schäffer)				+		
423	<i>Laccobius</i> sp. (Erichson)				+		
424	<i>Laccophilus</i> sp. (Leach)			+	+		
425	<i>Limnius</i> sp. (Illiger)				+	+	
426	<i>Nebrioporus depressus</i> (Fabr.)	+					
427	<i>Orectochilus villosus</i> (Mull.)				+		
428	<i>Oulimnius</i> (Des Gozis)				+		
429	<i>Oulimnius</i> sp. (Des Gozis)				+		
430	<i>Peltodytes caesus</i> (Duftschmid)				+		
431	<i>Peltodytes</i> sp. (Régimbart)			+			
432	<i>Platambus</i> sp. (C.G. Thomson)	+					
отр. Hemiptera							
433	<i>Aphelocheirus aestivalis</i> (Fabr.)	+			+		
434	<i>Aphelocheirus</i> sp. (Westwood)	+			+		
435	<i>Corixa dentipes</i> (Thomson)	+					
436	<i>Corixa</i> sp. (Geoffroy)	+	+	+	+		
437	<i>Corixidae</i> (Leach)	+		+	+	+	+
438	<i>Gerris lacustris</i> (L.)				+		
439	<i>Hebridae</i> sp. (Amyot and Serville)			+			
440	<i>Hebrus</i> sp. (Curtis)				+		
441	<i>Hemiptera</i> sp. (L.)		+	+	+		+
442	<i>Hesperocorixa sahlbergi</i> (Fieber)		+				
443	<i>Hydrometra</i> sp. (Latreille)				+		
444	<i>Isoperla grammatica</i> (Poda)				+		
445	<i>Micronecta</i> sp.						+
446	<i>Microvelia pygmaea</i> (Dufour)						+
447	<i>Naucoris cimicoides</i> (L.)				+		
448	<i>Naucoris</i> sp. (Geoffroy)	+	+				
449	<i>Nepa cinerea</i> (L.)		+	+	+		
450	<i>Nepidae</i> (Latreille)			+			

Продолжение Приложения А

№ п/п	Название вида	Река Неман	Реки 1 гр.	Реки 2 гр.	Реки 3 гр.	оз. Виш- тынецкое	Малые озера
451	<i>Noterus clavicornis</i> (De Geer)	+					
452	<i>Notonecta glauca</i> (L.)	+		+		+	
453	<i>Notonecta</i> sp. (L.)	+		+	+	+	
454	<i>Plea minutissima</i> (Leach)	+				+	
455	<i>Ranatra linearis</i> (L.)				+		
456	<i>Sigara falleni</i> (Fieber)	+		+		+	
457	<i>Sigara</i> sp. (Fabricius)	+		+			
отр. Diptera							
458	<i>Antocha</i> (Sacken)				+		
459	<i>Atherix ibis</i> (Fabr.)				+		
460	<i>Atherix</i> sp. (Meigen)	+			+		
461	<i>Atrichops crassipes</i> (Meigen)				+		
462	<i>Ceratopogonidae</i> (Grassi)	+	+	+	+	+	+
463	<i>Chaoborus crystallinus</i> (De Geer)		+		+		+
464	<i>Chaoborus</i> sp. (Lichtenstein)	+	+	+	+	+	+
465	<i>Dicranota bimaculata</i> (Schummel)			+	+	+	
466	<i>Eriocera</i> sp. (Macquart)	+		+			
467	<i>Helius</i> sp. (Lepeletier & Serville)				+		
468	<i>Hoplolabis vicina</i> (Tonnoir)	+					
469	<i>Limoniidae</i> (Rondani)	+	+	+	+		
470	<i>Limoniidae</i> sp. (Rondani)	+	+	+			
471	<i>Psychoda</i> sp. (Latreille)				+		
472	<i>Psychodidae</i> (Bigot)		+				
473	<i>Rhagionidae</i> sp. (Latreille)				+		
474	<i>Simulium</i> sp. (Latreille)	+	+	+	+	+	
475	<i>Stratiomyidae</i>		+				
476	<i>Symplecta</i> sp. (Meigen)	+					+
477	<i>Tabanidae</i> (Latreille)	+		+			
478	<i>Tabanus</i> sp. (L.)	+	+	+	+	+	
479	<i>Tipula</i> sp. (L.)	+	+	+	+	+	
отр. Plecoptera							
480	<i>Brachyptera risi</i> (Morton)		+	+			
481	<i>Leuctra</i> sp. (Stephens)					+	
482	<i>Nemoura cinerea</i> (Retzius)		+	+	+		
483	<i>Nemoura dubitans</i> (Morton)			+			
484	<i>Nemoura marginata</i> (Pictet)					+	
485	<i>Nemoura</i> sp. (Latreille)	+		+	+		
486	<i>Perlodidae</i>					+	
487	<i>Taeniopteryx nebulosa</i>					+	
488	<i>Xanthoperla apicalis</i> (Newman)				+	+	
отр. Megaloptera							
489	<i>Sialis lutaria</i> (L.)	+	+	+	+	+	+

Продолжение Приложения А

№ п/п	Название вида	Река Неман	Реки 1 гр.	Реки 2 гр.	Реки 3 гр.	оз. Виш- тынецкое	Малые озера
отр. Lepidoptera							
490	Lemoniidae sp. (Hampson)			+			
491	Paraponyx sp. (Hbn.)				+		+
сем. Hydrachnidae							
492	Hydrachna sp. (Fabricius)	+	+	+	+	+	+
493	Hydrachnellaе		+	+		+	
494	Hygrobates sp. (Koch)	+			+		
495	Lebertia sp. (Neuman)				+		
496	Libertia sp. (Neuman)			+	+		
497	Limnesia sp. (C.L.Koch)		+	+		+	
498	Limnochares aquatica (L.)			+			
отр. Collembola							
499	Collembola (Lubbock)				+	+	
тип Platyhelminthes							
500	Planaria gonocephala (Duges)		+		+	+	
501	Planaria sp. (O.F. Müller)				+	+	
тип Nematoda							
502	Nematoda (Rudolphi)	+	+				+