

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

На правах рукописи

ЛУНЕВА ЕЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА

**БИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
КОМПЛЕКСНОГО ПРОГНОЗИРУЕМОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
БАЛТИЙСКОЙ АЭС НА ЭКОСИСТЕМУ РЕКИ НЕМАН**

03.02.08 – экология (биология)

Диссертация
на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель: доктор
биологических наук, профессор
Шибает Сергей Вадимович

Калининград 2018

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	2
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	10
1.1. Анализ методологии организации экологического мониторинга на АЭС в РФ в части воздействия на водные объекты	10
1.2. Законодательное нормирование воздействия АЭС на естественный водный объект, предполагаемый к использованию в технологическом цикле АЭС в трансграничном аспекте	15
2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	27
3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА Р.НЕМАН, КАК ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ БАЛТИЙСКОЙ АЭС	33
4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗОНЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ БАЛТИЙСКОЙ АЭС НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕКИ НЕМАН	56
4.1. Общие сведения о проекте Балтийской АЭС и анализ систем водоснабжения АЭС	56
4.2. Технологическая схема формирования сбросных вод и их транспортировки	65
4.3. Прогноз термического режима р. Неман в области влияния рассредоточенного сброса вод с Балтийской АЭС (на основании математического моделирования)	70
4.4. Моделирование термического режима р. Неман в области влияния рассредоточенного сброса вод с АЭС	73
4.5. Моделирование изменения химического режима	84
5. ФОНОВОЕ СОСТОЯНИЕ БИОТЫ РЕКИ НЕМАН	91
5.1. База данных экологического мониторинга р. Неман	91
5.2. Фоновое состояние зоопланктона	98
5.3. Фоновое состояние зообентоса	101
5.4. Фоновое состояние ихтиофауны	104

5.5. Содержание радионуклидов в поверхностных водах, донных отложениях и гидробионтах р. Неман	162
6. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ РЕКИ НЕМАН В УСЛОВИЯХ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ БАЛТИЙСКОЙ АЭС	169
6.1. Сравнительный анализ влияния различных факторов воздействия на водные биоресурсы	182
6.2. Влияние продолжительности мониторинга биоты на результаты оценки ущерба водным биоресурсам	184
6.3. Мероприятия по минимизации ущерба водным биоресурсам	187
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	196
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	198

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. На современном этапе развития человечества атомная энергетика — это одно из перспективных направлений для многих отраслей экономики не только в России, но и за рубежом. Несмотря на отказ некоторых стран от атомной генерации, другие страны, наоборот, пытаются увеличить долю вырабатываемой электроэнергии на АЭС. Одной из основных задач, стоящих на сегодняшний день перед Госкорпорацией «Росатом», является повышение конкурентоспособности российских проектов АЭС на международных ядерно-энергетических рынках, а также увеличение доли предоставляемых услуг в области ядерных энерготехнологий.

Экологическое воздействие от эксплуатации АЭС многообразно и зависит от ряда факторов, среди которых наиболее значимым обычно бывает использование большого количества воды для охлаждения конденсаторов турбины. С этой целью создаются водоемы-охладители или используются естественные водные объекты, строятся градирни и другие системы охлаждения. Забор водных биоресурсов из водоема-охладителя, а также сброс в него химических веществ и тепла, могут оказать воздействие на экосистему водного объекта, используемого в технологическом цикле АЭС. В результате этого, неизбежно оказывается негативное воздействие на жизнедеятельность гидробионтов: зоопланктона, зообентоса и ихтиофауны [75].

Вышесказанное в полной мере касается и строящейся Балтийской АЭС, проект которой является первым российским проектом, ориентированным на зарубежный рынок энергопотребления. Балтийская АЭС расположена на уникальной территории Калининградской области, не имеющей сухопутных границ с РФ и граничащей с Литвой и Польшей. Впервые российским проектом АЭС предусматривается использование в технологическом цикле естественного трансграничного водотока — реки Неман, которая протекает по территории трех государств — Белорусской Республики, Литовской Республики и Российской Федерации, впадает в Куршский залив и Балтийское море. Куршский залив является од-

ним из самых продуктивных рыбохозяйственных водных объектов Европы, а река Неман выступает важнейшим водотоком, обеспечивающим воспроизводство водных биоресурсов. Поэтому воздействие АЭС на водную экосистему может иметь критическое значение для существования рыбной отрасли в целом.

Уникальность условий размещения и технологической схемы Балтийской АЭС обусловила необходимость выработки специального подхода к оценке экологических последствий работы АЭС на экосистему реки Неман, учитывающей все возможные факторы воздействия, как базы для поиска путей снижения и компенсации ущерба водным биоресурсам.

Цель исследования. Комплексная оценка прогнозируемого воздействия технологии водоснабжения Балтийской АЭС на экосистему р. Неман до ввода ее в эксплуатацию.

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

1. Дать общую характеристику р. Неман, как источника водоснабжения / водоотведения Балтийской АЭС. Выявить особенности Балтийской АЭС с точки зрения воздействия на экологическое состояние р. Неман и организации экологического мониторинга.

2. Разработать модель гидродинамических процессов в русле реки и спрогнозировать возможное влияние сброса технических вод Балтийской АЭС в период эксплуатации на естественный термический и химический режимы.

3. Дать характеристику фоновому состоянию биоты р. Неман в зоне возможного воздействия Балтийской АЭС.

4. Провести сравнительный анализ возможного негативного воздействия на основные элементы экосистемы р. Неман при нормальной эксплуатации Балтийской АЭС с учетом результатов разработанной системы мониторинга в период проектирования и строительства.

5. Разработать рекомендации по минимизации негативного воздействия Балтийской АЭС в период эксплуатации на водные биоресурсы и совершенствованию системы экологического мониторинга, в том числе в трансграничном аспекте.

Научная новизна. Впервые сделан прогноз влияния технологии водоснабжения АЭС на гидрологический режим и основные элементы биоты речной сети (зоопланктон, зообентос и ихтиофауну) на примере р. Неман. Установлено соотношение объемов размера ущерба от основных видов негативного воздействия; выявлена зависимость прогнозируемого размера ущерба от длительности мониторинга на этапе проектирования, обоснована необходимость расширения параметров слежения в экологическом мониторинге, проведен сравнительный анализ законодательного нормирования воздействия АЭС в трансграничном аспекте.

Положения, выносимые на защиту:

1. При схеме водоснабжения / водоотведения АЭС с использованием воды реки в объеме, не превышающем несколько процентов стока, происходит значительно меньшая трансформация экосистемы, по сравнению с использованием водоемов-охладителей.

2. Прогнозируемое воздействие Балтийской АЭС на резидентные виды гидробионтов р. Неман минимально ввиду сравнительно небольшой зоны влияния сбрасываемых вод. Наибольшее воздействие при использовании реки в качестве источника водоснабжения / водоотведения оказывается на нерезидентные виды за счет создания теплового барьера на пути нерестовых миграций и гибели скатывающихся личинок.

3. Ихтиологический мониторинг должен являться обязательным элементом мониторинга АЭС при использовании в технологическом цикле естественных водных объектов и входить в требования, регламентируемые нормативными документами.

Теоретическое значение работы состоит в применении комплексного системного подхода к оценке возможного воздействия Балтийской АЭС на биотическую и абиотическую компоненты экосистемы р. Неман, предполагаемой к использованию в технологическом цикле АЭС и ранжировании рисков нанесения ущерба водным биоресурсам. Результаты исследований имеют значение для развития методологии системы мониторинга АЭС в условиях нормальной эксплуатации.

Практическое значение заключается в обосновании проектных решений, обеспечивающих снижение негативного воздействия на водные биоресурсы, разработки материалов обоснования лицензий и получению положительных заключений государственной экологической экспертизы на размещение и сооружение энергоблоков № 1 и № 2 Балтийской АЭС. Результаты были предоставлены экспертной группе МАГАТЭ, проводившей анализ материалов ОВОС Балтийской АЭС на предмет соответствия международным нормам и правилам в области использования атомной энергии. Подобный анализ проводился впервые для российского проекта и наличие обоснованных результатов по возможному трансграничному воздействию на водоток, предполагаемый к использованию в технологическом цикле АЭС (р. Неман) в соответствии с мировой практикой, стало одним из аргументов для получения положительной оценки материалов ОВОС Балтийской АЭС экспертами МАГАТЭ.

Личный вклад автора. Автором обоснованы направления исследований, поставлены цели и задачи, организованы работы, проведен анализ, обобщение и интерпретация полученных результатов. Автор принимал непосредственное участие в полевых исследованиях и экспериментах, камеральной, математической и статистической обработке материалов, формулировке научных положений и выводов.

Апробация работы. Результаты исследований по теме диссертационной работы были представлены автором на различных научных конференциях: X Международной научной конференции «Инновации в науке, образовании и бизнесе» (Калининград, 2012); I и III Международных научных конференциях «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов» (Калининград, 2013, 2015); III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых «Экология, рациональное природопользование и охрана окружающей среды» (Лесосибирск, 2014); I Научно-практической конференции с международным участием (НПК), посвященной 60-летию атомной энергетики «Экологическая безопасность АЭС»; II НПК, посвященной 70-летию атомной отрасли России; III НПК, IV НПК «Экологическая и

радиационная безопасность объектов атомной энергетики» (Калининград, 2014, 2015, 2016, 2017); 12-ой, 13-ой Международных научно-практических конференциях по проблемам экологии и безопасности «Дальневосточная весна» (Комсомольск-на-Амуре, 2014, 2015); IX, X, XI Международных научно-технических конференциях «Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики» (Москва, 2014, 2016, 2018); XXII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2015» (Москва, 2015); XII, XIII Региональных научных конференциях «Техногенные системы и экологический риск» (Обнинск, 2015, 2016, 2018); Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения» (Томск, 2015); X Международном симпозиуме «Экология человека и медико-биологическая безопасность населения» (Крым, Ялта, 2015); Научно-практической конференции с международным участием «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность» (г. Севастополь, 2017).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 22 научных работы, включая материалы конференций, в том числе 6 публикаций в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации. Получено Свидетельство о государственной регистрации базы данных от 01.07.2016 №2016620907 «База данных комплексного гидрохимического, радиохимического, гидробиологического и ихтиологического мониторинга водных объектов в зоне влияния Балтийской АЭС и в бассейне реки Неман».

Объем и структура работы. Диссертационная работа изложена на 223 страницах и включает введение, 6 глав, заключение и список литературы. Работа проиллюстрирована 92 рисунками и содержит 40 таблиц. Список литературы состоит из 231 литературных источников, в том числе 39 на иностранных языках.

Автор выражает благодарность своему научному руководителю д-ру биол. наук, профессору С.В. Шибаеву за помощь в работе, поддержку на всех этапах и ценные рекомендации. Автор признателен за всестороннее содействие директору СПбО ИГЭ РАН д-ру геол-минер. наук, профессору В.Г. Румынину и со-

трудникам его отделения. Также благодарен за поддержку в процессе исследований гл. науч. сотр. ФМБЦ им. Бурназяна ФМБА России, д-ру биол. наук., к.т.н., профессору И.П. Коренкову, вед. науч. сотр. ФМБЦ им. Бурназяна ФМБА России, канд. биол. наук Т.Н. Лашеновой.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Анализ методологии организации экологического мониторинга на АЭС в РФ в части воздействия на водные объекты

Обеспечение экологической безопасности работы атомных станций является приоритетной задачей на всех этапах их жизненного цикла и достигается за счет разных видов деятельности, в том числе:

- соблюдения требований Законодательства Российской Федерации, действующих правил и норм по безопасности в атомной энергетике и государственных стандартов;
- обеспечения должной квалификации, организованности, четкости и исполнительности в работе персонала;
- воспитания приверженности персонала АЭС принципам культуры безопасности;
- открытому диалогу с общественными и международными организациями [79].

Одно из первостепенных значений для нормальной работы АЭС имеет техническое водоснабжение, которое определяет надежность и экономичность ее работы. Наличие подходящего источника водоснабжения – важный и определяющий критерий для выбора места под размещение АЭС. Известно, что при нормальной эксплуатации основное воздействие АЭС оказывает на водные объекты, используемые в своем технологическом цикле, а именно на водные биоресурсы. Основными факторами потенциального техногенного воздействия на водные биоресурсы является забор природной воды вместе с организмами и сброс технических вод, участвующих в технологическом цикле эксплуатируемой АЭС. В результате неизбежно оказывается негативное воздействие на жизнедеятельность биоты водных объектов. Мероприятия, максимально предотвращающие неблагоприятное воздействие на биоту, должны разрабатываться на стадии проектирования АЭС и оценки ее воздействия на окружающую среду. Они призваны обеспе-

чить нормальные условия обитания и воспроизводства гидробионтов, включая рыб и организмов, составляющих их кормовую базу.

Радиоактивное воздействие АЭС на водные объекты, используемые в технологическом цикле, при ее нормальной эксплуатации практически исключается, так как охлаждающий контур, не является радиоактивным.

Помимо этого, одним из важнейших видов деятельности, организуемых на АЭС для обеспечения экологической безопасности и защиты окружающей среды, является комплексный экологический мониторинг. Нормирование воздействия АЭС на окружающую среду, в том числе на водные объекты, используемые в технологическом цикле, описано в ряде законодательных, подзаконных и отраслевых документах и сводится к нижеописанному автором анализу.

Обязанность промышленных предприятий в части организации и проведения производственного экологического контроля (ПЭК) закреплена ст. 67 Федерального закона № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [177] и описана «ГОСТ Р 56062–2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Производственный экологический контроль. Общие положения» [29].

Основным документом, регламентирующим проведение производственного экологического контроля (мониторинга), является программа производственного экологического мониторинга (ПЭМ). Программа ПЭМ входит в состав документации ПЭК в соответствии с п. 4.2 «ГОСТ Р 56063-2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Производственный экологический мониторинг. Требования к программам производственного экологического мониторинга [30] с учетом отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду к I, II или III категории в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 28 сентября 2015 г. № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду к объектам I, II, III и IV категорий» [127] и выполнения требований СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» [151].

Более подробно, с учетом специфики АЭС, проведение экологического мониторинга отражено в отраслевых нормативных документах:

МР 1.3.2.09.1159–2016 «Организация производственного экологического мониторинга на атомных станциях. Методические рекомендации» [99], СТО 1.1.1.01.999.0466-2013 «Основные правила обеспечения охраны окружающей среды на атомных станциях» [164].

Пункт 7 [164] описывает требования законодательных и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, регулирующих отношения в области использования и охраны водных объектов на действующих АЭС в соответствии с законами № 74-ФЗ «Водный кодекс Российской Федерации» [14] и № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [177]. Раздел посвящен нормированию сбросов и забора водных ресурсов, их учету, оформлению разрешительной документации, проведению регулярных наблюдений за водными объектами и их водоохранными зонами, а также мероприятиям по охране, рациональному использованию водных ресурсов и обязательной отчетности в уполномоченные организации. Пункт 12 «Производственный экологический контроль» [164] содержит основные требования ПЭК за соблюдением объемов допустимого забора (изъятия) водных ресурсов и НДС (ВСС) ЗВ.

МР 1.3.2.09.1159-2016 «Организация производственного экологического мониторинга на атомных станциях. Методические рекомендации» [99] содержат общие рекомендации к организации и осуществлению производственного экологического мониторинга (далее - ПЭМ) на действующих АЭС. Пунктом 8.2 «ПЭМ водных объектов» [99] рекомендуется устанавливать один или несколько створов для наблюдения за загрязнением воды и донных отложений в соответствии с установленными нормативными требованиями. При этом фоновыми значениями (нулевым фоном) для водных объектов считаются значения, полученные в предпусковой период работы АЭС или на момент организации мониторинга. Выбор и обоснование объектов экологического мониторинга выполняется по результатам инженерно-экологических изысканий и исследований в соответствии с СП 11–102–97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства» [158].

Отраслевые документы имеют общий характер и рекомендуются к применению на действующих АЭС. В них отсутствует подробное описание требований

к наблюдениям за водными биоресурсами (бентосные организмы, ихтиофауна), подробный состав исследований. Следует отметить, что отраслевыми документами требования к экологическому мониторингу биоты в период строительства и предпусковой период работы АЭС не прописаны, поэтому они выполняются, в большинстве своем, в рамках инженерно-экологических изысканий. Каждая строящаяся АЭС, руководствуясь нормативными документами, разрабатывает свою индивидуальную систему экологического мониторинга, с учетом ее расположения, местных климатических, гидрогеологических и других условий. Кроме того набор обязательных параметров слежения достаточно ограничен. Так, на водных объектах, планируемых к использованию в цикле оборотного техводоснабжения - Курская АЭС-2, Нововоронежская АЭС-2, Ленинградская АЭС-2, мониторинг основан только на ограниченном числе параметров: абиотические (физические, химические показатели) или биотические (макро- и микробиологические показатели). Система технического водоснабжения с градирнями, подобно Балтийской АЭС, с использованием воды р. Дон, применяется на Нововоронежской АЭС-2, однако набор параметров мониторинга приблизительно такой же. Отсутствие постоянного квалифицированного гидробиологического мониторинга на подавляющем большинстве объектов энергетики отмечено в трудах [136].

Достаточно многочисленные исследования посвящены воздействию АЭС на водные экосистемы. Анализ методологии фактической организации экологического мониторинга на АЭС России показал, что единый подход к проведению исследований водоемов-охладителей и водных объектов, используемых в технологическом цикле АЭС, отсутствует [15, 16, 17, 18, 19, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 63, 64, 65, 66, 72, 73, 74, 148, 149, 150, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 222, 223, 228, 229]. Использование искусственно-созданного водоема для технологических нужд АЭС отражается на осуществлении его исследований. Экологический мониторинг водоема-охладителя начинается с момента его наполнения, с пуском энергоблока. Для этого сооружаются искусственные водохранилища или используются существующие естественные водные объекты. В случае использования водохранилищ систему «водоем—АЭС» можно считать природно-

техногенной системой (ПТС). В этом случае условия работы АЭС определяют условия жизнедеятельности экосистемы водоема, а работа станции, в свою очередь, зависит от состояния этой экосистемы [38, 40, 41]. Естественные водные объекты, планируемые к использованию в технологическом цикле АЭС, требуют иного подхода, основанного на многолетних исследованиях, проводимых до ввода в эксплуатацию атомных станций [75].

Анализ системы экологического мониторинга водоемов-охладителей действующих АЭС (Курская АЭС, Балаковская АЭС, Смоленская АЭС, Ростовская АЭС, Нововоронежская АЭС) показал, что использование искусственно-созданного водоема для технологических нужд АЭС отражается на осуществлении его исследований. Экологический мониторинг водоема-охладителя начинается с момента его наполнения, с пуском энергоблока. В случае использования водохранилищ систему водоем-АЭС можно считать природно-техногенной системой (ПТС) с начала эксплуатации таких объектов. В этих ПТС условия работы АЭС определяют условия жизнедеятельности экосистемы водоема, а работа атомной станции, в свою очередь, зависит от состояния этой экосистемы [37, 39, 40, 131]. Естественные водные объекты, планируемые к использованию в технологическом цикле АЭС, требуют иного подхода, основанного на многолетних исследованиях, проводимых до ввода в эксплуатацию атомных станций. Только с начала пуско-наладочных работ на АЭС, с момента использования водных объектов в технологическом цикле, система естественного водного объекта становится ПТС.

Балтийская АЭС имеет определенные особенности, которые не характерны для других атомных станций России. К ним относятся:

1. Район расположения АЭС находится на пограничной с Литовской Республикой территории Калининградской области, которая в свою очередь граничит с Республикой Польша [9].

2. Использование в технологическом цикле АЭС воды естественного трансграничного водотока (р. Неман), имеющего рыбохозяйственное значение не только для РФ, но и для сопредельных стран – Литовской республики, Республики Бе-

ларусь.

3. Первая в 21 веке в России АЭС, строящаяся на абсолютно новой площадке, энергоблоки которой не являются замещающими.

4. Отсутствие современных фоновых данных в районе проектируемых водозаборных сооружений на р. Неман, отсутствие в месте расположения АЭС стационарных постов наблюдения государственного экологического мониторинга.

Из-за высокого рыбохозяйственного значения реки Неман, для Балтийской АЭС была разработана система мониторинга, учитывающая состояние водных биоресурсов с целью решения нескольких задач 1) выявление наиболее уязвимых элементов биоты; 2) оценка возможного ущерба; 3) поиск путей снижения негативного воздействия за счет совершенствования технологии. Последнее, оказалось возможным за счет раннего начала мониторинга уже на стадии предпроектных работ. Такие комплексные наблюдения на АЭС до ввода ее в эксплуатацию ранее не проводились и были обоснованы и реализованы автором в отношении Балтийской АЭС.

Исследования биоты проводились по следующим направлениям: гидробиологический мониторинг, включающий изучение зоопланктона, зообентоса, а также ихтиологические исследования, включая ихтиопланктон, покатые миграции молоди, резидентную ихтиофауну, анадромные миграции рыб. Сроки проведения мониторинга основывались на учете биологических циклов соответствующих объектов. Полученные результаты исследований, обоснованных и проведенных при непосредственном участии автора, описаны в Главе 5.

1.2. Законодательное нормирование воздействия АЭС на естественный водный объект, предполагаемый к использованию в технологическом цикле АЭС в трансграничном аспекте

Экологическое обоснование проектирования, строительства и эксплуатации атомных станций, в том числе, находящихся в приграничных районах Российской Федерации, в настоящее время включает, наряду с выполнением требований оте-

чественного экологического законодательства, отраслевых норм, стандартов и требований МАГАТЭ, также и соблюдение ратифицированных РФ международных природоохранных Конвенций. К их числу относятся: Конвенция Европейской экономической комиссии (ЕЭК) ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Хельсинки, 1992 г.), Конвенция ООН о ядерной безопасности (Вена, 1994 г.), Конвенция по защите морской среды Балтийского моря (Хельсинкская конвенция, 1992 г.), Конвенция ООН о биологическом разнообразии (Рио-де-Жанейро, 1992 г.), Конвенция ЮНЕСКО о культурном и природном наследии (1972). В соответствии с этими соглашениями, Россия, помимо обеспечения предусмотренной национальным законодательством процедуры экологической оценки проектируемого объекта и гласности процесса оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) внутри страны, имеет и ряд обязательств по отношению к соседним странам.

Вопросы строительства и эксплуатации атомных электростанций и, в частности, сооружения Балтийской АЭС привлекают повышенное общественное внимание не только в РФ, но и в Литовской Республике. Несмотря на то, что Россия не ратифицировала Конвенцию об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (Конвенцию Эспо), она руководствуется ее положениями и стремится учитывать воздействие своих объектов на окружающую среду на сопредельные государства.

Учитывая, что один из факторов экологического воздействия Балтийской АЭС на окружающую среду – сброс станционных вод в р. Неман, протекающую по территориям Литовской Республики и Республики Беларусь и имеющую большое рыбохозяйственное значение, целью настоящей главы является сопоставление нормативной базы затрагиваемых воздействием стран в области качества воды водных объектов рыбохозяйственного назначения и оценки влияния на водные биоресурсы. При этом следует отметить, что Конвенция ЭСПО, которую собирается ратифицировать РФ, не содержит каких-либо нормативов и указаний на этот счет.

1.2.1. Сравнительный анализ нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного назначения

Качество поверхностных вод р. Неман в РФ должно оцениваться в соответствии с нормативами качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения [134, 130]. При необходимости могут также учитываться требования для водных объектов рекреационного, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [133, 125]. Охрана водных ресурсов и управление ими в Литовской Республике осуществляется, в частности, Рамочной водной Директивой ЕС 2006/60/ЕС [198], Предложениями к Директиве о стандартах экологического качества в сфере водной политики [221], Директивой о качестве пресной воды, ее охране и улучшении для поддержания жизнеспособности рыб 2006/44/ЕС [199], Директивой ЕС о воде для купания 2006/7/ЕС [200]. Однако даже если литовская сторона использует воды р. Неман, как воды для купания с созданием официальных пляжных зон, Директива ЕС о воде для купания 2006/7/ЕС в данном случае нерелевантна, поскольку ни один из показателей потенциального воздействия Балтийской АЭС на водную среду ею не нормируется. В Белоруссии нормирование качества поверхностных вод рыбохозяйственных водных объектов осуществляется на основании Постановления Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерства здравоохранения Республики Беларусь «О некоторых вопросах нормирования качества воды рыбохозяйственных водных объектов» [126].

В таблице 1 в несколько упрощенном виде приведены данные о предельно допустимых значениях физических и химических параметров воды водных объектов рыбохозяйственного значения, согласно нормативам РФ, Белоруссии, Литвы (ЕС) [130, 134, 126, 199].

Сравнение нормативно-методической базы РФ, Белоруссии, Литвы (ЕС), показало, что значения параметров, регламентируемых одновременно в РФ и ЕС (количество которых составляет около десятой части всех нормируемых в РФ показателей) сопоставимы и в большинстве очень близки. В российском законода-

тельстве нормируется 1071 ПДК веществ, в белорусском – 672. Директива о качестве пресной воды, ее охране и улучшении для поддержания жизнеспособности рыб 2006/44/ЕС ЕС [199], ограничивается 12 показателями. Ряд показателей в ЕС нормируется по категориям “G” (долговременная цель, которую странам-членам ЕС желательно достигнуть в перспективе) и “I” (обязательный для выполнения всеми странами порядок величин, определяющих качество воды).

Требования к качеству воды водных объектов рыбохозяйственного назначения, применяемые в России и Белоруссии практически идентичны и сопоставимы с требованиями ЕС по большинству показателей. По отдельным показателям, таким как цинк, медь, остаточный хлор, требования российского и белорусского законодательства более строгие, по другим (аммиак) более строгие нормы в ЕС [147, 60]. Для некоторых показателей стандарты качества вод в ЕС по сравнению с российскими ПДК более мягкие: по взвешенным веществам в Директиве [199] приводятся лишь рекомендованные значения, общие как для лососевых, так и для карповых водных объектов и не зависящие от естественных условий водного объекта. Такие параметры, как нитраты, фтор, калий, кальций, магний, натрий, хлориды, минерализация, не нормируются Директивами ЕС, а концентрация гидрокарбонатов не устанавливается ни российскими, ни белорусскими, ни европейскими рыбохозяйственными нормативными документами.

Из-за опасности теплового загрязнения водного бассейна при сбросе обратных вод АЭС в р. Неман, главный ограничительный параметр – температура воды. И именно в подходах к температурному режиму водных объектов наблюдается наибольшее расхождение между нормативами: согласно Директиве ЕС [199], прирост температуры, измеренной ниже точки теплового сброса (на границе зоны смешения), в лососевых водных объектах не должен превышать 1,5°C, что почти в 3 раза меньше, чем этот норматив в России и Белоруссии (5°C). При этом отмечается, что в ограниченном масштабе могут допускаться отступления от указанных норм, если будет доказано, что нет вредных последствий для сбалансированного развития популяции рыб. Что касается нормативов на абсолютные величины предельно допустимых температур, то в России они даже несколько более жест-

кие, чем в ЕС (20°C летом и 5°C зимой и 21.5°C летом и 10°C зимой для лососевых видов рыб соответственно) [180, 147, 60].

Сопоставление нормативных требований Российской Федерации, Республики Беларусь и Европейского Союза показало, что в отношении физических свойств и концентраций химических веществ, которые потенциально могли бы изменяться в водах р. Неман под воздействием сточных вод Балтийской АЭС, в основном, российское законодательство и аналогичное ему белорусское предъявляют более жесткие требования, в то время как целый ряд параметров европейским законодательством вообще никак не регулируется.

Таким образом, если российская сторона при решении вопросов, связанных с нормальной эксплуатацией атомных электростанций, использующих трансграничные водные объекты для водоснабжения и сброса сточных вод, руководствуется требованиями национального водного законодательства и соблюдает данные требования, правовых оснований для конфликта с природоохранными органами сопредельных государств – членов ЕС и Белоруссии возникать не должно.

Таблица 1 – Сравнение показателей качества воды рыбохозяйственных водных объектов (ВО) в РФ, РБ и ЕС

Вид и категория ВО / водопользования Показатель		Россия		Республика Беларусь		ЕС			
		лососевые и сиговые	остальные	лососе- и осетро-образные	остальные	лососевые		карповые	
		высшая и первая	вторая			G	I	G	I
Температура воды ¹	повышение по сравнению с температурой водного объекта ⁺⁺	≤5 °С		≤5 °С	≤5 °С	≤1,5 °С ²		≤3 °С ²	
	общее повышение не более чем до	20 °С летом и 5 °С зимой	28 °С летом и 8 °С зимой	20 °С летом и 5 °С зимой	28 °С летом и 8 °С зимой	21,5 °С летом и 10 °С зимой ³		21,5 °С летом и 10 °С зимой ³	
Растворенный кислород	в зимний (подледный) период	≥6 мг/л	≥4 мг/л	≥6 мг/л	≥4 мг/л	в 50% проб ≥9 мг/л; в 100% проб ≥7 мг/л	в 50% проб ≥9 мг/л	в 50% проб ≥8 мг/л; в 100% проб ≥5 мг/л	в 50% проб ≥7 мг/л
	в летний (открытый период)	не менее 6 мг/л	не менее 6 мг/л	не менее 8 мг/л	не менее 6 мг/л				
Взвешенные вещества	повышение по сравнению с естественными условиями	≤0,25 мг/л	≤0,75 мг/л	≤0,25 мг/л	≤0,75 мг/л				
	значение, не более					25 мг/л ⁴		25 мг/л ⁴	
Водородный показатель, pH		6,5-8,5		6,5-8,5			6-9 ⁵		6-9 ⁵
БПК при температуре 20 °С, мг/л ⁶		5		3	6	3		6	
NO ²⁻ , мг/л		0,08		0,08		0,01		0,03	
NH ³ , мг/л		0,05		0,05		0,005	0,025	0,005	0,025
NH ⁴⁺ , мг/л		0,5 (2,9 – для морской воды)		0,5		0,04	1,0 ⁷	0,2	1,0 ⁷
Cl остаточный ⁸ , мг/л		0,00001					0,005		0,005
Цинк, мг/л		0,01 (0,05 – для морской воды)		0,01 (к природному фоновому содержанию)			0,03-0,39 ⁹		0,3-2,0 ⁹
Медь, мг/л		0,001 (0,005 – для морской воды)		0,001 (к природному фоновому содержанию)		0,001—0,04 ⁹		0,001—0,04 ⁹	
Фенолы, мг/л		0,001		0,001		Не должны отрицательно влиять на вкус рыб			

Нефтяные углеводороды	Не должны образовываться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопления других примесей на поверхности воды		Не должны: формировать видимые пленки на поверхности воды или слой на дне водотоков и озер; придавать заметный привкус рыбе; вредно воздействовать на рыбу	
Фосфаты, мг/л	0,05 – олиготрофные; 0,15 – мезотрофные; 0,2 – эвтрофные	0,066 в пересчете на фосфор	0,2 мг/л (в виде PO_4)	0,4 мг/л (в виде PO_4)

¹Для стран ЕС температура, измеренная ниже точки теплового сброса (на границе зоны смешения); в РФ и РБ, кроме того, в местах нерестилищ налива запрещается повышать температуру воды зимой более чем на 2 °С.

²Отступления, ограниченные географическими рамками, могут быть приняты в особых условиях, если компетентный орган может доказать, что нет вредных последствий для сбалансированного развития популяции рыб.

³Температурный предел 10 °С применяется только к периоду размножения видов, которые нуждаются в холодной воде для размножения и только к водам, которые могут содержать такие виды; температурные пределы могут быть превышены на период 2 % времени.

⁴Государства – члены ЕС могут отступать от данных значений из-за исключительных погодных условий или особого географического положения; когда назначенные воды подвергаются природному обогащению некоторыми веществами. Природное обогащение означает процесс, в котором без вмешательства человека данный водный объект получает от почвы взвешенные вещества, содержащиеся в ней.

⁵Искусственное изменение pH по отношению к естественному значению не должно превышать $\pm 0,5$ от единицы pH в пределах между 6,0 и 9,0 при условии, что эти изменения не увеличивают вред от других веществ, присутствующих в воде.

⁶Россия – БПК_{полн}; Беларусь и ЕС – БПК.

⁷В определенных географических или климатических условиях, особенно в случаях низкой температуры воды и снижения нитрификации, или когда компетентный орган может доказать, что нет никаких вредных последствий для сбалансированного развития рыбной популяции, государства – члены ЕС могут установить значения выше 1 мг/л.

⁸В России – Cl_2 , в ЕС – $HOCl$.

⁹В зависимости от содержания $CaCO_3$.

1.2.1. Сравнительный анализ подходов к оценке влияния АЭС на водные биоресурсы

Оценка ущерба водным биоресурсам в Российской Федерации – необходимый этап подготовки документации для получения лицензии на размещение промышленных объектов, в том числе, и для объектов атомного энергопромышленного комплекса. Оценка выполняется по официальной методике, утвержденной Федеральным агентством по рыболовству в 2011 г. [90]. Подходы к прогнозу оценки ущерба водным биоресурсам для периода эксплуатации Балтийской АЭС, с учетом района размещения АЭС, обоснованы автором и подробно описаны в разделе 6.

Учитывая высокий рыбохозяйственный статус водного объекта, предполагаемого к использованию в технологическом цикле Балтийской АЭС, и его расположение на территории нескольких государств, эксплуатирующих водные биоресурсы р. Неман, не исключена неоднозначная реакция этих государств в части определения степени воздействия станции на условия обитания и миграцию водных организмов, прежде всего ихтиофауны. Выполненный сравнительный анализ подходов к оценке влияния на водные биоресурсы в Белоруссии, Литве и РФ позволит снизить риски возникновения спорных ситуаций в сопредельных государствах [60, 147, 180].

В Республике Беларусь на сегодняшний день действует временная методика оценки ущерба, наносимого рыбным запасам, принятая в СССР в 1989 г. [20] и послужившая основой для российской методики 2011 г. Оба документа предусматривают оценку непредотвращаемого предупредительными рыбоохранными мерами вреда, который может быть нанесен водным биоресурсам от осуществления планируемой хозяйственной и иной деятельности на рыбохозяйственных водных объектах. Они содержат формулы и подробную регламентацию процедуры исчисления размера вреда как в натуральном, так и в стоимостном выражении, а также затрат, необходимых для проведения восстановительных мероприятий. Методика РФ [90] содержит ряд дополнений, в том числе модифицированные фор-

мулы по применению коэффициентов перевода биомассы кормовых организмов в их продукцию, применение которых ранее не регламентировалось; более детально прописанные правила суммирования категорий ущербов; порядок расчета величины повышающего коэффициента, учитывающего длительность негативного воздействия планируемой деятельности и восстановления до исходной численности и биомассы теряемых водных биоресурсов, в том числе их кормовой базы. Также дан подробный перечень необходимых исходных данных для определения последствий негативного воздействия и отмечена целесообразность выполнения математического моделирования с целью определения некоторых параметров, необходимых для исчисления размера вреда. В основных же своих положениях методика РФ [90] базируется на «Временной методике...» 1989 г. [20].

В Литовской Республике документа, регламентирующего оценку потенциального вреда для водных биоресурсов от планируемой хозяйственной деятельности, не существует. Имеющиеся нормативные акты [131, 132] регламентируют методику определения фактически нанесенного рыбным запасам ущерба вследствие нарушения законодательных актов в области рыболовства, использования вод и охраны вод от загрязнений. Под возмещением ущерба здесь в отличие от вышеупомянутых методик понимается наложение денежных штрафов, а не проведение мероприятий, направленных на восстановление рыбных запасов. Практическая и коммерческая направленность литовской методики определяет ее упрощенность, минимальный набор используемых показателей и оцениваемых компонентов ущерба, среди которых отсутствуют, например, такие, как ущерб от гибели икры, личинок и ранней молоди рыб и ущерб от гибели кормовых организмов. Очевидно, что для целей оценки воздействия хозяйственной деятельности на водные биоресурсы настоящая методика применяться не может.

В рамках Конвенции ЭСПО, как и в водном законодательстве ЕС, не предусматривается какой-либо унификации в методах оценки ущерба рыбным запасам. В практике ЕИА определение вреда, наносимого водным биоресурсам, является экспертным суждением и не предполагает применения специальных методик. Само понимание процедуры экологического обоснования ЕИА, заложенное в Кон-

венции ЭСПО, базируется на концепции, принятой в экологическом законодательстве ЕС, а именно в Директиве по Оценке воздействия на окружающую среду 85/337/ЕС [196] и дополняющей ее Директиве 97/11/ЕС [197]. Например, в отчетах по обоснованию воздействия Висагинской АЭС в Литве на оз. Друкшяй [119] и двух АЭС в Финляндии на берегу Балтийского моря [201, 202], подготовленных компанией Rõugu Energy Oü (Финляндия), анализ влияния АЭС на экологию водных организмов, в том числе и рыбные запасы, привязан к результатам математического (компьютерного) моделирования температурных изменений водного бассейна. Для моделирования использована 3D- гидродинамическая модель водного потока EIA Ltd, основанная на решении уравнения Навье-Стокса и применяемая для моделирования озер и прибрежных акваторий [217]. Для нескольких сценариев воздействия на водный бассейн, учитывающих уровень тепловой нагрузки, различные технологии охлаждения и альтернативные варианты водозабора и водовыпуска, проанализировано влияние сброса вод с АЭС на качество воды, планктон и водную растительность, донную фауну, состояние популяции рыб и рыболовство. Последнее выполнено на основе анализа имеющихся фондовых и литературных данных (без проведения специальных исследований) по ихтиофауне и рыбопродуктивности водных объектов без использования каких-либо количественных методов оценки. В случае с Висагинской АЭС сделан вывод о том, что при использовании схемы прямого охлаждения влияние сброса стационарных вод на гидрологический режим и экосистему оз. Друкшяй, уже в значительной степени измененную в результате эксплуатации Игналинской АЭС, будет значительным, и указаны варианты технологических решений, позволяющих минимизировать это воздействие. Учитывая, однако, что достичь требуемых природоохранным законодательством значений температуры воды в этом случае не представляется возможным, предлагается несколько скорректировать нормативы, как это предусмотрено, например, Директивой 2006/44/ЕС [199] в отношении длительности периода времени, в течение которого имеет место превышение температурного норматива (2%). Трансграничное влияние проектируемой АЭС на территорию Республики Беларусь, владеющей западной частью оз. Друкшяй, в каче-

ственном отношении рассмотрено, однако никаких компенсационных мероприятий для рыбных запасов не предложено (правда, в настоящее время озеро используется только для любительского лова). Отметим, что в отчете, специально посвященном оценке воздействия на водные биоресурсы другого крупного сооружения: канала Дунай – Черное море, выполненного по запросу комиссии по разрешению споров Конвенции ЭСПО, также не использовались никакие количественные методы оценки ущерба рыбных запасов [194].

В соответствии с международной практикой выполнения ОВОС/ЕИА для прогнозирования гидродинамического, теплового и химического режима водотока, нарушенного выпуском технических вод с Балтийской АЭС и водозабором речной воды, разработана постоянно действующая модель приграничного участка р. Неман (глава 4). В гидродинамической модели участка р. Неман, наряду с геометрией русла, уровнем и расходом воды в реке, нашли отражение конструктивные особенности сбросного модуля, обеспечивающего рассеивающий («щадящий») характер водовыпуска. В прогнозных расчетах учтены вариации естественного гидрологического и термического режима р. Неман, на фоне которого формируются техногенные аномалии. Моделирование показало, что рассеивающий сброс обеспечивает эффективное смешение природных (речных) и технических вод уже вблизи водовыпуска, снижая потенциальные (негативные) последствия теплового барьера (по сравнению с сосредоточенным водовыпуском). В частности, согласно расчетам (раздел 4.4.3), наиболее контрастные аномалии формируются в меженные периоды: перепад температур в ближайшем створе (100 м от водовыпуска) составляет 0,10 °С в феврале и около 0,4 °С в июле; в контрольном створе (500 м) соответственно 0,06 °С и 0,21 °С. В непосредственной близости от сброса температура может увеличиваться в зимний период на 0,2 °С. Все изменения температуры наблюдаются в полосе, ширина которой примерно отвечает длине распределительного трубопровода, тем самым сохраняются условия благоприятные для формирования обходных путей миграции ихтиофауны, что минимизирует воздействие, в том числе и трансграничное, Балтийской АЭС на биоресурсы р. Неман. Выполнены прогнозы воздействия на кормовую базу и характер

миграции ихтиофауны р. Неман водозаборных и водоотводящих сооружений Балтийской АЭС.

Что касается оценки вреда водным биоресурсам, законодательство ЕС в отличие от российского не предусматривает применения количественных методов или каких-либо определенных методик оценки. Поэтому основной упор переносится на экспертное определение масштабов и значимости воздействия путем анализа данных по рыбопродуктивности водных объектов на основе результатов компьютерного моделирования изменения параметров водной среды в результате эксплуатации АЭС.

Таким образом, выполненная работа по оценке ущерба водным биоресурсам р. Неман соответствует не только нормам Российской Федерации и Республики Беларусь, но и нормам Евросоюза, в частности, Литовской Республики.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для настоящей работы послужили исследования, которые проводились в процессе выполнения инженерно-экологических изысканий с 2009-2011 гг. и комплексного экологического мониторинга в районе размещения Балтийской АЭС в период с 2011 по 2017 гг. Автором были обоснованы и организованы исследования на р. Неман, а также принято непосредственное участие в них. Работы велись по нескольким направлениям, включающим гидрохимический, гидробиологический, ихтиологический мониторинг р. Неман в зоне возможного воздействия АЭС с использованием, как стандартных методик экологических исследований, так и оригинальных методик, таких как квазистационарная гидродинамическая модель участка реки Неман, созданная на платформе программного комплекса SMS (Surface Modeling System 10.1) для моделирования гидродинамических процессов в русле реки. Сбор и обработка материалов, характеризующих экосистему реки Неман, осуществлялись по общепринятым методикам [128, 122, 94, 55, 1].

Основными объектами исследований стали биологические компоненты экосистемы р. Неман: зоопланктон, зообентос и ихтиофауна.

Отбор гидробиологических проб, фиксация и обработка производились по общепринятым методикам [93, 28, 89].

Исследования зоопланктона и зообентоса проводились с применением стандартных методов, описанных в соответствующих руководствах [145, 146, 62]. Период – в течение всего года. Орудия сбора проб – сеть Джеди, дночерпатель Петерсена.

Материалом для ихтиологических исследований послужили:

- опубликованные литературные источники по водным биоресурсам р. Неман (более 50 наименований, в настоящей работе приведены 14 источников);
- натурные исследования состояния водных биологических ресурсов, проведенные в 2012-2017 гг.;
- предоставленные проектные решения по забору и выпуску вод Балтийской

АЭС в плане выявления возможных негативных факторов воздействия на водные биоресурсы.

Натурные ихтиологические исследования 2012-2017 гг. проводилось с использованием комплекса орудий лова – сеть Матода (ихтиопланктон), мальковая волокуша, электролов (молодь рыб), речной закидной невод, разная сетевые и плавные сети (стадии развития, соответствующие взрослому образу жизни рыб). Сборы ихтиологических материалов из контрольных орудий лова проводились, в основном, в зоне предполагаемого сброса технологических сточных вод с Балтийской АЭС, ориентировочно с 60 км до 80 км от устья р. Неман на отдельных станциях. Выбор станций отличался для рыб разных экологических групп и их возрастных характеристик (личинки, молодь, взрослые рыбы). Для корюшки в целях изучения ее нерестовой миграции анализировались промысловые уловы в период ее захода в р. Неман, а также проводились контрольные обловы практически на всем протяжении нерестовой миграции.

Оцениваемые параметры:

- размерно-возрастная структура нерестового стада корюшки;
- интенсивность нерестового хода;
- биомасса нерестового стада;
- величина улова;
- высота подъема мигрирующей рыбы (с точки зрения возможности ее достижения температурного барьера);

Изучение ската молоди рыб в районе потенциального воздействия АЭС производилось в период с апреля по июнь. Орудия лова – сеть Матода. Методические основы данного направления исследований отработаны достаточно хорошо [62, 122].

Оцениваемые параметры:

- видовой состав покатной молоди;
- размерный состав покатной молоди;
- концентрации покатной молоди.

Исследование ихтиоценоза в зоне возможного воздействия АЭС. Период

наблюдений – все сезоны года. Орудия лова: набор ставных сетей с шагом ячеи 10-80 мм. Невод с шагом ячеи в мотне 4 мм, электролов. Методика использования ставных разноячейных сетей для оценки состояния ихтиоценоза описана в руководствах [183, 154].

Оцениваемые параметры:

- плотность ихтиоценоза и его сезонная динамика;
- видовой состав ихтиоценоза и его сезонная динамика;
- размерный состав видов рыб.

Общий объем материала представлен в таблице 2. Автором осуществлялось обоснование, планирование, координация исследований и непосредственное участие в них, включая разработку оригинальной базы данных, анализ экологических последствий эксплуатации АЭС, разработку системы экологического мониторинга для специфических условий района размещения Балтийской АЭС.

Таблица 2 – Объем материала, использованного для анализа в период с 2009–2017 гг.

Вид данных	Объем материала
Гидрологические исследования	
Химический анализ поверхностных вод, кол-во проб	544
Санитарно-гигиенический анализ поверхностных вод, кол-во проб	104
Гидробиологические исследования	
Зоопланктон, кол-во проб	608
Зообентос, кол-во проб	504
Ихтиологические исследования	
Контрольные обловы, шт.	834
Биологический анализ рыб, экз.	7153
Массовые промеры рыб, тыс. экз.	45,1
Радиоэкологические исследования	
Поверхностные воды, кол-во проб	68
Донные отложения, кол-во проб	42
Анализ рыб, кол-во проб	30

Определение присутствия в водной среде Sr^{90} и Cs^{137} , обусловленное глобальными процессами формирования радиоактивности природной среды, а также содержание ^3H , проводилось по общим нормативным требованиям [91] в сертифицированных лабораториях в соответствии с утвержденными методиками.

Перед транспортировкой всех проб в лаборатории проводили их первичную

подготовку: для поверхностных вод – осаждение, отделение осадка и раствора декантированием, отстаивание влажного осадка, фильтрование и сушку, для донных отложений – отстаивание влажного осадка, фильтрование и сушку; для гидробионтов – глубокую заморозку. Концентраты проб герметично упаковывали и доставляли в специализированные лаборатории.

Схема расположения пунктов отбора радиозэкологических проб была совмещена с пробоотборными пунктами гидрохимических и гидробиологических исследований, что позволило комплексно анализировать состояние водных экосистем.

Определение возможного негативного воздействия осуществлялось на основе сформированной базы данных, включающей в себя результаты первичных наблюдений за гидрологическими, гидрохимическими, гидробиологическими, ихтиологическими и радиозэкологическими параметрами в зоне возможного воздействия АЭС и сопряженных участков (рек Шешупе, Скирвит, Матросовка, Тыльжа, Инструч), с использованием Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам (2011) [90].

Обоснованная автором система мониторинга р. Неман в зоне потенциального влияния Балтийской АЭС, включает 14 основных станций наблюдений за биотой на территориях РФ. Кроме того, использовалась информация по Литовской республике и Республике Беларусь (Рисунок 1).

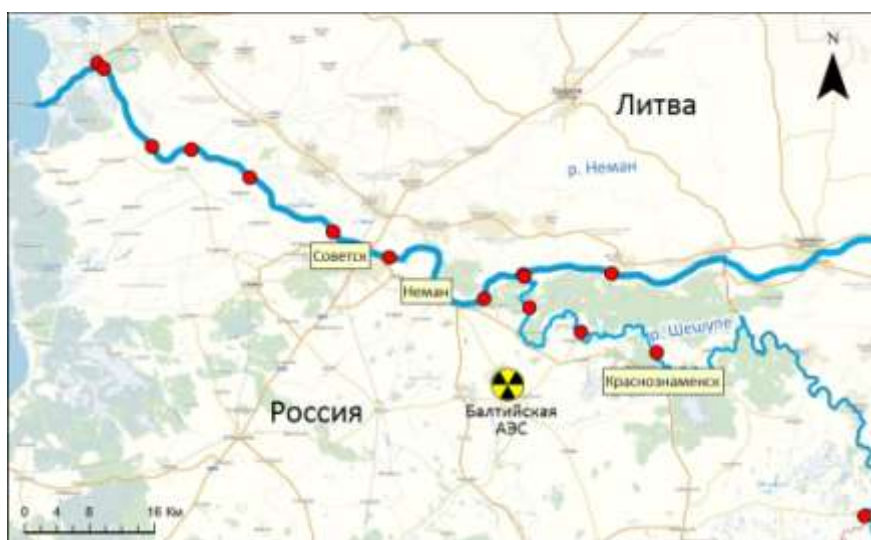


Рисунок 1 – Основные точки наблюдений за биотой в бассейне р. Неман

Основные станции отбора гидрохимических показателей представлены на Рисунке 2



Рисунок 2 – Основные точки отбора проб в бассейне р. Неман

Координаты основных точек наблюдения за гидрохимическими показателями представлены в Таблице 3.

Таблица 3 – Координаты точек отбора (точек наблюдения, т.н.) проб воды для гидрохимического анализа на территории РФ

Номер точки	Координаты		Река
т.н.1	55°01'39,40"C	22°07'25,1"В	р. Неман (предполагаемый выпуск сточных вод)
т.н.2	55°01'52,70"C	22°11'51,6"В	р. Шешупе
т.н.4	55°01'29,80"C	22°06'54,2"В	р. Неман
т.н.5	55°01'22,80"C	22°05'17,3"В	р. Неман
т.н.6	54°58'35,20"C	22°13'46,6"В	р. Шешупе
т.н.7	55°03'38,00"C	22°20'38,80"В	р. Неман – пос. Неманское
т.н.8	54°53'11,3"C	22°10'16,7"В	р. Инструч
т.н.9	54°54'41,20"C	21°59'03,10"В	р. Тильжа
т.н.10	55°03'22,10"C	22°01'43,45"В	р. Неман

Координаты основных станций наблюдений на р. Неман в РФ, Литовской Республике и Республике Беларусь представлены в Таблице 4.

Таблица 4 – Координаты точек отбора проб на р. Неман в РФ и на территории сопредельных стран.

Точка наблюдения	Широта	Долгота	Примечание
Калининградская обл., РФ			
т.н. 1	55,027611° С	22,123639° В	р. Неман (выпуск сбросных вод)
т.н. 3	55,048250° С	22,176250° В	р. Неман (выше места сброса)
т.н. 4	55,024944° С	22,115056° В	р. Неман (контрольный створ)
т.н. 5	55,028361° С	22,057861° В	р. Неман (4 км ниже сброса)
т.н. 7	55,054944° С	22,377083° В	р. Неман (пос. Неманское)
т.н. 10	55,056139° С	22,028736° В	р. Неман (ниже г. Неман)
Республика Литва			
т.н. 13	55,086835° С	22,021207° В	р. Неман (дер. Бардинай)
т.н. 17	55,067083° С	22,545000° В	р. Неман (г. Смалининкай)
т.н. 18	54,908194° С	23,840861° В	р. Неман (г. Каунас)
т.н. 19	55,057111° С	22,698361° В	р. Неман (г. Юрбаркас)
т.н. 20	55,310000° С	21,385139° В	р. Неман, дельта
Республика Беларусь			
т.н. 21	53,676306° С	23,819611° В	р. Неман (г. Гродно)
т.н. 22	53,413778° С	24,562694° В	р. Неман (г. Мосты)
т.н. 23	53,636889° С	25,308500° В	р. Неман (дер. Белица)

С целью оценки трансграничного влияния АЭС на сопредельные территории выполнен анализ нормативных документов РФ, Литовской Республики и Республики Беларусь, в части нормирования качества поверхностных вод и оценки ущерба водным биоресурсам.

3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА Р. НЕМАН, КАК ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ БАЛТИЙСКОЙ АЭС

3.1.1. Физико-географическая характеристика

Западная часть территории Калининградской области омывается водами Балтийского моря. На севере и востоке граничит с Литовской Республикой, государственная граница РФ проходит по реке Неман и по реке Шешупе. На юге Калининградская область граничит с Республикой Польша.

Река Нёман (лит. Nemunas (Нямунас), белор. Нёман) берет начало к югу от Минской возвышенности, затем течет в извилистом русле по так называемой Неманской низине, а в нижнем течении – по Среднелитовской и Приморской низменностям (в районе дельты Немана последняя известна как Нижненеманская низменность). Впадает в Куршский залив Балтийского моря, образуя дельту с островами. Основные рукава в дельте: Гилия (Матросовка, левый) и Русне, который также делится на полноводный рукав Скирвите (Северная) и широкий, но мелководный Атмата (правый). Длина реки 937 км, на территории Калининградской области – 107,0 км, общая площадь водосбора 98200 км², среднегодовой расход воды составляет около 600 м³/с, годовой сток – 21 км³. На реке существует два крупных водохранилища. Каунасское водохранилище (Литва), созданное в 1959 г. и Гродненское водохранилище (Белоруссия), созданное для работы Гродненской ГЭС – заполнено в 2012 г.

Река Неман по совокупности своих характеристик является гарантированным источником водоснабжения Балтийской АЭС. Расход воды 1% обеспеченности составляет 648 м³/с; расход воды 97 % обеспеченности составляет 95 м³/с.

Поэтому основная задача настоящей главы – описание общей характеристики реки Неман, как источника водоснабжения / водоотведения Балтийской АЭС.

3.1.2. Климатическая характеристика

Климат рассматриваемого района умеренный и носит черты переходного от

морского к континентальному. Географическое положение Калининградской области вблизи Атлантики и Балтики обуславливает отчетливо выраженное преобладание процессов западного переноса воздушных масс с Атлантического океана. Наряду с этим территория находится и под периодическим влиянием воздушных масс с Евразийского континента. Преобладание адвекции влажных воздушных масс с Атлантики, относительно малая величина радиационного баланса и литологические особенности покровных отложений обуславливают избыточную увлажненность и заболоченность территории [161].

Термический режим формируется под влиянием климатообразующих факторов разного масштаба. Заметно влияние Гольфстрима, в результате чего над территорией господствуют теплые массы воздуха большой влажности, приводящие к преобладанию облачной погоды в течение года. Фактическая продолжительность солнцесияния летом не превышает 60 %, а зимой 20 % от возможной.

Отепляющее влияние воздушных масс с Атлантики и Балтийского моря особенно заметно в холодное время года, при этом смена направления движения воздушных масс приводит к частым колебаниям температуры воздуха, как внутри сезона, так и из года в год. В прибрежной полосе в течение всего года заметно увеличена скорость ветра, уменьшены суточная и годовая амплитуда температуры воздуха.

Ветровой режим обусловлен взаимодействием атлантического океанического и евразийского континентального барических центров. Осенью и зимой на большей части территории преобладают юго-западные и южные ветры. Летом преобладают ветры преимущественно западных направлений. Холодный период года характеризуется наибольшей устойчивостью ветрового потока, выражающейся в большей повторяемости ветра преобладающих румбов.

Продолжительность зимы – 3–4 месяца, осадков в твердом виде выпадает около 8–14 % от годовой нормы. Зима неустойчивая, мягкая, характерны резкие колебания температуры воздуха вплоть до оттепелей, преобладание пасмурной погоды, большое количество выпадающих осадков и частые туманы. Весна прохладная, затяжная, сопровождается частыми возвратами холодов, а иногда и уста-

новлением снежного покрова. Лето нежаркое, со значительным количеством осадков. Осенью температура воздуха понижается, увеличивается облачность, чаще возникают туманы. Скорости ветра возрастают, увеличивается повторяемость штормов.

Среднегодовая температура воздуха составляет около $+6,5^{\circ}\text{C}$. Самым теплым месяцем является июль, со среднемесячной температурой воздуха около $+17,5^{\circ}\text{C}$, а самым холодным – январь ($-4,2^{\circ}\text{C}$). Абсолютный температурный максимум составляет $+32^{\circ}\text{C}$ (июль), абсолютный минимум -42°C (январь).

Среднегодовая относительная влажность воздуха в районе составляет 81 %. Среднегодовое количество осадков составляет 680–760 мм.

В холодное время года в данном районе наблюдаются метели, связанные с прохождением атмосферных фронтов, преимущественно теплых. В г. Советске среднее число дней с метелью за зиму – 20–23, среднее количество дней с туманом – 28 в год. Грозовая деятельность наиболее развита в теплый период с мая по август и в среднем за год наблюдается 19 дней с грозами.

3.1.3. Гидрологическая характеристика

Гидрологические изыскания на р. Неман были начаты еще в 17 веке, преимущественно для планирования защиты расположенных в дельте населенных пунктов от наводнений и паводков. В 1807 г. были организованы первые уровенные посты (г. Советск, пос. Русне).

Во времена СССР значительные гидрологические работы на р. Неман и Куршском заливе были проведены литовскими и русскими специалистами [37, 85, 218, 226, 225, 227]. Первые обобщенные [211, 214, 215, 216] и современные крупные исследования гидрологического режима р. Неман проводились также учеными из Литовской Республики [231, 207, 206, 205, 219, 224, 230, 220].

Представленные обобщенные данные фондовых гидрологических материалов [31] использованы для параметрического обеспечения прогнозных моделей теплового и химического загрязнения, формируемого техническим сбросом с

АЭС в р. Неман (глава 4). Река Неман испытывает значительное антропогенное воздействие за счет стока загрязняющих веществ с территорий Беларуси, Литвы, а также Польши и России (Таблица 5).

Таблица 5 – Площадь водосбора р. Неман [159]

Общая площадь бассейна реки, км ²	Страна	Площадь водосбора, км ²	Площадь водосбора, %
98200 (г. Советск) 101000 (устье) [86]	Литва	46795	47,7
	Белоруссия	45600	46,4
	Россия	3132	3,2
	Польша	2554	2,6
	Латвия	98	0,1

В таблице 6 представлены характеристики гидрологических постов на р. Неман, находящихся на территории района исследований. Опорными для моделирования являлись данные гидрологического поста р. Неман – г. Советск.

Таблица 6 – Характеристика водомерных постов на р. Неман в районе исследований [31]

Река - пункт	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	«0» графика поста, м, БС	Принадлежность
р. Неман - г. Смалининкай	112	81200	7,21	Литва
р. Неман - с. Большое Село	76	91600	3,4	Калининградский ЦГМС
р. Неман - г. Советск	59	91800	1,9	Калининградский ЦГМС

Схема р. Неман с основными гидрологическими постами в районе исследований представлена на рисунке 3.



Примечание: 1 – Балтийская АЭС; 2 – государственная граница РФ; 3 – гидрологические посты; 4 – водотоки

Рисунок 3 – Схема расположения гидрологических постов на р. Неман

Река Неман, которую будет использовать в своем технологическом цикле Балтийская АЭС – одна из крупнейших рек Балтийского побережья. Формируется на территории республики Беларусь (западный отрог Минской возвышенности), проходит через территории Литвы и Калининградской области РФ и впадает в Куршский залив Балтийского моря. По водотоку проходит государственная граница между Калининградской областью РФ и Литвой. Долина реки вместе с притоками образует Неманскую низину. Часть бассейна реки, расположенная на территории Калининградской области, отличается ровным и слегка волнистым рельефом.

Река Неман имеет около 180 притоков, из которых наиболее крупные: правые – Миния, Юра, Нявежис, Вилия (с р. Швянтойей), Мяркис и др.; левые – Тыльжа, Шешупе, Щара и др.

Озерность водосбора р. Неман достигает 2,5 %. Наиболее крупные озера преимущественно ледникового или термокарстового происхождения. Многие более мелкие водоемы созданы искусственным путем (искусственные пруды или водохранилища), но в процессе длительной эволюции приобрели особенности, характерные для озер. Озера незначительно влияют на переформирование стока р. Неман.

Заболоченность территории составляет $\approx 3\%$. В основном это верховые болота, с незначительными залежами торфа, которые не разрабатываются.

Гидрографическая сеть в бассейне р. Неман развита довольно хорошо, и густота ее в среднем составляет для всего бассейна р. Неман $0,4 \text{ км/км}^2$ [31]. Густота речной сети в районе исследований представлена на рисунке 4.



Примечание: 1 – Балтийская АЭС; 2 – государственная граница РФ; 3 – гидрологические посты; 4 – водотоки; 5 – густота речной сети, км/км^2

Рисунок 4 – Густота речной сети в районе расположения Балтийской АЭС

Ширина реки в верхнем течении равна 150–280 м, в среднем течении 80–300 м, в нижнем течении – до 500 м.

Питание реки смешанное с преобладанием снегового, в низовьях – дождевого. Водный режим реки характеризуется относительно высоким весенним половодьем, низкой летне-осенней меженью и зимней неустойчивой меженью с периодическими паводками. Паводки во время летнего периода вызываются обильными дождями, в зимнее время – осадками и оттепелями. Начало половодья приходится, как правило, на середину – третью декаду марта, пик наблюдается в конце марта – начале апреля, окончание половодья наблюдается в конце мая – июне. Характерной чертой половодья на р. Неман является прохождение нескольких волн, обусловленных характером снеготаяния. В годы с интенсивным развитием весенних процессов гидрограф характеризуется значительной крутизной подъема

и спада. Летне-осенняя межень устанавливается в июне и длится до конца октября-ноября. В сезон наблюдается небольшое количество (от 1 до 3) дождевых паводков. На гидрологических постах, расположенных на р. Неман, наблюдения за паводочным стоком не проводились, в данных [31, 32] нашли отражение только наблюдения половодного стока. Наименьшие расходы воды зафиксированы в июле-сентябре. Доля летне-осенней межени в годовом стоке составляет от 12 % до 20 % в зависимости от водности года. Максимальный сток на территории Литвы и Беларуси приходится на апрель, в г. Советск (Калининградская область) – на март. В соответствии с характером водного питания реки зимний сток (с декабря по февраль) – минимален, поддерживается паводками.

Внутригодовое распределение стока, описанное выше, приведено на рисунке 5.

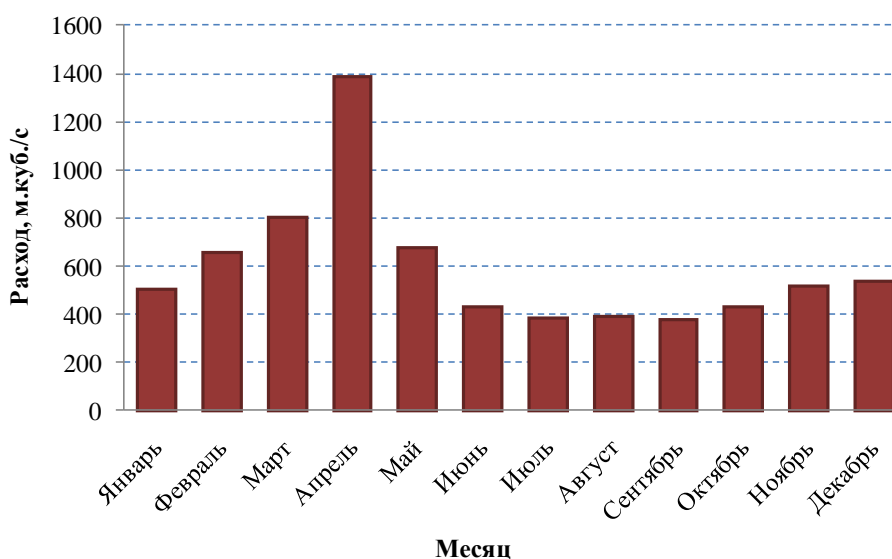


Рисунок 5 – Среднемесечные расходы воды на гидрологическом посту р. Неман - г. Советск

Наибольшая годовая амплитуда колебаний уровня воды по посту р. Неман – г. Советск за 2000–2007 гг. составила 5,88 м (в 2004 г.).

Термический режим реки определяется, в основном, климатическими условиями. В годовом ходе температуры воды проявляются некоторые различия в интенсивности прогревания воды в зависимости от характера весны. В ранние весны характерен период медленного и длительного повышения температуры, начи-

нающегося обычно с конца февраля, и в течение марта температура воды не превышает 4–6°C. В поздние весны, наступающие, как правило, после продолжительных холодных зим, в апреле, с началом весеннего ледохода, начинается быстрое повышение температуры до 10–15°C в течение 10–15 дней. Период прогревания воды до июля отличается крайне неровным, скачкообразным ходом, повторяющим в основном колебания температуры воздуха. Начиная с августа, до замерзания реки температура воды медленно и плавно без больших скачков понижается и меньше реагирует на изменения температуры воздуха.

Среднемесячные значения температуры воды в створе р. Неман – г. Советск, обобщенные за период 1989–2007 гг., представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Среднемесячная температура воды в створе р. Неман – г. Советск [5]

Год	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1989	1,6	2,7	4,5	8,2	15,5	19	20,9	18,9	15,5	9,9	4,9	0,5
1990	1,5	3,5	4,9	10,1	14,9	18,4	19,2	19,6	13,9	9,4	4,9	1,3
1991	0,8	0,1	1,7	7,9	12,9	17,3	21,2	20,6	15,3	10,4	4,3	1,2
1992	0,7	0,5	2,8	6,3	13,8	19,9	20,9	19,8	15,2	7,4	3,0	1,6
1993	0,5	0,2	1,3	6,9	16,9	16,9	17,8	18,0	12,5	8,2	–	–
1994	0,9	–	–	7,3	13,6	16,4	21,9	20,1	15,8	8,2	3,5	1,2
1995	0,1	1,3	2,8	6,9	12,6	20,0	20,9	20,1	14,9	10,4	2,5	–
1996	–	–	–	4,9	15,1	18,1	18,5	21,0	13,5	9,9	5,9	–
1997	–	0,4	2,4	0,0	13,4	18,4	22,1	22,4	15,3	8,7	3,8	0,6
1999	0,2	0,0	1,4	8,4	13,3	21,3	23,5	20,6	16,9	9,9	3,7	1,6
2000	0,2	1,1	2,9	10,1	16,7	17,7	18,9	19,5	15,3	11,3	7,3	3,2
2001	0,4	0,3	1,7	7,6	15,2	17,6	23,4	21,4	15,3	10,7	4,3	–
2002	–	1,7	3,5	9,1	17,5	19,6	22,3	22,6	15,9	7,3	3,4	–
2003	–	0,0	0,8	6,0	14,6	18,7	21,5	20,5	15,1	8,5	5,3	2,2
2004	–	–	1,3	8,6	13,6	16,8	19,0	20,7	15,7	10,1	4,7	2
2005	2,0	–	–	7,3	13,4	18,9	21,9	18,9	17,2	11,3	4,4	0,5
2006	–	–	–	4,9	14,2	18,9	23,6	20,5	16,9	12,4	5,3	4,6
2007	3,1	–	–	8,8	14,5	20,8	19,0	20,4	15,0	9,9	3,7	2,2
2009	–	0,0	–	9,3	–	17,9	21,7	20,8	17,2	8,2	4,9	–
Среднее значение	1,0	0,9	2,5	7,3	14,5	18,6	21,0	20,3	15,4	9,6	4,4	1,7

Ледовый режим на реках района расположения АЭС крайне неустойчивый,

что объясняется частыми чередованиями волн холода и тепла в течение зимнего периода. С наступлением устойчивых отрицательных температур воздуха на реках начинаются ледовые явления с установлением ледостава. Почти на всех реках ледоставу предшествуют забереги, сало, шуга и ледоход.

Зажоры льда на реках рассматриваемой территории образуются главным образом в период установления ледостава. Наиболее мощные зажоры образуются на устьевом участке р. Неман (г. Смалининкай – устье).

Основной причиной заторов на р. Неман является разновременность вскрытия средних и нижних участков реки. Крайне неустойчивый температурный режим зим часто вызывает разрушения ледяного покрова и образование зимних заторов, которые при последующих похолоданиях, смерзаясь, являются очагами весенних заторов льда, создающих катастрофические подъемы уровней воды и затопления городов и населенных пунктов. Максимальный заторный уровень на р. Неман в створе Смалининкай наблюдался в 1902 г. и составил 384 см.

3.1.4. Гидрохимический режим

Химический состав воды речной сети Калининградской области формируется на неоднородных по петрохимическому составу породах, с разнообразным почвенным и растительным покровом территории. Основным источником питания рек района являются снежный покров и атмосферные осадки. Менее значительна роль подземных вод. Взаимодействие осадков и талых снеговых вод с подстилающей поверхностью, продуктами хозяйственной деятельности обуславливает различия в химическом составе речных вод по площади и во времени года. Содержание химических веществ в водотоках изменяются в значительных пределах. Наиболее сильно влияние локальных факторов (местных природных условий, водности года, хозяйственной деятельности на поверхности водосбора, условий разгрузки подземных вод) проявляется на малых водотоках (реки Тыльжа и Инструч в верховьях). На средних и крупных водотоках, таких как р. Неман и р. Шешупе, влияние местных факторов сказывается в значительно меньшей сте-

пени, однако для них значительнее процессы трансформации химического состава воды по мере движения воды по руслу, а также влияние впадения притоков. В сезонном отношении наименьшие уровни концентраций минеральных веществ наблюдаются при высоких уровнях воды, т.е. в половодье и паводки, а наибольшие – в зимнюю межень, когда водные объекты питаются подземными водами. Обратное распределение характерно для динамики органического вещества [4]. Природные воды р. Неман относятся к пресным среднеминерализованным, со средней минерализацией 0,391 г/дм³ (в пределах Калининградской области РФ). По химическому составу вода гидрокарбонатно-кальциевая [4]. По величине pH воды нормальные (значения близки к 8,0) [28].

Среднемноголетние данные о гидрохимическом режиме р. Неман собраны в издании Государственного Водного Кадастра, Ресурсах Поверхностных Вод СССР [211, 214] и представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Среднемноголетняя минерализация и химический состав вод р. Неман на основных постах

Река - Пункт	Фаза водного режима	Водность фазы	Расход воды м ³ /с	рН	Форма выражения анализа	Содержание ионов								Сумма ионов	Фосфаты, мг Р/л	Железо общее, мг/л
						Ca	Mg	Na+K	HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ³	NO ²			
						% экв	34,6	12,6	2,8	42,9	3,9	2,6	0,6			
Река - Пункт		Многоводная	12,1	–	мг/л	50,1	9,5	7,2	198,9	7,1	4,0	3,2	0,004	280,0	–	1,28
					% экв	35,0	10,9	4,1	45,7	2,1	1,5	0,7				
		Маловодная	2,97	7,35	мг/л	56,3	14,3	8,2	226,3	18,0	6,7	2,4	0,016	332,2	0,053	0,16
					% экв	32,5	13,7	3,8	42,9	4,4	2,2	0,5				
	Весеннее половодье (пик)	Многоводная	640	–	мг/л	16,5	2,0	1,8	53,1	5,2	1,9	1,0	0,082	81,6	–	1,41
					% экв	39,1	7,6	3,3	41,4	5,2	2,4	1,0				
		Маловодная	124	7,2	мг/л	19,6	3,9	2,8	53,7	16,2	4,6	4,0	0,066	104,9	0,082	1,23
					% экв	34,8	11,3	3,9	21,3	12,1	4,6	2,1				
	Летняя межень	Средняя	8,41	8,4	мг/л	52,5	12,0	7,5	209,2	12,3	7,5	0,3	0,015	301,3	0,004	0,42
					% экв	33,5	12,7	3,8	44,0	3,3	2,7	0,1				
		Многоводная	10,6	–	мг/л	53,5	10,6	3,5	209,3	6,0	4,3	0,9	0,017	288,1	–	0,28
					% экв	36,3	11,8	1,9	46,7	1,6	1,6	0,1				
		Маловодная	7,1	8,05	мг/л	53,1	12,5	6,5	205,0	17,4	7,5	0,8	0,047	302,8	0,034	0,07
					% экв	33,6	13,1	3,3	42,6	4,6	2,7	0,1				
Неман – Гродно	Зимняя межень	Многоводная	130	7,55	мг/л	53,0	9,5	7,5	208,7	7,5	3,1	3,2	0,026	292,5	–	0,62
					% экв	35,5	10,5	4,0	45,9	2,2	1,2	0,7				
		Маловодная	81,7	7,35	мг/л	55,5	11,6	4,8	217,2	9,9	4,6	0,8	0,018	304,4	0,048	0,56
					% экв	35,5	12,1	2,4	45,5	2,7	1,7	0,1				
	Зимний паводок	Средняя	241	7,5	мг/л	48,5	9,6	4,0	170,2	17,1	6,0	3,2	0,03	258,6	0,051	0,87
					% экв	35,9	11,7	2,4	41,5	5,3	2,5	0,7				
	Весеннее половодье (пик)	Средняя	967	7,75	мг/л	27,3	4,3	4,5	86,6	13,6	4,7	4,0	0,039	145,0	0,028	0,88
					% экв	35,9	9,3	4,8	37,6	7,4	3,4	1,6				
		Многоводная	1150	–	мг/л	23,7	2,2	–	63,8	5,1	0,0	0,1	0,009	93,9	0,019	0,51
					% экв	43,4	6,6	–	45,2	4,8	0,0	–				
		Маловодная	594	7,65	мг/л	36,5	6,1	2,8	114,7	19,0	5,1	0,5	0,030	184,7	0,003	1,20

Река - Пункт	Фаза водного режима	Водность фазы	Расход воды м³/с	рН	Форма выражения анализа	Содержание ионов								Сумма ионов	Фосфаты, мг Р/л	Железо общее, мг/л	
						Ca	Mg	Na+K	HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ³	NO ²				
					% экв	37,4	10,3	2,3	38,7	8,2	2,9	0,2					
					мг/л	48,5	10,2	2,2	187,9	8,0	8,0	0,2					
	Окончание спада весеннего половодья	Маловодная	166	7,55	% экв	36,2	12,5	1,3	46,0	2,5	2,5	–	0,002	260,5	0,014	0,55	
					мг/л	52,1	9,0	6,8	202,6	10,4	2,4	0,0	–	382,3	–	0,16	
					% экв	36,1	10,2	3,7	46,0	3,1	1,0	–					
	Летняя межень	Многоводная	156	7,75	мг/л	51,5	10,7	1,0	203,7	7,4	1,0	0,1	0,002	274,5	0,001	0,64	
					% экв	36,8	12,6	0,6	47,9	2,1		–					
		Маловодная	80,4	7,75	мг/л	46,5	15,1	6,5	214,7	7,8	4,9	0,0		0,001	295,5	0,086	0,44
					% экв	30,3	16,3	3,4	46,1	2,1	1,8	–					
					% экв	32,0	11,0	7,0	42,9	3,6	2,9	0,6					
		Весеннее половодье (пик)	Средняя	1750	8	мг/л	34,2	8,8	1,8	118,3	19,9	2,7	5,0	0,246	190,9	0,050	0,19
	% экв					34,2	14,4	1,4	38,8	8,2	1,4	1,6					
	Многоводная		2340	7,6	мг/л	35,9	3,8	5,8	103,7	21,0	4,1	5,0	0,06	179,3	0,059	0,53	
					% экв	38,4	6,7	4,9	36,5	9,4	2,4	1,7					
	Летняя межень	Средняя	220	7,75	мг/л	51,8	16,7	2,0	202,5	18,3	11,1	1,0	0,000	303,4	0,059	0,06	
					% экв	32,0	17,0	1,0	36,5	4,7	3,8	0,2					
	Летне-осенний паводок	Средняя	720	7,8	мг/л	66,0	7,2	14,2	198,2	39,5	10,7	5,0	0,189	341,0	0,010	0,12	
					% экв	37,0	6,6	6,4	36,5	9,2	3,4	0,9					
	Неман – Смали- нинкай	Зимняя межень	Средняя	316	7,8	мг/л	66,0	15,1	8,5	241,6	25,4	11,8	3,0	0,246	312,2	0,005	0,06
						% экв	33,8	12,7	3,5	40,7	5,4	3,4	0,5				
Маловодная			379	7,8	мг/л	67,2	13,2	11,5	226,6	38,7	12,8	2,0	0,025	372,4	0,012	0,10	
					% экв	34,2	11,1	4,7	37,8	8,2	3,7	0,3					
Весеннее половодье (пик)		Средняя	2220	–	мг/л	37,0	5,0	3,8	97,6	30,0	4,1	5,0	0,32	182,8	0,050	0,30	
					% экв	38,4	8,5	3,1	33,2	12,9	2,3	1,6					
		Многоводная	2340	7,4	мг/л	38,3	4,7	2,2	92,1	32,1	4,5	5,0	0,040	178,9	0,061	0,40	
					% экв	39,9	8,2	1,9	31,6	14,0	2,7	1,7					
Маловодная	806	7,85	мг/л	40,6	9,6	10,0	130,5	28,1	6,5	5,0	–	225,3	0,050	0,20			

Река - Пункт	Фаза водного режима	Водность фазы	Расход воды м³/с	pH	Форма выражения анализа	Содержание ионов								Сумма ионов	Фосфаты, мг Р/л	Железо общее, мг/л	
						Ca	Mg	Na+K	HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ³	NO ²				
						% экв	33,9	13,4	2,7	35,8	9,9	3,0	1,3				
						мг/л	58,1	12,0	11,8	202,5	36,5	9,9	0,4				0,000
% экв	33,3	11,3	5,4	38,1	8,7	3,2	–	0,000									
мг/л	52,8	13,4	16,5	208,0	28,6	11,6	4,0		0,000								
% экв	29,9	12,6	7,5	38,7	6,8	3,8	0,7	0,000									
Неман – Советск	Зимняя межень	Средняя	404	–	мг/л	63,8	14,1		9,2	202,6	21,8	9,9	2,0	0,01	361,7	0,005	0,08
					% экв	33,8	12,3	3,9	46,0	4,8	3,0	0,3					
		Многоводная	526	–	мг/л	56,5	10,7	8,0	203,7	19,4	5,0	2,0	0,020	309,6	0,066	0,11	
					% экв	35,4	11,1	3,5	47,9	5,0	1,8	0,3					
		Маловодная	223	7,65	мг/л	71,6	14,2	11,2	214,7	27,6	17,5	3,0	0,100	393,4	0,005	0,12	
					% экв	34,4	11,3	4,3	46,1	5,6	4,7	0,5					
	Весеннее половодье (пик)	Средняя	2000	7,8	мг/л	36,5	7,1	7,0	129,9	20,6	3,1	2,0	0,000	206,2	0,017	0,50	
					% экв	33,9	10,9	5,2	39,7	8,1	1,7	0,5					
		Многоводная	5630	–	мг/л	36,4	5,0	1,5	107,9	17,8	4,6	1,5	0,002	174,7	–	0,40	
					% экв	39,7	9,0	1,3	38,6	8,2	2,8	0,4					
		Маловодная	904	8	мг/л	40,3	9,4	4,2	119,0	35,0	7,5	4,0	0,035	219,4	0,014	0,06	
					% экв	34,1	13,0	2,9	33,0	12,4	3,6	1,0					
	Окончание спада весеннего половодья	Средняя	455	8,1	мг/л	51,7	8,3	9,0	187,9	17,9	6,2	0,0	0,000	281,0	0,032	0,34	
					% экв	35,6	9,4	5,0	42,5	5,1	2,4						
		Многоводная	1050	8,2	мг/л	48,3	9,0	7,5	177,5	20,6	3,5	0,4	0,00	267,0	–	0,08	
					% экв	35,0	10,8	4,2	42,3	6,2	1,4	0,1					
		Маловодная	313	8,25	мг/л	59,7	9,7	4,5	212,9	13,5	6,7	0,0	0,000	307,0	0,084	0,04	
					% экв	37,6	10,1	2,3	44,1	3,5	2,4						
	Летняя межень	Средняя	305	–	мг/л	49,8	14,9	3,7	206,8	12,5	7,6	0,0	0,000	295,5	–	0,05	
					% экв	32,2	15,8	2,0	44,0	3,3	2,7						
		Многоводная	479	8,3	мг/л	52,7	11,8	3,7	194,6	19,3	5,7	0,0	0,000	283,8	0,003	0,25	
					% экв	35,1	12,9	2,0	42,5	5,3	2,2						
		Маловодная	178	7,8	мг/л	60,1	13,6	3,8	203,1	23,4	15,2	1,5	0,040	320,7	0,041	0,07	
					% экв	35,1	13,1	1,8	39,0	5,8	5,0	2,0					

Река - Пункт	Фаза водного режима	Водность фазы	Расход воды м ³ /с	рН	Форма выражения анализа	Содержание ионов								Сумма ионов	Фосфаты, мг Р/л	Железо общее, мг/л
						Ca	Mg	Na+K	HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ³	NO ²			
	Летне-осенний паводок	Средняя	710	8,05	мг/л	62,0	12,9	12,3	208,0	31,1	14,1	5,0	0,34	245,7	0,005	0,12
					% экв	33,3	11,4	5,3	37,8	7,0	4,3	0,9				
		Многоводная	1020	8,3	мг/л	62,6	14,7	7,0	224,5	28,3	9,9	4,0	0,013	315,0	0,050	0,08
					% экв	33,8	13,1	3,1	39,9	6,4	3,1	0,6				
		Маловодная	247	8,3	мг/л	62,4	14,5	11,2	234,4	21,6	10,8	1,0	0,013	364,9	0,007	0,10
					% экв	32,8	12,5	4,7	42,0	4,7	3,2	0,1				

Взаимодействие осадков и талых снеговых вод с подстилающей поверхностью, продуктами хозяйственной деятельности обуславливает различия в химическом составе речных вод по площади и во времени года. Содержание химических веществ в водотоках изменяются в значительных пределах. На крупных водотоках (р. Неман) влияние местных факторов (местных природных условий, водности года, хозяйственной деятельности на водосборе) сказывается в меньшей степени, чем процессы трансформации химического состава воды в русле реки, а также влияние притоков.

По фоновым данным распределение химических элементов в речных водах зависит от фазы водного режима и имеет существенную внутригодовую изменчивость (Таблица 9) [33].

Таблица 9 – Среднегодовое содержание химических элементов в речных водах в зависимости от фазы водного режима (р. Неман – г. Советск)

Фаза водного режима	Расход, м ³ /с	O ₂ % насыщения	pH	Ca, мг/л	Mg, мг/л	Na+K, мг/л	HCO ₃ , мг/л	SO ₄ , мг/л	Cl, мг/л	Сумма ионов, мг/л	Железо общ., мг/л
Зимняя межень	404	94	7,6	63,8	14,1	9,2	240,9	21,8	9,9	361,7	0,08
Весеннее половодье	2000	94	7,8	36,5	7,1	7,0	129,9	20,6	3,1	206,2	0,50
Окончание спада весеннего половодья	455	107	8,1	51,7	8,3	9,0	187,9	17,9	6,2	281,0	0,34
Летняя межень	305	118	8,0	49,8	14,9	3,7	206,8	12,5	7,6	295,5	0,05
Летне-осенний паводок	710	130	8,1	62	12,9	12,3	208,0	31,1	14,1	345,7	0,12

В период летней и зимней межени наблюдается наибольшая минерализация воды (более 350 мг/л) на фоне снижения расхода. В период прохождения половодья, при наибольших расходах воды (до 2000 м³/с), минерализация воды минимальна. Соотношение основных катионов и анионов практически не изменяется во внутригодовом разрезе. Воды гидрокарбонатно-кальциевые, со средней минерализацией 0,29 г/л.

Во все фазы водного режима процент насыщения воды кислородом достаточно велик (более 90 %), что говорит о хороших условиях перемешивания вод-

ных масс.

Величина водородного показателя воды (рН) изменяется слабо (от 7,6 до 8,1). Преобладает щелочная реакция рН - 8,0.

В период половодья и летне-осенних паводков наблюдается повышенное содержание железа, связанное с увеличением доли поверхностного стока.

Наблюдения, проведенные в период с 2007-2017 гг. [8, 7, 9, 101, 68, 80, 76, 81, 71, 67, 175] показывают, что диапазон колебаний значений гидрохимических параметров в р. Неман весьма значителен (Таблица 10), но, в целом, согласуется с данными СКИОВО реки Неман [175], согласно которой качество воды в ее бассейне изменяется от 3 до 4 класса (от «загрязненной» до «грязной»). Представленные ниже сводные данные современных исследований основных гидрохимических параметров в районе предполагаемого воздействия Балтийской АЭС [7, 182] позволяют сделать вывод о трансграничном загрязнении р. Неман за счет стока с сельскохозяйственных и урбанизированных территорий, сбросов сточных вод с промышленных и муниципальных предприятий, воздействия гидротехнических сооружений и др., что подтверждает ранее проведенные работы [102].

Таблица 10 – Экстремальные значения основных гидрологических параметров в 2010-2014 гг. [7]

№ ст	pH	O ₂ , мг/дм ³	O ₂ ,%	Окисл. перм., мгО/дм ³	NH ₄ ⁺	NO ²⁻	NO ³⁻	PO ₄ ³⁻ , мгР/дм ³	t °C	Эл-сть μS/cm
					мгN/дм ³					
3	8,1-8,1	12,00-6,59	130-80	13,57-8,20	1,11-0,178	0,028-0,002	6,60-0,36	0,181-0,008	25,8-4,4	492-377
2	9,3-7,5	12,90-6,43	135-77	17,39-8,35	1,273-0,276	0,025-0,002	8,60-0,17	0,144-0,008	25,0-4,2	539-279
1	9,3-7,2	13,8-7,2	123-62	14,53-6,18	1,746-0,201	0,017-0,003	13,20-0,42	0,180-0,001	23,6-0,3	584-316

Примечание: створы: 1- проектируемый выпуск в районе пос. Б. Село; 2 - ниже устья Шешупе, выше устья р. Юра; 3 – выше устья р. Шешупе до впадения ее в р. Неман

Кислородные условия за время проведения исследований, в целом, удовлетворительные до впадения р. Шешупе. Водородный показатель, сдвинут в щелочную сторону (в отдельные периоды более 9), особенно сильно в створе ниже устья Шешупе. Величина перманганатной окисляемости, в соответствии с классифика-

цией [4], меняется от «повышенной» до «средней», при этом меньше всего легко-окисляемых органических веществ содержится в р. Неман. Довольно много растворено азота нитратного и аммонийного, при этом их концентрация возрастает сверху вниз – скачкообразно, в 1,5-2 раза. В месте проектируемого выпуска Балтийской АЭС в районе пос. Б. Село заметно увеличивается также и электропроводность воды. Все вместе позволяет сделать заключение о загрязнении воды в месте проектируемого водовыпуска в Большом Селе, вероятно, от притока Юра.

Временной ход основных гидрохимических элементов (Таблицы 11-14) в основном соответствуют изменениям естественных процессов, протекающих в природных водах в климатических условиях Калининградской области, и в определенной степени позволяет судить о состоянии водотока.

Наиболее подробные сведения собраны в контрольном створе (проектируемый выпуск - Большое Село).

Минимальные значения кислорода и величины рН наблюдалось в январе (Таблица 11), что вполне объяснимо зимними процессами расходования O_2 и накоплением CO_2 .

В марте, в связи с развитием фотосинтеза начинается заметный рост этих показателей. Относительное содержание кислорода превышает 100 %. Пик весенне-летнего фотосинтеза приходится, очевидно, на июль – именно в этом месяце отмечены максимальные для лета значения растворенного кислорода и рН (Таблица 11).

Таблица 11 – Основные гидрохимические показатели в створе 1 (Большое Село), осредненные за 2011-2014 гг.

Месяцы	t °C	O ₂ , мг/дм ³	O ₂ ,%	pH	Окисл. перм., мгО/дм ³	NO ³⁻	NO ²	NH ₄	PO ₄ ³⁻ , мгР/дм ³
						мгN/дм ³			
Январь	0,3	8,8	62	7,70	10,77	3,66	0,016	0,885	0,076
Март	8,0	10,6	92	8,62	13,03		0,006	1,040	0,025
Апрель	8,03	12,47	104	8,17	12,35	9,73	0,011	0,627	0,036
Май	17,51	9,5	100	8,53	13,198	2,18	0,011	0,893	0,045
Июнь	18,57	10,48	111	8,75	12,13	0,55	0,006	0,541	0,035
Июль	23,6	10,30	123	9,02	10,84	0,421	0,017	0,201	0,042
Август	22,47	10,45	115	8,69	11,41	1,27	0,01	0,248	0,067
Сентябрь	16,8	9,8	101	8,39	11,21	0,75	0,007	1,004	0,105
Октябрь	16,0	9,6	100	7,99	14,00	2,32	0,008	0,824	0,061
Ноябрь	10,8	10,65	92	8,30	12,319	5,37	0,007	0,954	0,048
Декабрь	7,20	11,43	97	8,10	10,66	6,431	0,006	0,973	0,060

В сентябре – октябре произошло закономерное уменьшение этих показателей, после чего (в ноябре-декабре), до становления ледяного покрова, в условиях снижающейся температуры наблюдается естественное падение рассматриваемых характеристик вследствие существенного замедления окислительных процессов и фотосинтезирующей деятельности водных растений. Однако, стоит отметить, что наряду с возрастанием абсолютного содержания насыщенность воды кислородом (из-за низкой температуры) становится менее 100 %. Уменьшение pH свидетельствует о возрастании концентрации CO₂ (резко замедлилось его потребление растениями).

О колебаниях количества легкоокисляемых органических веществ можно судить по величине перманганатной окисляемости. Ее изменения формируются процессами продуцирования органических веществ и их разложением при окислении. Кроме того, органические вещества могут приноситься поверхностным стоком. В соответствии с этим минимум наблюдается в декабре, максимум – в марте и октябре (фотосинтез, низкие температуры, половодье или осенние дождевые паводки соответственно).

Азотсодержащие вещества подвержены весьма значительным временным колебаниям, ход которых, особенно азота нитратного, не соответствует развитию естественных процессов и в какой-то мере сопоставим с изменениями количества органических легкоокисляемых веществ, что может быть объяснено существен-

ным загрязнением.

В остальных створах (Таблицы 12-14) сезонные изменения основных гидрохимические показатели в целом согласуются с их временным ходом в районе Большого села (рассмотрены месяцы, в которые производились наблюдения).

Однако существуют некоторые количественные отличия, связанные с различной степенью прогрева или охлаждения воды, а отчасти и с накоплением органических и биогенных веществ вниз по течению. Так, в большинстве случаев более благоприятные условия складывались выше впадения р. Шешупе: 1,5-3 раза снижены концентрации азотсодержащих и фосфора фосфатов, в воде содержалось больше кислорода (кроме апреля).

Таблица 12 – Основные гидрохимические показатели в створе 3 (выше р. Шешупе), осреднённые за 2010-2014 гг.

Месяцы	t °C	O ₂ , мг/дм ³	O ₂ ,%	pH	Окисл. перм., мгО/дм ³	NO ³⁻	NO ²	NH ₄	PO ₄ ³⁻ ,
						мгN/дм ³			мгP/дм ³
Апрель	9,80	11,51	102	8,7	8,93	4,65	0,004	0,490	0,015
Июнь	16,0	11,54	116	8,8	11,90	0,40	0,004	0,281	0,035
Август	22,5	11,13	130	9,04	13,02	0,37	0,010	0,178	0,043
Сентябрь	-	-	-	8,72	12,55	1,08	0,007	0,972	0,181
Ноябрь	4,4	11,5	88	8,09	8,88	3,20	0,002	0,377	0,016

Таблица 13 – Основные гидрохимические показатели в створе 2 (ниже р. Шешупе, выше р. Юра), осреднённые за 2010-2014 гг.

Месяцы	t °C	O ₂ , мг/дм ³	O ₂ ,%	pH	Окисл. перм., мгО/дм ³	NO ³⁻	NO ²	NH ₄	PO ₄ ³⁻ ,
						мгN/дм ³			мгP/дм ³
Апрель	11,94	10,312	94,8	8,7	12,93	4,214	0,007	0,831	0,027
Июнь	16,5	12,11	123	8,8	12,22	0,70	0,008	0,336	0,040
Август	22,7	10,37	119	9,04	13,76	0,45	0,010	0,276	0,045
Сентябрь	16,5	9,60	100	8,72	13,30	3,68	0,007	0,891	0,047
Ноябрь	4,2	11,8	89	8,09	8,35	4,10	0,002	0,799	0,015

Таблица 14 – Основные гидрохимические показатели в створе (ниже водосброса), осреднённые за 2010-2014 гг.

Месяцы	t °C	O ₂ , мг/дм ³	O ₂ ,%	pH	Окисл. перм., мгО/дм ³	NO ³⁻	NO ²	NH ₄	PO ₄ ³⁻ , мгР/дм ³
						мгN/дм ³			
Май	19,1	8,8	95	8,45	13,64	3,90	0,014	0,865	0,037
Август	24,0	7,42	87,5	8,79	12,76	1,22	0,007	1,208	0,024
Сентябрь	15,5	12,9	135	7,51	8,77	-	0,011	0,342	0,083

После впадения р. Шешупе условия в целом несколько ухудшались, но четкой тенденции по месяцам не существует. Например, в августе средняя концентрация нитратного азота в этом створе была в три раза ниже, чем в Большом Селе, а в сентябре в 4,5 раза выше. Подобные нарушения внутригодовой изменчивости могут свидетельствовать о загрязнении.

В дополнительном створе ниже водосброса наблюдения проводились только в мае, августе и сентябре и не позволяют дать однозначную сравнительную (по отношению к другим створам) оценку.

Исходя из этого, чтобы все-таки оценить изменения условий от створа к створу и дать общую оценку состояния водотока в районе размещения Балтийской АЭС, все имеющиеся данные были усреднены (Рисунки 6-7).

Можно заметить, что после впадения р. Шешупе снижается количество кислорода. Перманганатная окисляемость по классификации [4] «повышенная» и ниже р. Шешупе увеличивается. По направлению к Большому Селу ее величина несколько снижается, но остается более высокой, чем в главной реке. Аналогичным образом изменяется по течению реки и содержание аммонийного азота. Происходит общее увеличение вниз по течению азота нитратов.

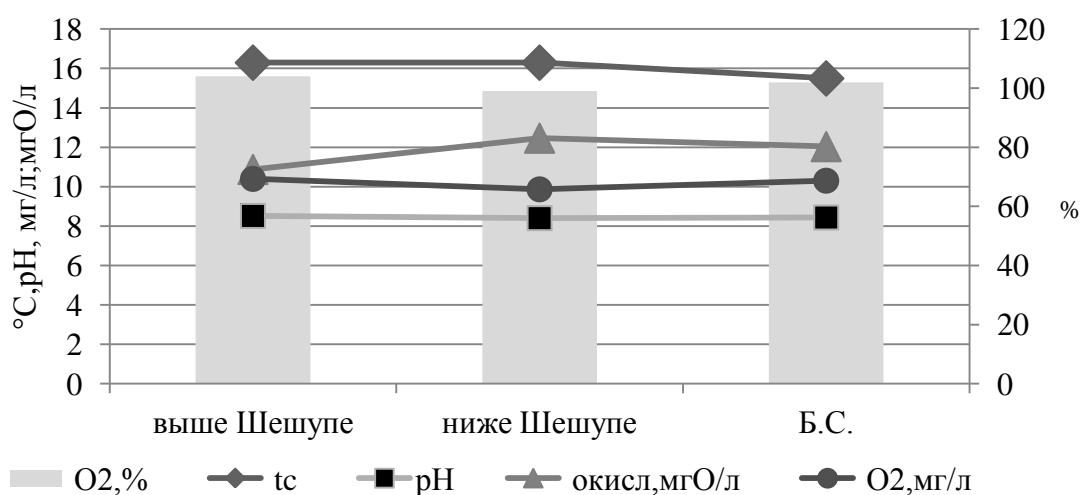


Рисунок 6 – Среднегодовые показатели содержания кислорода и органических веществ в р. Неман на территории Калининградской области, 2010-2014 гг. [7]

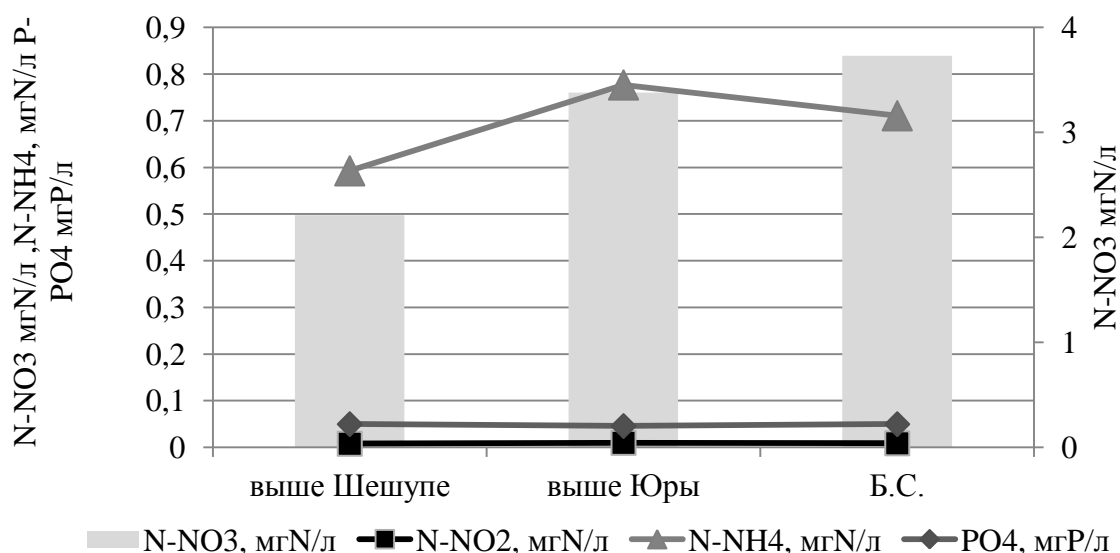


Рисунок 7 – Содержание соединений азота в р. Неман на территории Калининградской области, 2010-2014 гг. [7]

Подводя итог рассмотрению результатов фоновых гидрологических исследований р. Неман в районе строящейся Балтийской АЭС, можно отметить, что в целом наиболее благоприятные условия складываются выше устья р. Шешупе. Река Шешупе вносит определенное количество органических и биогенных веществ (в первую очередь, нитратного азота). По направлению к Большому Селу общее состояние реки несколько улучшается, но остается менее благоприятным, чем до впадения р. Шешупе и, возможно, р. Юра, данные по которой по понятным причинам отсутствуют.

В соответствии с [130], концентрация азота аммонийного и величины рН ниже р. Шешупе и в Большом Селе может существенно превышает нормативы, предусмотренные для рыбохозяйственных водных объектов. Содержание фосфора фосфата в ряде случаев отвечает только требованиям для мезотрофных и даже эвтрофных водоёмов.

По результатам гидрохимического мониторинга вод р. Неман в районе потенциального воздействия Балтийской АЭС, рассчитан удельный комбинаторный индекс загрязнения воды (УКИЗВ) исследованных водных объектов согласно [95]. В таблице 15 приведена динамика УКИЗВ за период с 2010 по 2016 гг.

Таблица 15 – Оценка качества вод р. Неман по индексу УКИЗВ за период исследований 2010–2016 гг.

Год	УКИЗВ	Класс качества
2010	0,93	Условно чистая
2011	2,29	Загрязненная
2012	2,27	Загрязненная
2013	2,99	Загрязненная
2014	3,59	Очень загрязненная
2015	2,23	Загрязненная
2016	4,57	Грязная

В 2016 г. наблюдается возврат к отрицательной динамике индекса и общему тренду ухудшения статуса качества вод. Графически динамика индекса УКИЗВ за период исследований представлена на рисунке 8.



Рисунок 8 – Динамика индекса УКИЗВ для вод р. Неман за период 2010–2016 гг.

Улучшение показателей качества вод р. Неман в 2015 г. может быть связано как с гидрологическими особенностями водного объекта (к примеру, высокой водности года) в 2015 г., так и с относительным уменьшением антропогенной нагрузки на водосбор реки.

Следует отметить, что на протяжении практически всего периода исследований вода реки не соответствовала санитарно-гигиеническим [125] и рыбохозяйственным нормативам [130]. Неоднократно отмечалось значительное превышение нормативов по содержанию общих и термотолерантных колиформных бактерий, что указывает на загрязнение участка реки в районе проектируемого выпуска сточных вод фекальными стоками. Содержание органических веществ по показа-

телям БПК₅ и ХПК (максимум в периоды повышенного стока - весна и осень), взвешенных веществ, всех форм железа, фосфатов часто превышало нормативные значения на протяжении практически всего периода наблюдений 2010-2017 гг. В отдельные периоды исследований были отмечены превышения ПДК_{р.х.} по тяжелым металлам: меди, никелю, свинцу, кобальту, ртути и цинку.

Результаты исследований, проведенных на р. Неман, свидетельствуют о том, что данный водоток в настоящее время испытывает постоянную антропогенную нагрузку, связанную с диффузным стоком с водосбора реки и поступлением загрязняющих веществ от точечных источников – в основном, мелких и крупных населенных пунктов. В условиях перегруженности водотоков органическими и биогенными веществами сброс подогретых вод в период эксплуатации Балтийской АЭС может оказать дополнительное влияние на биохимические процессы в водотоке, что, в свою очередь, может способствовать увеличению эвтрофирования водной экосистемы и снижению качества воды.

Результаты оценки качества вод р. Неман по санитарно-гигиеническим показателям показывают, что воды р. Неман на протяжении большей части периода исследований не соответствуют гигиеническим критериям для открытых систем технического водоснабжения [100]. Для получения воды с высокими органолептическими показателями и приемлемым уровнем риска по химическому и микробиологическому составу для оборотной системы водоснабжения Балтийской АЭС необходимо применение комплекса методов очистки воды, доочистки и обеззараживания.

Тем не менее, обширная акватория р. Неман и географическое положение обуславливают обитание здесь широкого и сложного комплекса ихтиофауны, обоснованного преимущественно двумя факторами. Во-первых, это среда обитания ряда ценных проходных и полупроходных видов рыб, с местами их нереста, нагула и зимовки. Во-вторых, от условий нереста ряда видов рыб в р. Неман во многом зависит воспроизводство рыб Куршского залива. Этими факторами определяется ее высокая рыбохозяйственная значимость.

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗОНЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ БАЛТИЙСКОЙ АЭС НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕКИ НЕМАН

4.1. Общие сведения о проекте Балтийской АЭС и анализ систем водоснабжения АЭС

4.1.1. Общие сведения об АЭС в РФ

В настоящее время в Российской Федерации функционирует 10 АЭС (35 энергоблоков):

- 18 энергоблоков с реакторами типа ВВЭР (из них 12 энергоблоков ВВЭР–1000, 1 – ВВЭР-1200 и 5 энергоблоков ВВЭР–440 различных модификаций);
- 15 энергоблоков с канальными реакторами (11 энергоблоков с реакторами типа РБМК–1000 и 4 энергоблока с реакторами типа ЭГП–6);
- 2 энергоблока с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым охлаждением (БН–600 и БН-800).
- 6 энергоблоков находятся в фазе строительства.

Одним из аспектов воздействия атомной энергетики на окружающую среду является необходимость использования большого количества водных ресурсов для охлаждения контуров реактора АЭС. С этой целью создаются системы охлаждения с применением поверхностных водных объектов, водоемов-охладителей или градирен [138]. Задача настоящей главы провести сравнительный анализ используемых технологий водоснабжения АЭС в России и выявить особенности Балтийской АЭС с точки зрения воздействия на экологическое состояние реки Неман.

Обобщенная сравнительная характеристика АЭС России приведена в таблице 16.

Таблица 16 – Обобщенная сравнительная характеристика АЭС России [163, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118].

№ п/п	Название	Год постройки	Тип реакторной установки	Мощность каждой РУ	Система водоснабжения	Водный объект - источник / водный объект – приемник	Лимит/факт на водозабор тыс. м³/год (2016)
1.	Балаковская АЭС	1 блок – 1985 2 блок – 1987 3 блок – 1988 4 блок – 1993	ВВЭР-1000	1000 МВт	оборотная система технического водоснабжения с водоемом-охладителем отсечного типа	Саратовское водохранилище на р. Березовка (в зоне подпора)	75356,75 / 63383,77
2.	Белоярская АЭС	1 блок – 1964 2 блок – 1967 3 блок – 1980 4 блок – 2015	АМБ-100 АМБ-200 БН-600 БН-800	100 МВт 200 МВт 600 МВт 800 МВт	на консервации оборотная система технического водоснабжения с водоемом-охладителем руслового типа	Белоярское водохранилище на реке Пышма	716,12 / 605,35
3.	Билибинская АЭС	1-4 блоки – 1974-1976	ЭГП-6	12 МВт	оборотная система технического водоснабжения охлаждения с сухими градирнями	проточное водохранилище на ручье Б. Поннеурген	2335,00 / 1724,88
4.	Калининская АЭС	1 блок – 1984 2 блок – 1986 3 блок – 2004 4 блок – 2011	ВВЭР-1000	1000 МВт	оборотная система технического водоснабжения с водоемом-охладителем озерного типа и мокрыми градирнями	озера Удомля и Песьво, зарегулированные плотинами на р. Съезжа	76470,00 / 53615,00
5.	Кольская АЭС	1 блок – 1973 2 блок – 1974 3 блок – 1981 4 блок – 1984	ВВЭР-440	440 МВт	прямоточная система технического водоснабжения на поверхностном водоеме-охладителе	озеро Имандра	2134403,60 / 1195883,95
6.	Курская АЭС Курская АЭС-2	1 блок – 1976 2 блок – 1979 3 блок – 1983 4 блок – 1985 1 блок – 2 блок –	РБМК-1000 ВВЭР-ТОИ	1000 МВт 1255 МВт	оборотная система технического водоснабжения с водоемом-охладителем наливного типа оборотная система технического водоснабжения с мокрыми градирнями	пойма р. Сейм	87000,00 / 60819,90
7.	Ленинградская АЭС	1 блок – 1973 2 блок – 1975 3 блок – 1979 4 блок – 1980	РБМК-1000	1000 МВт	прямоточная система технического водоснабжения на поверхностном водоеме-охладителе оборотная система	Копорская губа Финского залива	6484871,00 / 5275493,50

№ п/п	Название	Год постройки	Тип реакторной установки	Мощность каждой РУ	Система водоснабжения	Водный объект - источник / водный объект – приемник	Лимит/факт на водозабор тыс. м³/год (2016)
	Ленинградская АЭС-2	1 блок – 2017 2 блок – 3 блок – 4 блок -	ВВЭР-1200	1200 МВт	технического водоснабжения охлаждения с мокрыми градирнями		
8.	Нововоронежская АЭС	1 блок – 1964 2 блок – 1969 3 блок – 1971 4 блок – 1972 5 блок – 1980 6 блок – 2016 7 блок –	ВВЭР-210 ВВЭР-365 ВВЭР-440 ВВЭР-440 ВВЭР-1000 ВВЭР-1200	210 МВт 365 МВт 440 МВт 440 МВт 1000 МВт 1200 МВт	на консервации на консервации оборотная система технического водоснабжения охлаждения с мокрыми градирнями оборотная система технического водоснабжения с водоемом-охладителем наливного типа оборотная система технического водоснабжения охлаждения с мокрыми градирнями	река Дон	159000,00 / 145600,66 33140,00 / 22380,24
9.	Ростовская АЭС	1 блок – 2001 2 блок – 2010 3 блок – 2014 4 блок – 2017	ВВЭР-1000 ВВЭР-1000	1000 МВт 1000 МВт	оборотная система технического водоснабжения с водоемом-охладителем отсежного типа оборотная система технического водоснабжения охлаждения с мокрыми градирнями	Цимлянское водохранилище	85007,00 / 67161,95
10.	Смоленская АЭС	1 блок – 1982 2 блок – 1985 3 блок – 1990	РБМК-1000	1000 МВт	оборотная система технического водоснабжения с водоемом-охладителем руслового типа	река Десна	72024,68 / 62110,43
11.	Строящаяся Балтийская АЭС	1 блок – 2 блок –	ВВЭР-1200	1200 МВт	оборотная система технического водоснабжения охлаждения с мокрыми градирнями	река Неман	максимальные проектные данные продувки 5265 м³/сут.

Расположение АЭС на карте России представлено на рисунке 9.



Рисунок 9 – Расположение АЭС на карте России (названия станций приведены в таблице 16)

4.1.2. Характеристика систем технического водоснабжения АЭС

Одно из первостепенных значений для нормальной работы АЭС имеет техническое водоснабжение, которое определяет надежность и экономичность ее работы. Наличие подходящего источника водоснабжения – важный и определяющий критерий для выбора места под размещение АЭС.

Наиболее простой является прямоточная система. Суть ее работы заключается в заборе холодной воды из естественного источника (водохранилище, река, озеро и т. п.) и сбросом в него нагретой воды. На сегодняшний день, в соответствии с законодательством [14], проектирование прямоточных систем технического водоснабжения не допускается, в том числе, из-за опасности распространения радиоактивного загрязнения.

Система оборотного водоснабжения, разрешенная на сегодняшний день в РФ, заключается в многократном использовании циркулирующей воды в замкнутом контуре. В состав таких систем входят: водоемы-охладители, брызгальные

бассейны и башенные испарительные градирни. В качестве водоемов-охладителей АЭС могут использоваться искусственно созданные пруды и естественные водные объекты. Так, например на Белоярской АЭС (3, 4 энергоблоки) используется искусственно созданный водоем-охладитель руслового типа; на Нововоронежской АЭС (5 энергоблок), Курской АЭС используется водоем-охладитель наливного типа; на Смоленской АЭС, Балаковской АЭС, Ростовской АЭС (1, 2 энергоблоки) применяется водоем-охладитель отсечного типа. Кольская АЭС и Ленинградская АЭС используют для охлаждения естественные водные объекты посредством прямотока. Это объясняется тем, что в момент проектирования и пуска в эксплуатацию указанных АЭС требованиями нормативных документов использование прямоточных систем было разрешено. Калининская АЭС (1, 2 энергоблоки) осуществляет техническое водоснабжение при помощи водоема-охладителя озерного типа, а эксплуатация энергоблоков 3 и 4 Калининской АЭС осуществляется с использованием для охлаждения испарительных градирен. Современные атомные станции РФ, в том числе и Балтийская АЭС, в своих проектных решениях по техническому водоснабжению базируются на использовании градирен, подпитки и продувки из поверхностного источника. Обратные системы технического водоснабжения с использованием градирен зарекомендовали себя, как более «чистые». Они успешно применяются не только в России, но и в других странах мира. С точки зрения воздействия на окружающую среду и человека такие системы можно считать экологически и экономически оправданными, так как они характеризуются многократным использованием охлаждающей воды с ее промежуточным охлаждением, а отведение нагретой воды в водоем-охладитель происходит внутри охлаждающей системы [192].

Принцип работы испарительной градирни сводится к следующему. Температурные и атмосферные различия, созданные нагретой водой внутри градирен, вызывают приток воздуха, который всасывается снизу, проходит между планками и перегородками и выходит через верхнее отверстие башни. Вода скапливается в бассейне под днищем башни и вновь возвращается в конденсатор. Незначительная часть воды теряется при испарении. Применение градирен в системе обрат-

ного водоснабжения Балтийской АЭС позволяет снизить масштаб проблемы термального загрязнения поверхностных вод р. Неман и свести к минимуму негативные последствия на окружающую среду.

Сравнительный анализ систем технического водоснабжения на действующих станциях, показывает что, в зависимости от выбора типа ядерной установки, наличие на прилегающей территории водных ресурсов и их состояния, происходит выбор схемы технического водоснабжения для АЭС [78]. Основное воздействие в процессе нормальной эксплуатации Балтийская АЭС будет оказывать на р. Неман, которая, по большей части, будет использоваться в технологическом цикле для забора свежей воды (подпитка системы) и сброса сточных вод (продувка системы). Продувка в системе оборотного водоснабжения с градирнями предназначена для предотвращения карбонатных отложений на элементах теплообменного оборудования и градирен, а также в комплексе с системой коррекционной обработки технической воды для поддержания качества оборотной воды в приемлемых пределах. Продувочная вода от градирен и минерализованная вода от водоподготовительных установок направляются по самотечным водоводам в насосную станцию продувки, откуда насосами подается по трубопроводу продувки в русло реки Неман. Решения по организации подпитки и продувки оборотных систем для одного энергоблока Балтийской АЭС представлены на рисунке 10.

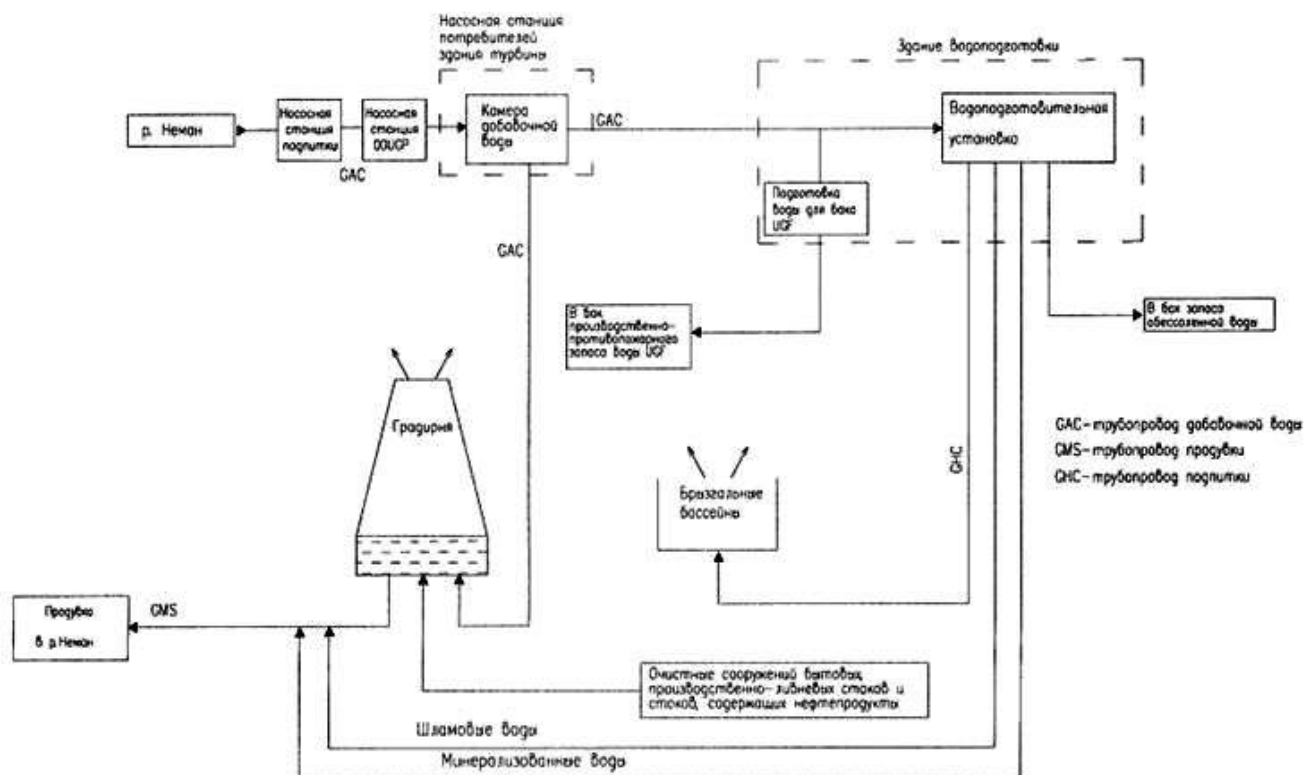


Рисунок 10 – Схема организации технологического водоснабжения Балтийской АЭС

4.1.3. Общие сведения о проекте Балтийской АЭС

Балтийская атомная электрическая станция установленной мощностью 2400 МВт (электрических) – два блока с реакторной установкой ВВЭР-1200 сооружаются по проекту серии АЭС-2006, поколения «3+».

В основу концепции проекта Балтийской АЭС положены технические решения проекта с реакторной установкой ВВЭР-1200, проект которой, в свою очередь, базируется на решениях референтной Тяньваньской АЭС в Китае (энергоблоки ВВЭР-1000 повышенной безопасности с улучшенными технико-экономическими характеристиками).

Топливом является слабообогащенная двуокись урана. Энергоблок включает реакторную установку с реактором типа ВВЭР-1200 и турбоустановку производства ООО «Альстом Атомэнергомаш», которая служит приводом генератора.

Схема АЭС двухконтурная:

- первый контур – вода под давлением 16,2 МПа;

- второй контур – вода и насыщенный пар с давлением 7 МПа.

Первый контур радиоактивен. В условиях нормальной эксплуатации теплоноситель второго контура нерадиоактивен.

Энергоблок включает в себя реакторную установку с комплексом систем нормальной эксплуатации и систем безопасности и одну турбоустановку с вспомогательными системами турбинного отделения.

Каждый из двух энергоблоков АЭС имеет собственные вспомогательные системы, включая системы спецводоочистки и переработки отходов.

Общеплочные системы предусматриваются только для выполнения вспомогательных функций, не связанных прямо с технологическими процессами выработки электроэнергии и обеспечением безопасности.

Реакторная установка включает в себя реактор и четыре циркуляционных петли, в состав каждой из которых входят циркуляционные трубопроводы, главные циркуляционные насосы и горизонтальные парогенераторы.

Оборудование и трубопроводы РУ, работающие под давлением первого контура, а также участки трубопроводов и систем, которые предназначены для локализации активного теплоносителя при авариях, и часть второго контура (парогенераторы и паропроводы) размещаются внутри двойной защитной оболочки.

Реактор устанавливается в бетонной шахте с биологической защитой. Конструкция нижней части бетонной шахты разрабатывается с учетом размещения в ней системы улавливания и охлаждения расплава активной зоны за пределами корпуса реактора при тяжелой запроектной аварии.

Компоновочные решения моноблока, сочетающие двойной контайнмент реакторной установки, машинный зал, здания систем безопасности и вспомогательных систем обеспечивают минимальную протяженность коммуникаций и высокую надежность нормальной эксплуатации, а также функций безопасности.

Балтийская АЭС – единственная АЭС в РФ, строящаяся на новой площадке. Остальные АЭС строятся в районах размещения действующих атомных станций, часть энергоблоков которых является замещающими. При проектировании таких АЭС основные результаты оценки воздействия на окружающую среду берутся из

данных производственного экологического контроля и мониторинга действующих АЭС. Вопросам экологического мониторинга эксплуатируемых АЭС уделяется достаточное внимание, в то время как экологический мониторинг строящихся АЭС проводится, в большинстве своем, в рамках инженерных изысканий. Отсутствует единый подход к экологическому мониторингу водных объектов, планируемых к использованию в технологическом цикле АЭС до ввода в эксплуатацию.

Анализ систем технического водоснабжения российских АЭС и системы водоснабжения, принятой проектом Балтийской АЭС показал, что на территории РФ атомные станции, использующие в своем технологическом цикле трансграничную реку, отсутствуют. Отмечается, что на водные объекты, используемые в качестве источников технического водоснабжения, оказывается комплексное влияние. Впервые в практике сооружения АЭС российского проекта в качестве источника технического водоснабжения выбрана трансграничная река, биоресурсы которой имеют важное значение не только для РФ, но и для сопредельных стран.

Поэтому, в отличие от других АЭС России, полученные современные данные экологического состояния р. Неман актуальны с точки зрения оценки допустимых воздействий хозяйственной деятельности на водоток и разработки мероприятий по предотвращению загрязнения, засорения и истощения водного объекта, в том числе, в трансграничном контексте.

Полученные результаты наблюдений на р. Неман позволяют объективно подойти к оценке возможного ущерба водным биоресурсам, который может иметь место в процессе нормальной эксплуатации Балтийской АЭС.

Основная проблема в системе технического охлаждения Балтийской АЭС заключается в том, что сбрасываемая вода будет существенно отличаться по своим физико-химическим параметрам от воды р. Неман, в первую очередь, температурой, что может оказать негативное воздействие не только на саму реку, но и на экосистему и промысловую рыбопродуктивность Куршского залива. Температура воды является важным абиотическим фактором среды, управляющим структурой и метаболизмом экосистемы. Сброс подогретых вод приводит к существенному

изменению физико-химических свойств воды [82, 191] и изменениям в структуре биоценозов. Влияние изменений температуры на жизнедеятельность гидробионтов достаточно изучено и описано в трудах Мордухай-Болтовского 1974, 1975; Сулимова 1974; Никанорова 1974, 1976, 1977; Алабастера, Ллойда, 1984; Голова нова и др., 2005, 2011, 2012, 2013; Beitinger et al., 2000 [3, 23, 24, 25, 27, 97, 98, 104, 105, 106, 174, 195].

Поэтому основная задача главы - разработка модели гидродинамических процессов в русле реки и прогноз возможного влияния сброса технических (продувочных, образующихся на градирнях) вод Балтийской АЭС в период эксплуатации на естественный термический и химический режим.

4.2. Технологическая схема формирования сбросных вод и их транспортировки

Охлаждение Балтийской АЭС предполагается осуществлять с помощью замкнутой системы, в которой вода после охлаждения в градирнях используется вновь. Однако на восполнение потерь воды на капельный унос из градирен необходима постоянная подпитка и восполнение потерь. Кроме того необходима промывка элементов теплообменного оборудования и градирен от карбонатных отложений так называемыми «продувочными» водами, которые затем будут сбрасываться в реку Неман.

Наиболее значимый источник формирования сбросных вод на Балтийской АЭС – основная система охлаждающей воды (РА).

Система РА предназначена для подачи охлаждающей воды и отвода большого количества тепла, которое невозможно использовать для производства электрической энергии, от конденсаторов турбины, а также для подачи воды на подъемные насосы эжекторов во всех режимах нормальной эксплуатации.

В качестве охладителя в системе РА используется башенная испарительная градирня. При оборотной схеме водоохлаждения – с использованием градирен и брызгальных бассейнов – тепловое «загрязнение» объектов окружающей среды будет незначительно и практически не повлияет на атмосферные процессы.

Общий принцип работы градирен сводится к следующему. Нагретая вода системы РА, прошедшая конденсаторы турбин, подается на центральный стояк градирни. По площади орошения вода распределяется металлическими магистральными и рабочими полимерными трубопроводами. Разбрызгивание воды осуществляется пластмассовыми соплами.

Для основной охлаждающей системы, предусматривается продувка. Продувка предназначена для предотвращения карбонатных отложений на элементах теплообменного оборудования и градирен, а также, в комплексе с системой коррекционной обработки технической воды (РВН), для поддержания качества оборотной воды в приемлемых пределах.

Наибольший расход продувки на 2 энергоблока составляет 5265 м³/час.

Также, в продувочную воду градирен сбрасываются:

- концентрат от первой ступени установки обратного осмоса;
- шламовые воды водоподготовительных установок (ВПУ);
- нейтрализованные сбросные воды из бака-нейтрализатора (периодичность откачки 1 час в сутки) (в нем собираются регенерационные и отмывочные воды фильтров смешанного действия систем очистки конденсата турбин и общестанционных дренажных конденсатов, растворы химической промывки блоков ультрафильтрации и обратного осмоса, химической промывки парогенератора, сбросные воды системы очистки конденсата турбин);
- концентрата от установки подготовки питьевой воды после первой ступени обратного осмоса.

Все вышеуказанные компоненты, после перемешивания в отводящем водоводе, образуют сбросные воды и направляются в р. Неман.

В схеме водопотребления и водоотведения Балтийской АЭС предусмотрен отвод нейтрализованных стоков от водоподготовительных установок и продувочной воды системы охлаждения с градирнями в р. Неман. Режим температуры сбросных вод на входе в отводящий трубопровод близок к режиму температуры водосборного бассейна градирни (Таблица 17).

Таблица 17 – Среднемесячные температуры охлажденной воды, обеспечиваемые градирней производительностью 150 000 м³/ч для Балтийской АЭС

Наименование	Месяц												Среднегодовая
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Температура воздуха по сухому термометру, °С	-4,2	-3,7	-0,4	5,8	12	15,2	17,5	16,3	12,5	7	1,9	-1,9	6,5
Относительная влажность воздуха, %	88	86	80	76	72	73	78	81	84	86	89	89	82
Расход охлаждающей воды, м3/ч	150 000												
Температурный перепад, Δt, °С	13												
Температура охлажденной воды, °С	15	16	17,5	20,8	23,5	25,3	26,9	26,1	24,3	21,4	18,8	16,8	21,1

Схема потоков забора и сброса воды из р. Неман представлена на рисунке 0.



Рисунок 11 – Схема потоков забора и сброса воды Балтийской АЭС из р. Неман

Расстояние от устья р. Шешупе до места расположения проектируемых гидротехнических сооружений составляет около 6 км.

Водопотребление при оборотной системе охлаждающей воды предназначе-

но для подпитки с целью компенсации потерь воды в охлаждающих устройствах на испарение и капельный унос в градирнях, а также на продувку системы. Подпитка оборотной системы охлаждающей водой осуществляется из левобережной части русла р. Неман через водозаборный ковш, далее подается на насосную станцию подпитки и затем по закрытым трубопроводам, уложенным в земле, поступает на Балтийскую АЭС. Примерный путь транспортировки от места забора до места потребления составляет около 14 км.

Водоотведение в р. Неман, осуществляется с целью предотвращения карбонатных отложений на элементах теплообменного оборудования и градирен, а также для поддержания воды в приемлемых пределах. Продувочные и минерализованные воды от водоподготовительных установок направляются по самотечным водоводам в насосную станцию продувки, откуда насосами подаются по трубопроводу в русло р. Неман ниже по течению от водозабора, где организован рассеивающий выпуск. Примерный путь транспортировки сбрасываемых вод составляет около 16 км. (Рисунок 10).

Химический состав технических сточных вод и режим водоотведения приведен в таблице 18. Общий среднегодовой расход воды продувки, а также минерализованных вод от водоподготовительных установок в среднем за год составляет 5265 м³/ч (Таблица 18).

Таблица 18 – Состав и объем сточных вод, сбрасываемых в р. Неман при работе одного (двух) энергоблоков Балтийской АЭС

Компонент	Продувки оборотных систем технического водоснабжения	Концентрат от первой ступени установки обратного осмоса (ВПУ)	Шламовые воды от (ВПУ)	Нейтрализованные воды из бака- нейтрализатора	Характеристики стоков, отводимых в р. Неман
Номинальный расход, м ³ /ч	2322 (4644)	75,3 (150,6)	65 (130)	315 (315)	2802 (5265)
Режим поступления	Постоянный			Периодически (1 – 2 ч в сутки)	
Взвешенные вещества	34,6	0	250	0	34,5 (36,7)
Минерализация, мг/л	915	1960	349	9214	905,34 (917,69)
pH	8,0	7,5	8,0	7	7,08 (7,5)
Ca ²⁺ , мг/л	130,4	335,4	61	0,8	118,49 (126,12)
Na+K, мг/л	66,63	117	11	3090	87,56 (77,79)
Mg, мг/л	38,7	59,7	15,5	1,6	34,04 (36,23)
HCO ₃ ⁻ , мг/л	457,5	1001,5	231	334	414,52 (439,55)
SO ₄ ²⁻ , мг/л	170,2	338,3	19,6	5220	199,49 (186,31)
Cl ⁻ , мг/л	50,0	103,6	10,1	517	49,29 (49,89)
Коллоидный углерод*, мг/л	0,5				0,41 (0,44)
NO ₃ , мг/л	1,70	3,70	0,684		1,52 (1,62)
Примечание: В скобках приведено значение для двух энергоблоков; * – концентрат коллоидного углерода приготавливается из технического углерода марки К354 по ГОСТ 7885-86 путем перемешивания углерода с водой с последующим дроблением в коллоидной мельнице до состояния гидрогеля.					

В графе «Характеристики стоков, отводимых в р. Неман» прослеживается снижение концентрации сульфатов, натрия, калия в отводимых технических сто-

ках Балтийской АЭС при увеличении числа работающих энергоблоков (с одного до двух). Это объясняется тем, что в таблицах приведены максимальные значения концентраций тестируемых компонентов при периодическом (1–2 часа в сутки) сбросе нейтрализованных вод из бака-нейтрализатора, номинальный расход сбросов из которого не зависит от числа работающих энергоблоков. В тоже время при работе двух энергоблоков существенно возрастает расход воды продувки оборотных систем технического водоснабжения, что приводит к большему разбавлению нейтрализованных вод в общем коллекторе водоотведения.

4.3. Прогноз термического режима р. Неман в области влияния рассредоточенного сброса вод с Балтийской АЭС (на основании математического моделирования)

Первоначальный вариант проекта Балтийской АЭС предусматривал сосредоточенный («струенаправленный») выпуск в р. Неман. Однако анализ показал, что в этом случае в речном потоке будет формироваться «тепловой клин», препятствующий эффективному разбавлению продувочных вод в контрольном створе, что в свою очередь скажется на экосистеме водотока.

В связи с этим принято альтернативное решение об изменении конструкции водовыпускного устройства. Применение рассеивающего водовыпускного устройства в виде ряда насадок активного действия обеспечит значительную кратность смешения непосредственно в створе выпуска. Ширина зоны рассеянного водовыпуска составит примерно 15 % ширины русла. Тем не менее, исключить полностью воздействие системы технического водоснабжения АЭС на водные биоресурсы не удастся.

Оценка ущерба водным биоресурсам р. Неман в зоне потенциального влияния Балтийской АЭС предполагает прогнозирование нарушений в естественном термическом и химическом режиме речных вод. Такого рода прогнозы выполнены с максимальной степенью детальности:

- учтены сезонные вариации природных режимообразующих факторов

(гидрологических, термических, химических);

- в расчетах нашли отражение колебания температуры и химического состава сбросных вод в годовом разрезе времени;

- учтены технологические (проектные) решения по формированию рассеивающего водовыпуска, позволяющего минимизировать воздействие сбросов на водную экосистему р. Неман.

Кроме того, в расчетах учтены потери тепла в магистральном трубопроводе, существенно повышена фрагментация модельной области вблизи места водовыпуска (что позволило учесть его рассеивающий характер), а также учтены сезонные вариации гидрологических факторов с временным шагом дискретизации в один месяц.

Продувочная вода от градирен отводится по водоводу протяженностью в 11 км и диаметром 1200 мм в р. Неман. Водовод выполнен из полиэтилена ПЭ 100 CDR17 на 1 МПа, расход продувочной воды 1,5 м³/с, толщина стенок водовода 71,7 мм.

При подземной прокладке водовода теплотехнические условия его эксплуатации в значительной мере зависят от теплофизических свойств грунтов. В таб. 19 приведены теплофизические параметры суглинков, являющихся характерными покровными отложениями на участке прокладки трубопровода [160, 162].

Таблица 19 – Теплофизические характеристики грунтов, распространенных на трассе водовода Балтийской АЭС

Порода	Плотность, г/см ³	Суммарная влажность, доли единицы	Теплопроводность в талом состоянии, Вт/(м*К)
Суглинок	2,0	0,2	1,44

Температура грунта зависит от температуры атмосферного воздуха, инсоляции, состояния, уклона и вида поверхности земли, наличия растительного, снежного или другого покрова, теплофизических свойств самого грунта. В зависимости от этих факторов теплотери на трассе водовода могут существенно отличаться даже для близкорасположенных площадей и трасс. При проектировании трубопровода необходимо учитывать фактическое проникание в грунт нулевой

температуры в ряде характерных пунктов местности.

Для расчетов приняты среднемесячные данные температур почвы на глубине заложения трубопровода (порядка 1,5 м) по вытяжным термометрам метеостанции г. Гвардейск [31] (Рисунок 12). Среднегодовая температура на глубине 1,6 м составляет 8,3 °С, среднемесячная температура почвы колеблется от 2,0°С в марте до 15,6°С в августе.

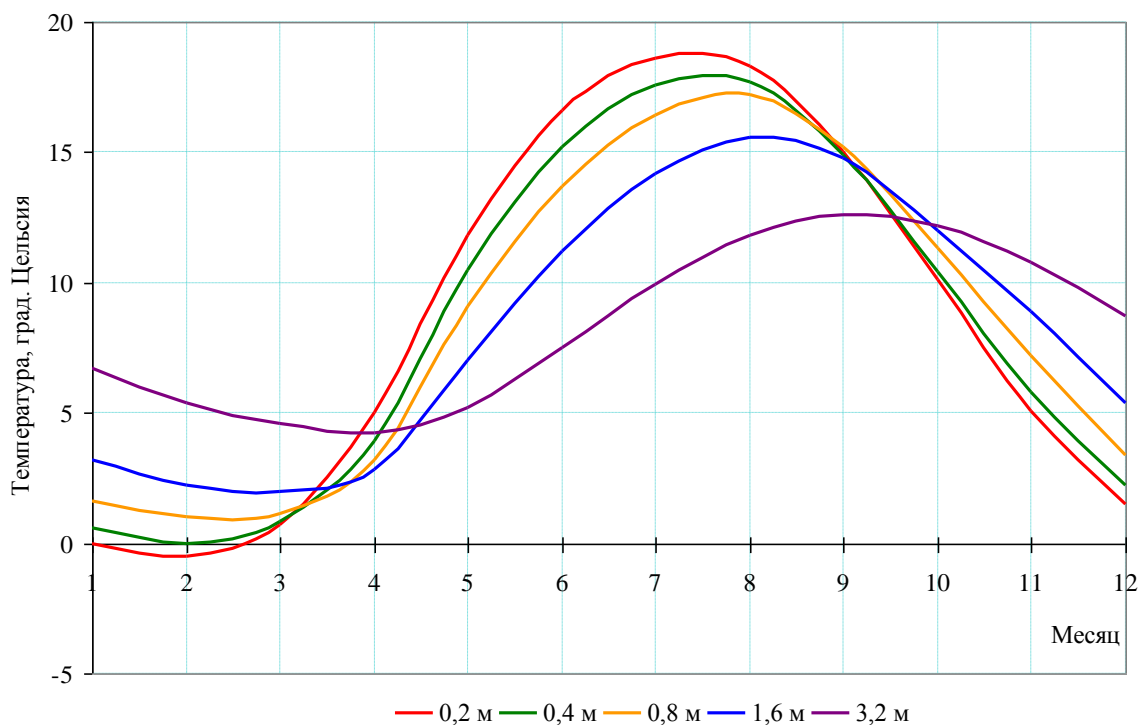


Рисунок 12 – Распределение среднемноголетней среднемесячной температуры почвы по глубине (метеостанция Гвардейск)

Итоговые значения среднемесячных температур сбросных вод представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Среднемесячные значения температуры сбросных вод на входе и выходе из водовода Балтийской АЭС

Параметры	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура грунта на глубине 1,5 м, °С	3,2	2,2	2,0	2,8	7,0	11,2	14,2	15,6	14,8	12,0	8,9	5,4
Температура воды на входе в водовод, °С	12,0	12,0	12,0	19,5	22,6	24,3	25,9	25,3	23,3	20,2	17,5	12,0
Температура воды на выходе из водовода, °С	11,0	10,9	10,8	17,6	20,8	22,8	24,5	24,2	22,3	19,2	16,5	11,2
Теплопотери на трассе водовода, °С	1,0	1,1	1,2	1,9	1,8	1,5	1,4	1,1	1,0	1,0	1,0	0,8

Теплопотери в трубопроводе колеблются в среднем диапазоне температуры от 0,8 до 1,9 °С. В среднегодовом разрезе они составляют 1,3 °С. Полученные значения были использованы для корректировки температуры сбросной воды в рассеивающем водовыпуске.

4.4. Моделирование термического режима р. Неман в области влияния рассредоточенного сброса вод с АЭС

4.4.1. Технологическое решение по выпуску сбросных вод АЭС

В целях минимизации ущерба водным биоресурсам, проектом предусмотрен рассеивающий характер водовыпуска. В конструктивном плане этот водовыпуск представлен распределительным трубопроводом с равномерно расположенными на нем насадками активного действия. Общая схема трубопроводов забора и сброса представлена на рисунке 13. Количество насадок – 10 штук. Расход сточных вод из одной насадки 0,15 м³/с. Расстояние между насадками (b) принято равным 4 м [32]. Общая длина водовыпуска (В), таким образом, составляет 40 м.

Ширина створа реки в месте расположения выпуска стоков составляет около 270 м, то есть выпуск перекрывает примерно 15 % общей ширины потока, что обеспечивает сохранение условий судоходства и обходных путей миграции для ихтиофауны.

Местоположение водовыпуска отвечает принятому проектному решению

(Рисунок 13).



Рисунок 13 – Схема р. Неман на участке водоотведения Балтийской АЭС

4.4.2. Гидрологические и термические характеристики водного потока на участке водовыпуска

Геометрия русла р. Неман на участке водоотведения принята на основании данных, представленных ФГУ «Калининградский ЦГМС». Они уточнены с помощью карт и лоций. Дополнительно в работе использовались космоснимки и данные спутника SRTM.

В дальнейших модельных расчетах использованы значения расходов, уровня и температуры воды для гидрологического поста р. Неман – г. Советск [32, 103]. Зависимости между расходами (Q , м³/с) и уровнями (H , см) для гидрологического поста р. Неман – г. Советск представлены на рисунке 14.

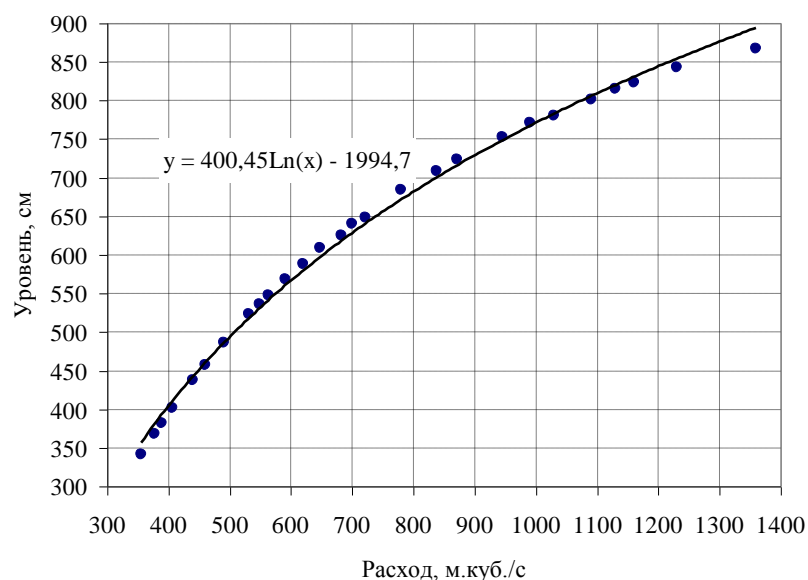


Рисунок 14 – График связи уровней и расходов воды на гидрологическом посту (р. Неман – г. Советск)

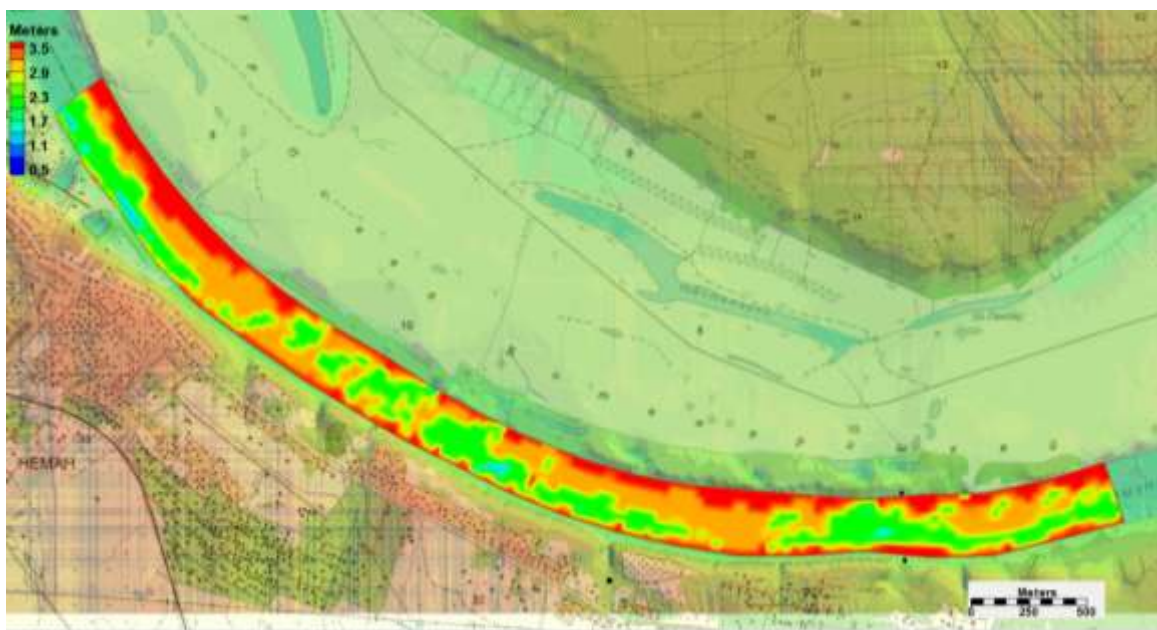
Ряд наблюдений на гидрологическом посту р. Неман – г. Советск недостаточен для определения надежного среднегогодового внутригодового распределения стока. Поэтому, согласно СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» [156], ряды среднемесячных расходов воды были удлинены с 19 до 64 лет, с привлечением данных поста-аналога р. Неман – г. Смалининкай. Результаты представлены в таблице 21 [32, 103].

Таблица 21 – Среднегодовое среднеемесячные расходы, уровни и температура воды для створа р. Неман–г. Советск

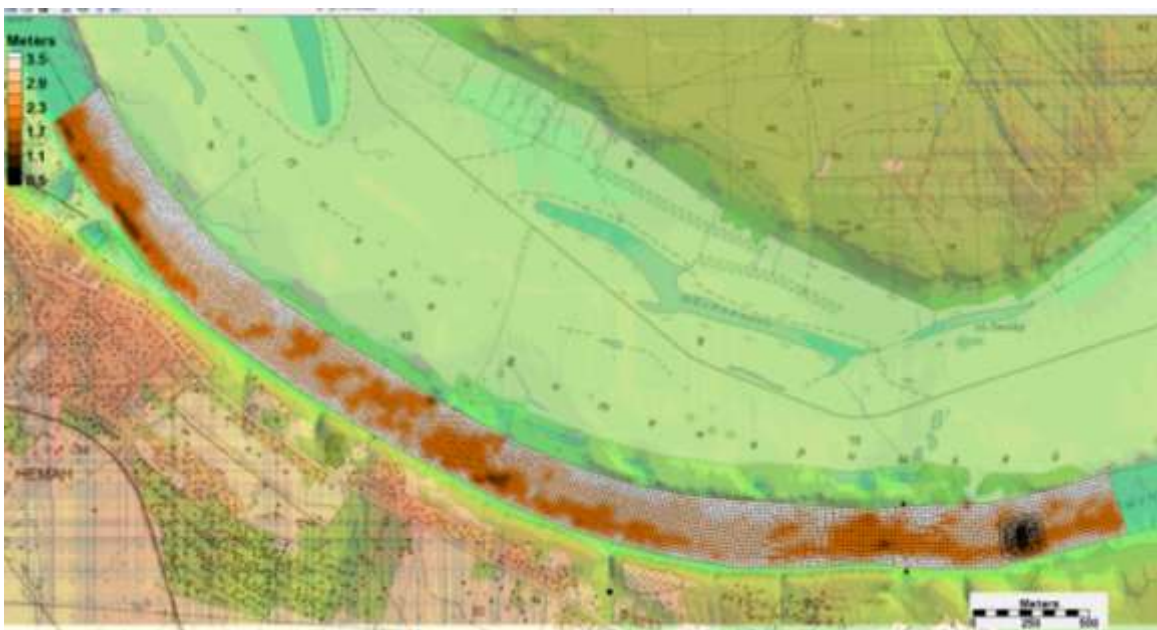
Месяц	Расход, м ³ /с	Уровень, м	Среднемесячная температура воды в реке, °С	Температура сбросной воды АЭС, °С	Разница температур сбросной воды АЭС и вод р. Неман, °С
Январь	505	4,98	1,0	11,0	10,0
Февраль	658	6,04	0,9	10,9	10,0
Март	803	6,84	1,4	10,8	9,4
Апрель	1390	9,03	6,2	17,6	11,4
Май	674	6,14	14,2	20,8	6,6
Июнь	428	4,32	18,8	22,8	4,0
Июль	383	3,88	20,3	24,5	4,2
Август	392	3,97	19,4	24,2	4,8
Сентябрь	376	3,79	15,0	22,3	7,3
Октябрь	433	4,36	9,0	19,2	10,2
Ноябрь	515	5,06	3,5	16,5	13,0
Декабрь	535	5,21	1,7	11,2	9,5

4.4.3. Построение численной гидродинамической модели р. Неман в зоне влияния водовыпуска

Задание геометрии модельной области (границ водного потока) основывалось на картах береговой линии и рельефа дна реки (Рисунок 15). Абсолютные отметки русла реки меняются от 1 до 3 м.



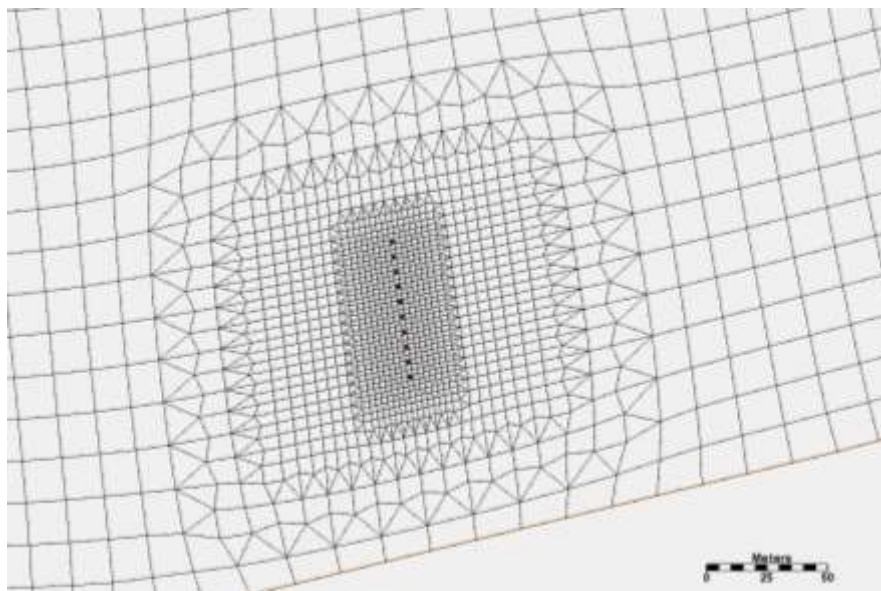
а)



б)

Рисунок 15 – Карта рельефа дна (а) и сеточная область модели (б) моделируемого участка р. Неман (в окне интерфейса программного комплекса SMS)

Пространственная разбивка модельной области (Рисунок 15) выполнена на неравномерной конечно-элементной сетке, что позволило детально описать батиметрию потока, а также технические особенности водовыпуска, представленные дискретными элементами – насадками (Рисунок 16).



Примечание: Черные прямоугольники – расположение струенаправляющих насадок. Расстояние между насадками – 4 м

Рисунок 16 – Сеточная область модели в районе водовыпуска

Точность решения задачи была повышена за счет улучшенной сеточной дефрагментации модельной области, особенно вблизи рассеивающего водовыпуска. Базовый размер модельных блоков составляет 16 м. Форсунки помещены в квадратные модельные блоки размером 2 м и расположены на расстоянии примерно 5 м друг от друга. Такая геометрическая разбивка позволила с большей детальностью описать береговые границы русла р. Неман. Каждая из насадок характеризовалась своим расходом жидкости с заданной температурой, переменной во времени (Таблица 21). Расход водного потока и его глубина соответствовали данным гидрологических расчетов (Таблица 21).

Моделирование выполнялось с месячным шагом дискретизации по времени, то есть модель учитывает внутригодовые изменения гидрологического и термического режима водотока, а также динамику изменения температуры воды в струенаправляющих насадках.

Расчет теплопереноса в потоке речной воды осуществлялся с использованием программного комплекса SMS (Surface Modeling System 10.1), предназначенного для моделирования гидрологических процессов. Программный комплекс SMS состоит из набора модулей и предназначен для моделирования гидрологических процессов. Для построения двухмерной численной гидродинамической мо-

дели применялся модуль RMA2, позволяющий в рамках созданной модели рассчитывать нестационарные уровни воды и горизонтальные компоненты скорости для двухмерного поля течений. Также для расчетов был использован модуль RMA4: конечно-элементная численная модель переноса консервативных и неконсервативных примесей в водных объектах.

Таким образом, были получены поля распределения температуры потока в годовом разрезе времени (на каждые из 12 месяцев). Основные результаты в обобщенном виде для трех характерных гидрологических периодов: зимняя межень (февраль), весенний паводок (апрель) и летняя межень (июль), а также графики изменения температуры в трех расчетных сечениях (100, 300 и 500 м) ниже по течению от водовыпуска по температуре соотносятся с зоной захвата потоком теплых вод прибрежной полосы речной воды шириной 40–50 м. За ее пределами температура мало отличается от фоновых значений. Сечение 500 м – так называемый контрольный створ, который рекомендован к использованию в расчетах в приказе Минприроды России от 17.12.2007 г. № 333 «Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей» [133].

На рисунке 17 в крупном масштабе показано стационарное тепловое поле для трех выделенных периодов времени (февраль, апрель, июль).

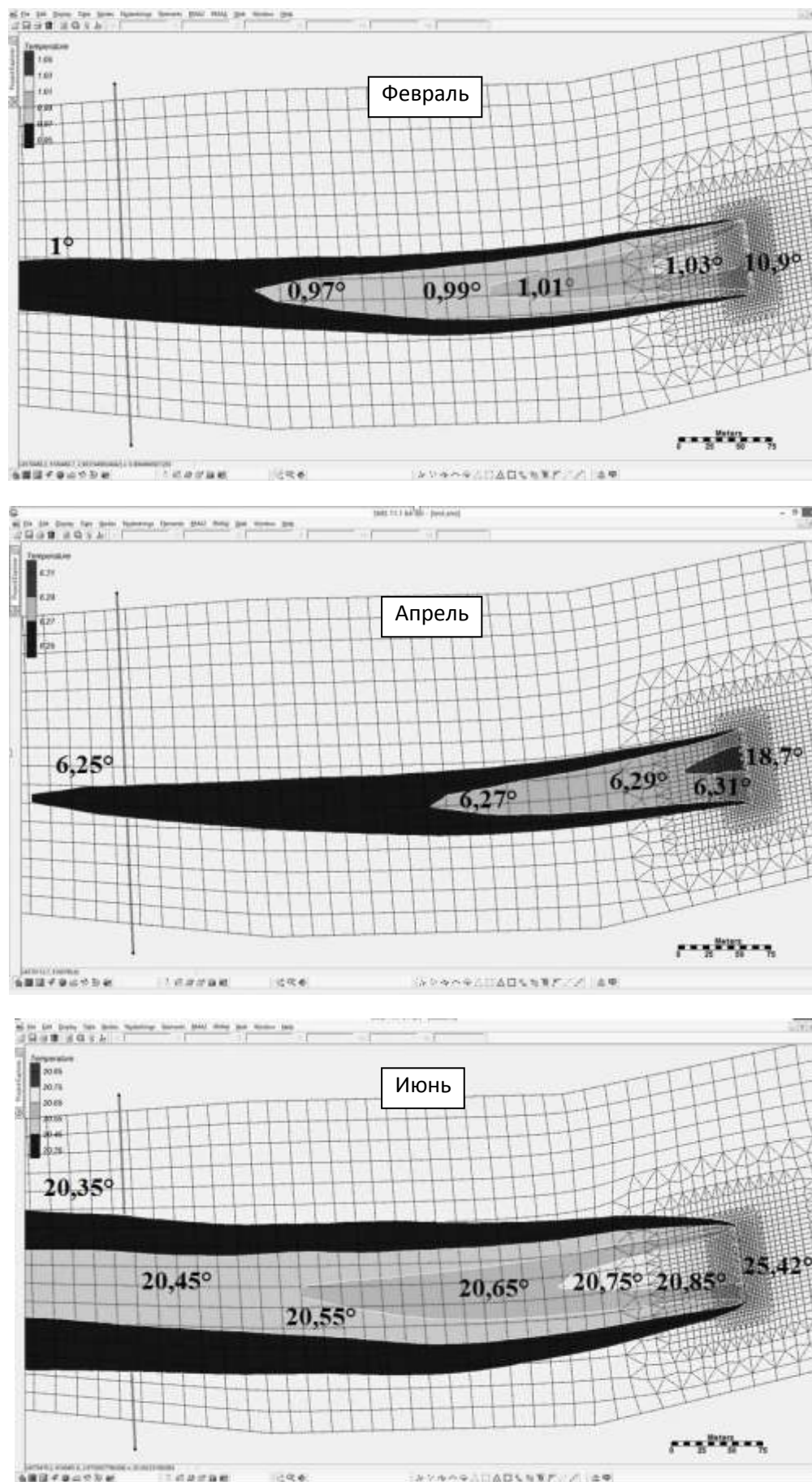


Рисунок 17 – Результаты моделирования температуры воды в зоне влияния сброса Балтийской АЭС в характерные гидрологические периоды

В то же время, превышение температуры фоновых значений, характерных для трех рассмотренных периодов, составляет не более 0,6 °С от фоновых. Тот же масштаб теплового воздействия сохраняется и в другие месяцы (Таблицы 22-24).

Таблица 22 – Распределение температуры по месяцам в створах реки¹⁾ на расстоянии 100 (T_{100}), 300 (T_{300}) и 500 (T_{500}) м от сброса

Месяц	T_r , °С	T_c , °С	T_{max} , °С	T_{100} , °С	T_{300} , °С	T_{500} , °С
Январь	1,0	11,0	1,21	1,13	1,10	1,08
Февраль	0,9	10,9	1,06	1,00	0,98	0,96
Март	1,4	10,8	1,53	1,49	1,47	1,45
Апрель	6,2	17,6	6,33	6,28	6,27	6,25
Май	14,2	20,8	14,49	14,39	14,35	14,32
Июнь	18,8	22,8	19,30	19,12	19,04	18,98
Июль	20,3	24,5	20,88	20,67	20,58	20,51
Август	19,4	24,2	19,96	19,76	19,67	19,60
Сентябрь	15,0	22,3	15,53	15,34	15,26	15,19
Октябрь	9,0	19,2	9,41	9,26	9,20	9,15
Ноябрь	3,5	16,5	3,80	3,69	3,65	3,61
Декабрь	1,7	11,2	1,90	1,83	1,80	1,78

Примечание: T_r – среднемесячная фоновая температура р. Неман, T_c – температура в насадах, T_{max} – максимальная температура в реке; ¹⁾прибрежная зона шириной 50–60 м.

Таблица 23 – Превышение температуры в створах реки¹⁾ на расстоянии 100 (ΔT_{100}), 300 (ΔT_{300}) и 500 (ΔT_{500}) м от сброса

Месяц	T_r , °С	T_c , °С	ΔT_{max} , °С	ΔT_{100} , °С	ΔT_{300} , °С	ΔT_{500} , °С
Январь	1,0	11,0	0,21	0,13	0,1	0,08
Февраль	0,9	10,9	0,16	0,10	0,08	0,06
Март	1,4	10,8	0,13	0,09	0,07	0,05
Апрель	6,2	17,6	0,13	0,08	0,07	0,05
Май	14,2	20,8	0,29	0,19	0,15	0,12
Июнь	18,8	22,8	0,50	0,32	0,24	0,18
Июль	20,3	24,5	0,58	0,37	0,28	0,21
Август	19,4	24,2	0,56	0,36	0,27	0,20
Сентябрь	15,0	22,3	0,53	0,34	0,26	0,19
Октябрь	9,0	19,2	0,41	0,26	0,20	0,15
Ноябрь	3,5	16,5	0,30	0,19	0,15	0,11
Декабрь	1,7	11,2	0,20	0,13	0,10	0,08

Примечание: ΔT_{max} – максимальное превышение температуры в реке; ¹⁾прибрежная зона шириной 50–60 м.

Таблица 24 – Зоны влияния температурных изменений, $L_{\Delta T}$, м

Месяц	$L_{0,05}$	$L_{0,1}$	$L_{0,15}$	$L_{0,2}$	$L_{0,25}$	$L_{0,3}$	$L_{0,4}$	$L_{0,5}$
Январь	1595	310	41	1,2				
Февраль	797	145	1,6					
Март	555	6,3						
Апрель	580	3,6						
Май	> 5000	670	282	90	2,7			
Июнь	> 5000	3440	735	418	270	151	3,3	< 0,1
Июль	> 5000	> 5000	1100	550	362	253	67	2,5
Август	> 5000	> 5000	975	515	340	228	41	2,1
Сентябрь	> 5000	> 5000	830	465	305	191	6,6	1,6
Октябрь	> 5000	1415	497	286	142	22	0,4	
Ноябрь	> 5000	630	280	91	2,8	< 0,1		
Декабрь	1380	274	5,7	< 0,1				

Примечание: $L_{0,05}$ – $L_{0,5}$ – длина зоны влияния температурных изменений на определенное количество °C (от 0,05 до 0,5 °C), м.

Отмеченные закономерности также наглядно иллюстрируются графическими данными (Рисунки 18-20).

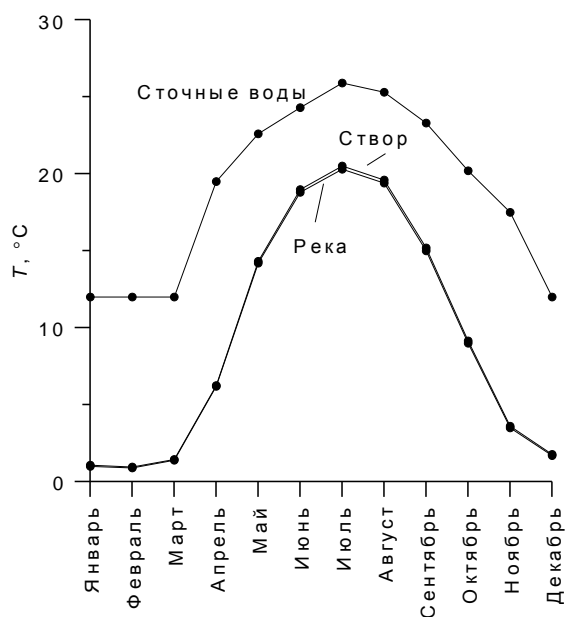


Рисунок 18 – График изменения температуры воды по месяцам в р. Неман, в контрольном створе (500 м) и насадках (сточные воды)

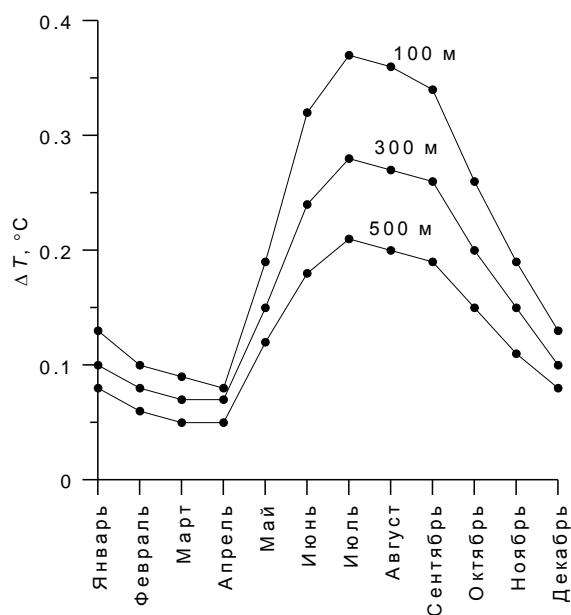


Рисунок 19 – График превышения фоновой температуры по месяцам в створах, находящихся на расстоянии 100, 300 и 500 метров от места сброса

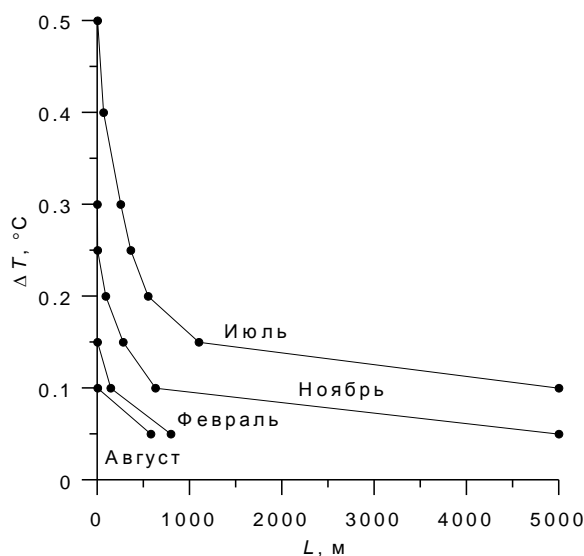


Рисунок 20 – График превышения фоновой температуры по длине реки (от положения водовыпуска) для характерных месяцев

Полученные результаты показывают, что наиболее контрастные аномалии формируются в меженные периоды: перепад температур в ближайшем створе (100 м от водовыпуска) составляет 0,10 °C в феврале и 0,37 °C в июле; в контрольном створе (500 м) соответственно 0,06 °C и 0,21 °C. В непосредственной близости от сброса температура может увеличиваться в зимний период на 0,21 °C, в летний меженный период приращение температуры составляет 0,58 °C, что соиз-

меримо с суточными колебаниями температуры речной воды. Все изменения температуры наблюдаются в полосе, ширина которой примерно отвечает длине распределительного трубопровода (50–55 м), тем самым сохраняются условия, благоприятные для формирования обходных путей миграции ихтиофауны. Через систему сброса (зона смешения) проходит примерно 20 % потока речной воды вблизи российского берега, т.е. около $75 \text{ м}^3/\text{с}$ в межень и около $280 \text{ м}^3/\text{с}$ в паводковые периоды.

Моделирование формирования зоны подтепления в районе ниже водовыпуска позволяет оценить площадь, в которой будет происходить возможная модификация условий обитания гидробионтов. Как видно из рисунка 17 и таблицы 24 она существенно различается для трех характерных гидрологических периодов: зимняя межень (февраль), весенний паводок (апрель) и летняя межень (июль). Ширина зоны при этом составит 40-50 м., а ее протяженность с учетом изменения температуры на $0,2^\circ\text{C}$ будет изменяться соответственно от 1,2 м зимой до 500 м летом. За пределами этой зоны температура и химический состав воды в связи с разбавлением не будут отличаться от фонового. Расчеты показывают, что площади возможной модификации, будут составлять зимой – около 30 м^2 и около 10000 м^2 летом. Эти значения приняты в последующем для количественной оценки возможного ущерба водным биоресурсам.

4.5. Моделирование изменения химического режима

4.5.1. Фоновый гидрохимический режим р. Неман

Химический состав речной воды формируется на неоднородных по петрохимическому составу породах, с разнообразным почвенным и растительным покровом территории. Также распределение химических элементов в речных водах зависит от фазы водного режима и имеет существенную внутригодовую изменчивость (см. Раздел 3.1.4).

В период летней и зимней межени наблюдается наибольшая минерализация воды (более 350 мг/л) на фоне снижения расхода. В период прохождения полово-

дья, при наибольших расходах воды (до 2000 м³/с), минерализация воды минимальна. Соотношение основных катионов и анионов практически не изменяется во внутригодовом разрезе. Воды гидрокарбонатно-кальциевые, со средней минерализацией 0,29 г/л.

На рис. представлены среднемесячные среднеголетние данные о расходе взвешенных наносов на посту р. Неман – г. Смалининкай [32].

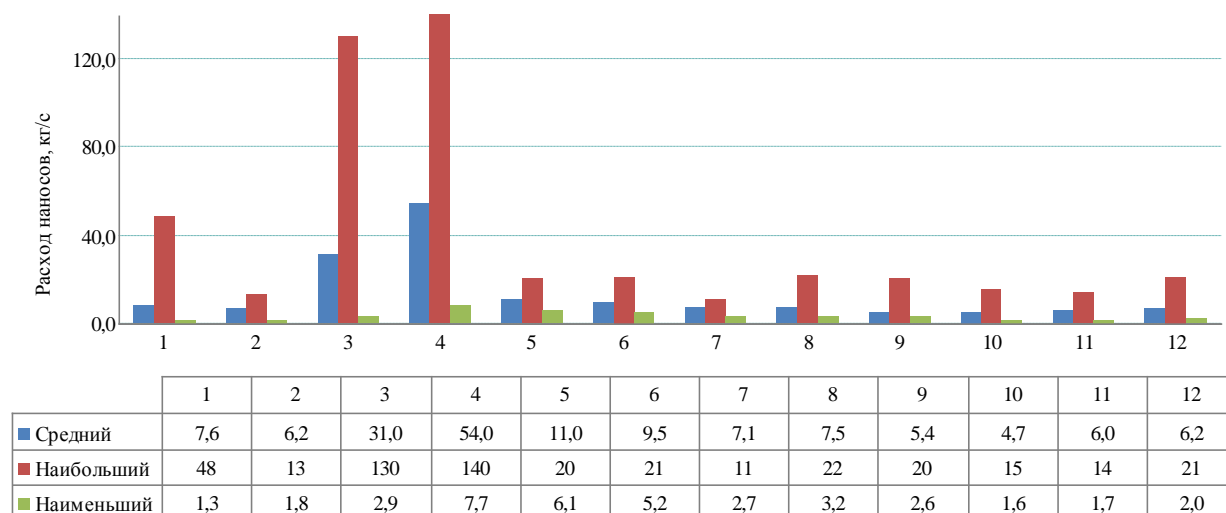


Рисунок 21 – Среднемесячные среднеголетние расходы взвешенных наносов (р. Неман – г. Смалининкай)

Наибольших величин расход наносов достигает в половодный период (апрель), наименьших – в периоды летней и зимней межени.

4.5.2. Моделирование влияния сброса на химический режим водотока

Моделирование влияния сброса на химический режим р. Неман осуществлялось для двух характерных периодов: паводок (апрель) и летняя межень (июль). В качестве компонентов использовалась минерализация (М), концентрация сульфатов (SO₄) и содержание взвешенных веществ (ВВ) в речной воде и в водовыпуске.

Так же, как и в случае изучения распространения температурного возмущения в речной воде при сбросе, в ходе модельных гидрохимических расчетов от-

слеживалось стационарное распределение концентрации выбранных химических маркеров в расчетных сечениях и в контрольном створе (см. раздел 4.4). Стационарные ореолы загрязнения, сформированные при рассредоточенном сбросе из водовыпуска, представлены на рисунке 22-26.

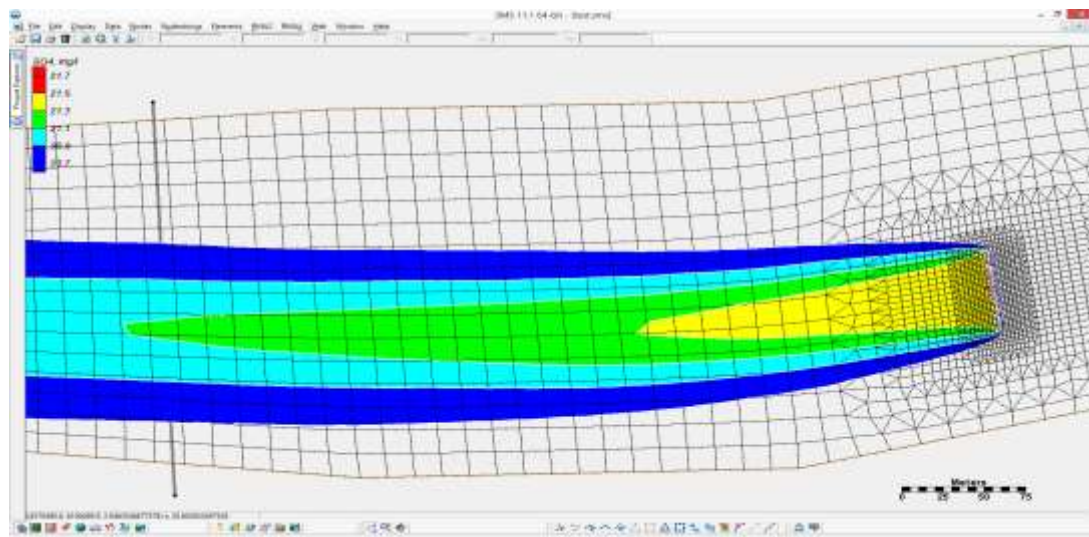


Рисунок 22 – Концентрация сульфатов (мг/л) в речной воде в зоне влияния сброса в апреле

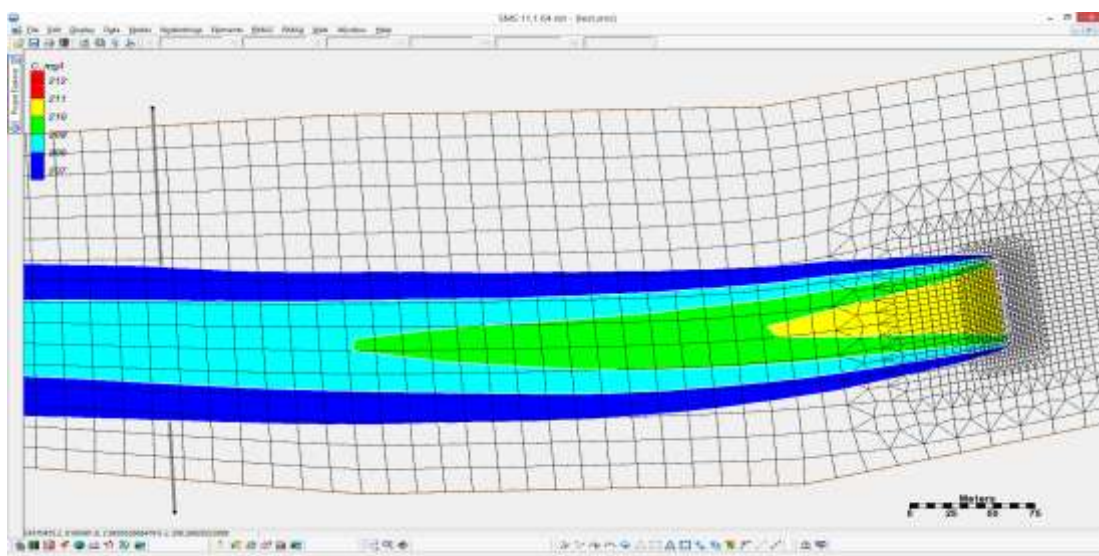


Рисунок 23 – Минерализация (мг/л) речной воды в зоне влияния сброса в апреле

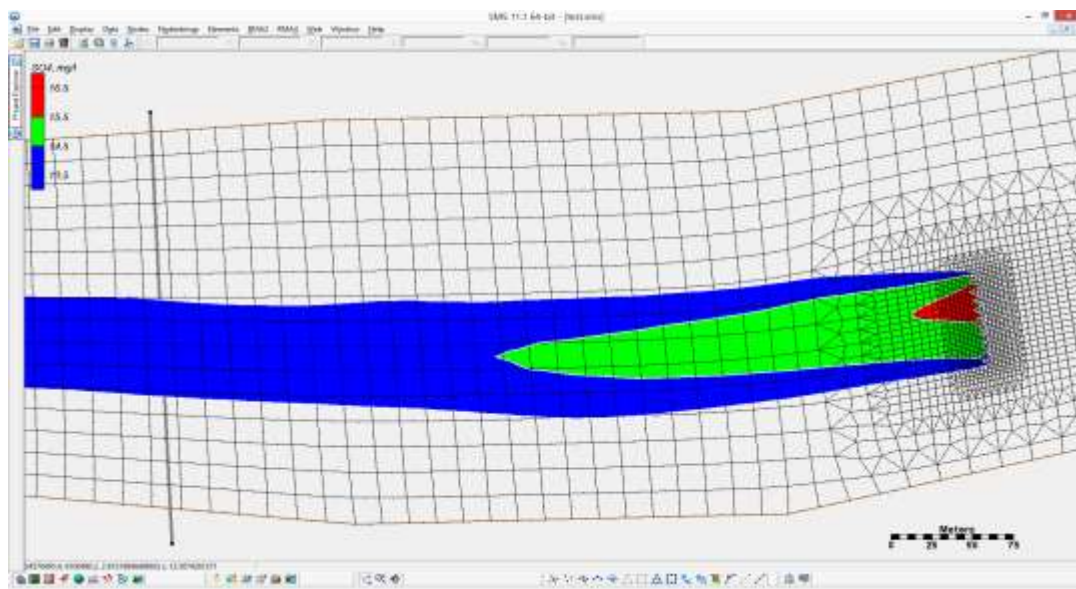


Рисунок 24 – Концентрация сульфатов (мг/л) в речной воде в зоне влияния сброса в июле

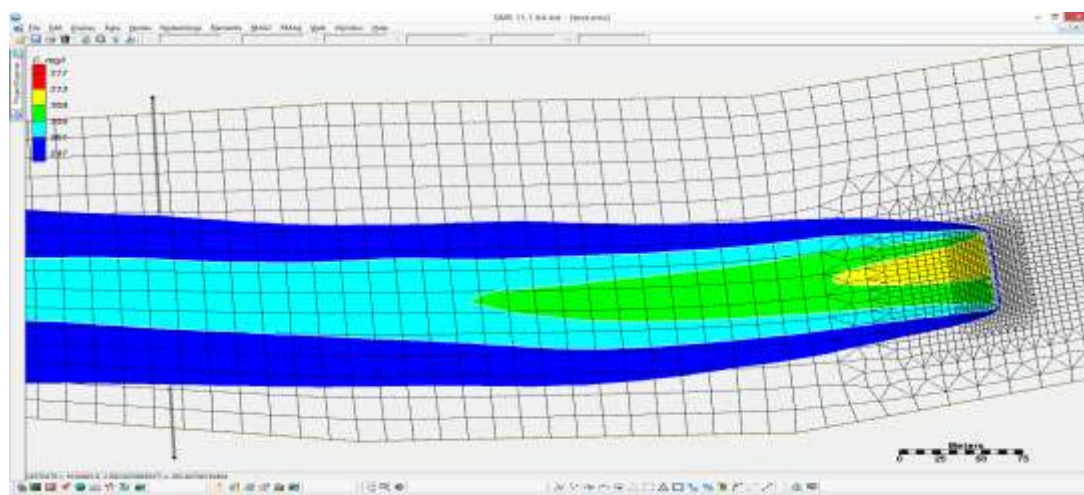


Рисунок 25 – Минерализация (мг/л) речной воды в зоне влияния сброса в июле

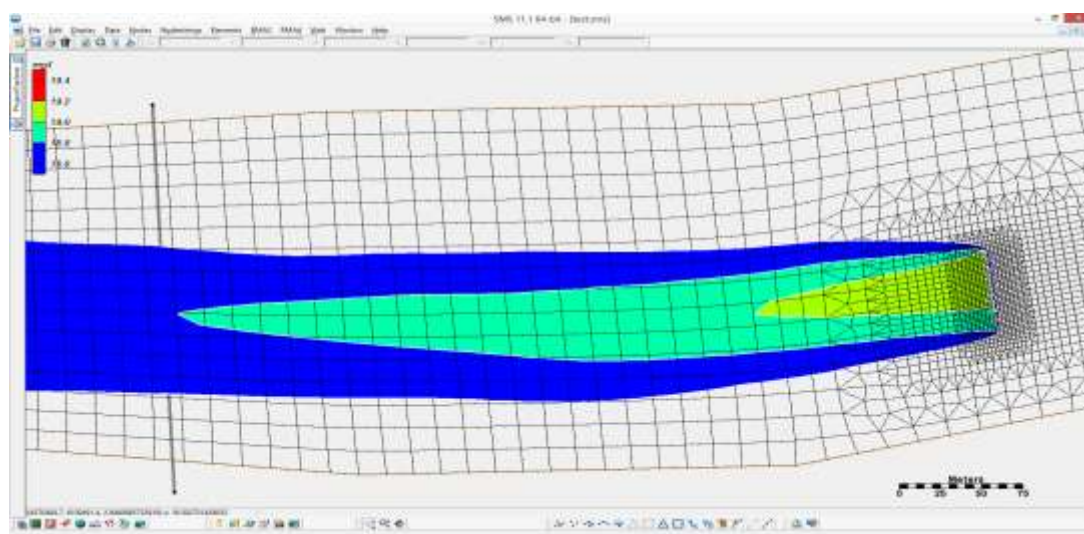


Рисунок 26 – Содержание взвешенных веществ (мг/л) в речной воде в зоне влияния сброса в июле

Количественные характеристики процесса даны также в таблице 25-27. В этих таблицах показаны превышения концентраций рассмотренных веществ над их фоновыми значениями в различных сечениях потока.

Таблица 25 – Распределение концентрации сульфатов (SO_4) и ее превышение (мг/л) на период паводка и межени в створах реки на расстоянии 100 (C_{100}) и 500 (C_{500}) метров от сброса

Месяц	C_r	C_c	$C_{\max} / \Delta C_{\max}$	$C_{100} / \Delta C_{100}$	$C_{500} / \Delta C_{500}$
Апрель	20,6	186,3	21,8 / 1,2	21,4 / 0,8	21,1 / 0,5
Июль	12,5	186,3	16,7 / 4,2	15,2 / 2,7	14,0 / 1,5
Примечание: C_r – среднемесячная фоновая концентрация р. Неман, C_c – концентрация в насадках, C_{\max} – максимальная концентрация в реке, Δ – превышение концентрации.					

Таблица 26 – Распределение минерализации (М) и ее превышение (мг/л) на период паводка и межени в створах реки на расстоянии 100 (C_{100}) и 500 (C_{500}) м от сброса

Месяц	C_r	C_c	$C_{\max} / \Delta C_{\max}$	$C_{100} / \Delta C_{100}$	$C_{500} / \Delta C_{500}$
Апрель	206,2	917,7	212,2 / 6,0	210,2 / 4,0	208,7 / 2,5
Июль	295,5	917,7	316,2 / 20,7	308,8 / 13,3	303,0 / 7,5

Таблица 27 – Распределение содержания взвешенных веществ (ВВ) и их превышение (мг/л) на период межени в створах реки на расстоянии 100 (C_{100}) и 500 (C_{500}) м от сброса

Месяц	C_r	C_c	$C_{\max} / \Delta C_{\max}$	$C_{100} / \Delta C_{100}$	$C_{500} / \Delta C_{500}$
Июль	18,5	36,7	19,3 / 0,8	19,0 / 0,5	18,8 / 0,3

Как видно, максимальное превышение сульфатов над фоновыми значениями составляет в паводок 1,2 мг/л, в межень – 4,2 мг/л. Для минерализации эти значения равны 6,0 и 20,7 мг/л. В контрольном створе превышения сокращаются примерно вдвое от максимально достигнутых превышений (Таблицы 25-26).

Содержание взвешенных веществ моделировалось только на период межени, так как в паводок содержание взвеси в сбросных водах (36,7 мг/л) примерно равно фоновым значениям (38,9 мг/л). Для паводка максимальное превышение взвеси достигает 0,8 мг/л вблизи водовыпуска и 0,3 мг/л в контрольном створе (Таблица 27).

Благодаря процессам смешения и рассеивающему характеру сброса химиче-

ское загрязнение речных вод локализуется вблизи водовыпуска и уже на расстоянии несколько метров концентрации выбранных маркирующих веществ не превышают предельно допустимых значений: $SO_4 < 21,8$ мг/л, $M < 316,2$ мг/л, $BB < 19,3$ мг/л.

Проведенное моделирование потока позволило установить, что разбавление будет идти достаточно быстро, и на расстоянии 500 м температура воды уже будет соответствовать естественной. Основное влияние АЭС будет сосредоточено в зоне непосредственно прилегающей к системам водозабора и водовыпуска, и для ее оценки необходимо проанализировать компоненты экосистемы р. Неман в районе расположения гидротехнических сооружений АЭС.

Таким образом, впервые до ввода в эксплуатацию АЭС установлены параметры воздействия для технологической системы охлаждения с использованием трансграничной реки. Результаты исследований показали, что естественный водный объект будет изменяться гораздо меньше, чем экосистема водоема-охладителя на других АЭС. Математическое моделирование подтверждает, что площадь теплового и химического загрязнения будет сравнительно небольшой, и данный вид воздействия на экосистему естественного водного объекта будет незначителен. Предложенный подход полностью соответствует подходу к оценке на окружающую среду в сопредельных странах, что снизит риски при проведении ОВОС Балтийской АЭС в трансграничном контексте.

Основное влияние АЭС будет сосредоточено в зоне, непосредственно прилегающей к системам водозабора и водовыпуска и для этого, был проведено сравнение особенностей температур нерестовых миграций рыб в реке Неман с температурой сбросных вод Балтийской АЭС (Рисунок 27).

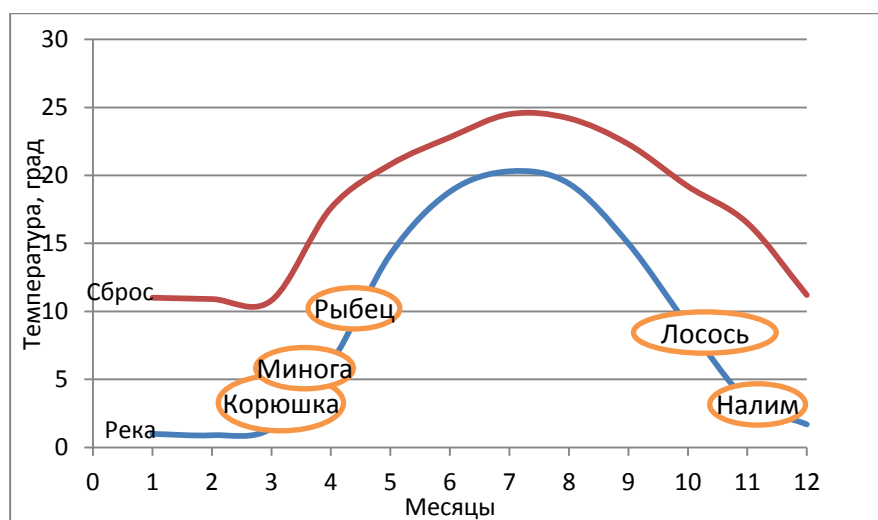


Рисунок 27 – Температура воды в реке Неман в период нерестовых миграций рыб и температура сбросных вод Балтийской АЭС

Оказалось, что для всех анадромных видов рыб, предпочитаемая нерестовая температура существенно отличается от температуры сбросной воды непосредственно в месте выпуска. Наиболее проблематичной будет ситуация для рыб, нерестящихся ранней весной (корюшка) и зимой (налим), так как именно в это время будет достигаться наибольший градиент температур. В настоящее время не известно насколько различные виды рыб смогут обойти зону с повышенной температурой, скорее всего, это будет возможно только вдоль литовского берега, ввиду того, что на российской стороне глубины оказываются недостаточными.

5. ФОНОВОЕ СОСТОЯНИЕ БИОТЫ РЕКИ НЕМАН

5.1. База данных экологического мониторинга р. Неман

В последние десятилетия в России активно развивается методология оценки и управления рисков, в том числе, природно-техногенных геосистем. Актуальность работ подобной направленности в сфере развития атомной энергетики крайне высока, ведь экологический анализ объектов атомной энергетики и зон их потенциального воздействия позволяет на более высоком научном уровне подойти к оценке влияния техногенных процессов на окружающую природную среду и здоровье населения [57].

Одним из важнейших элементов экологической безопасности, указанном в законе «Об охране окружающей среды» [177], является экологический мониторинг, в рамках которого осуществляется нормирование воздействия на окружающую среду, а также контроль качества ее компонентов.

Разработка эффективной системы экологического мониторинга на всех стадиях жизненного цикла АЭС обусловлена необходимостью применения качественной информации, выполнения диагностики и классификации состояния геосистем на основе экологических, технических и социальных данных. Таким образом, информационное обеспечение функционирования системы экологического мониторинга зоны влияния АЭС является важным элементом при диагностике текущего и прогнозировании будущего состояния геосистем.

Изучение современного экологического состояния р. Неман и получение оперативной и системной информации об изменении качества природных вод в районе строящейся атомной станции актуально с точки зрения оценки допустимых воздействий хозяйственной деятельности на водоток и разработки мероприятий по предотвращению загрязнения, засорения и истощения водного объекта, являющегося источником технического водоснабжения, в период эксплуатации Балтийской АЭС. Мониторинг водных экосистем в пределах выбранной площадки размещения АЭС, прилегающей территории радиусом 8–10 км и в зоне наблюдения радиусом 30 км проводится в рамках инженерно-экологических изысканий на

стадиях разработки проектной и рабочей документации АЭС, а также в период строительства и эксплуатации станции.

В программе экологического мониторинга, разработанной для Балтийской АЭС, нашли отражение следующие сведения:

- краткая характеристика современного состояния природной среды и экосистем на площадке размещения АЭС и прилегающей территории;
- требования к организации и проведению экологического мониторинга по нерадиационным факторам;
- методы обработки данных по всем видам наблюдений;
- методы моделирования и прогноза экологической обстановки на исследуемой территории.

Основными принципами построения системы экологического мониторинга являлись:

- информационная направленность (целью системы является получение данных и сведений для формирования необходимой для принятия решений информации);
- применение единых технологий и методов отбора и обработки проб;
- широкое использование при организации наблюдений и оценке состояний объектов мониторинга методов математического и имитационного моделирования;
- обеспечение получения, сбора и передачи, обработки и распределения данных экологического мониторинга;
- ориентация баз и банков данных на их использование в геоинформационных системах (ГИС).

Основным элементом мониторинга водных экосистем зоны влияния Балтийской АЭС являются мониторинг «водоема-охладителя» АЭС (р. Неман) и мониторинг основных водных объектов зоны наблюдения. Комплексность гидро-экологических исследований обеспечивается включением в состав работ гидро-химического, радиационного, гидробиологического, санитарно-гигиенического и

ихтиологического опробования водных объектов.

В целях оптимизации работ по разработке ОВОС Балтийской АЭС в 2013 г. был разработан и начал реализацию проект формирования базы данных комплексного (гидрохимического, радиохимического, гидробиологического и ихтиологического) мониторинга водных объектов в зоне влияния Балтийской АЭС и в бассейне реки Неман (BtNPP_W). Результатом мониторинга в период с 2009-2017 гг. явилась характеристика современного фоновое состояния биоты реки Неман в виде специально разработанной при участии автора базы данных (Верещагина и др., 2015; Св-во о регистрации БД, 2016) с количественными данными для оценки возможного негативного воздействия Балтийской АЭС

В 2015 г. начата процедура регистрации указанной базы данных в Роспатенте РФ.

В основу методологии создания и развития BtNPP_W заложен системный подход, который учитывает основные принципы проектирования и создания баз данных экологического мониторинга [187].

Внешний вид и структура разработанной для Балтийской АЭС базы данных представлена на рисунках 28-29.



Рисунок 28 – Внешний вид BtNPP_W

Гидробиологический блок (поверхностные воды) включает формы:

Зоопланктон:

- структура по точкам наблюдения;
- динамика структуры по точкам наблюдения;
- индексы по точкам наблюдения;
- среднегодовые значения индексов по водным объектам.

Зообентос:

- количество видов в группах по точкам наблюдения;
- индексы и оценка качества воды по точкам наблюдения.

Фитопланктон: структурные показатели фитопланктона и качество воды.

Блок Санитарно-гигиенических показателей включает составную форму «Вода и донные отложения». Блок радиационные показатели включает составную форму «Вода и донные отложения».

Блок ихтиофауна включает составные формы:

- Структура ихтиофауны;
- Биометрические характеристики рыб.
- Блок подземных вод включает составные формы:
- Макрокомпонентный состав воды по скважинам;
- Химический состав и радиационные показатели воды по скважинам;
- Радиационные показатели воды по скважинам;
- Биологические показатели воды по скважинам.

Структура разработанной базы данных достаточно сложна и обширна, поэтому для демонстрации ее работы в настоящем подразделе приводится пример.

Оценка динамики состояния вод р. Неман в месте проектируемого сброса сточных вод Балтийской АЭС (т.н. 1) осуществляется следующим образом:

1. Используется файл графической привязки, доступный в любой форме базы и находится местоположение точки на карте (выделено цветом) (Рисунок 30).



Рисунок 30 – Файл графической привязки точки т.н. 1 – р. Неман

2. Осуществляется выбор точки наблюдения и вывод данных, где прослеживается динамика качества воды в точке за период наблюдений, как по гидробиологическим показателям, так и по гидрохимическим (Рисунок 31).

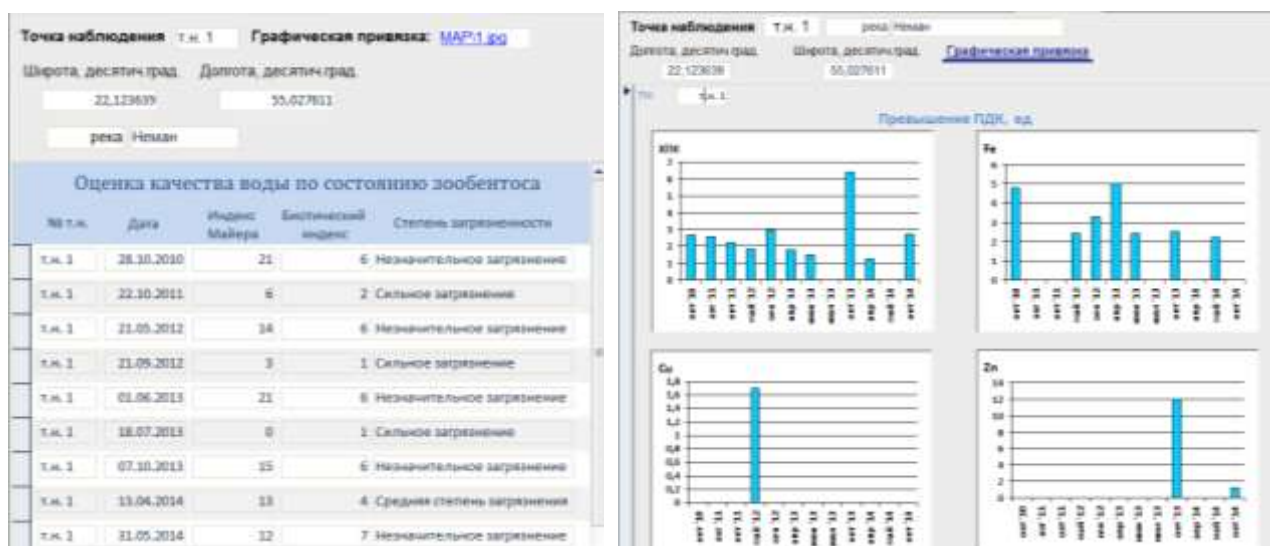


Рисунок 31 – Динамика качества воды т.н. 1 – р. Неман за период 2010–2014 гг. по гидробиологическим и гидрохимическим показателям

Динамика качества вод в точке подвержена существенным сезонным и межгодовым вариациям. По состоянию зообентоса в точке наблюдений мы видим, что наилучшие показатели достигаются в весенний и летний период, при повышенной

водности реки. Для гидрохимических показателей действует обратная связь – при повышенном стоке, связанном с прохождением половодья и осенних паводков, увеличивается и смыв загрязняющих веществ с водосбора, что приводит к повышению концентрации как показателей содержания органического вещества (ХПК, содержание железа общего), так и к повышению концентрации тяжелых металлов (медь, цинк) в воде.

3. Отслеживание динамики удельного комбинаторного индекса загрязнения воды (УКИЗВ) р. Неман по годам, рассчитанному согласно РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» от 01.01.2004 г. [95], представлено на рисунке 32.

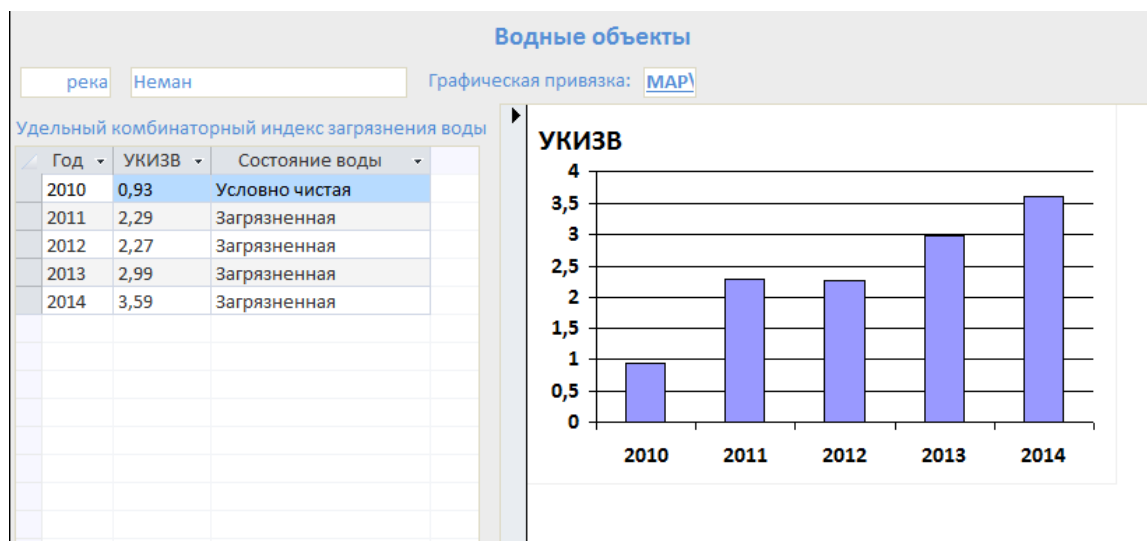


Рисунок 32 – Динамика удельного комбинаторного индекса загрязнения воды (УКИЗВ) р. Неман за период 2010–2014 гг.

Метод комплексной оценки степени загрязненности позволяет оценить загрязненность воды одновременно по широкому перечню ингредиентов и показателей качества воды, классифицировать воду по степени загрязненности, подготовить аналитическую информацию для проведения дальнейших оценок. На рисунке 32 воды р. Неман в зоне опробования относятся к категории «загрязненных» с тенденцией к ухудшению экологической ситуации в последние годы.

Разработанная для Балтийской АЭС база данных комплексных исследова-

ний водных объектов зоны влияния станции позволит повысить эффективность управления данными в сфере природоохранных мероприятий для нужд АЭС. Возможность дополнения базы данных информацией, поступившей от различных участников программы экологического мониторинга станции (ведомственных и государственных структур) создает возможность комплексного анализа текущей экологической обстановки в регионе и прогноза последствий воздействия АЭС на компоненты природной среды с целью принятия эффективных решений природоохранной деятельности Балтийской АЭС.

В базе данных на основе проведенных мониторинговых работ собрана актуальная информация о состоянии биоразнообразия гидробионтов и характеристика фоновых показателей отдельных составляющих биоты реки Неман: зоопланктона, зообентоса и рыбного сообщества в зоне предполагаемого воздействия АЭС.

Эти сведения в последующем послужат отправной точкой для оценки экологических последствий функционирования Балтийской АЭС.

5.2. Фоновое состояние зоопланктона

Зоопланктон относится к самым изменчивым компонентам биоты водных объектов. Он чутко реагирует на изменения, происходящие в окружающей среде, в том числе под действием антропогенных факторов. Это свойство дает возможность использовать его характеристики для биомониторинга [46, 124, 123, 59, 10, 153, 143]. При появлении в водном объекте зоны подогретых вод АЭС в составе сообщества зоопланктона обычно отмечаются следующие тенденции:

– большинство исследователей достоверно отмечают снижение показателей обилия только при увеличении температуры воды на 6–10 °С и объясняют это угнетающим воздействием перегрева воды [13] в условиях четкой температурной стратификации. При этом рачки уходят из верхних слоев в нижние. Подогрев воды в придонных слоях до 27–28 °С приводит к сильному снижению численности всех видов, а при 28–30 °С, вследствие прекращения размножения и гибели, исчезает большинство видов;

– при значительном увеличении температуры (на 6–10 °С от фоновых показателей), в сообществе зоопланктона часто отмечается замещение холодолюбивых видов зоопланктона на эвритермные и теплолюбивые;

– при повышении температуры воды на 1,5–3,0 °С от фоновых значений также отмечают изменение структурных показателей зоопланктона в ответ на искусственный подогрев. Однако эти изменения часто неоднозначны и нестабильны [123];

– при умеренном подогреве, продукция зоопланктона в одних случаях повышается, в других понижается, в зависимости от конкретных трофических и других условий. В общем, при изучении биоты водоемов-охладителей нередко отмечается следующая тенденция: наибольшие значения численности и биомассы зоопланктона соответствуют зонам умеренного и слабого подогрева.

Вышеуказанные изменения в структуре зоопланктона непосредственно в месте функционирования сбросных сооружений промышленных объектов были отмечены в ряде научных работ [50, 51, 45, 48, 49, 44, 47, 43, 167, 168, 165, 166, 68, 70, 67].

Достаточные исследования зоопланктона были проведены на Нововоронежской АЭС, Курской АЭС, Смоленской АЭС и Калининской АЭС. Так, в структуре и динамике зоопланктоценозов водоема-охладителя Нововоронежской АЭС при нагреве воды более 28 °С происходит снижение видового разнообразия, из состава зоопланктона выпадают отдельные группы организмов (в 1998 г. – простейшие, молодь дрейссены, в 2003 г. – ветвистоусые рачки). При этом регулирующей группой выступают термофильные виды с южным распространением: *Acanthocyclops americanus*, *Thermocyclops (Mesocyclops) crassus* и даже тропические *Ceratella tropica*, *Hexarthra intermedia*. Ранее в литературе подчеркивалось отсутствие в водоемах-охладителях термобионтных видов и представителей субтропической флоры и фауны [97]. Исследования зоопланктона водоема-охладителя Нововоронежской АЭС показали, что установленный ранее [58] порог температур (30–35 °С) является критическим лишь для организмов, обычных для региона. На основании современных исследований известно, что группа перечис-

ленных выше термофильных видов достигает высокой численности и биомассы (до 163 тыс. экз./м³; 4,6 г/м³) в зоне максимального перегрева при температуре 40 °С и выступает в качестве регулятора биоценотического круговорота. Ежегодные экологические модуляции зоопланктоценозов в водоеме-охладителе Нововоронежской АЭС проявляются в изменении видовой структуры (коэффициент фаунистического сходства Чекановского-Сьеренсена по годам наблюдений колеблется от 0,27 до 0,42), следовательно, видовая структура обновляется ежегодно более чем на 50% [46].

Исследования, проведенные на водоемах-охладителях Курской, Смоленской и Калининской АЭС, подтверждают доминирование в летнем зоопланктоне таких видов, как: копепода *Mesocyclops leuckarti* (массово преобладает в водоемах Африки), кладоцеры *Diaphanosoma brachyurum*, *Daphnia cucullata*, *Bosmina longirostris*, в более южных районах к ним присоединяются *Daphnia magna* и виды из рода *Moina* [10, 153, 143].

Исследования зоопланктона р. Неман в районе проектируемых гидротехнических сооружений Балтийской АЭС были организованы автором в составе комплексного экологического мониторинга. За фоновое состояние были приняты обобщенные результаты, полученные при непосредственном участии автора, в период с 2011 по 2017 гг.

Установлено, что в целом, несмотря на достаточное видовое разнообразие (56 видов), количественное развитие реофильного зоопланктона достаточно низкое и в зависимости от сезона варьирует в разные годы от 0,04 до 102,7 тыс. экз./м³ и от 0,0006 до 0,241 г/м³ [67, 68, 70, 75, 87, 184, 186]. Зоопланктон является типичным для рек с доминированием по численности коловраток, по биомассе – ветвистоусых и веслоногих. Среднегодовой показатель численности зоопланктона на исследуемых участках невысокий, примерно одинаковый, и составляет 600–700 экз./м³. Численность зоопланктона в р. Неман в сезонном аспекте достигает максимальных значений весной, за счет интенсивного размножения веслоногих ракообразных и развития коловраток. В целом, летом наблюдается некоторая депрессия в развитии зоопланктона, с небольшим снижением числен-

ности по сравнению с весной. Средняя биомасса зоопланктона невысокая и составляет около $5,5 \text{ мг/м}^3$. Сезонная динамика биомассы в основном повторяет изменение численности. Биомасса зоопланктона уменьшается к осени (Рисунок 33).

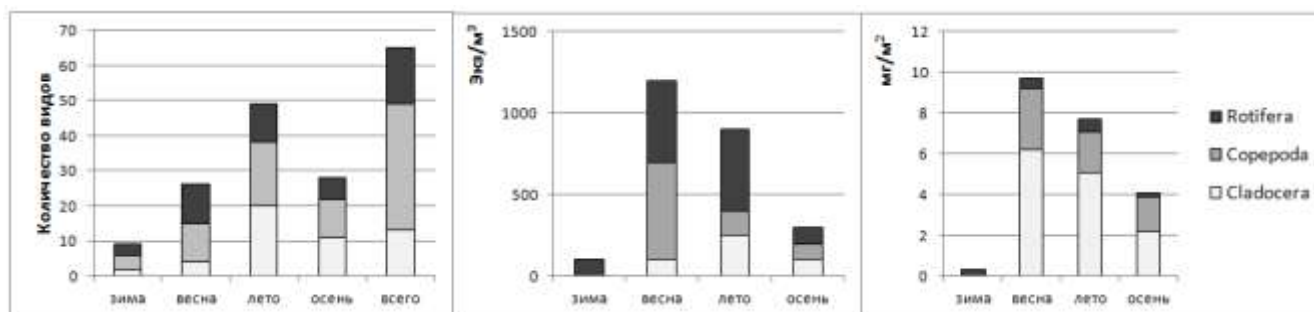


Рисунок 33 – Сезонные колебания количественных показателей зоопланктона реки Неман в зоне предполагаемого воздействия Балтийской АЭС

5.3. Фоновое состояние зообентоса

Поскольку у большинства представителей донной фауны продолжительность жизненного цикла превышает несколько месяцев, а в ряде случаев и лет, то можно говорить о том, что сообщества бентосных организмов аккумулируют изменения условий существования в течение достаточно длительных периодов. Это позволяет считать донные беспозвоночные и их сообщества чувствительными индикаторами загрязнения биогенными и токсическими веществами, термофикации водных объектов [22, 56, 75]. Проведенные исследования воздействия подогретых вод в водоемах-охладителях на организмы зообентоса позволяют отметить следующие особенности:

- донные организмы испытывают такое влияние значительно меньше, так как в придонных слоях температура изменяется слабее. В зонах подогрева видовой состав и биомасса бентоса не претерпевают резких закономерных изменений, но замечаются существенные сдвиги в фенологии. С повышением температуры укорачиваются жизненные циклы олигохет, хирономид и других беспозвоночных, возрастает число поколений у отдельных форм. Развитие гетеротропных гидробионтов может подавляться из-за нарушения жизненных циклов. Например, ран-

ней осенью личинки хирономид успешно окукливаются в теплой воде, но комары не откладывают яйца из-за низкой температуры воздуха. Сходная картина может наблюдаться и весной;

- часто сообщество донных беспозвоночных и обрастателей в зоне теплых вод преимущественно состоит из эврибионтных форм, способных благодаря тканевым, организменным и поведенческим реакциям нормально существовать в широком диапазоне факторов окружающей среды (например, переносить температуры, отличающиеся на 8-10 °С от фоновых температур);

- тепловой режим водоемов-охладителей оказывает влияние на распределение хирономид и некоторых моллюсков, при этом количественные показатели олигохет зависят, главным образом, от типа грунта;

- несмотря на преимущественно гетеротропный характер донной фауны, в зоне подогретых вод водоемов-охладителей иногда складываются благоприятные условия для питания рыб-бентофагов [189];

- при достаточно сильном нагреве воды для макрозообентоценозов песчаной литорали в некоторых исследованиях отмечены неблагоприятные тенденции.

В зонах интенсивного нагрева (6-10 °С выше фоновых) уменьшается видовое разнообразие, обилие и продуктивность бентоса в целом, средняя биомасса особи в сообществе. По мере усиления теплового загрязнения из сообщества исчезают личинки насекомых, в структуре зообентоса все больше увеличивается доля малощетинковых червей [188].

Отмечено, что высокая температура вод в летний период на участках сброса часто приводит к гибели большинства обитающих здесь представителей зообентоса. В осенне-зимний период эти участки заселяются вновь – вначале появляются личинки хирономид, позже олигохеты. В водных объектах, где встречается дрейссена, эти участки быстро заселяются молодыми моллюсками. В результате здесь могут образоваться своеобразные «пульсирующие» сообщества бентосных и перифитонных организмов. В целом, достаточно постоянные по своему составу они периодически гибнут, но затем быстро восстанавливаются [152].

Проведенные исследования на водоеме-охладителе Белоярской АЭС в зоне

влияния сбросных вод показали меньший вклад амфибиотических насекомых, как по численности, так и по биомассе по сравнению с количеством и разнообразием зообентоса р. Пышма и верховья Белоярского водохранилища.

Выявлены следующие закономерности:

- уменьшение числа видов донных организмов от верховья р. Пышма и Белоярского водохранилища к низовью акваторий в р. Пышма ниже впадения р. Ольховка;

- снижение численности и биомассы зообентоса на станциях ниже по течению Белоярской АЭС;

- в районе сбросного канала Белоярской АЭС наблюдается доминирование эврибионтных форм, имеющих обширные ареалы или являющихся космополитами;

- в целом, в зоне действия теплых вод Белоярской АЭС структура сообществ зообентоса упрощается, уменьшается видовое разнообразие донных беспозвоночных.

Следовательно, техногенное повышение температуры воды оказывает достаточно сложное влияние на зообентос как непосредственно, так и косвенно. Максимальное негативное действие сброса энергоблока на биоту Белоярского водохранилища выражено в зоне, примыкающей к устью сбросного канала [84, 69].

Исследования зообентоса р. Неман в районе проектируемых гидротехнических сооружений были организованы автором в составе комплексного экологического мониторинга. За фоновое состояние были приняты обобщенные результаты, полученные при непосредственном участии автора, в период с 2011 по 2017 гг.

По зообентосу за период экологического мониторинга было зарегистрировано более 60 видов. Численность зообентоса р. Неман в зависимости от сезона изменялась в широких пределах – от 2000 осенью до 5500 экз/м² зимой. В основном это связано с изменением численности моллюсков, на долю которых приходится 76-99,9 %, численность их достигала 35000 экз/м³. В р. Неман в отдельные периоды по численности кроме моллюсков преобладали личинки хирономид. Бентофауна участка реки в районе сброса продувочных вод (п. Большое село) бо-

лее консервативна, чем на других, и число видов более постоянно во времени. Выше и ниже по течению, в отдельные периоды, видовое разнообразие бывает выше, и за счет иных видов [67, 68, 70, 88, 185]. Максимальная биомасса, без учета моллюсков, - на глубине 2-3 м летом, и 1-2 м весной (Рисунок 34).

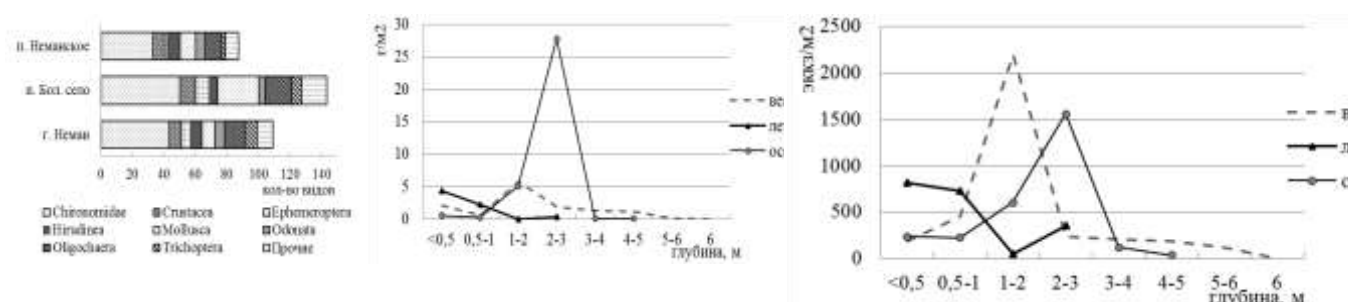


Рисунок 34 – Изменения количественных показателей зообентоса в зависимости от глубины р. Неман (в зоне возможного воздействия Балтийской АЭС)

Средняя численность организмов зообентоса с учетом моллюсков в весенний период составляла 2336 экз./м², биомасса – 213,1 г/м². Средняя численность организмов зообентоса в летний период составляла 3314 экз./м², биомасса – 283,7 г/м². Средняя численность организмов зообентоса в осенний период составляла 1936 экз./м², биомасса – 99,8 г/м².

5.4. Фоновое состояние ихтиофауны

Река Неман – крупный трансграничный водоток (Россия, Литва, Белоруссия), имеющий важное рыбохозяйственное значение. В р. Неман обитает достаточно большое количество видов рыб, образующих сложный комплекс ихтиофауны с наличием мигрирующих и жилых видов рыб. Ряд видов внесены в Красные Книги, соответствующих государств, а также в Красную Книгу бассейна Балтийского моря. Многие виды имеют важное промысловое значение. Ряд видов нуждается в разработке мероприятий по восстановлению их численности, а некоторые из них уже искусственно воспроизводятся на рыбоводных предприятиях. Соответственно, основываясь на принципах рационального природопользования,

уже на этапе подготовки строительства Балтийской АЭС появилась необходимость оценить возможные экологические риски и, в частности, их рыбохозяйственный аспект, как важный составляющий элемент оценки воздействия Балтийской АЭС на окружающую среду в период эксплуатации. Достоверный прогноз влияния АЭС в процессе эксплуатации на ихтиофауну возможно получить при наличии актуальных фоновых данных в районе проектируемых гидротехнических сооружений.

Несмотря на то, что основное воздействие в процессе нормальной эксплуатации АЭС оказывает на водный объект, используемый в цикле технического водоснабжения, ихтиологический мониторинг на АЭС применяется редко, так как не регламентируется нормативными отраслевыми документами [99, 164]. Имеются отдельные материалы, посвященные формированию ихтиофауны водоемов-охладителей Курской, Ленинградской, Белоярской, Калининской АЭС [52, 53, 63, 64, 65, 66].

Использование трансграничной реки в системе технического водоснабжения АЭС будет осуществляться впервые.

Задачей настоящего раздела является определение фонового состояния ихтиофауны реки Неман в зоне возможного воздействия Балтийской АЭС с целью снижения негативного воздействия АЭС на основе учета основных параметров ихтиоценоза реки Неман.

Мониторинг биоты р. Неман, обоснованный и внедренный автором на Балтийской АЭС, заключается в том, что он, в основном, ориентирован и на ихтиофауну р. Неман. В результате проведенной работы были проанализированы литературные и фондовые материалы, а также результаты современных исследований по ихтиофауне р. Неман. Общая карта-схема расположения ихтиологических станций наблюдений приведена на рисунке 35.

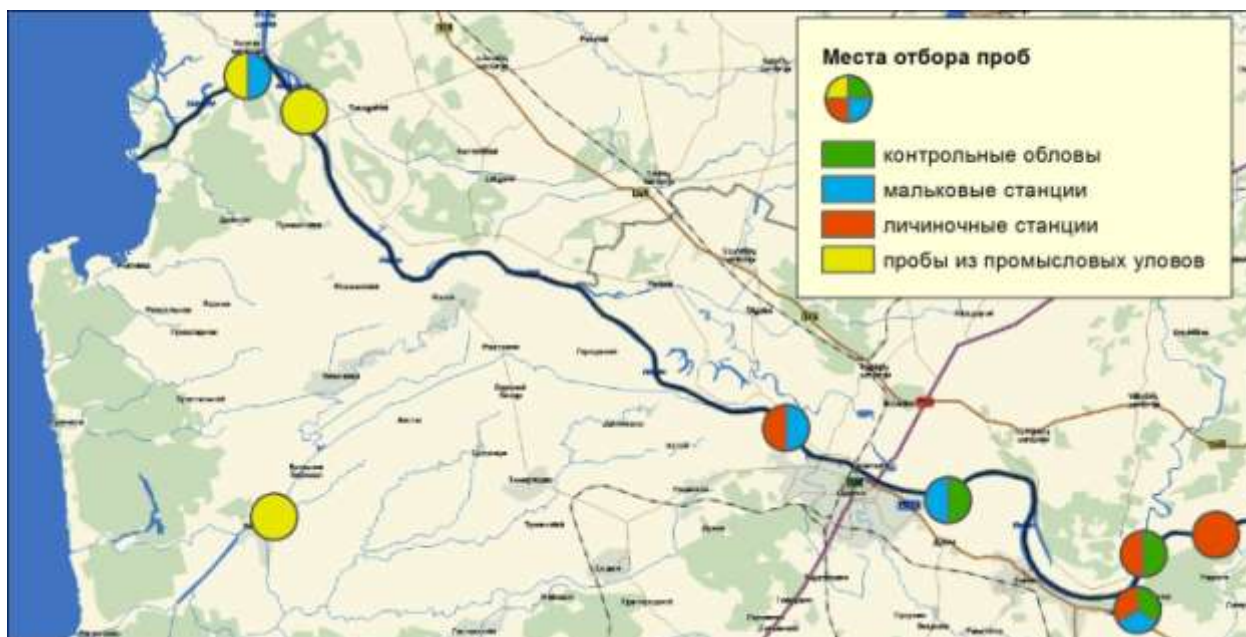


Рисунок 35 – Общая карта-схема расположения ихтиологических станций наблюдений

Накопленные и систематизированные данные ихтиологического мониторинга, базирующиеся на современных исследованиях – научная основа по выявлению закономерностей, происходящих в реке Неман, прогнозу оценки воздействия эксплуатации АЭС на ее водные биоресурсы и разработки правильных инженерно-технических решений по минимизации негативного воздействия на экосистему водотока, предполагаемого к использованию в технологическом цикле Балтийской АЭС.

5.4.1. Общая экологическая характеристика ихтиофауны р. Неман

В р. Неман обитает достаточно большое количество видов рыб, образующих сложный комплекс ихтиофауны, обусловленный как географическим положением, так и обширной акваторией данного водотока. По литературным данным в 60–90-е года прошлого века список видов рыб, отмеченных в р. Неман включал более четырех десятков наименований [54, 204, 213]. В последние два десятилетия [203, 212] количество отмеченных видов рыб и круглоротых сократилось до 34 видов, относящихся к 12 семействам. Видовой состав ихтиофауны за послед-

ний исторический период с указанием общепринятых номенклатурных характеристик приведет в таблице 28.

Таблица 28 – Видовой состав ихтиофауны р. Неман

	Семейство (латинское - русское название)	Вид (латинское название)	Вид (русское название)
1.	Семейство Миноговые – Petromyzontidae	Lampetra fluviatilis(L)	Речная минога
2.		Lampetra planeri (Bloch)	Минога ручьевая
3.	Семейство Сельдевые – Clupeidae	Alosa fallax (Lacepede)	Финта
4.	Семейство Лососевые – Salmonidae	Salmo salarL	Атлантический лосось
5.		S. trutta truttaL	Кумжа обыкновенная
6.	Семейство Корюшковые – Osmeridae	Osmerus eperlanus (L.)	Европейская корюшка
7.	Семейство Щуковые – Esocidae	Esox luciusL.	Щука обыкновенная
8.	Семейство Карповые – Cyprinidae	Abramis brama(L.)	Лещ
9.		Alburnus alburnus(L.)	Уклейка
10.		Alburnoides bipunctatus (Bloch)	Быстрянка
11.		Aspius aspius (L.)	Жерех
12.		Barbus barbus (L.)	Усач
13.		Blicca bjkerna (L.)	Густера
14.		Carassius auratus gibelio	Серебряный карась
15.		Cyprinus carpio (L.)	Сазан, карп
16.		Gobio gobio (L.)	Пескарь
17.		Leuciscus leuciscus (L.)	Елец
18.		L. cephalus (L.)	Голавль
19.		L. idus (L.)	Язь
20.		Phoxinus phoxinus (L.)	Гольян обыкновенный
21.		Pelecus cultratus (L.)	Чехонь
22.		Rutilus rutilus (L.)	Плотва
23.		Scardinius erythrophthalmus (L.)	Красноперка
24.		Vimba vimba vimba (L.)	Рыбец, сырть
25.		Rhodeus sericeus amarus (Bloch)	Горчак
26.		Tinca tinca (L.)	Линь
27.	Семейство Вьюновые – Cobitidae	Cobitis taenia(L.)	Щиповка
28.	Семейство Балиторы – Balitoridae	Barbatula barbatula(L.)	Усатый голец
29.	Семейство Тресковые – Lotidae	Lota lota(L.)	Налим
30.	Семейство Окуневые – Percidae	Gymnocephalus cernua(L.)	Ёрш обыкновенный
31.		Perca fluviatilis L.	Окунь речной
32.		Stizostedion (Sander) lucioperca (L.)	Судак обыкновенный
33.	Семейство Сомовые – Siluridae	Silurus glanisL.	Сом европейский
34.	Семейство Колюшковые – Gasterosteidae	Gasterosteus aculeatusL.	Трехиглая колюшка

Распространение и видовой состав рыб на отдельных участках р. Неман зависят от скорости течения, биологических особенностей вида, условий нереста, нагула и ряда других биологических и абиотических факторов [21]. В верхнем участке реки в основном обитают жилые виды. В среднем и нижнем участках водотока видовой состав и количество рыб сильно меняются, особенно в период нерестовой миграции. В дельту реки на нерест весной заходит в большом количестве корюшка, осенью – налим. Здесь же нерестятся лещ, щука, плотва, судак, окунь, ерш и другие местные рыбы. По реке к нерестилищам поднимаются лосось, кумжа, рыбец (сырть), морская и речная миноги. Экологическая характеристика видов рыб р. Неман, проведенная по результатам анализ литературных данных и фондовых материалов представлена ниже по тексту, а также в таблицах 29, 30 по схеме, предложенной М.М. Хлопниковым и др. для Куршского залива [179].

Таблица 29 – Экологическая характеристика ихтиофауны р. Неман

Вид	Обилие	Характер пребывания	Предпочитаемые биотопы	Тип питания	Основные пищевые объекты
Речная минога	Н	Па	Мб, нерест - реки с песчаным дном	Паразит, ихтиофаг	Кровь, мышцы рыб
Минога ручьевая	Н	Р	Пм	Планктофаг	Микроскопические водоросли и детрит
Финта	С	Па	Мб, нерест в пердустьевых и устьевых пространствах рек	Планктофаг, ихтиофаг	Ракообразные, молодь шпрота, сельди
Атлантический лосось	Н	Па	Мб, нерест в реках	Планктофаг, ихтиофаг	Ракообразные, шпрот, сельдь
Кумжа обыкновенная	Н	Па	Мб, нерест в реках	Планктофаг, ихтиофаг	Ракообразные, шпрот, сельдь
Европейская корюшка	М	Па	Мб, нерест в реках и прибрежной части залива	Планктофаг, нектобентофаг, ихтиофаг	Ракообразные, мизиды, амфиподы, молодь рыб
Щука обыкновенная	Н	Оп	Пмз	Ихтиофаг	Плотва, ерш, окунь
Лещ	М	Оп	Одг	Бентофаг, частично планктофаг	Хирономиды, олигохеты, моллюски, зоопланктон (ветвистоусые)
Уклейка	Н	Оп	Пм	Планктофаг	Ракообразные, водоросли
Быстрянка	Н	Оп	Опг	Планктофаг	Ракообразные, личинки хирономид, поденок
Жерех	Н	Оп	Опг, Одг	Ихтиофаг	Карповые рыбы
Усач	Е	Р	В реках с каменистым грунтом, на быстром течении	Бентофаг, ихтиофаг	Моллюски, личинки насекомых, молодь рыб
Густера	Н	Оп	Пм	Бентофаг	Личинки насекомых, моллюски
Серебряный карась	Н	Оп	Пм	Бентофаг, планктофаг	Личинки насекомых, черви, детрит, ракообразные, водоросли
Сазан, карп	Е	Оп	Пмз	Бентофаг, фитофаг	Моллюски, личинки насекомых, макрофиты
Пескарь	Н	Оп	Пм	Бентофаг	Личинки насекомых, моллюски
Елец	Н	Оп	Одг	Планктофаг	Ракообразные, икра рыб
Голавль	Н	Р	Придонные слои рек со средним течением	Ихтиофаг, хищник	Мелкая рыба, воздушные насекомые, лягушки
Язь	Н	Оп	Одг	Планктофаг, бентофаг, факультативный ихтиофаг	Ракообразные, личинки насекомых, рыбы

Вид	Обилие	Характер пребывания	Предпочитаемые биотопы	Тип питания	Основные пищевые объекты
Гольян обыкновенный	Н	Р	В реках с каменистым и песчаным грунтом, на быстром течении	Планктофаг, фитофаг	Ракообразные, личинки насекомых, макрофиты
Чехонь	М	Оп	Опг	Планктофаг, факультативный ихтиофаг	Мизиды, хирономиды (в период окукливания), молодь рыб
Плотва	М	Оп	Одг	Бентофаг	Моллюски, хирономиды
Красноперка	Н	Оп	Пмз	Планктофаг	Ракообразные, личинки насекомых, водоросли, икра рыб
Рыбец, сырть	С	Пп	Мб, нерест в реках	Бентофаг	Моллюски, личинки водных насекомых
Горчак	Н	Оп	Пм	Планктофаг, фитофаг	Ракообразные, растительность
Линь	Н	Оп	Пмз	Бентофаг	Моллюски, черви, личинки насекомых, макрофиты
Щиповка	Н	Оп	Пм	Бентофаг	Хирономиды, ракообразные
Усатый голец	Е	Р	Пмз	Бентофаг	Хирономиды
Налим	С	Оп	Одг	Ихтиофаг	Ерш, окунь, корюшка
Ерш обыкновенный	М	Оп	Одг	Планктофаг, бентофаг	Ракообразные, хирономиды, икра
Окунь речной	М	Оп	Пмз	Ихтиофаг, бентофаг	Ерш, снеток, молодь рыб, хирономиды, мизиды
Судак обыкновенный	М	Оп	Одг	Ихтиофаг, в неполовозрелом возрасте - частично нектофаг	Снеток, ерш, собственная молодь карповых, мизиды
Сом европейский	Н	Оп	Пмз	Ихтиофаг	Лещ, плотва
Трехиглая колюшка	М	Оп	Пм	Планктофаг, бентофаг	Зоопланктон, хирономиды, икра рыб

Примечания: М – многочисленный вид; С – численность вида средняя; Н – численность вида низкая; Е – вид встречается единично; Па – проходные (анадромные) виды; Пк – проходные (катадромные) виды; Пп – полупроходные виды; М – морские виды; Оп – общепресноводные виды (обитают в условиях стоячих и текущих вод); Р – речные (реофильные) виды; Оз – озерные (лимнофильные) виды; Опг – предпочитают обитать в открытой части водных объектов, в поверхностных горизонтах воды; Одг – предпочитают обитать в открытой части водоемов, в придонных горизонтах воды; Пм – предпочитают обитать в прибрежном мелководье; Пмз – предпочитают обитать в прибрежном мелководье с зарослями макрофитов; Мб – предпочитают обитать в морских и солоноватоводных биотопах.

Таблица 30 – Репродуктивная характеристика ихтиофауны р. Неман

Вид	Нерестовый субстрат	Период нереста	Пик нереста	Толерантный (в скобках оптимальный) диапазон температур для нереста, °С	Возраст массового полового созревания, годы	Средняя абсолютная индивидуальная плодовитость (в скобках пределы), тыс. икринок
Речная минога	Песчаные и галечные грунты	Май - июнь	III декада мая, I декада июня	10,0 - 14,0	5 - 6	(4 - 40)
Минога ручьевая	Гнездо в песчано-галечном грунте	Апрель - май	Растянутый нерест	10,0 - 11,0	5	(1 - 2)
Финта	Гравийные и галечные грунты	Май - июль	Растянутый порционный нерест	16,0 - 18,0	2 - 3	(100 - 200)
Атлантический лосось	Гнездо в галечном грунте	Октябрь - декабрь	Ноябрь - декабрь	0,1 - 6,0	4 - 5	22 (10 - 26)
Кумжа обыкновенная	Гнездо в галечном грунте	Октябрь - ноябрь	II - III декада ноября	1,0 - 7,0 (5,0)	2	7 (5 - 8)
Ручьевая форель	Галечный грунт	Октябрь - ноябрь	Ноябрь	1,0-6,0	3 - 4	(0,2 - 2,5)
Европейская корюшка	Растительность, каменистые и песчаные грунты	Март - апрель	Апрель	4,0 - 10,0	3	24 (3 - 66)
Щука обыкновенная	Залитая луговая растительность, листья и корневая система водных растений	Март - апрель	III декада апреля, I - II декада мая	0,1-13,0 (3,8 - 4,0)	3	101 (4-494)
Лещ	Растительность	Май - июнь	I, III декада мая	8,0 - 21,0	5 - 6	143 (38 - 417)
Уклейка	Растительность, галечные и каменистые грунты	Июнь - июль	Растянутый порционный нерест	15,0 - 16,0	4	(23 - 105)
Быстрянка	Галечные грунты	Май - июнь	Растянутый порционный нерест	14,0-16,0	2 - 3	(0,7 - 7,5)
Жерех	Корневища и отмершая растительность	Апрель - май	III декада апреля - I декада мая	4,0 - 12,0	4 - 5	(80 - 100)
Усач	Каменистый, песчанно - галечниковый грунт	Май - июль	Растянутый порционный нерест	15,0 - 18,0	3 - 5	(15 - 40)
Густера	Мягкая растительность	Май - июнь	Растянутый порционный нерест	15,0 - 17,0	3 - 4	(11-109)

Вид	Нерестовый субстрат	Период нереста	Пик нереста	Толерантный (в скобках оптимальный) диапазон температур для нереста, °С	Возраст массового полового созревания, годы	Средняя абсолютная индивидуальная плодовитость (в скобках пределы), тыс. икринок
Серебряный карась	Растительность	Май - июнь	Растянутый порционный нерест	14,0 - 15,0	3	(160 - 400)
Сазан, карп	Мягкая растительность	Май - август	Растянутый порционный нерест	15,0 - 20,0	4	(1500 - 1800)
Верховка	Нижняя поверхность листьев рдеста, стрелолиста, кубышек, другие предметы	Июнь - август	Растянутый порционный нерест	15,0 - 25,0	2	(700 - 2100)
Пескарь	Каменисто - песчаные грунты	Апрель - июнь	Растянутый порционный нерест	15,0	2 - 4	(1 - 3)
Елец	Каменистые грунты	Март - май	Апрель	5 - 8	2 - 4	17
Голавль	Каменистый грунт	Май - июнь	Июнь	15,0 - 17,0	4 - 5	(10 - 100)
Язь	Каменистые песчаные грунты, старые растения, фитофил	Апрель - май	Май	> 6,0	4 - 6	(40 - 150)
Гольян обыкновенный	Нижняя сторона камней - литофил	Май - середина июля	Растянутый порционный нерест	7,0 - 10,0	1 - 2	1
Чехонь	Нижние слои воды над плотным грунтом	Май - июнь	III декада мая	12,0 - 22,0 (18,0 - 20,0)	3	52 (30 - 152)
Плотва	Корневая система растений, молодые побеги, стебли камыша, тростника	Апрель - май	III декада апреля, I декада мая	10,0 - 19,0 (15,0 - 18,0)	2 - 3	52 (12 - 120)
Красноперка	Растительность	Май - июнь	Растянутый порционный нерест	18,0	3 - 5	(26 - 99)
Рыбец, сырть	Каменистые грунты, корневища тростника	Май - июль	Растянутый порционный нерест	8,0 - 24,0 (12,0 - 20,0)	5	(11 - 136)

Вид	Нерестовый субстрат	Период нереста	Пик нереста	Толерантный (в скобках оптимальный) диапазон температур для нереста, °С	Возраст массового полового созревания, годы	Средняя абсолютная индивидуальная плодовитость (в скобках пределы), тыс. икринок
Горчак	Мантийная полость двустворчатых моллюсков (перловицы, беззубки)	Весна - лето	Растянутый порционный нерест	14,0-20,0	3	0,3 (0,2 - 0,4)
Линь	Растительность	Май - июнь	Растянутый порционный нерест	17,0 - 20,0 (18,0)	3 - 4	(50 - 100)
Щиповка	Среди нитчатых зеленых водорослей	Май - июнь	Растянутый порционный нерест	14,0 - 19,0 (16,0)	3	(0,5 - 5,1)
Усатый голец	Растительность, песчаный грунт	Май - июнь	Растянутый порционный нерест	12,0-16,0	3	(2 - 22)
Налим	Песчаные и галечные грунты	Январь - февраль	III декада января, I - II февраля	Около 0	4	860 (476 - 1505)
Ерш обыкновенный	Растительность, песчаные грунты	Апрель - Июнь	III декада апреля, мая, I декада июня (порционный нерест)	5,0 - 22,0 (10,0 - 17,0)	2	21 (4 - 39)
Окунь речной	Растительность, различные предметы в воде	Апрель - май	III декада апреля - I декада мая	6,0 - 13,0 (9,0 - 10,0)	3 - 4	68 (21 - 167)
Судак обыкновенный	Растительность, песчаные или слегка заиленные грунты	Конец апреля - начало июня	II - III декада мая	8,0 - 22,0	4 - 5	588 (24 - 1496)
Сом европейский	Гнезда в виде плоской ямки со стенками из растительности	Май - июль	Растянутый порционный нерест	17,0 - 23,0 (20,0)	4 - 5	500 (11 - 900)
Трехиглая колюшка	Гнездо на дне из остатков растительности	Май - июль	Растянутый порционный нерест	8,0 - 24,0	1	1,2 (0,9 - 1,7)

С целью оценки экологической значимости отдельных видов рыб, отмеченных в р. Неман особо следует отметить виды, внесенные в Красную Книгу РФ: кумжа (категория 2), финта (категория 4), рыбец, ручьевая минога, речная минога.

Рыбохозяйственная значимость р. Неман определяется двумя факторами.

Во-первых, это среда обитания ряда ценных проходных и полупроходных видов рыб, с местами их нереста, нагула и зимовки. Во-вторых, от условий нереста ряда видов рыб в р. Неман во многом зависит воспроизводство рыб Куршского залива.

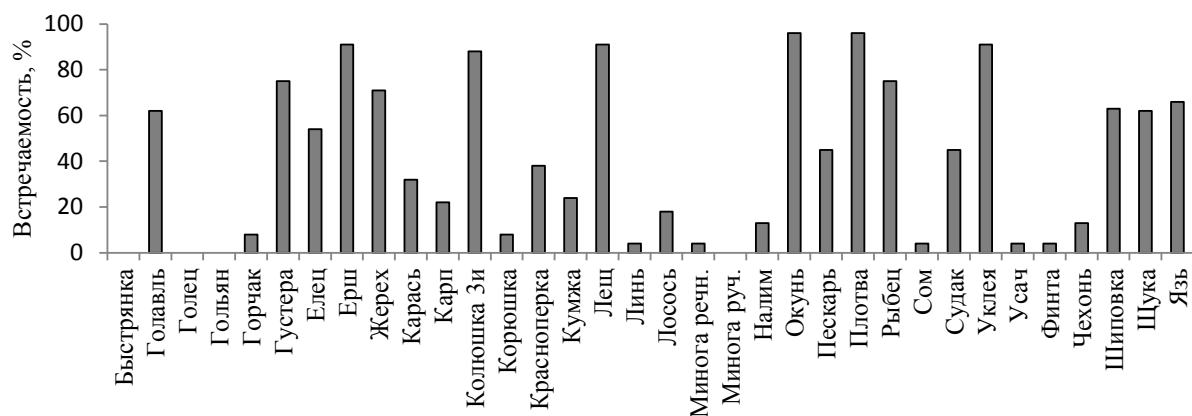
Здесь стоит отметить, важную терминологическую особенность. К проходным видам рыб относят те виды, которые совершают миграции из морских водных объектов в пресные (анадромные), поднимаясь при этом достаточно высоко в реки. Для реки Неман к ним традиционно относят лосося и кумжу [179]. Полупроходными, как правило, считают виды, которые поднимаются на небольшие расстояния на нерест в устья. К ним по традиции относят корюшку и рыбца. Вместе с тем, как показали результаты проведенных исследований, протяженность нерестовых миграций последних видов может быть достаточно большой и, как правило, зависит от гидрометеорологических условий конкретного года. Это, кстати, определяет степень воздействия на них Балтийской АЭС. Поэтому далее, в тексте будет использоваться термин – проходные для всех видов рыб, которые обитают в Балтийском море и заходят на нерест в реку Неман и ее притоки.

Протекая по территории трех государств (Белоруссия, Литва, Россия), р. Неман испытывает значительное антропогенное воздействие, которое может сказываться на рыбохозяйственной значимости данного водотока. Пойменные водные объекты р. Неман также имеют существенное значение для воспроизводства ценных видов рыб и для рыболовства. Промышленный лов рыбы в р. Неман, за исключением его нижней части, называемой Скирвит, в связи с исторически сложившимися традициями был разрешен только литовским рыбакам (за исключением корюшки). Эта ситуация сохранилась до сих пор. Кроме промышленного рыболовства, р. Неман и пойменные водные объекты интенсивно используются рыбаками-любителями. В весенний период здесь ими вылавливаются корюшка, лещ, плотва, судак. В летне-осенний период – лещ, окунь, щука, лосось. В Литве на р. Неман выделяются любительские квоты на вылов атлантического лосося и кумжи.

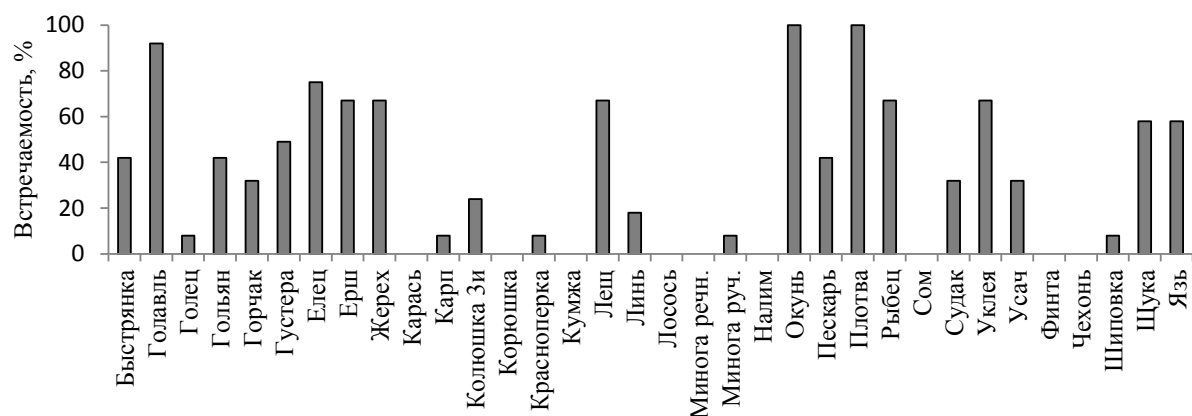
5.4.2. Структура ихтиоценоза реки Неман в период, предшествующий проведению ихтиологических исследований, связанных с проектированием Балтийской АЭС

Данные о структуре ихтиоценоза р. Неман в период, предшествующий проектированию Балтийской АЭС, немногочисленны и основываются преимущественно на литературных данных по биологической характеристике рыб литовских ихтиологов 90-х – начала 2000-х годов [176, 212, 213] и фондовых материалов ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», проводивших исследовательские работы также в начале 2000-х годов. В результате проведенных работ наиболее интересными представляются полученные материалы по частоте встречаемости рыб (в %) в контрольных обловах. Частота встречаемости показывает отношение количества станций, где отмечался какой-либо вид, к общему количеству обловленных станций. Данный показатель для разных видов сильно отличался.

В нижней части р. Неман к доминирующим видам (частота встречаемости более 70%) были отнесены плотва, окунь, лещ, уклея, ерш, трехиглая колюшка, густера, сырть и жерех. Обычными видами в составе ихтиофауны (частота встречаемости равна 40–70%) признаны - язь, голавль, щука, елец, щиповка, судак и пескарь. К редким видам с частотой встречаемости 15–40% отнесены - красноперка, серебряный карась, кумжа, лосось и карп. Остальные виды составили группу, характеризующуюся как случайные виды (Рисунок 36).



Нижняя часть



Средняя часть

Рисунок 36 – Частота встречаемости видов рыб в р. Неман по результатам литературных [212, 213] и фондовых материалов КГТУ, 1990-2000-е годы

В средней части р. Неман состав ихтиофауны заметно отличался. В группе доминирующих видов присутствовали плотва, окунь, голавль и елец. К группе обычных отнесены 11 видов: лещ, уклея, ерш, рыбец, жерех, язь, щука, густера, пескарь, быстрянка, гольян. Редко встречались судак, горчак, усач, трехиглая колюшка, линь. Прочие (11 видов) отмечены как сопутствующие.

Согласно приведенных источников отмечено, что на распределение и численность многих видов рыб в р. Неман большое влияние оказала постройка в 1959 г. Каунасской ГЭС и образование водохранилища. На отрезке реки, где возникло водохранилище, исчезли речная минога, лосось, кумжа, гольян, быстрянка, голец; численность таких рыб, как плотва, окунь, лещ, густера сильно возросла

[212, 213]. Также уже в те годы отмечалось, что состояние рыбных запасов р. Неман, и особенно низовья в предшествующие несколько десятилетий ухудшалось в результате возрастающего антропогенного загрязнения. Уменьшилась численность видов, наиболее чувствительных к условиям среды (горчак). Относительная численность литофильных видов рыб, нерестящихся только на чистых галечных грунтах существенно, снизилась. Реофильные виды составляли значительную часть сообществ молоди рыб, однако рыбы промысловых размеров в контрольных сетных уловах встречались крайне редко. В структуре ихтиоценоза нижнего течения р. Неман отчетливо доминировали толерантные к факторам среды виды рыб, в основном плотва, густера, уклейка и быстрянка. В результате общее состояние сообществ рыб р. Неман оценивалось как среднеудовлетворительное, с тенденцией перехода к плохому.

5.4.3. Структура ихтиоценоза р. Неман в период проведения ихтиологических исследований, связанных с проектированием Балтийской АЭС (2012-2017 гг.)

С целью оценки состояния запасов рыб в зоне, предполагаемых водозабора и сброса технологических сточных вод с Балтийской АЭС в р. Неман были выбраны 3 станции проведения контрольных обловов. Основная станция – 75 км от устья р. Неман (ориентир - п. Большое Село), дополнительные – 58 км от устья р. Неман (ориентир – затон Комсомольский) и 81 км от устья (ориентир р. Шешупе).

В качестве орудий лова использовались: сети плавные и ставные, трал (ахан), волокуша мальковая, электролов. На станции Большое Село 71% контрольных обловов пришлось на разнотравные плавные сети, на станциях затон Комсомольский и Шешупе использовались преимущественно ставные сети. Характер и объем собранного материала приведены ниже (Таблица 31).

Таблица 31 – Характер и объем собранного материала по видовой структуре ихтиоценоза р. Неман, 2012-2017 гг.

Характер работ	Большое Село	Затон Комсомольский	Шешупе
Количество обловов	521	226	130
Биологический анализ, экз.	1085	1486	2152
Массовые промеры, тыс. экз.	30,7	10,5	4,4

Ниже приведена характеристика структуры ихтиоценозов на станциях в период проведения контрольных обловов 2012-2017 гг.

Станция затон Комсомольский. В 2012-2017 гг. в уловах было отмечено 16 видов рыб, их размерные характеристики приведены ниже (Рисунок 37).

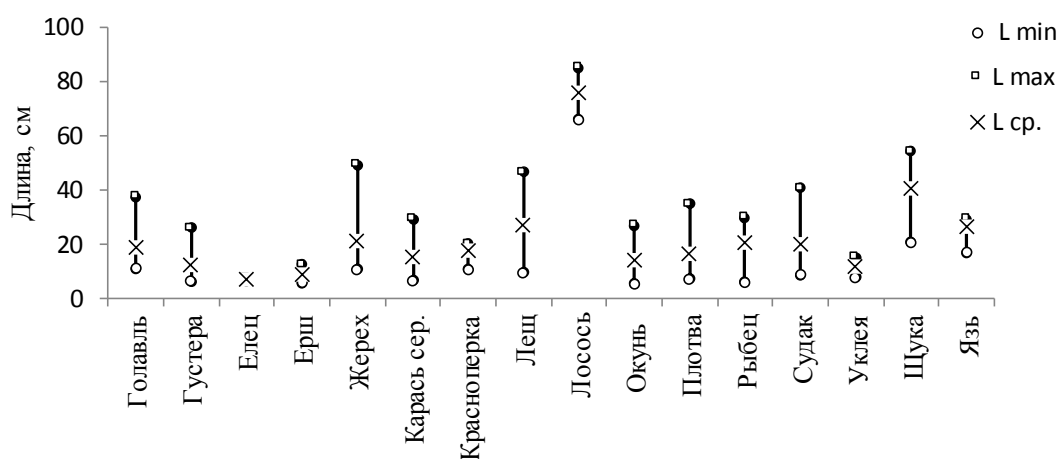


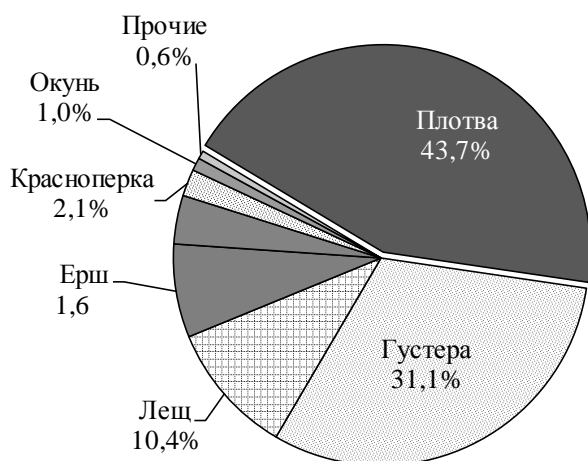
Рисунок 37 – Виды рыб и их размерная характеристика (максимальный, минимальный размеры, средняя длина) в контрольных уловах, р. Неман, станция Затон Комсомольский, 2012-2017 гг.

На данной станции к часто встречающимся видам можно отнести плотву ($V = 55,2\%$), к немногочисленным видам ($V = 10-40\%$) – густеру, леща, окуня, ерша, уклею и голавля. Семь видов рыб отнесены к редким (V менее 10%). По численности преобладала плотва - в целом за все годы исследований - $36,5\%$, по биомассе – лещ ($39,6\%$) (Таблица 32, Рисунок 38).

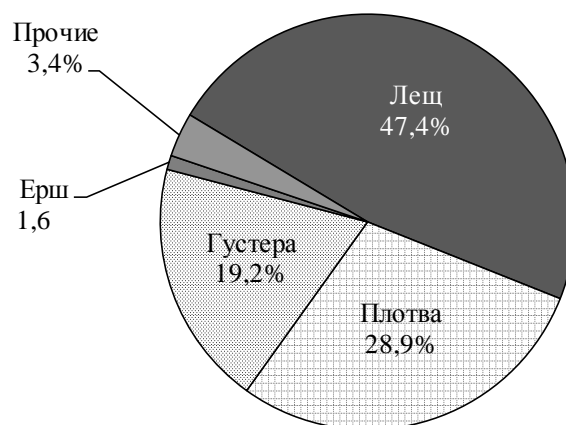
Весной по численности и биомассе на данной станции преобладали плотва, густера и лещ, летом – уловы в основном были представлены густерой, осенью – опять же плотвой. Сезонные изменения структуры контрольных уловов (весна, лето, осень) представлены на рисунке 39.

Таблица 32 – Основные характеристики рыб в контрольных уловах р. Неман, станция затон Комсомольский (сети ставные), 2012-2017 гг.

Виды рыб	Встречаемость, %	Длина тела (L), см		Масса средняя, г	Доля в уловах (%)	
		колебания	средняя		N	B
Голавль	13,0	11-38	18,5	199	0,1	0,1
Густера	35,7	6-28	12,3	54	31,1	19,2
Елец	1,1	5-12	7,0	6	0,0	0,0
Ерш	24,2	6-12	8,7	15	3,8	0,5
Жерех	10,8	11-49	21,3	329	0,1	0,3
Карась сер.	2,3	6-29	15,2	272	0,1	0,1
Красноперка	2,0	11-20	17,3	123	2,1	1,1
Лещ	26,7	9-47	26,9	670	10,4	47,4
Лосось	1,9	66-85	75,5	5957	0,0	0,0
Окунь	31,6	5-27	14,2	93	1,0	0,4
Плотва	55,2	7-35	16,4	141	43,7	28,9
Рыбец	7,7	6-30	20,7	191	0,0	0,0
Судак	3,1	9-41	19,9	216	0,0	0,2
Уклея	21,6	8-15	11,5	20	7,3	0,9
Щука	15,4	21-54	40,2	764	0,1	0,4
Язь	5,3	17-29	26,2	415	0,2	0,5



Численность



Биомасса

Рисунок 38 – Характеристика структуры контрольных уловов (%) на станции Затон Комсомольский, 2010-2017 гг.

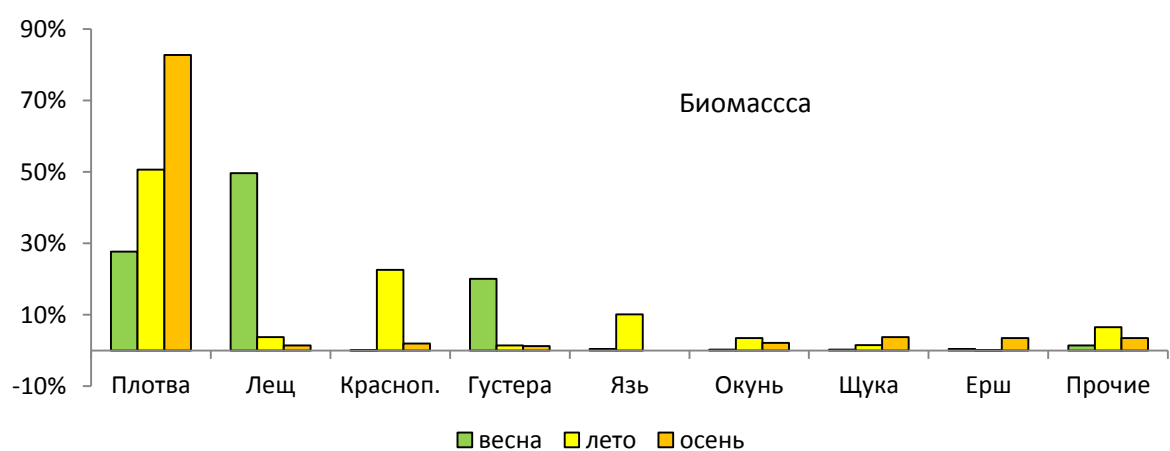
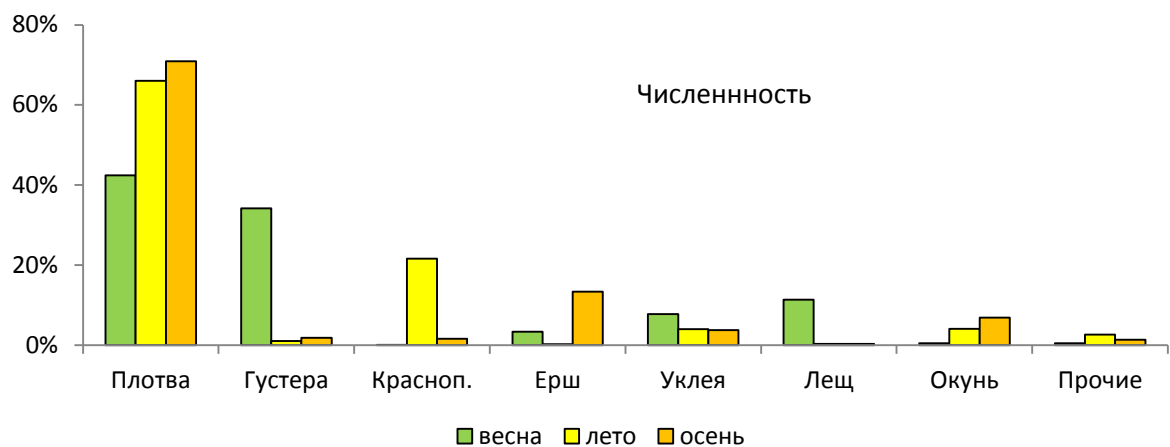


Рисунок 39 – Характеристика сезонной структуры контрольных уловов (%) на станции Затон Комсомольский, 2010-2017 гг.

Станция Большое Село. В 2010-2017 гг. в уловах отмечены 22 вида рыб (Рисунок 40).

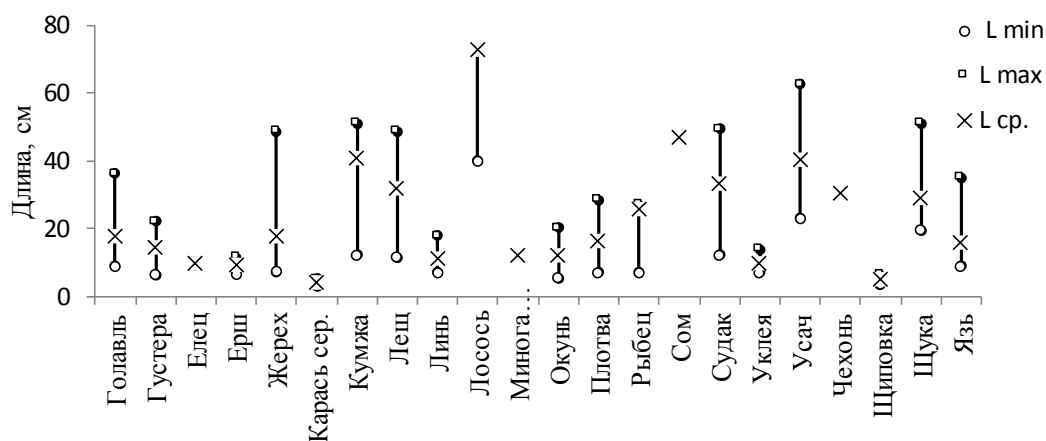


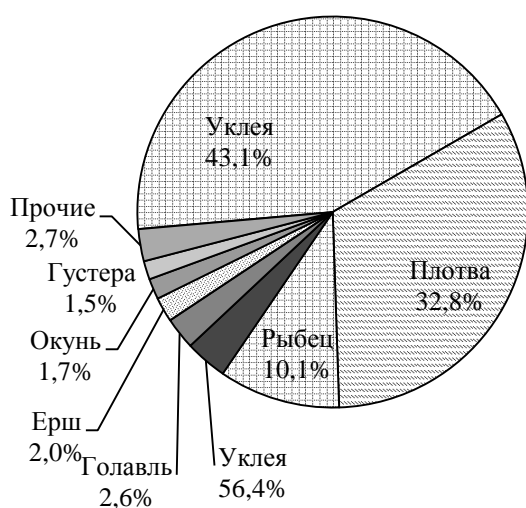
Рисунок 40 – Видовой состав и размерная характеристика рыб (максимальный, минимальный размеры, средняя длина) в контрольных уловах, р. Неман, станция Большое Село, 2010-2017 гг.

По встречаемости не выявлены доминантные виды рыб с частотой встречаемости более 40%. К немногочисленным видам рыб (частота встречаемости 10–40%) отнесены: плотва (36%), лещ (26,2%), уклея (23,6%), а также окунь, рыбец, голавль, густера. Полученные материалы свидетельствуют о нестабильности структуры ихтиоценоза на данном участке реки и выраженности пространственных перемещений рыб (Таблица 33).

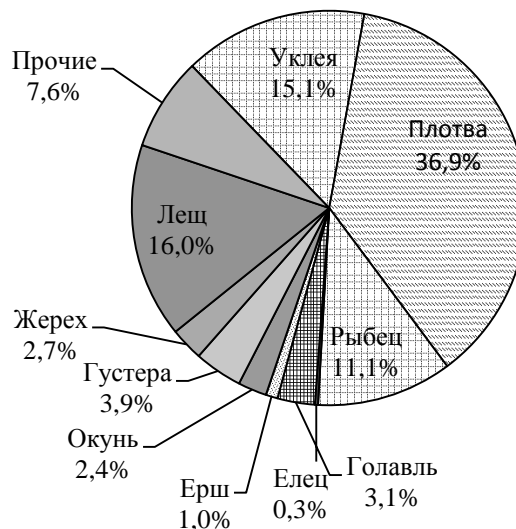
По численности в уловах на станции Большое Село преобладала уклея (43,1%). По биомассе преимущественное значение имела плотва (36,9%), а также лещ, рыбец и уклея, их общая доля составила 42,1% (Рисунок 41).

Таблица 33 – Основные характеристики рыб в контрольных уловах р. Неман, станция Большое Село, 2010-2017 гг.

Виды рыб	Встречаемость, %	Длина тела (L), см		Масса средняя, г	Доля в уловах (%)	
		колебания	средняя		N	B
Голавль	10,8	11-36	17,9	201	2,6	3,1
Густера	10,1	7-22	14,6	85	1,5	3,9
Елец	2,9	9-10	9,6	12	3,5	0,3
Ерш	7,8	7-12	9,3	18	2,0	1,0
Жерех	8,3	7-49	17,6	243	1,3	2,7
Карась сер.	3,1		4,3	4	0,0	0,1
Кумжа	2,6	12-51	40,6	1349	0,0	0,8
Лещ	26,2	11-49	32	892	0,6	16,0
Линь	1,4	5-18	11,1	34	0,0	0,0
Лосось	3,5	40-97	72,6	6104	0,0	0,0
Минога реч.	1,2		12	24	0,0	3,9
Окунь	15,9	6-21	12,1	51	1,7	2,4
Плотва	36,0	8-29	16,3	154	32,8	36,9
Рыбец	15,8	7-27	26	270	10,1	11,1
Сом	1,4	47	47	980	0,0	0,2
Судак	4,5	12-49	33,1	602	0,1	0,6
Уклея	23,6	9-15	9,9	15	43,1	15,1
Усач	2,1	23-63	40,4	1497	0,0	0,2
Чехонь	1,8	30	30,4	263	0,0	0,0
Щиповка	0,8	4-6	4,9	1	0,1	0,0
Щука	2,8	20-51	29	343	0,1	0,8
Язь	6,0	9-35	15,9	226	0,4	1,1



Численность



Биомасса

Рисунок 41 – Характеристика структуры контрольных уловов (%) на станции Большое Село, 2010-2017 гг.

Вместе с тем, для станции Большое Село выявлена достаточно четко выраженная сезонная дифференциация структуры уловов. Весной в контрольных уловах по численности доминировала укля (69,9% уловов), по массе – преобладали плотва, рыбец и лещ – их суммарная доля в уловах составила 77,7%. Летом как по численности (53,8), так и по биомассе (79,2%) преобладала плотва. Осенью уклю в уловах можно отнести к редким видам – 4,8% по численности 0,9% по биомассе. Основу облавливаемого стада по численности и биомассе составил лещ – соответственно 47,6% и 51,2%. Обращает также внимание достаточно высокий удельный вес по массе атлантического лосося 23,6% - второе место после леща (Рисунок 42).

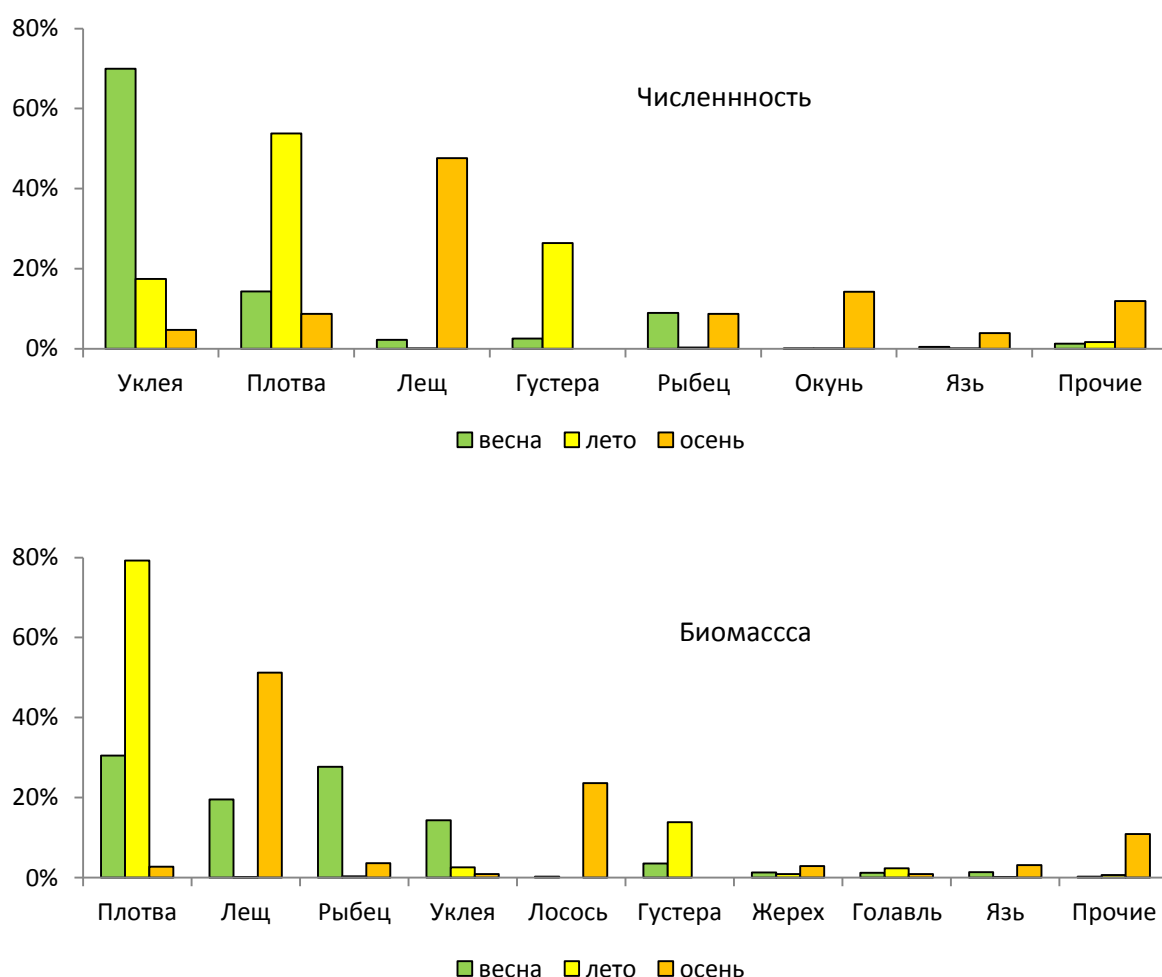


Рисунок 42 – Характеристика сезонной структуры контрольных уловов (%) на станции Большое Село, 2010-2017 гг.

Станция река Шешупе. В 2010-2017 гг. в уловах отмечены 16 видов рыб. Размерная характеристика рыб (максимальный, минимальный размеры, средняя длина) в контрольных уловах приведены ниже (Рисунок 43).

В уловах на станции Шешупе наиболее часто встречался окунь (41,8% по частоте встречаемости), немногочисленные виды были представлены плотвой, густерой, лещом, судаком, уклейей, ершом и щукой (Таблица 34). Прочие виды в основном представляли биоразнообразие ихтиофауны данного участка. Структуру ихтиоценоза в основном представляли густера и окунь – более 25% как по численности, так и по биомассе (Рисунок 44)

Весной по численности и биомассе на данной станции преобладал окунь, летом – укляя и плотва, осенью – густера. Сезонные изменения структуры контрольных уловов (весна, лето, осень) представлены на рисунке 45.

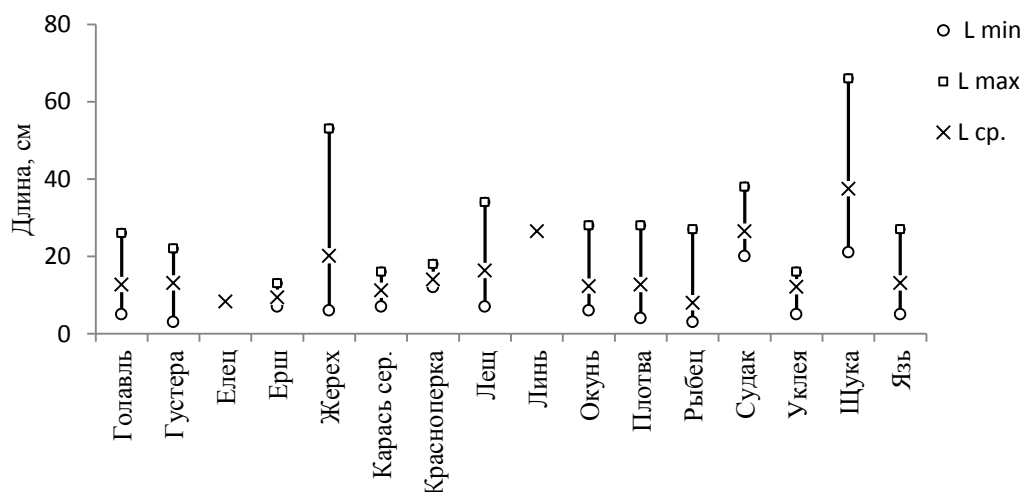


Рисунок 43 – Видовой состав и размерная характеристика рыб (максимальный, минимальный размеры, средняя длина) в контрольных уловах (ставные сети), р. Неман, станция Шешупе, 2010-2017 гг.

Таблица 34 – Основные характеристики рыб в контрольных уловах р. Неман, станция Шешупе (сети ставные), 2010-2017 гг.

Виды рыб	Встречаемость, %	Длина тела (L), см		Масса средняя, г	Доля в уловах (%)	
		колебания	средняя		N	B
Голавль	10,3	5-26	12,7	65	4,2	0,2
Густера	30,1	3-22	13,1	49	34,5	40,7
Елец	3,3		8,3	7	0,0	0,0
Ерш	17,7	7-13	9,4	21	3,5	1,3
Жерех	7,4	6-53	20,1	379	2,0	8,5
Карась сер.	11,9	7-16	11,2	50	0,0	0,0
Красноперка	0,1	12-18	14	68	0,0	0,1
Лещ	24,8	7-34	16,3	110	1,4	2,3
Линь	5,3		26,5	420	0,0	0,0
Окунь	41,8	6-28	12,3	60	25,3	27,9
Плотва	36,2	4-28	12,7	57	9,7	9,5
Рыбец	3,8	3-27	8	34	2,1	0,4
Судак	24,1	20-38	26,5	281	0,1	0,5
Уклея	18,2	5-16	12,1	24	17,0	7,1
Щука	13,3	21-66	37,5	853	0,1	1,1
Язь	8,3	5-27	13,1	335	0,0	0,4

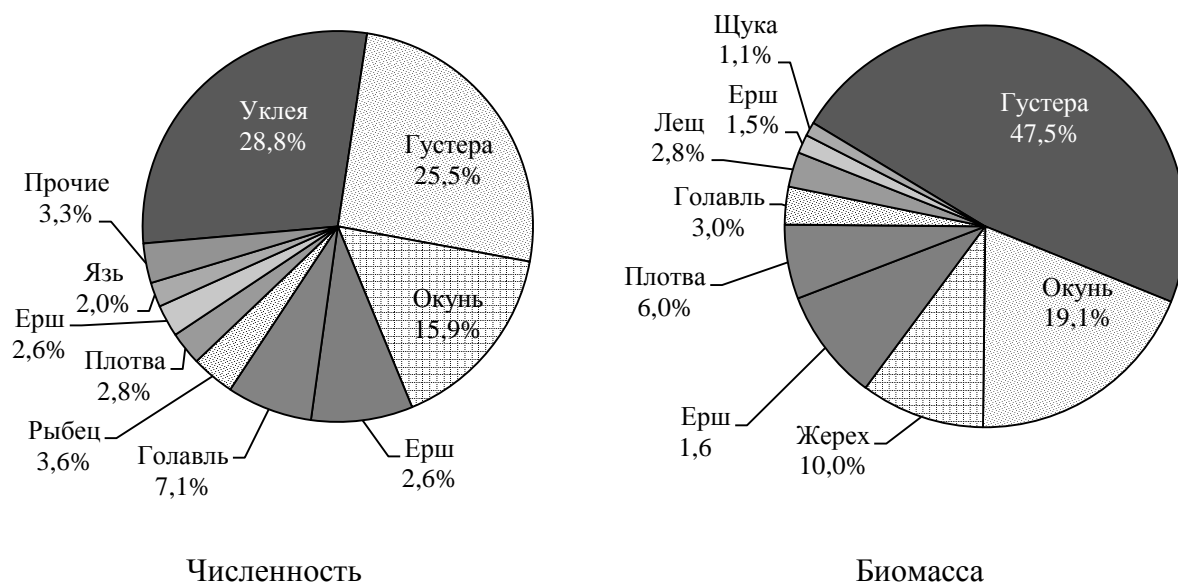


Рисунок 44 – Характеристика структуры контрольных уловов (%) на станции Шешупе, 2010-2017 гг.

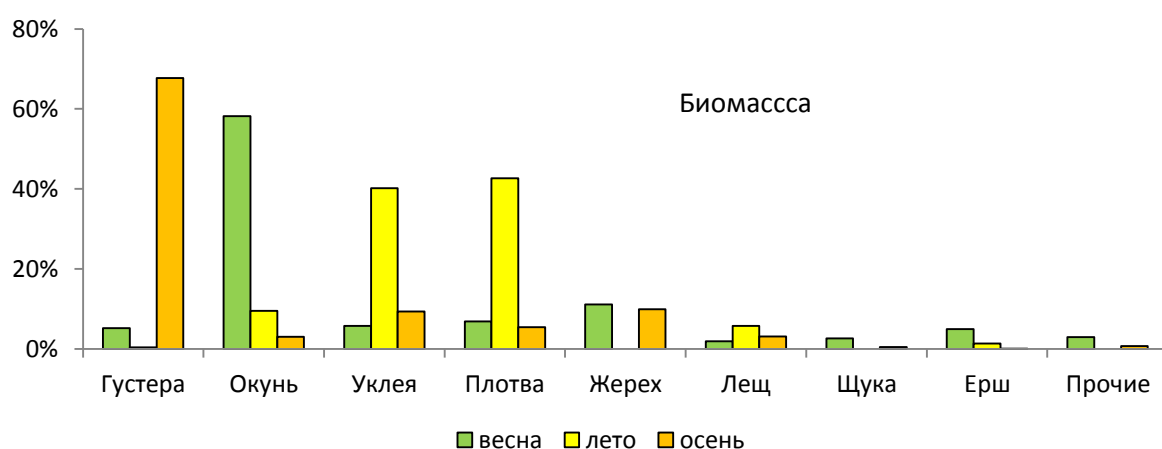
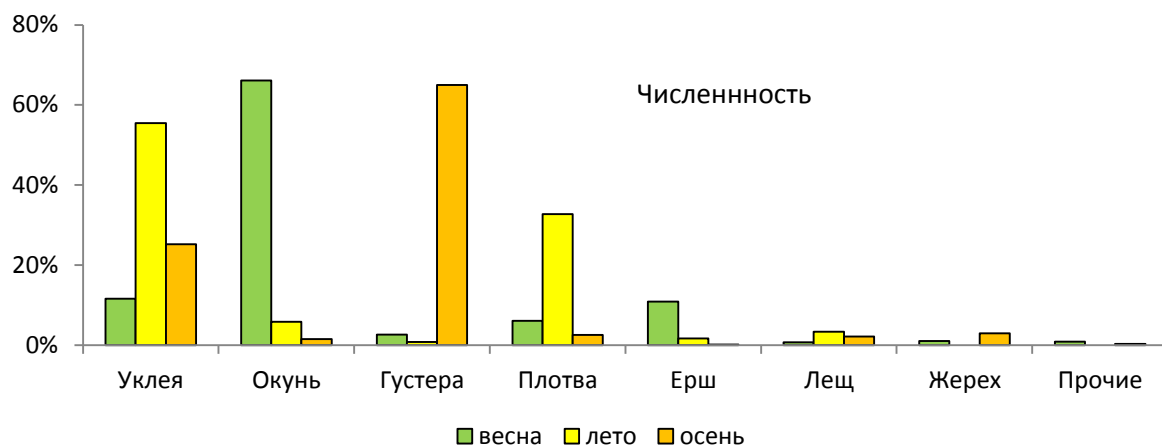


Рисунок 45 – Характеристика сезонной структуры контрольных уловов (%) на станции Шешупе, 2010-2017 гг.

5.4.4. Общая характеристика видовой структуры рыб в зоне возможного воздействия Балтийской АЭС

Установлено, что видовая структура резидентного ихтиоценоза представлена на 34 видами (Рисунок 46–47).

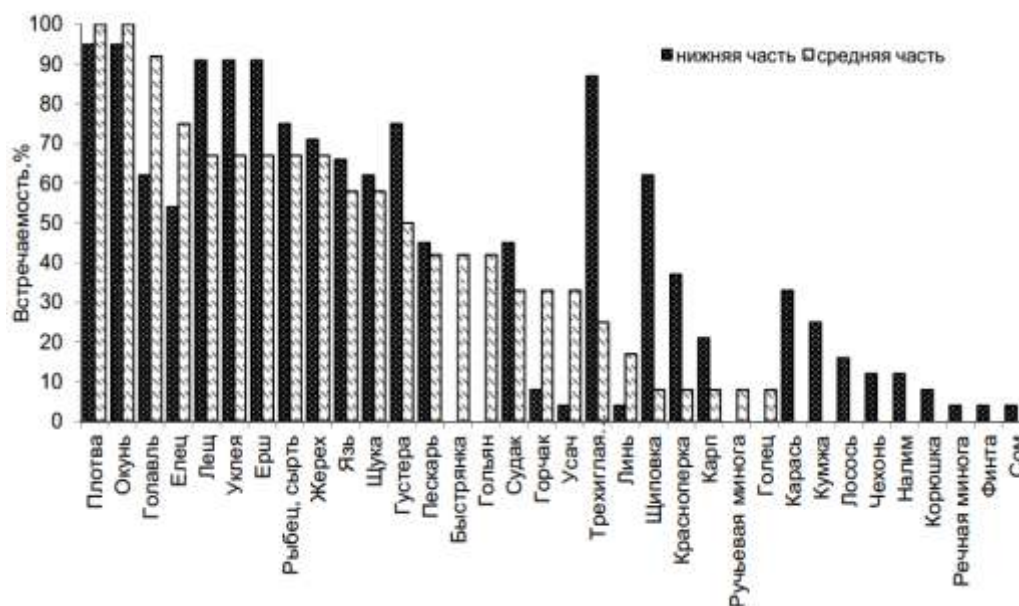


Рисунок 46 – Частота встречаемости видов рыб резидентной ихтиофауны в различных частях р. Неман

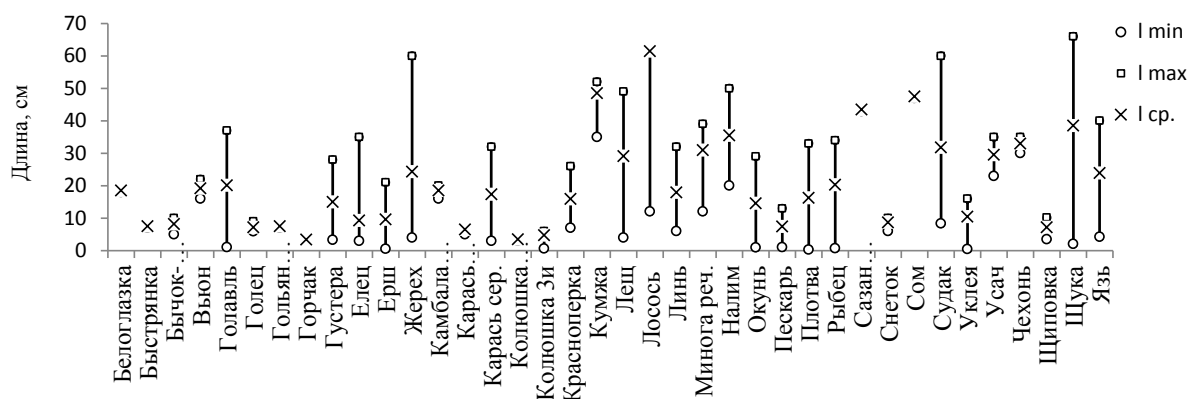


Рисунок 47 – Виды рыб и их размерная характеристика (максимальный, минимальный размеры, средняя длина, см) в контрольных уловах (сети, ловушки) р. Неман, 2010-2017 гг.

Наиболее встречаемыми являются типичные реофильные виды плотва, окунь, пескарь, уклея, обычные - густера, ерш, елец, колюшка трехиглая, рыбец, красноперка, голавль, жерех, щиповка. Остальные 15 видов характеризуются как редкие. Вместе с тем их экологическая роль в ихтиоценозе р. Неман на анализируемом участке весьма значительна, так как, они являются индикаторами стабильности биоразнообразия ихтиофауны. Сравнительный анализ контрольных уловов на трех выбранных станциях не показывает значительных различий пока-

зателей по численности и биомассе рыб на выбранных станциях. По численности относительная величина уловов на усилие несколько выше на станции затон Комсомольский – 51,6%, по массе – все контрольные станции находятся примерно на одном уровне – в пределах 27-37% (Рисунок 48).

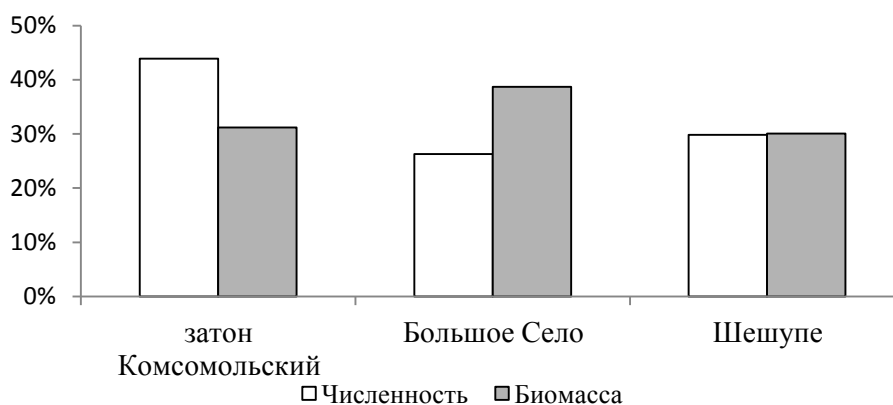


Рисунок 48 – Соотношение уловов на усилие на станциях Затон Комсомольский, Большое Село, Шешупе по численности и биомассе.

Сезонная изменчивость величины уловов рыб выражалась в преобладании весенних уловов над летними и осенними. Уловы на усилие по численности весной оказались в среднем выше в 2,2 раза по сравнению с прочими сезонами. Уловы на усилие по массе весной оставались примерно на том же самом уровне и превышали прочие сезоны года в 8,7 раза (Рисунок 49).

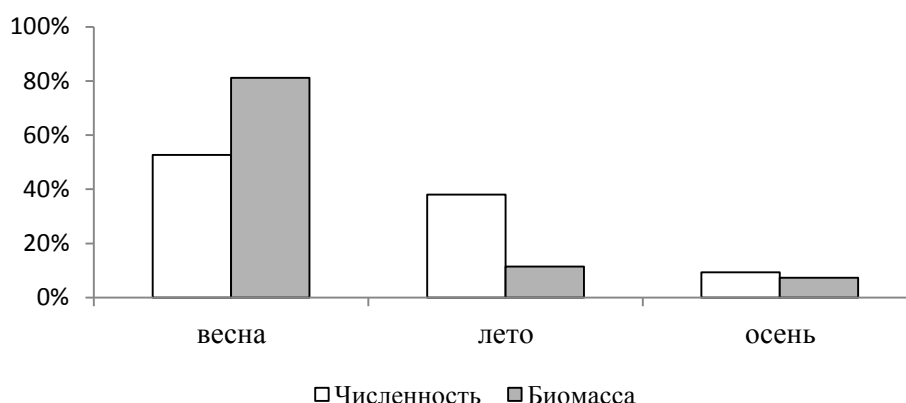


Рисунок 49 – Сезонная изменчивость величины уловов рыб в р. Неман (станции Затон Комсомольский, Большое Село, Шешупе) в 2013-2017 гг.

Таким образом, результаты наблюдений показали сложную структуру их-

тиофауны, в которой присутствуют представители разных экологических форм. Ядро ихтиоценоза существенно варьирует в зависимости от участка реки. Состав ихтиофауны носит сезонный характер и значительно изменяется в период миграций проходных и полупроходных видов рыб. Плотность ихтиоценоза в зоне влияния Балтийской АЭС показана на рисунке 50.

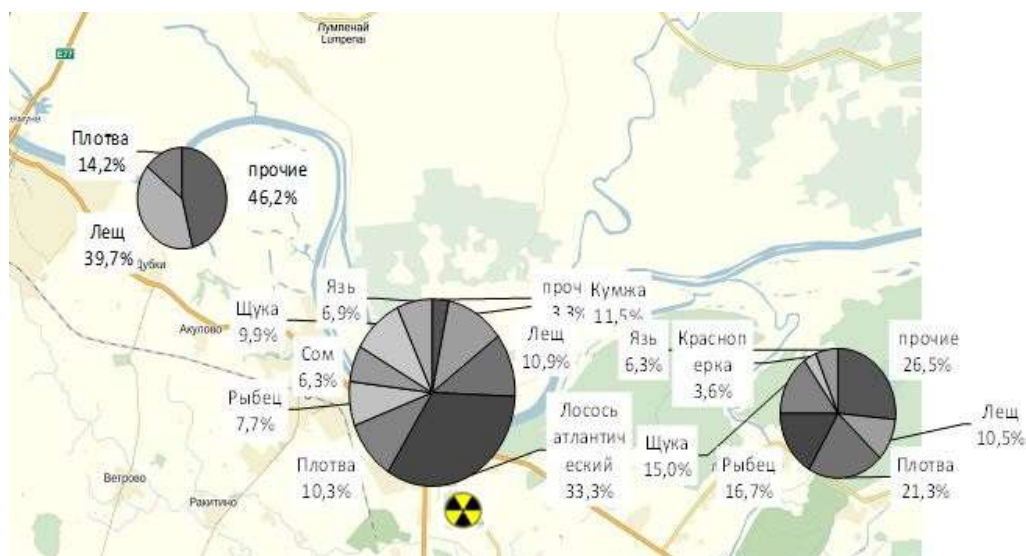


Рисунок 50 – Плотность ихтиоценоза в зоне влияния Балтийской АЭС

5.4.5. Общая характеристика биологических показателей молоди рыб в реке Неман

С учетом того, что при осуществлении производственной деятельности Балтийской АЭС будет осуществляться значительный объем изъятия воды из р. Неман и этот фактор потенциально может существенно влиять на ранние стадии развития рыб (личинки, сеголетки, молодь) представляется целесообразным самостоятельно рассмотреть структурно-биологические показатели молоди рыб. Для настоящего анализа использованы результаты контрольных обловов личиночными и мальковыми орудиями лова в 2012-2017 гг. и проанализированы такие показатели, как частота встречаемости, распределение молоди в русле реки, суточные изменения ската молоди. Впервые для водного объекта, предполагаемого к использованию в технологическом цикле АЭС, в состав работ по мониторингу

ихтиофауны были включены исследования ската и распределения молоди рыб в районе возможного воздействия АЭС.

Частота встречаемости. Из обитающих в реке Неман 34 видов рыб, в уловах личиночными и мальковыми орудиями лова в 2012-2017 гг. было отмечено 29 видов рыб, в т.ч. в уловах мальковой волокуши – все 28 видов, в сети Матода – 16 видов. Для анализа изменчивости встречаемости молоди рыб в уловах и выявления общих закономерностей все виды подразделялись на 4 группы: доминирующие с частотой встречаемости (V) более 70%, часто встречающиеся ($V = 40-70\%$), немногочисленные ($V = 10-40\%$) и редкие (V менее 10%).

В целом, за все годы мониторинговых исследований ни одного из зафиксированных видов к доминирующим по частоте встречаемости отнести нельзя. К группе часто встречаемых видов можно отнести 4 вида – пескаря ($V = 55,6\%$), укляю ($V = 49,3\%$), колюшку трехиглую ($V = 45,8\%$) и плотву $V = 42,3\%$. Несмотря на довольно высокие межгодовые изменения частоты встречаемости преобладающих видов рыб (Рисунок 51–52) ошибка средней для каждого из видов находится в пределах 18%. Немногочисленные виды были представлены 7 видами, из которых больший удельный вес (более 20%) имели окунь ерш, щиповка. Прочие виды, представленные в этой группе – рыбец, голавль, елец, жерех (Рисунок 53).

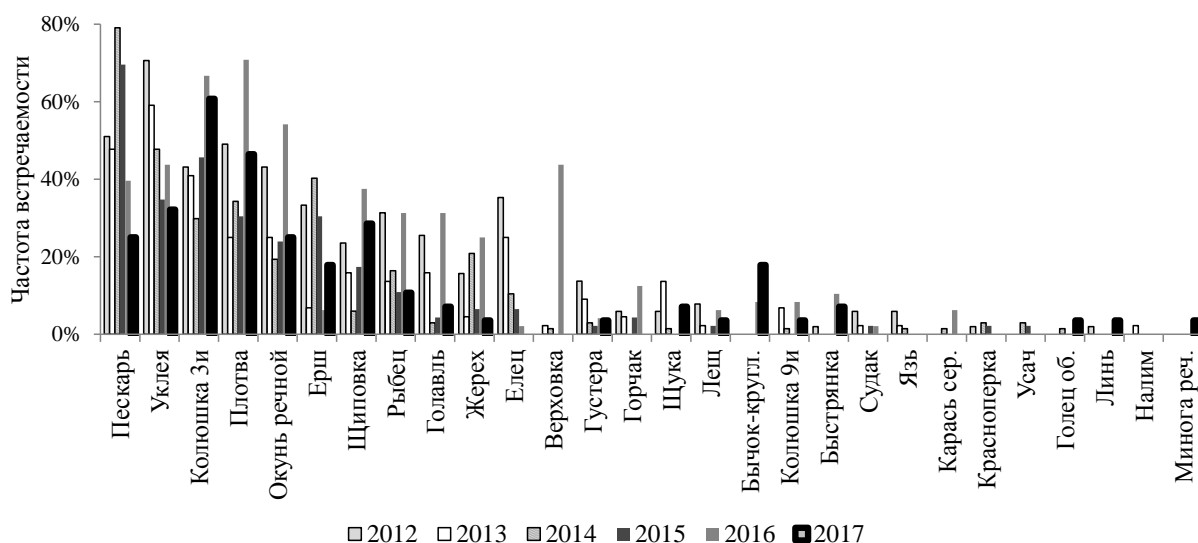


Рисунок 51 – Межгодовые изменения частоты встречаемости молоди рыб в уловах мальковой волокуши, 2012-2017 гг.

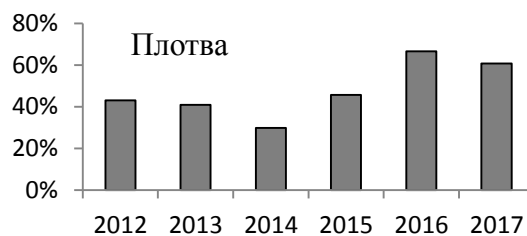
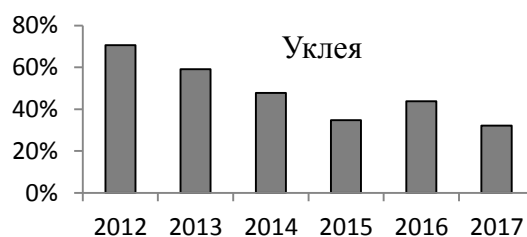
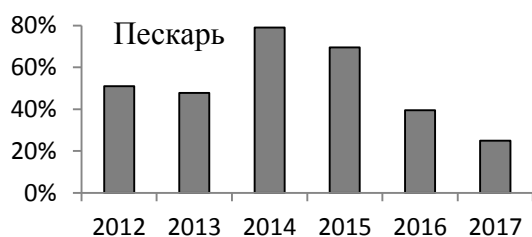


Рисунок 52 – Межгодовые изменения частоты встречаемости преобладающих видов рыб в уловах мальковой волокуши, 2012-2017 гг.

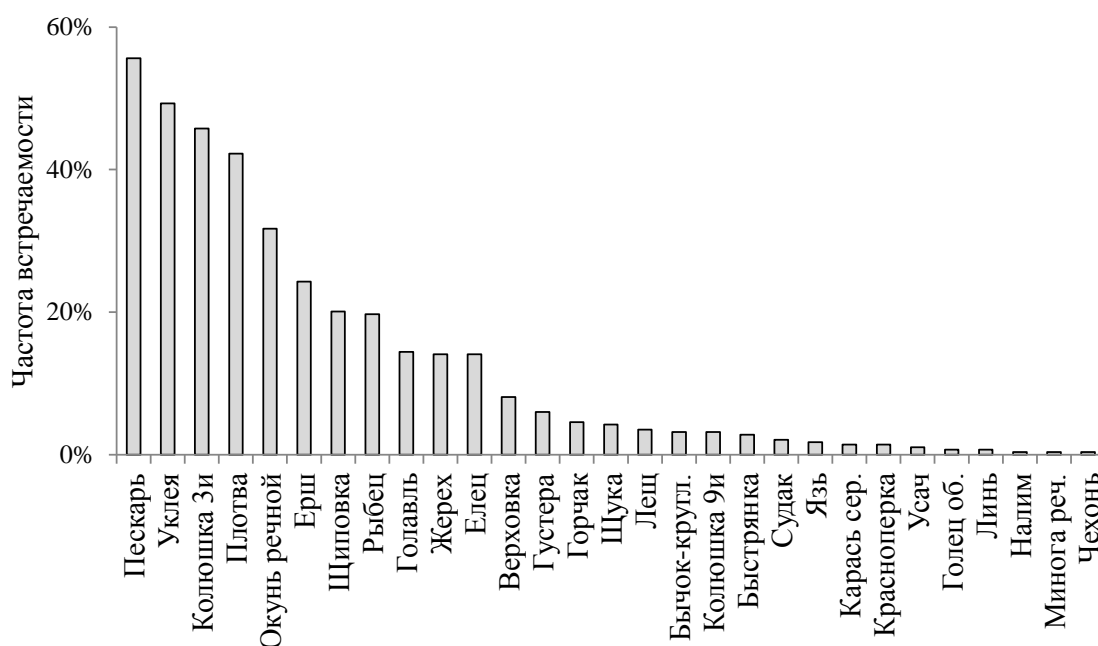


Рисунок 53 – Средние величины частоты встречаемости молоди рыб в уловах мальковой волокуши, 2012-2017 гг.

Сезонный анализ встречаемости в уловах мальковой волокуши показывает, что весной чаще встречались пескарь и колюшка трехиглая, летом - уклея, плотва, окунь, осенью – пескарь, плотва, уклея и окунь (V более 40%) (Рисунок 54).

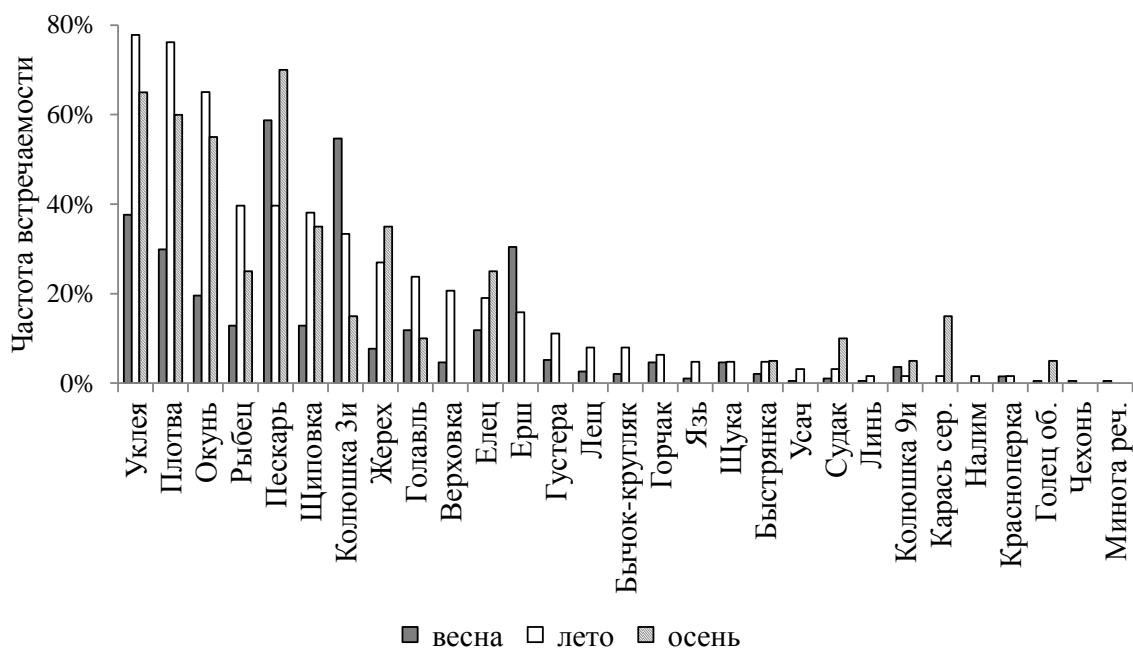


Рисунок 54 – Частота встречаемости молоди рыб в уловах мальковой волокуши по сезонам, 2012-2017 гг.

В уловах сети Матода за все годы исследований доминирующих видов не отмечено. (Рисунок 55). К часто встречаемым можно отнести только окуня ($V = 42,9\%$). Вместе с тем, отмечается высокая межгодовая вариабельность данного показателя для данного вида, ошибка средней превышает 20% (Рисунок 56). К группе немногочисленных видов отнесены: уклея, плотва и красноперка. Группа редких видов представлена 12 видами. (Рисунок 57).

В сезонном аспекте проанализирована встречаемость личинок рыб для весны и лета. Весной в уловах часто встречался окунь ($V = 44,4\%$), из малочисленных видов больший удельный вес имели плотва и уклея ($V = 18-25\%$). Летом наибольшая встречаемость была отмечена для уклеи ($V = 50,0\%$), значительно меньше для окуня и плотвы, соответственно 37,5 и 16,7%. Из прочих видов рыб несколько больший удельный вес имели красноперка и густера ($V = 4,2-12,5\%$). Доля прочих видов рыб по показателю встречаемости и весной и летом не превышала 10% (Рисунок 58).

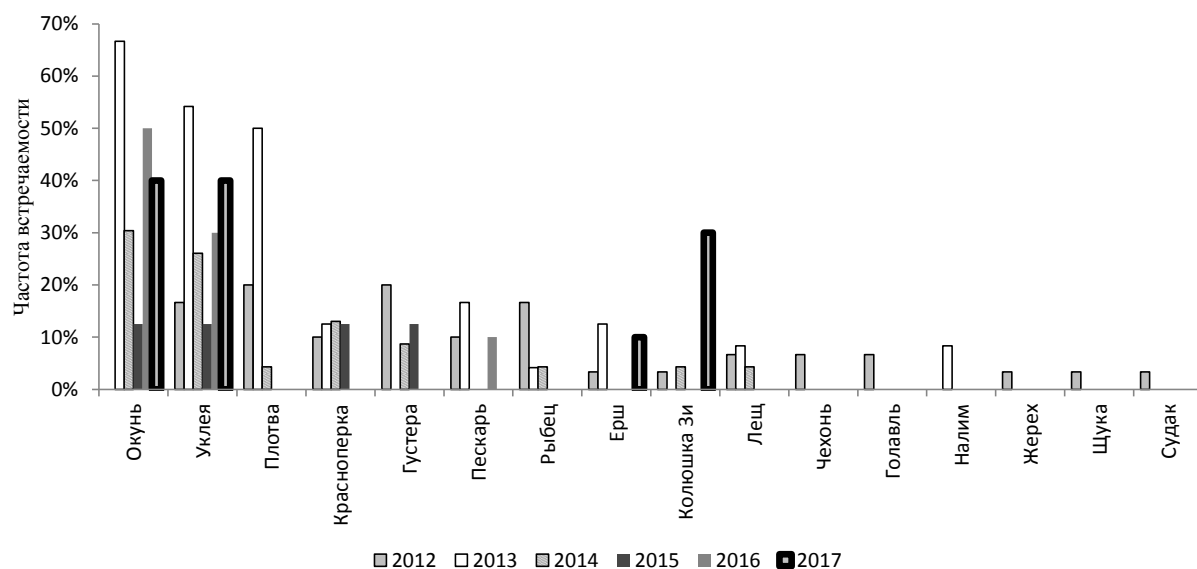


Рисунок 55 – Частота встречаемости личинок рыб в уловах сети Матода в 2012-2017 гг.

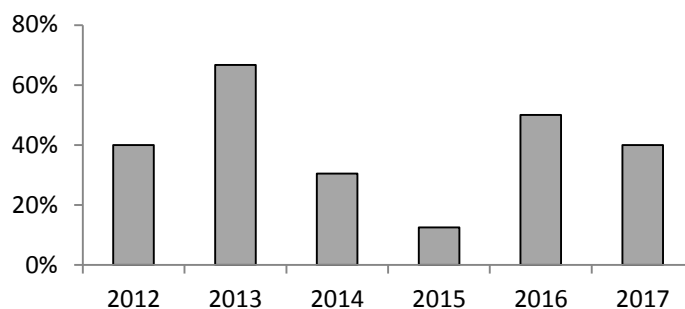


Рисунок 56 – Межгодовые изменения частоты встречаемости личинок окуня в уловах сети Матода, 2012-2017 гг.

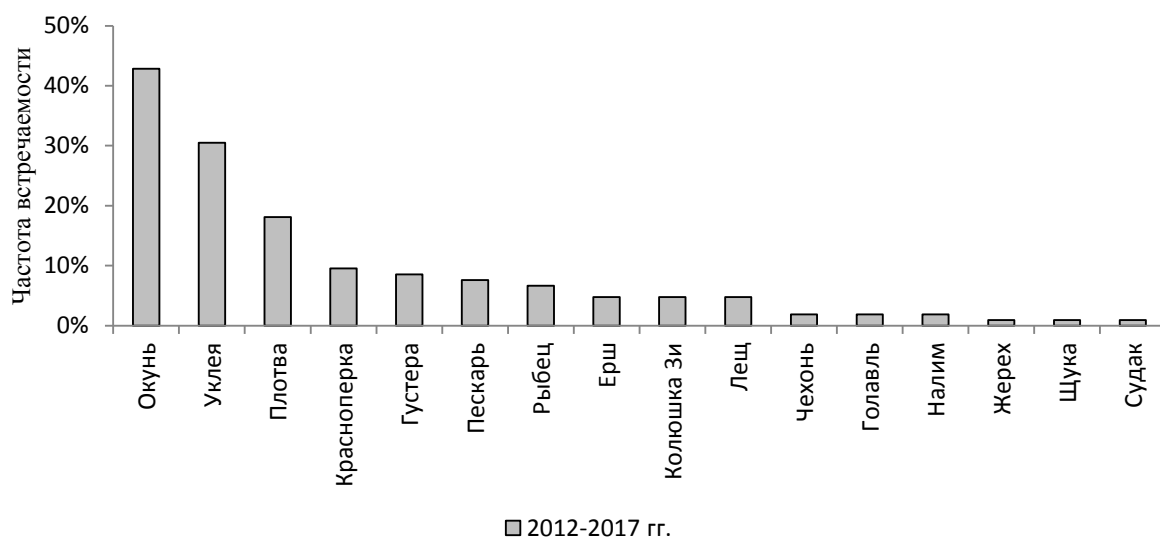


Рисунок 57 – Средние величины частоты встречаемости личинок рыб в уловах сети Матода в 2012-2017 гг.

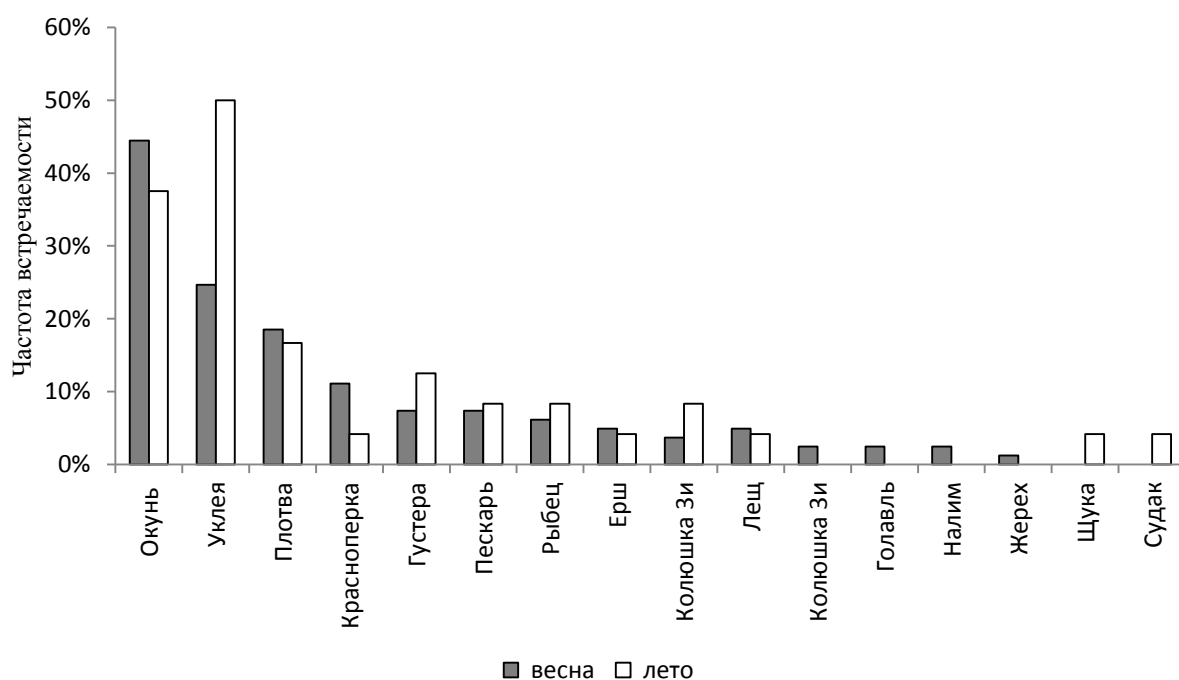


Рисунок 58 – Частота встречаемости личинок рыб в уловах сети Матода по сезонам, 2012-2017 гг.

Таким образом, в результате высокого видового разнообразия и достаточно многочисленных отборов проб личиночными и мальковыми орудиями лова в целом доминирующих видов с частотой встречаемости (V) более 70% не отмечено. Также немногочисленной оказалась и группа часто встречающихся видов ($V = 40-70\%$): пескарь и уклея, т.е. всего 2 вида. К группе немногочисленных можно отнести 9 видов ($V = 10-40\%$): плотва, окунь, колюшка трехиглая, ерш, рыбец, щиповка, голавль, елец, жерех. Остальные 17 видов с частотой встречаемости менее 10% характеризуются как редкие, к ним относятся – густера, верховка, лещ, красноперка, горчак, щука, колюшка девятииглая, судак, быстрянка, язь, карась серебряный, бычок-кругляк, чехонь, налим, усач, линь, голец обыкновенный (Рисунок 59)

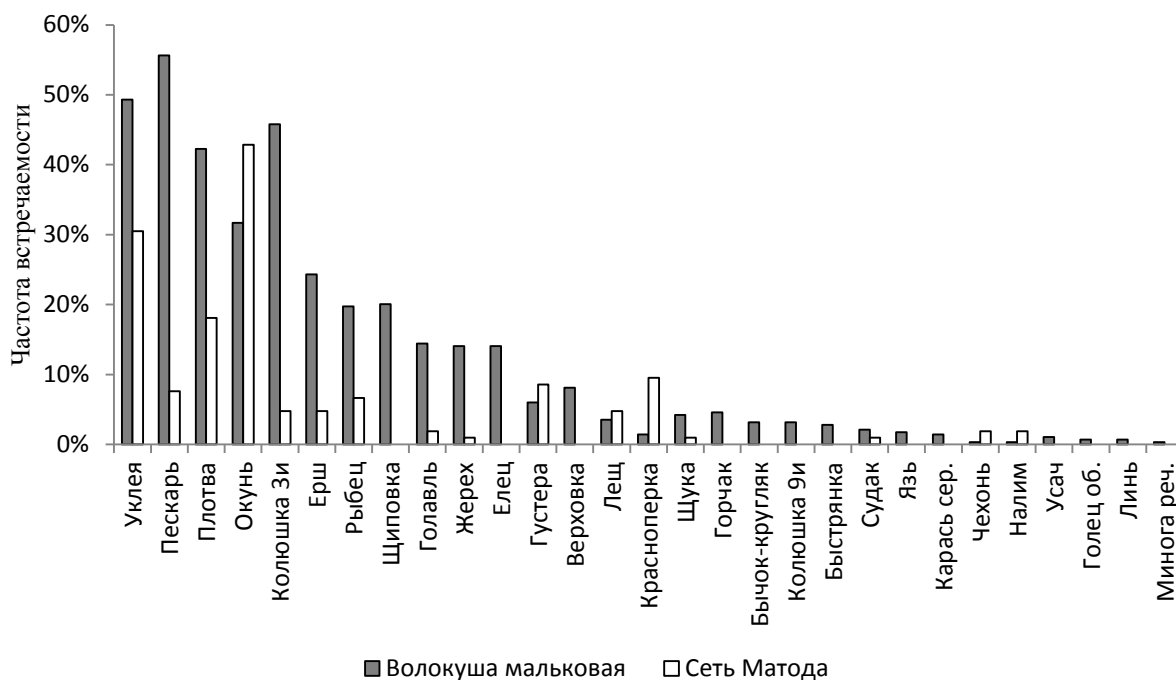


Рисунок 59– Частота встречаемости видов рыб в уловах личиночными и мальковыми орудиями лова в 2012-2017 гг.

5.4.6. Видовая структура и распределение молоди рыб по участкам в районе предполагаемой деятельности Балтийской АЭС

Анализ распределения молоди проведен по результатам контрольных обловов мальковой волокушей и сетью Матода на трех участках р. Неман: Советск – Неман (в последующем станция Советск), Большое Село, Шешупе (устья рек Юг-ра - Шешупе).

Видовая структура молоди рыб на станции Советск была представлена 26 видами рыб, в т.ч. в уловах мальковой волокуши 23 вида, в сети Матода – 6 видов.

В уловах мальковой волокуши выделяются 4 вида: плотва, колюшка трехиглая, окунь, уклея – их доля в уловах составила 66,5% по численности и 65,2% по массе. Из других видов несколько больший удельный вес имели, рыбец и пескарь, доля каждого из которых находилась в пределах 5-10% по массе. Доля прочих видов была менее 5% как по численности, так и по биомассе (Рисунок 60, Рисунок 61). Внутригодовая динамика изменения структуры выразилась в существенном преобладании уловов молоди в мае (55,2% по массе от общих уловов).

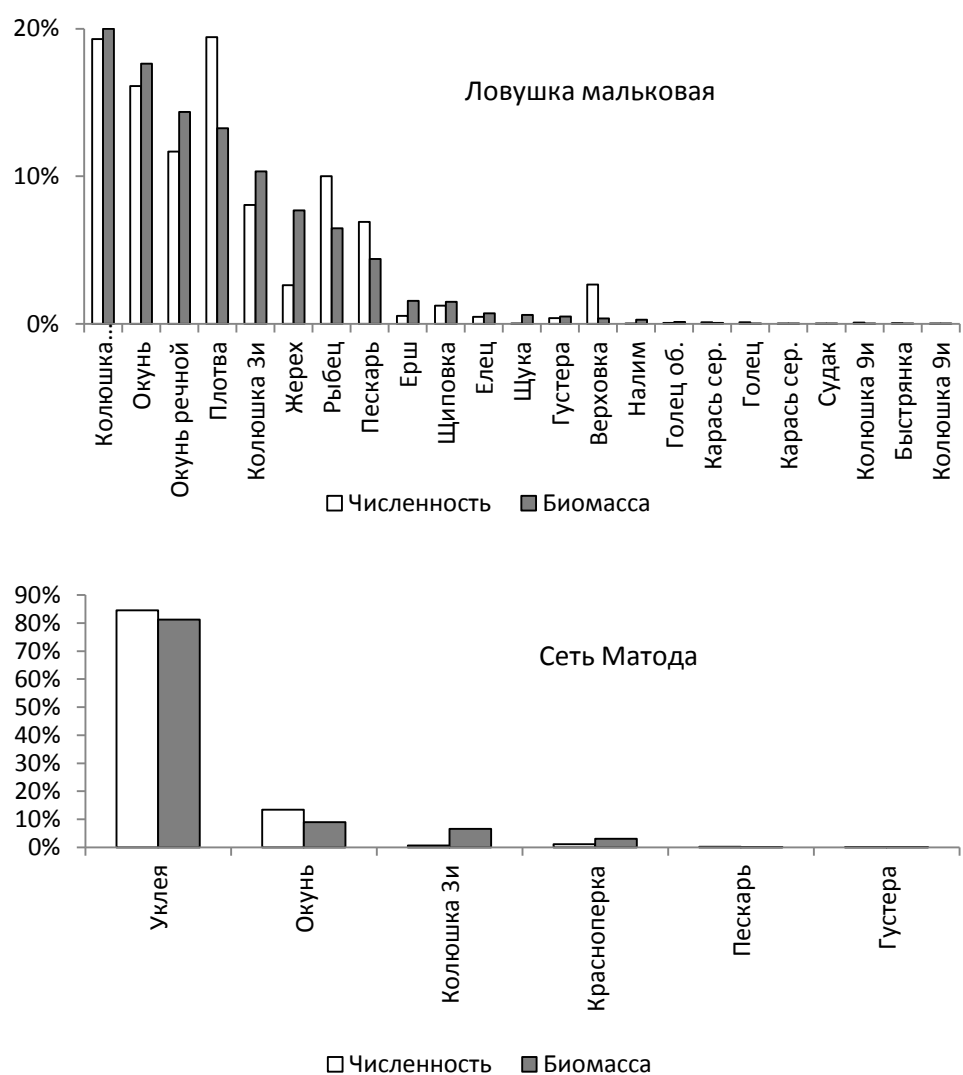


Рисунок 60 – Видовая структура контрольных уловов молоди на станции Советск, 2012-2017 гг.

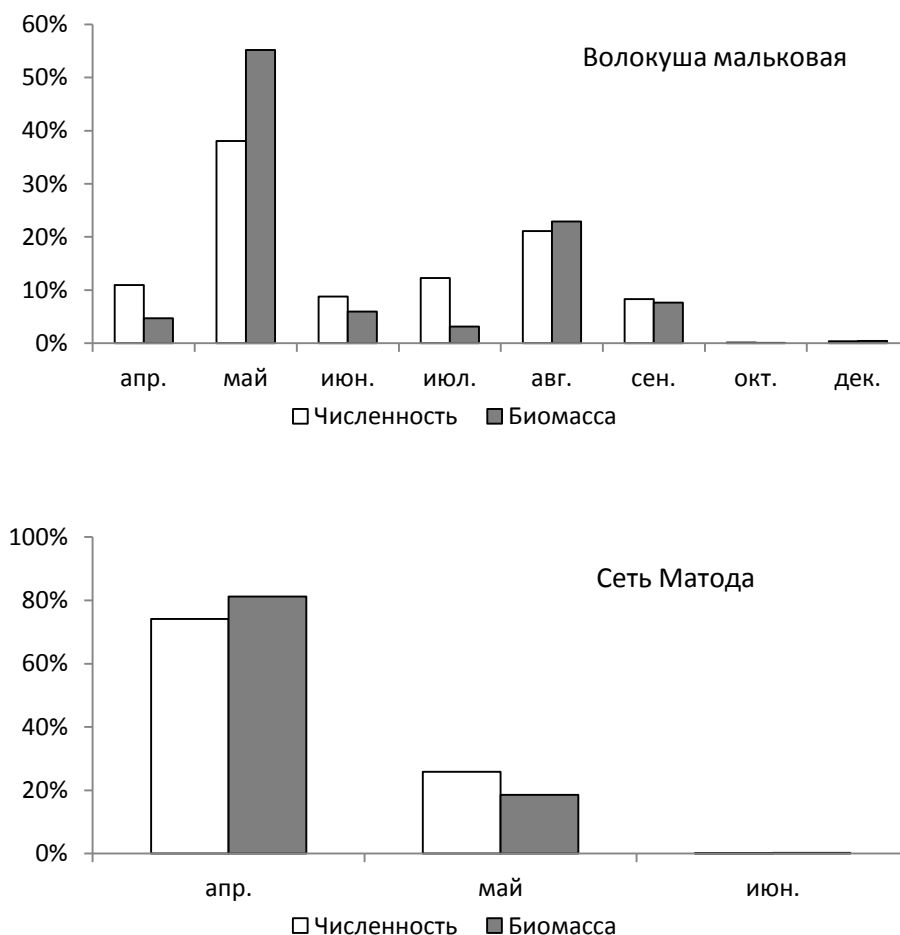


Рисунок 61 – Сезонная изменчивость величины уловов молоди рыб на станции Советск, 2012-2017 гг.

В уловах сети Матода преобладал один вид – укля (84,5% по численности и 81,2% по массе). Для сезонной динамики 2017 г. оказался в значительной степени отличным от предыдущих лет наблюдений, в результате чего максимум ската пришелся на апрель.

В контрольных уловах на станции Большое Село в 2012-2017 гг. всего отмечено 25 видов рыб, в т.ч. мальковой волокушей 23 вид, сетью Матода – 13 видов.

В видовой структуре уловов мальковой волокушей по численности преобладала укля (48,2%), по массе – укля и пескарь, соответственно 22,9 и 19,3%. К видам достаточно значимым на этой станции можно отнести, кроме того, окуня, плотву, щиповку и голавля, их доля в уловах по массе находилась на уровне 5-11%. Доля прочих видов по массе была менее 5%. В сезонном аспекте отмечены

высокие по численности уловы молоди в мае-июне (около 30% от всего наблюдаемого периода), по массе – в мае (45,2%) (Рисунок 62).

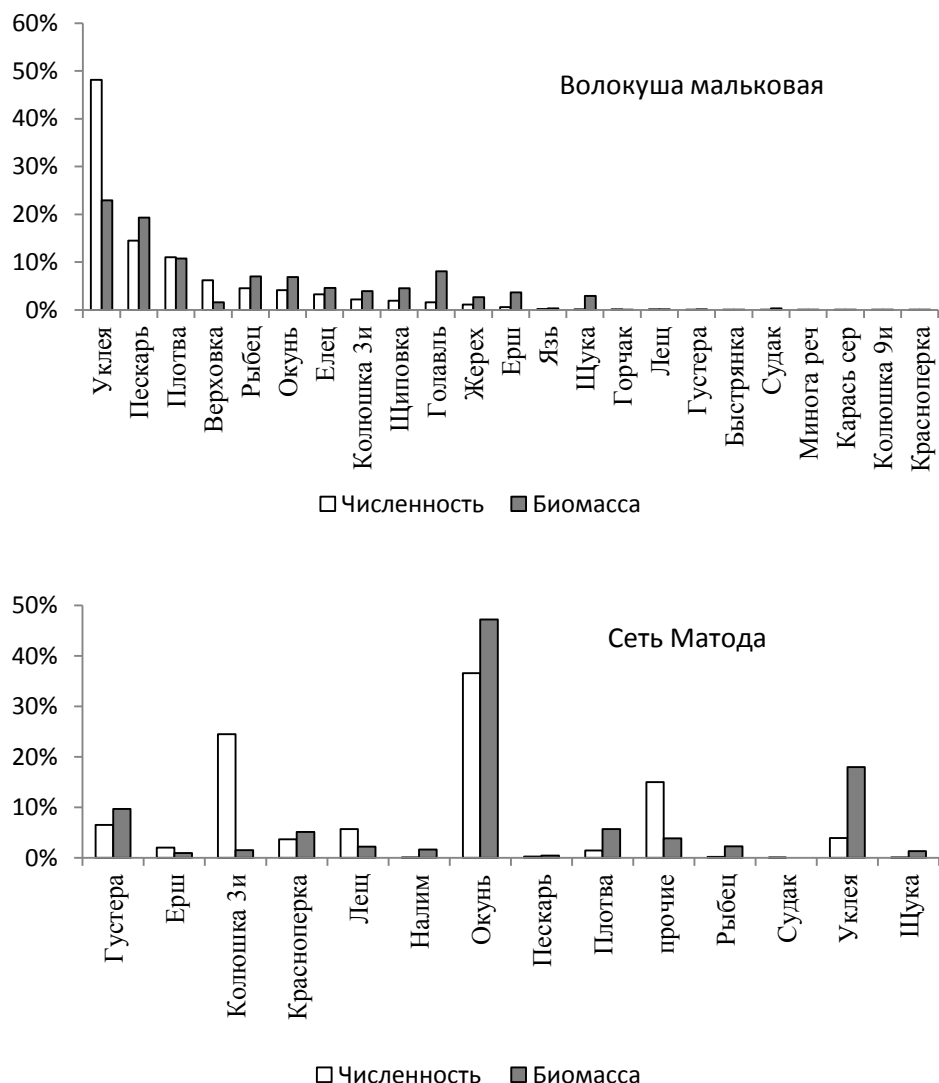


Рисунок 62 – Видовая структура контрольных уловов молоди на станции Б. Село, 2012-2017 гг.

В уловах сетью Матода более высокая концентрация отмечена для окуня, густеры, уклеи и плотвы. Доля каждого из этих видов по биомассе находилась на уровне 21-24%. Доля прочих видов рыб, как по численности, так и по массе в основном не превышала 5% (исключение: рыбец - 8,1%). Сезонные концентрации рыб на данной станции по результатам обловов 2017 г. существенно изменились: максимум уловов по численности пришелся на май (77,9% по численности и 85,04% по массе) (Рисунок 63).

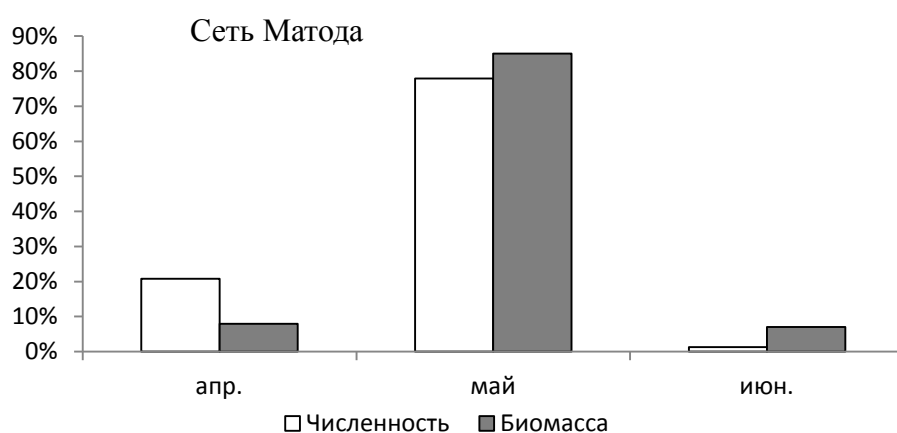
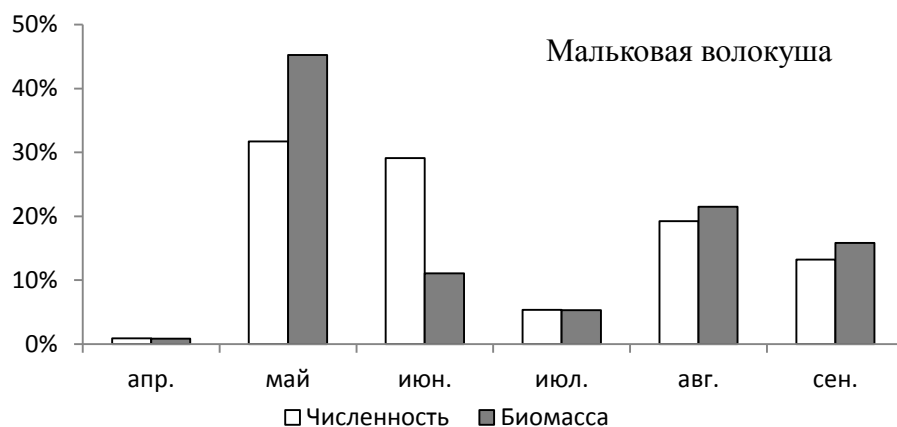


Рисунок 63 – Сезонная изменчивость величины уловов молоди рыб на станции Б. Село, 2012-2017 гг.

В контрольных уловах на станции Шешупе всего отмечено 19 видов рыб, в т.ч. мальковой волокушей 17 видов, сетью Матода – 13 видов.

В уловах мальковой волокушей по численности явно преобладала укля (41,0%), тогда как по биомассе она была только на 5 месте (7,2%). По биомассе несколько выделялись окунь (15,4%) и голавль (14,1%). Доля каждого вида из следующей выделенной группы рыб (густера, щука, елец, рыбец, укля, горчак, плотва, пескарь, ерш) находилась на уровне 5-10% по биомассе. Прочие виды не играли существенной роли в ихтиоценозе молоди на данной станции (менее 5% как по численности, так и по биомассе). В отличие от предыдущих двух станций максимум уловов молоди рыб, как по численности, так и по биомассе пришелся на июнь (Рисунок 64).

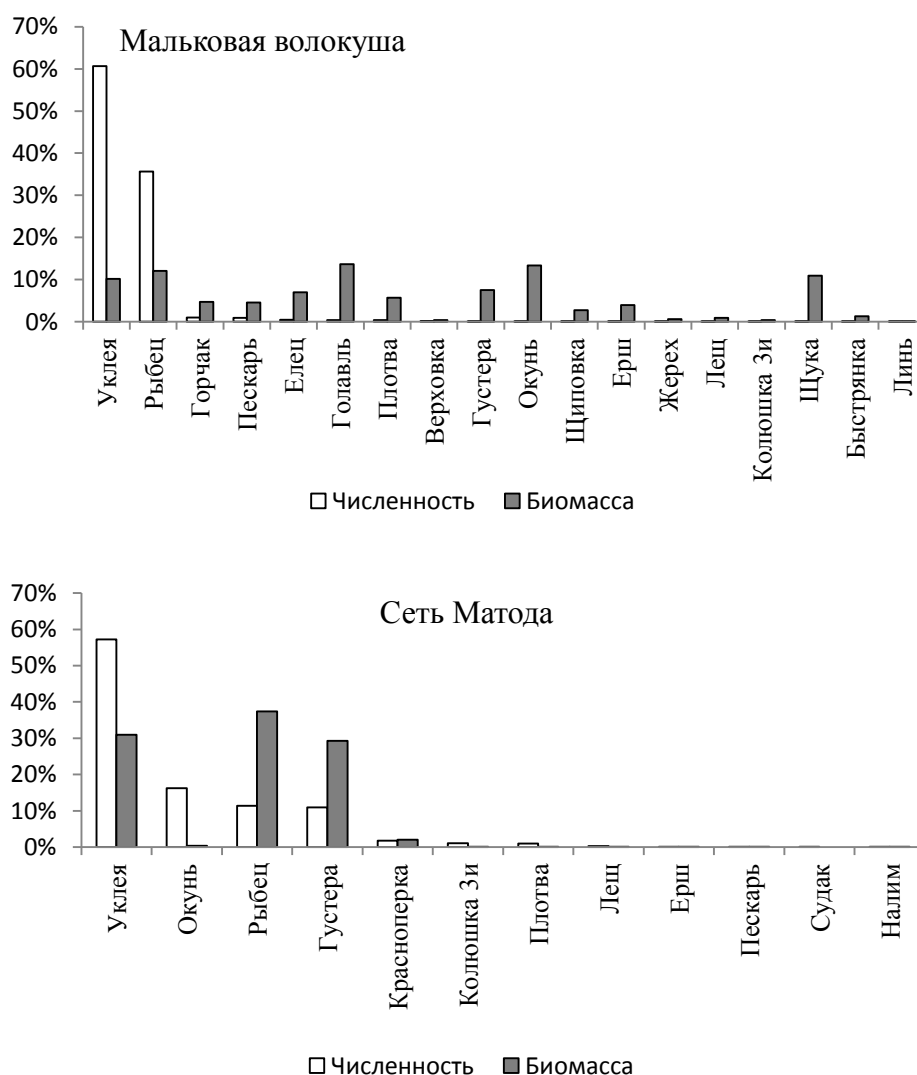


Рисунок 64 – Видовая структура контрольных уловов молоди на станции Шешупе, 2013-2017 гг.

В уловах сетью Матода как по численности, так и по биомассе выделялась группа рыб из 4 видов (окунь, плотва, густера, уклея). Доля данной группы по численности составили 95,8%, по массе – 98,0% общих уловов (Рисунок 65).

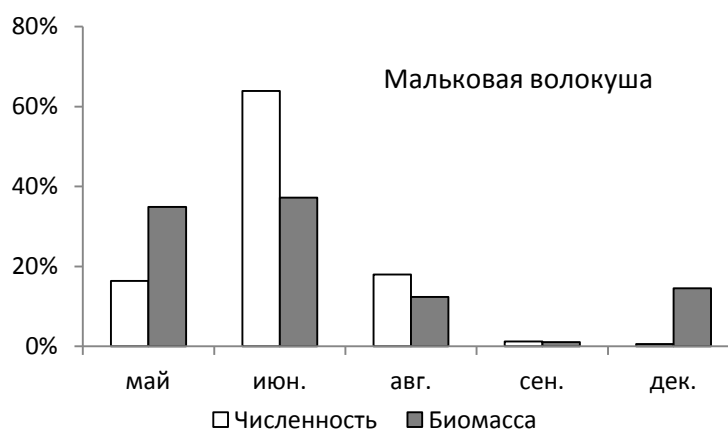


Рисунок 65 – Сезонная изменчивость величины уловов молоди рыб в контрольных уловах на станции Шешупе, 2013-2017 гг.

Выраженных тенденций в соотношении уловов молоди мальковой волокушей на проанализированных станциях не выявлено. По численности доля каждой станции находилась в пределах 20-40%, а по биомассе колебания оказались практически равными - пределах 33-34% (Рисунок 66).

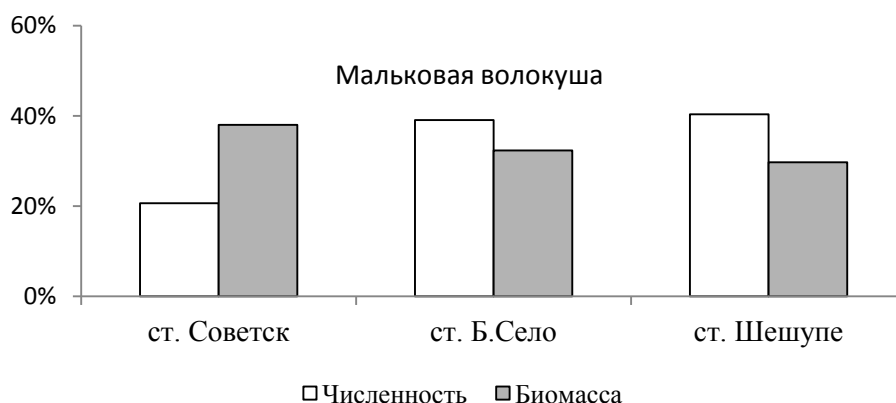


Рисунок 66 – Соотношение уловов молоди рыб на станциях, 2012-2017 гг.

Для уловов сетью Матода отмечено снижение доли станции вверх по течению. Наиболее высокие уловы были на станции Советск, они дали 78% общих уловов для всех станций по численности и 83% по массе, наиболее низкие – на станции Шешупе, соответственно 6% по численности и 1% по массе (Рисунок 67).

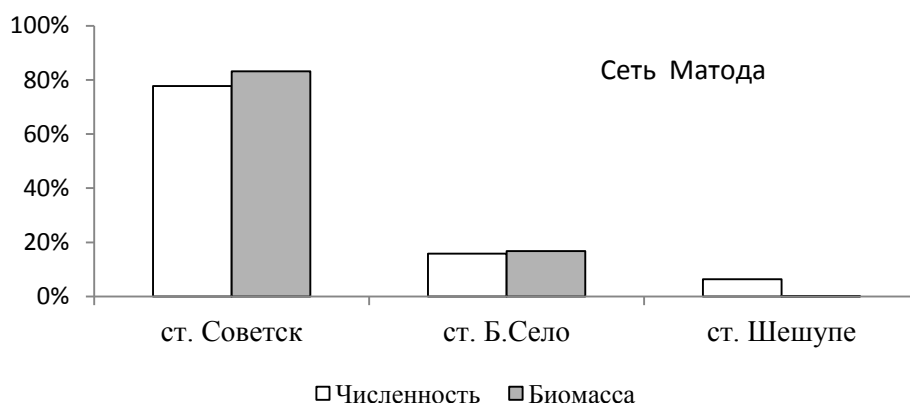


Рисунок 67 – Соотношение уловов личинок рыб на станциях, 2012-2017 гг.

Сезонная изменчивость величины уловов молоди рыб в целом для анализируемого участка реки Неман выражалась в более высоких величинах уловов молоди (мальковая волокуша) и личинок (сеть Матода) в июне. Для мальковой волокуши это отчетливо проявилось по показателю численности молоди - 25,7% от общих уловов за сезон, начиная с апреля по октябрь, для сети – по показателю биомассы – соответственно 74,5% в период с апреля по июнь (Рисунок 68).

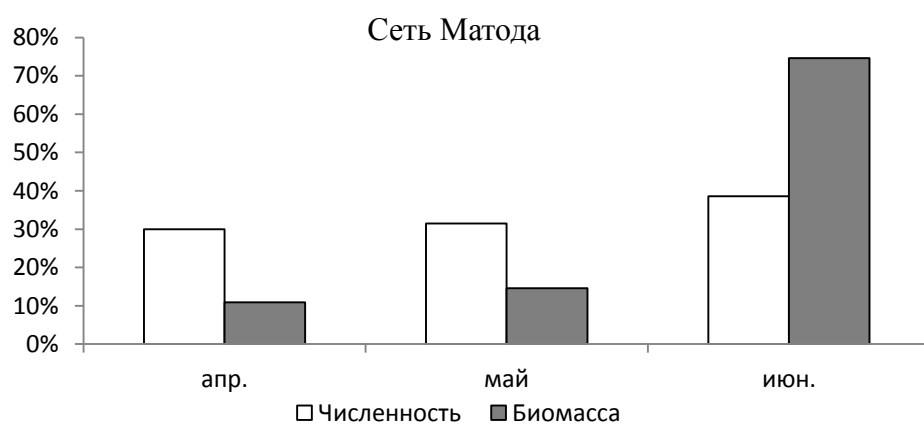
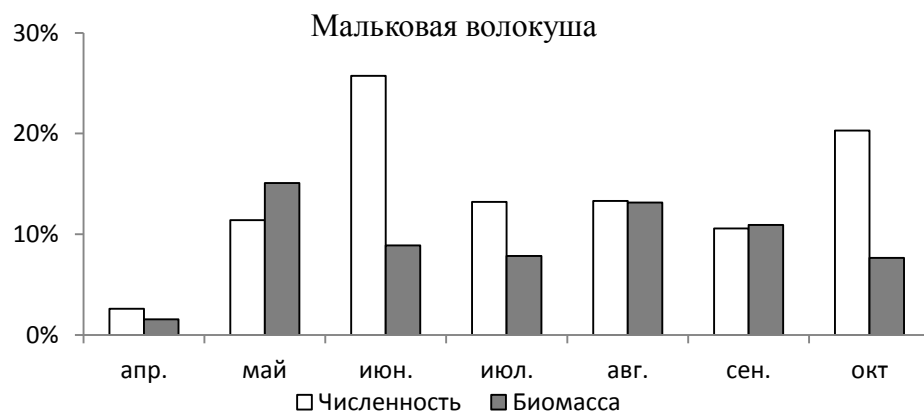


Рисунок 68 – Сезонная изменчивость величины уловов молоди рыб в р. Неман (станции Советск, Б. Село, Шешупе), 2012-2017 гг.

5.4.7. Видовая структура и распределение личинок рыб в русле

Обловы личинок проводились преимущественно на станции Б. Село в двух точках, с максимальной скоростью движения воды - стрежне и в прибрежной части водотока. На указанных точках пробы отбирались с двух горизонтов, приповерхностного и придонного. В качестве контрольных значений также использованы данные по устью р. Шешупе. Имеющиеся данные позволяют оценить распределение личинок в водотоке реки во время ската (май - июнь).

Большинство скатывающихся личинок находилось в стрежне - 91% от численности на разрезе. В это время большая часть, 77,7% личинок обнаруживалась в приповерхностном слое, 14% личинок находились в придонном слое. В береговой части водотока личинок в указанное время было значительно меньше - 9% и

большая ее часть находилась в придонном горизонте – 6% (Рисунок 69).

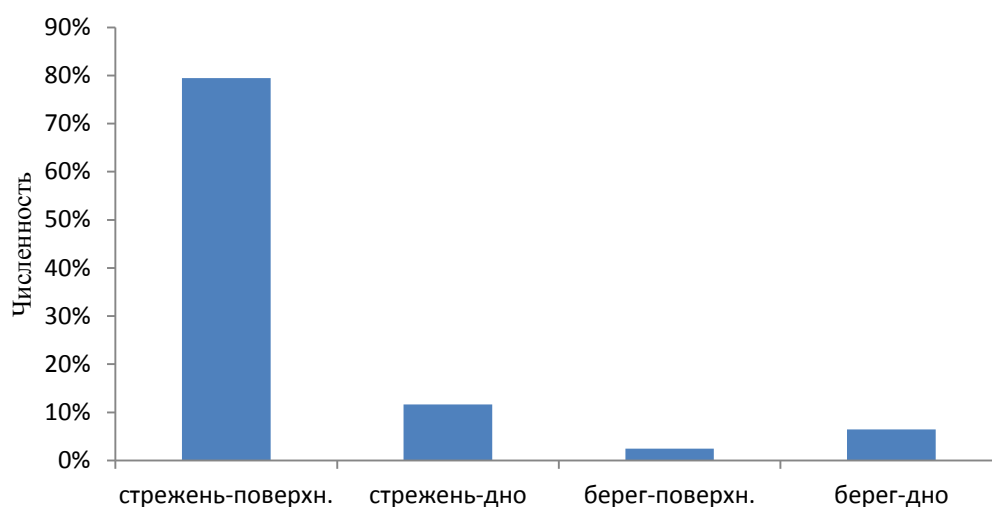


Рисунок 69 – Распределение личинок рыб в потоке реки Неман

Видовая структура была представлена 8 видами. Наибольшее видовое разнообразие отмечено для стреня, где обнаружено все 8 видов, в прибрежной зоне отмечено 5 видов.

В стрене в приповерхностном горизонте максимальная доля приходится на уклей – 91%. Суммарная доля плотвы, красноперки и окуня около 9%. В придонном слое основу улова дала плотва – 54%, также достаточно высока была доля уклей – 25% (Рисунок 70).

В прибрежной зоне обнаружено 5 видов рыб. Как в приповерхностном горизонте, так и на дне преобладали плотва и окунь. Суммарная доля этих видов была на уровне 60% по численности в поверхностном слое и более 90% в придонном горизонте. Из прочих видов рыб в поверхностном слое достаточно значимой была доля уклей (27%) и ерша (13%), в придонном – леща (6%). (Рисунок 71).

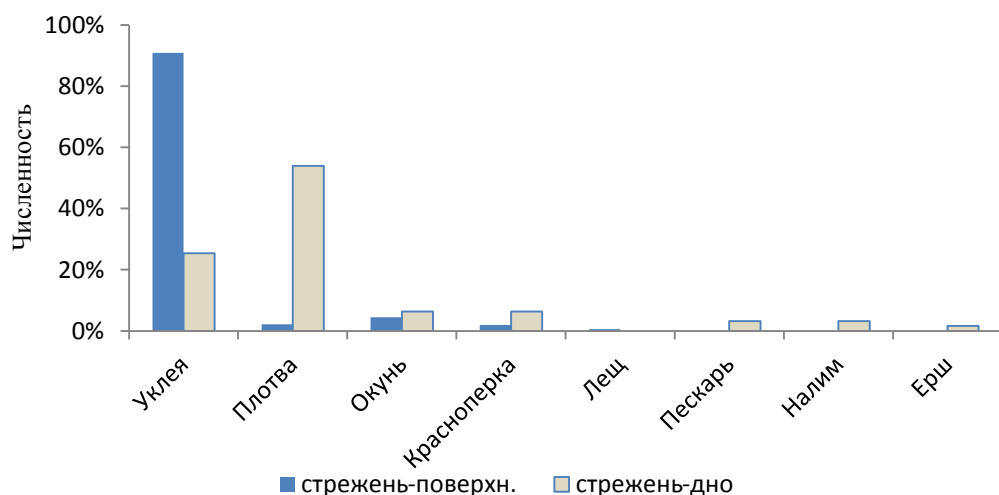


Рисунок 70 – Видовая структура личинок рыб в стрежне реки Неман

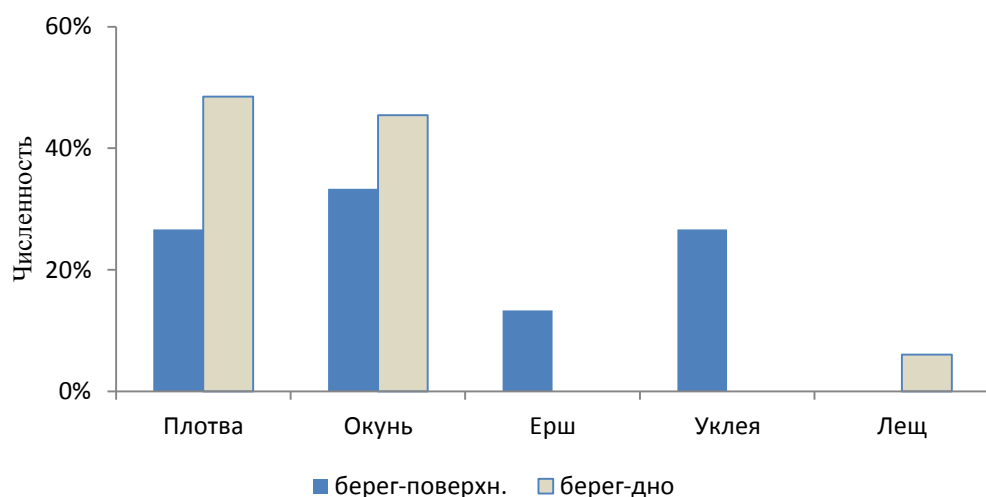


Рисунок 71 – Видовая структура личинок рыб в прибрежной части реки Неман

5.4.8. Суточные изменения динамики уловов

Проанализированы данные суточных ловов мальковой волокуши на станции Б. Село.

Весной отмечались высокие уловы молоди днем (45,3% от общего суточного количества молоди) и ночью (44,4%). Ночные уловы были представлены преимущественно уклейей (26,1%). Из прочих отмечено 13 видов рыб, большее значение имели окунь, елец, голавль (Рисунок 72)

В дневных уловах явно преобладающих видов не было, довольно значи-

тельной была доля верховки (13,1%), а также колюшки трехиглой и головля.

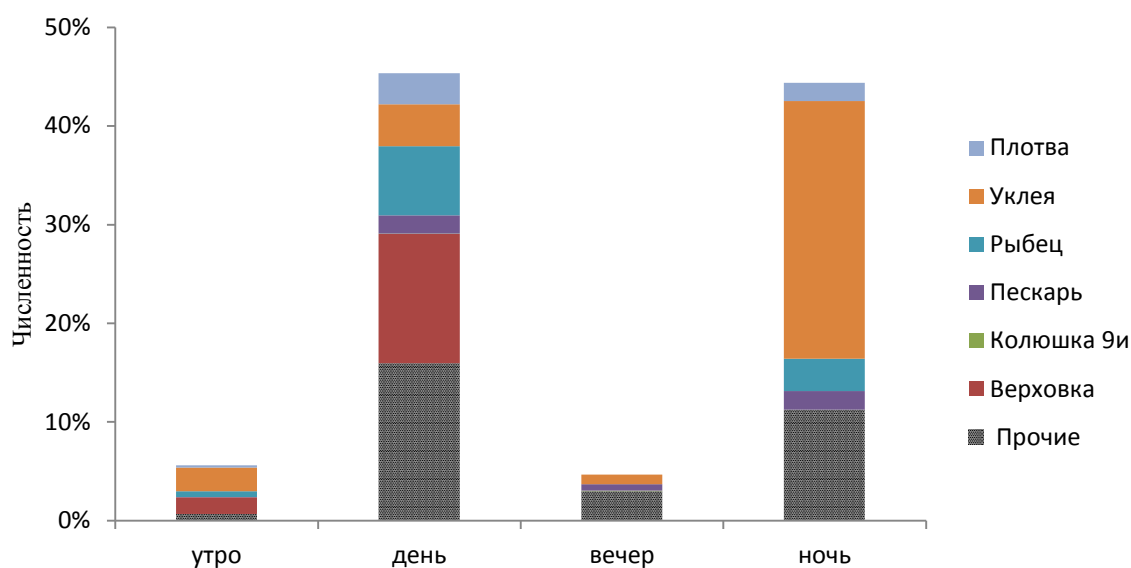


Рисунок 72– Видовая структура улова мальковой волокуши весной

В летний период молодь доминировала в ночных уловах – 70,7% от общего количества молодежи, пойманной за сутки. Также как и весной велика была доля уклей – 39,8% общих уловов, довольно значимой - плотвы (14,4%). Среди прочих видов рыб отмечено 14 видов, из них довольно существенно выделялся окунь - 4,4% общих уловов (Рисунок 73).

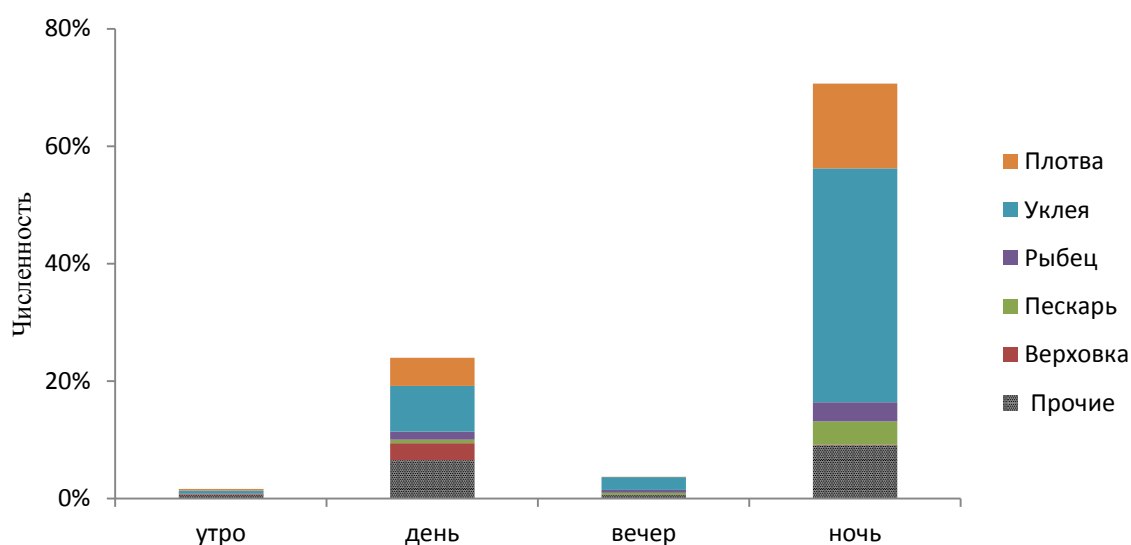


Рисунок 73 – Видовая структура улова мальковой волокуши летом

Дневные уловы летом дали 24,0% уловов, преобладали укля, плотва, верховка. Из прочих отмечены 13 видов рыб, несколько выделялись окунь, жерех, колюшка трехиглая. Уловы молоди утром и вечером составили 5,3% суточных уловов.

Осенью самые большие уловы в суточной динамике отмечены днем (65,0%) и в основном они были представлены – пескарем 39,2% суточных уловов. Кроме пескаря, достаточно значимую роль играли укля, окунь и плотва. Всего же в дневных уловах были представлены 16 видов рыб. Утренние уловы осенью оказались самыми высокими по сравнению с предыдущими двумя рассматриваемыми периодами и составили 22,1% суточных уловов. Утром также с значительным отрывом от других видов рыб ловился пескарь – 15,0% суточных уловов. Большие удельный вес по сравнению с прочими видами рыб имели укля (4,1%) и елец (2,01% суточных уловов) (Рисунок 74).

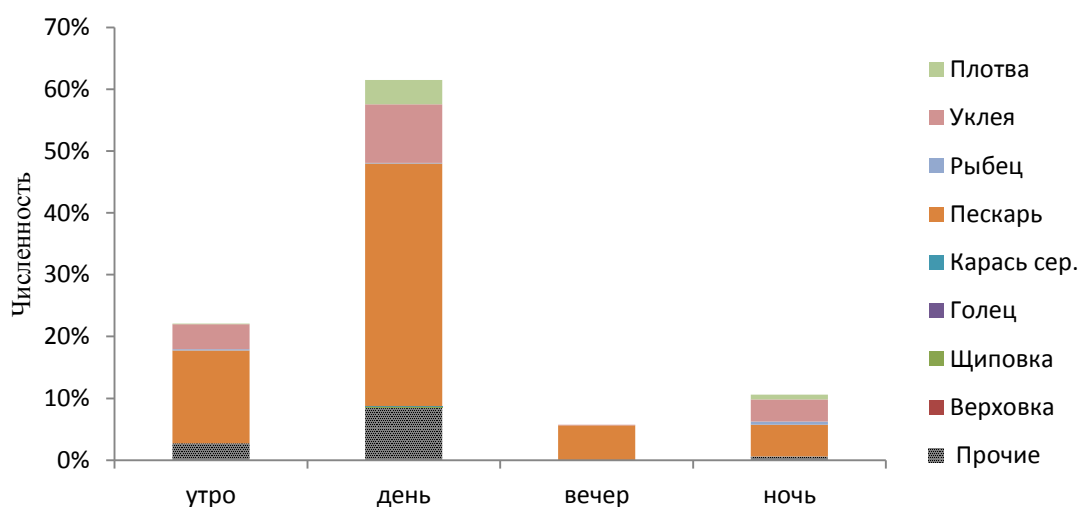


Рисунок 74 – Видовая структура улова мальковой волокуши осенью

Зимой дневные и ночные уловы были практически равными и находились на уровне 50%. Днем в уловах преобладал пескарь -39,1%, ночью – укля и голавль - по 25% (Рисунок 75).

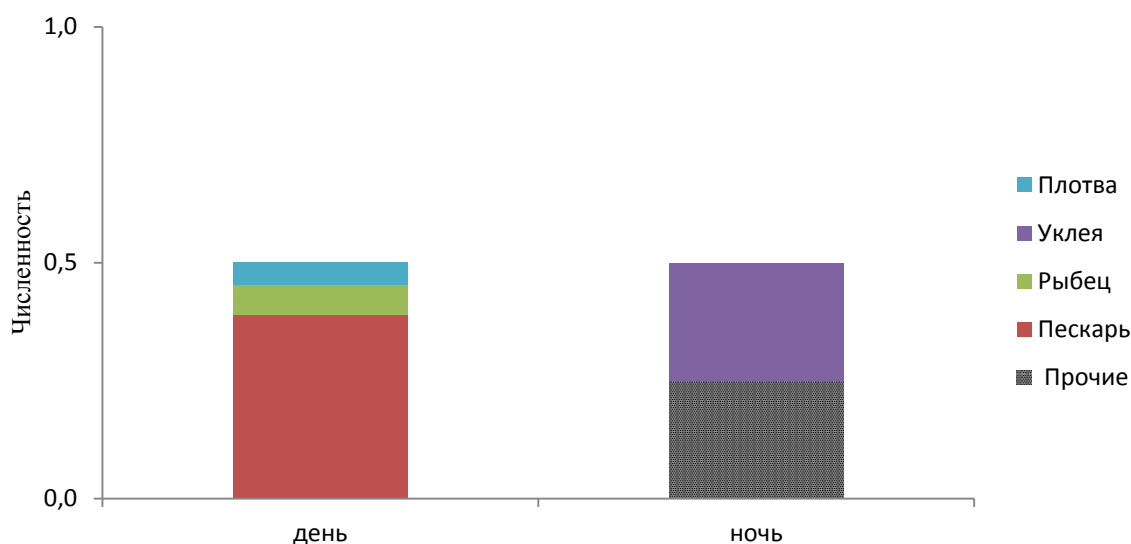


Рисунок 75 – Видовая структура улова мальковой волокуши зимой

5.4.9. Плотность

Показатели плотности молоди рыб, а соответственно и численности, полученные в разные периоды 2012 -2017 гг. на разных станциях изменялись в очень широких пределах.

По данным обловов мальковой волокушей диапазон изменений плотности молоди рыб составил от 1 до 138 экз/м². Более высокая плотность наблюдалась в июне на станциях Б. Село и Шешупе – 115-117 экз/м² в июле на станции Советск – 90 экз/м². Наиболее низкие концентрации молоди в пределах 1-15 экз/м² отмечены на всех станциях в апреле, октябре и декабре. На остальных станциях и в другие периоды плотность молоди рыб находилась в пределах 20-75 экз/м² (Рисунок 76).

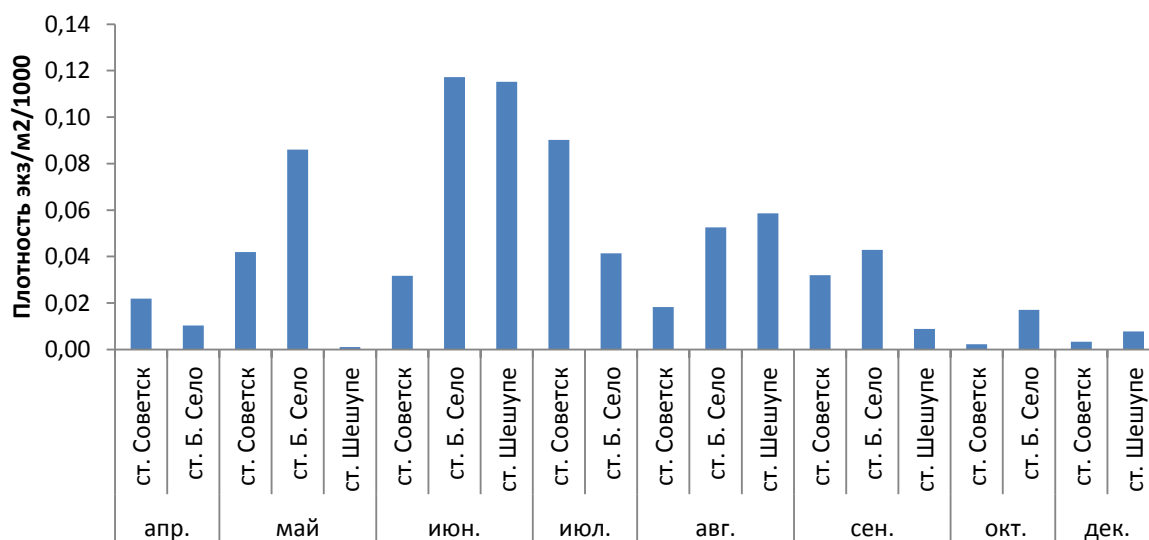


Рисунок 76 – Плотность молоди рыб по станциям и месяцам по данным обловов мальковой волокуши в районе предполагаемого воздействия Балтийской АЭС, 2012-2017 гг.

По данным обловов сетью Матода концентрация личинок в период проведения работ находилась в пределах 2-80 экз/м³. Максимальные плотности личинок (60-80 экз/м³) наблюдались в апреле на станции Большое Село, в мае на станции Советск (около 40 экз/м³). Минимальная величина (2 экз/м³) отмечена в апреле на станции Советск. На остальных станциях и в другие периоды плотность личинок рыб находилась в пределах 5-25 экз/м³ (Рисунок 77).

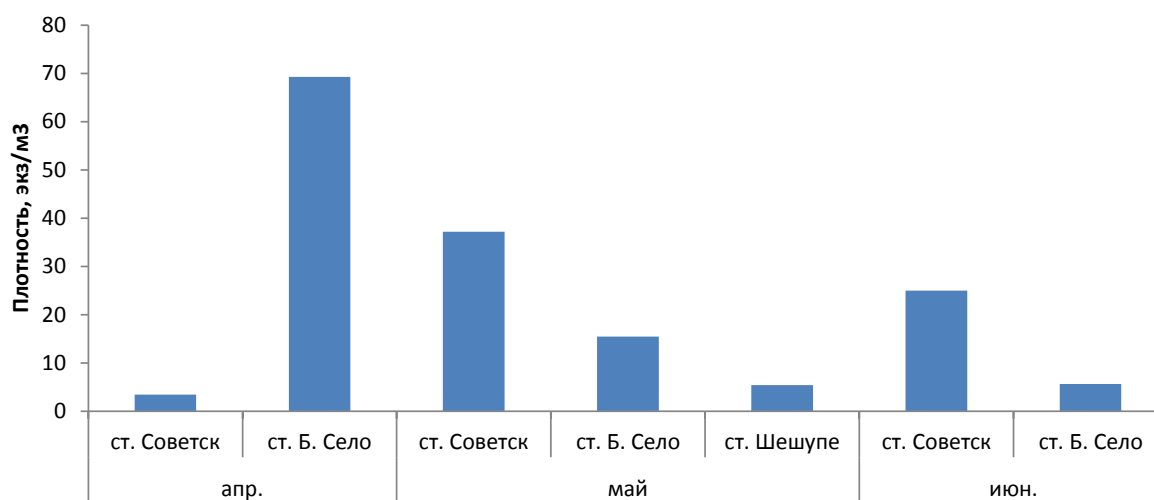


Рисунок 77 – Плотность личинок рыб по станциям и месяцам по данным обловов сетью Матода в районе предполагаемого воздействия Балтийской АЭС, 2012–2017 г.

Таким образом, анализ уловов личиночных и мальковых орудий лова показал на высокую вариабельность структурных показателей и распределения молоди рыб на анализируемом участке. В уловах личиночными и мальковыми орудиями лова в 2012–2017 гг. отмечено 28 видов рыб, в т.ч. в уловах мальковой волокуши – все 28 видов, в сети Матода – 16 видов. Основу уловов личинок рыб по численности в целом для анализируемого участка р. Неман составили 4 вида – плотва, окунь, укля и густера.

5.4.10. Пути нерестовых миграций и рыбохозяйственное значение проходных и полупроходных видов рыб в реке Неман, подпадающих под возможное воздействие от функционирования Балтийской АЭС

В целом, биомассы резидентных видов рыб оказались сравнительно невысокими, что на начальном этапе проектирования послужило основанием для заключения о незначительном воздействии на ихтиофауну. Вместе с тем, реальный анализ ситуации показал, что р. Неман имеет большое значение в воспроизводстве рыб, которые лишь в течение короткого времени присутствуют в реке в период нерестового хода и последующего ската. Как правило, данный факт не учитывается при проведении стандартных экологических исследований. В крайней степени это выражено у мигрирующих в нерестовый период рыб: лосось, кумжа, рыбец, минога, корюшка. Первые два заходят в реку осенью и мигрируют в притоки, расположенные выше места сброса теплых вод АЭС (начиная с притока р. Неман – р. Юра, расположенной примерно 80 км от устья). Оба вида являются объектами искусственного воспроизводства в Литовской Республике в объеме до 200 тыс. смолтов и объектом лицензионного рыболовства в количестве до 2500 экз. В России кумжа занесена в Красную книгу. Рыбец является весенне-нерестующим видом, совершающим нерестовые миграции поздней осенью и весной. Одним из основных нерестилищ рыбца является река Шешупе, устье которой расположено на расстоянии 6,5 км выше точки сброса. Промысел рыбца ведется в Куршском за-

ливе. Среднегодовой вылов в последние годы около 100 т.

Наиболее важным промысловым объектом среди проходных рыб является корюшка европейская, вылов которой российскими и литовскими рыбаками подвержен значительным межгодовым колебаниям.

Выявление и предотвращение факторов возможного отрицательного воздействия деятельности на состояние запасов таких видов рыб требует отдельного рассмотрения.

Корюшка. Корюшка – основной промысловый вид р. Неман. В предвоенные годы уловы корюшки в бассейне Куршского залива с р. Неман составляли до 50 % в общем объеме добычи рыбы. Среднегодовой вылов корюшки за последние полвека как российскими, так и литовскими рыбаками находится на уровне 300 т. Промысловый лов корюшки очень краткосрочный (1-3 недели) осуществляется в период февраль-март на путях нерестовой миграции как непосредственно в Куршском заливе (при раннем таянии льда), так и в реках Неман и Матросовка.

Величина вылова и протяженность нерестовых миграций зависит от урожайности поколений, ледовой обстановки и гидрологических условий в весенний период. При неблагоприятной ледовой обстановке вылов корюшки может быть очень низким (2011 – 16 т.), в то время, как при хороших условиях – очень высоким (2016 – 693 т). В процессе мониторинга впервые были получены данные о современном состоянии нерестовых миграций корюшки, которые были применены для оценки ущерба водным биоресурсам р. Неман и выработке рекомендаций по компенсирующим мероприятиям для строящейся АЭС.

Корюшка относится к проходным видам рыб, нагуливается в прибрежной зоне Балтийского моря, на нерест идет во впадающие в море реки. Половой зрелости корюшка достигает в возрасте трех-четырех лет. Продолжительность жизни до девяти лет. Обычные размеры 15-25 см, редко достигает длины 31 см и массы 40 г. Нерестовый ход отмечается в марте-апреле, нерест происходит при температуре 3-6° С. Дальность нерестового хода очень изменчива, однако имеются достоверные данные о поимке нерестовых особей вплоть до г. Каунас (около 210 км от устья р. Неман). Инкубационный период составляет 2-4 недели, Вылупившиеся

личинки корюшки скатываются по течению реки (в т.ч. через предполагаемое место водозабора Балтийской АЭС) в Куршский залив и далее в Балтийское море. Определенная часть молоди корюшки остается в Куршском заливе и образует пресноводную (жилую) форму корюшки - снеток [21, 176].

По результатам ихтиологических работ 2012-2017 гг., проведенных для оценки возможного негативного воздействия предполагаемой деятельности Балтийской АЭС на состояние запасов данного вида, размерный ряд для корюшки отмечен с 6 см до 22 см. Достаточно четко выделялась преобладающая размерная группа 11-14 см, ее доля в уловах в целом за все годы исследований составила – 49,7%. Кроме того, наблюдался достаточно значимый пик мелко размерных особей длиной 6-9 см, что соответствует экологической группе корюшки – снетку (Рисунок 78). В целом доля снетка в общем улове составляет – 15,2%, хотя в некоторые годы ее доля в уловах доходила до 28,8% (2014 г.).

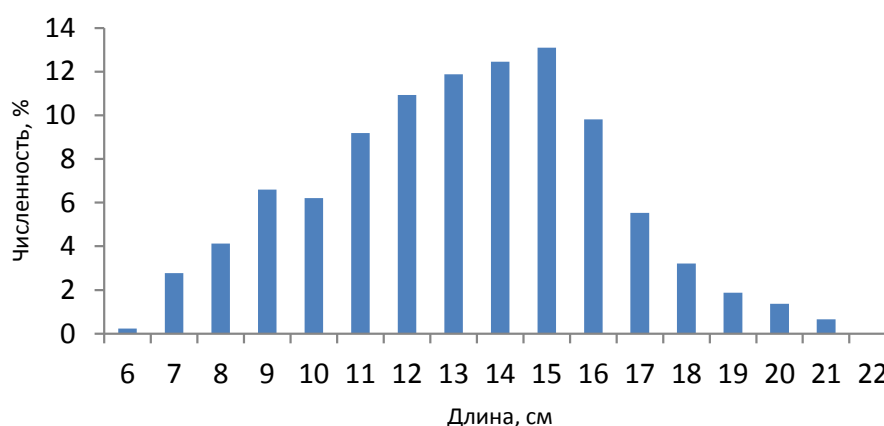


Рисунок 78 – Размерная структура популяции корюшки в реке Неман в 2012–2017 гг.

В возрастной структуре корюшки в целом преобладали особи в возрасте 3–4 лет, они составляют 68,6 % улова (Рисунок 79).

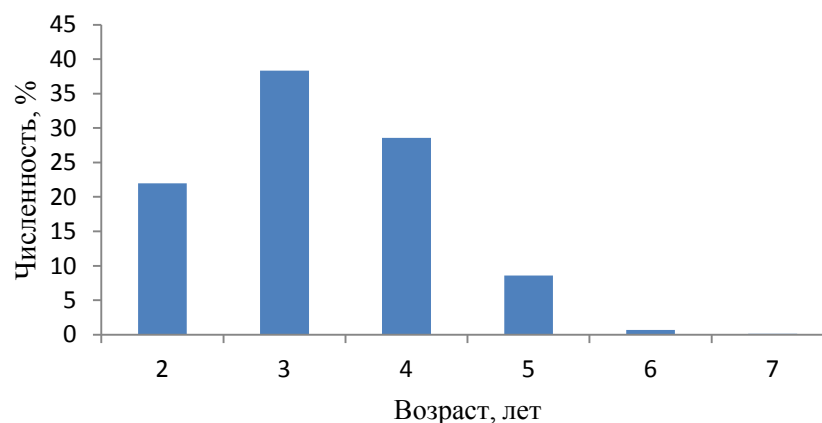


Рисунок 79 – Возрастная структура популяции корюшки в реке Неман за период 2012-2017 гг.

Сроки нерестовой миграции в период проведения ихтиологических наблюдений находились в диапазоне конца февраля-середины апреля. Резко выбивающимся был 2013 год, а наиболее ранний заход корюшки на нерест за последние пять лет наблюдался в 2015 и 2016 гг., что очевидно было связано с благоприятными погодными условиями и наиболее ранним прогревом воды до нерестовых температур по сравнению с предыдущими годами (Таблица 35).

Таблица 35 – Динамика нерестового хода корюшки 2012-2017 гг.

Год	Февраль		Март											Апрель									
	27	28	1	3	11	14	16	18	20	23	25	28	31	1	5	6	9	10	12	14	16	17	18
2012																							
2013																							
2014																							
2015																							
2016																							
2017																							

Примечание: темным цветом показаны периоды интенсивного хода корюшки

Нерестовый ход корюшки проанализирован по данным промысловых уловов, собранных в марте – апреле 2012-2017 гг. на реке Неман, в 10 км от устья рек Скирвит и Матросовка.

Протяженность нерестового хода корюшки в период проведения ихтиологических исследований проанализирована по материалам статистического учета

коммерческого лова, контрольного лова при ихтиологических исследованиях, а также опросным данным.

Наиболее значимыми оказались данные 2012 г. Тогда последней точкой, где были отмечены промысловые уловы корюшки был 60-й км (около 5 т). На 80-км корюшка была поймана при проведении контрольных обловов и по опросным данным рыбаков-любителей. На данных участках зафиксирован нерест данного вида. Также зафиксирован вылов корюшки литовскими рыбаками-любителями на 120 км (н.п. Юрбаркас). Таким образом, основная масса нерестового стада корюшки в 2012 г. отнерестилась в пределах 60 км от устья р. Неман, часть нерестового стада зафиксирована на 80-м км. В то же время зарегистрированная протяженность нерестового хода составила 120 км, т.е. выше проектного решения водосброса используемых вод Балтийской АЭС. Проанализированные данные позволили рассчитать скорость хода корюшки. Для того чтобы достичь 120 км скорость передвижения корюшки должна была составлять не менее 12 км в сутки. Основная же масса корюшки продвигалась к местам нереста со скоростью 8–10 км в сутки. В целом, обнаружена экспоненциальная зависимость корюшки от удаленности от устья р. Неман при достаточно высокой степени корреляции: $r = 0,84$ (Рисунок 80).

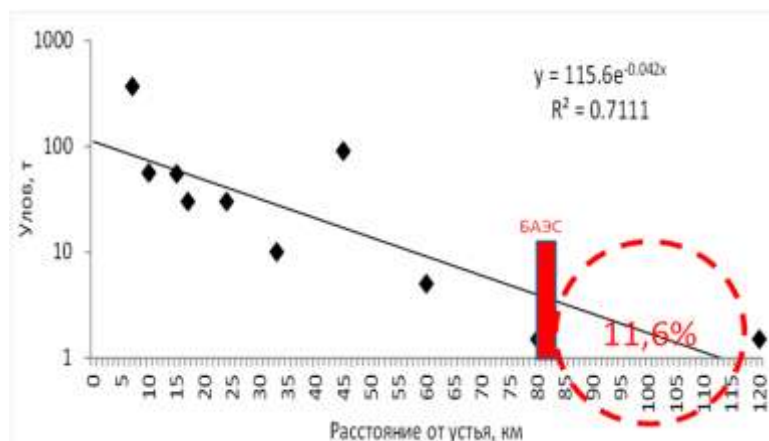


Рисунок 80 – Зависимость улова корюшки от удаленности от устья р. Неман

В 2013-2015 гг. дальность нерестового хода корюшки составляла 35–40 км, в 2016-2017 гг. – в пределах 60 км (Рисунок 81).

Соответственно, полученные данные позволяют говорить о том, что ко-

рюшка может проходить на нерест выше предполагаемого сброса теплых вод с Балтийской АЭС.



Рисунок 81 – Протяженность нерестовой миграции корюшки в р. Неман, в 2012–2017 гг.

Атлантический лосось, кумжа. Данные виды в бассейне Балтийского моря распространены широко. Это проходные виды рыб, но имеют пресноводные формы. На нерест заходят в р. Неман и его притоки Нерис, Жеймена, Меркас, Миния и др. (Рисунок 82).



Рисунок 82 – Схема нерестовой миграции атлантического лосося (и кумжи) в водные объекты Калининградской области

Численность этих видов в бассейне Балтийского моря сокращается. Кумжа внесена в Красную книгу РФ (II категория), а также в список редких и исчезающих рыб Европы. Наиболее сильно влияют на среду обитания этой проходной формы плотины гидроэлектростанций (в т.ч. на р. Шешупе), дренажные системы, загрязнение рек. Для сохранения и восстановления этих видов необходимо поддержание чистоты рек, искусственное воспроизводство, строительство рыбоходов и строгое регулирование промысла. «План действий по балтийскому лососю до 2010 года», принятый в 1997 г. Международной комиссией по рыболовству в Балтийском море (который распространяется также и на кумжу) предусматривал повышение уровня естественного воспроизводства до 50 % от потенциально возможного в соответствующих реках.

В Литве в 2011-2017 гг. официально выдавалось 2-3 тыс. лицензий для любительского лова лосося, основанные на данных по объемам искусственного воспроизводства данного вида и количества выпускаемой молодежи.

В контрольных уловах 2012-2017 г. отмечены 9 экз. атлантического лосося (в т.ч. 5 экз. пойманы осенью – особи, совершающие нерестовую миграцию) и

7 экз. кумжи (4 экз.- нерестовые особи). Данные факты поимки свидетельствуют о наличии нерестовой миграции данных видов в районе предполагаемого сброса производственных вод с Балтийской АЭС.

Рыбец, сырть. Сырть, являясь балтийским подвидом рыба, широко распространена в бассейне Балтийского моря. Это проходная рыба, поднимающаяся в реки для размножения, в т.ч. выражена миграция в р. Неман и ее притоки. (Рисунок 83).



Рисунок 83 – Схема нерестовой миграции рыба в системе Куршский залив – р. Неман

У сырти наблюдается два захода в р. Неман - осенний и весенний. Нерест растянут с мая до июля. Температурный диапазон, при котором происходит размножение, очень широк - от 12°C до 24°C.

В середине прошлого века рыба имел важное промысловое значение, в т.ч. больше всего вылавливалось рыба именно на путях нерестовой миграции. В 60-е годы в Куршском заливе и р. Неман уловы достигали 250 т. Затем после строительства ГЭС в г. Каунас они сильно упали вплоть до полного запрета промысла. Причинами снижения численности явилось зарегулирование стока рек, их загрязнение, нерациональный вылов. В последние годы наблюдается увеличение численности сырти, в литовской части залива уловы превысили 70 т.

Речная минога. Проходной моноциклический вид. Во время миграции из Балтийского моря сначала заходит в Куршский залив, а затем из него в дельтовые рукава р. Неман (Скирвит, Атмата) и далее вверх по реке и в притоки.

В р. Неман входит два раза в год: весной и осенью. Весенний ход в апреле, нерест в первой половине мая. Осенний ход с августа по ноябрь, зимовка в реке, нерест вместе с весенней формой. Нерест в конце мая-июня на песчаных и галечных грунтах.

В довоенные годы уловы миноги в Куршском заливе достигали 30 т. В последнее время они стали незначительными. В литовской части уловы составляют 1-8 т, средний улов за 2005-2014 гг. – 2,0 т. В Калининградской области специализированного промысла нет.

Перегораживание рек плотинами гидротехнических сооружений и изменение экологических условий в верховьях рек в связи с загрязнением ухудшает условия жизни речной миноги и ее численность в ареале сокращается. Она внесена в приложение 2 Красной книги РФ (2001) как вид, нуждающийся в особом внимании к состоянию в природной среде. Речная минога включена в список редких рыбообразных и рыб Европы и Красную книгу Международного союза охраны природы (МСОП).

Отмечена в 1 экз. в уловах 2017 г. на контрольной станции – Б. Село.

Из прочих видов рыб достаточно выражены нерестовые миграции рыб в р. Неман для леща, плотвы, густеры, судака, налима и речной миноги, однако согласно литературных данных и проведенных исследований 2012-2017 гг. они не достигают зоны возможного влияния от деятельности Балтийской АЭС.

Полученные данные ихтиологического мониторинга организованного автором на Балтийской АЭС позволяют провести переоценку ущерба водным биоресурсам р. Неман с учетом современного состояния ихтиофауны, а также протяженности нерестовой миграции корюшки в р. Неман.

5.4.11. Анализ технологических решений в части возможного негативного воздействия на ихтиофауну р. Неман при нормальной эксплуатации Балтийской АЭС

Предполагаемые технологические решения Балтийской АЭС по водозабору и водовыпуску теплых и загрязненных вод будут оказывать негативное воздействие на состояние запасов водных биоресурсов.

Для минимизации воздействия на реку проектом приняты следующие технологические решения:

1. Водозаборные сооружения Балтийской АЭС будут оборудованы рыбозащитными устройствами зонтичного типа, входящими в действующий перечень ЦУРЭН Главрыбвода (ТПР № 413-1-03286, патент РФ действующий на 17.10.2007 г. рег. № 2005115695103 «Рыбозащитные устройства зонтичного типа»). Скорости забора воды в рыбозащитном сооружении такого типа - не более 0,1 м/с. Суммарный рыбозащитный эффект по данным ЦУРЭН–80%. В тоже время следует отметить, что эффективность рыбозащитного устройства равна нулю для ихтиопланктона (пелагической икры, личинок, ранней молоди).

2. В технологии водоотведения будет применен напорный рассеивающий водовыпуск, состоящий из 10 струенаправляющих насадок. При технических расчетах принято, что разбавление технических сточных вод должно быть обеспечено в контрольном створе (500 м от водовыпуска), что соответствует нормативным документам (Раздел 4).

Вместе с тем, при водовыпуске, несмотря на то что, принятая технология рассеивающего сброса теплых вод обеспечивает эффективное смешение природных (речных) и технических вод уже вблизи водовыпуска, остается сам факт возникновения температурного барьера, наиболее четко проявляемого весной и осенью – сезонов наиболее значимых для воспроизводства проходных видов рыб р. Неман.

В результате, во-первых, в зоне непосредственно прилегающей к водовыпуску будет наблюдаться гибель ихтиопланктона от теплового шока, а возможно

и молоди, которая не может быстро мигрировать в более благоприятные условия. Реальную оценку потерь рыбопродукции в данном случае, необходимо провести по данным наблюдений при мониторинговых работах в период начала функционирования Балтийской АЭС.

Во-вторых, в любом случае довольно значимое повышение температуры воды на определенном этапе нерестовой миграции может вызвать как минимум задержку производителей перед зоной повышенных температур, как максимум - прекращение нерестовой миграции. С учетом имеющихся данных, могут быть прекращены миграции видов рыб, нерестящихся в р. Неман выше предполагаемого водовыпуска Балтийской АЭС, а именно – лосося, кумжи, рыбака, и частично корюшки и речной миноги. Для перечисленных видов рыб, как крайний вариант, возможно полное нарушение условий их воспроизводства и, соответственно, исчезновение их из состава ихтиофауны.

Довольно значимое повышение температуры воды на определенном этапе нерестовой миграции ряда видов рыб (атлантический лосось, кумжа, рыбец, корюшка) вызовет нарушение их естественного воспроизводства.

При модельном описании распределения температуры предполагается, что неоднородность распределения температурного фронта позволит снизить негативное влияние барьерного эффекта, поскольку возможны обходные пути миграции в правобережном участке русла реки. С нашей точки зрения, данное предположение с учетом характера миграций проходных видов рыб преждевременно. Так, имеется достаточно много примеров, когда при проектировании обходных путей миграций для ряда видов животных (северный олень при строительстве нефте- и газопроводов в Западной и Восточной Сибири, осетровые виды рыб при строительстве рыбоходов в условиях эксплуатации водохранилищ) они свою функцию не выполняли. Поэтому в условиях предосторожного подхода, не отвергающего возможность нанесения максимального ущерба, предполагается вероятность полной или частичной утраты воспроизводства проходных видов рыб, нерестящихся выше водовыпуска Балтийской АЭС. К таким видам относятся лосось, кумжа, рыбец, корюшка. Кроме того, будет нарушено и искусственное вос-

производство лососевых, которое ведется в Литовской Республике на нескольких рыбопроизводных заводах (выпуск подращенной до навески 2-3 г молоди в объеме 100 тыс. экз.), в результате того, что производители не смогут подняться к местам их традиционной заготовки.

5.5. Содержание радионуклидов в поверхностных водах, донных отложениях и гидробионтах р. Неман

Одной из задач системы экологического мониторинга р. Неман, организованной автором на Балтийской АЭС, является определение удельной / объемной активности радионуклидов на уровне глобального фона в поверхностных водах, донных отложениях и гидробионтах, что позволит определить радиационное воздействие АЭС в процессе нормальной эксплуатации. Основные исследования были проведены в период с 2012-2014 гг. при непосредственном участии автора [77].

Известно, что реальное содержание объемной/удельной активности на территории может меняться существенно в зависимости от предшествующей техногенной деятельности, поэтому для каждого объекта использования атомной энергии должен проводиться комплексный мониторинг, включая измерения активности техногенных радионуклидов и трития, до ввода в эксплуатацию. Далее приведены результаты оценки содержания основных техногенных радионуклидов Sr^{90} , Cs^{137} и трития в трех элементах экосистемы р. Неман – поверхностных водах, донных отложениях и гидробионтах.

Поверхностная вода. Загрязнение поверхностных вод радионуклидами происходит в основном за счет атмосферных выпадений, а также за счет смыва радиоактивных веществ с водосборных территорий. Все измеренные значения были гораздо ниже уровня вмешательства (УВ) по НРБ-99/2009. Результаты измерений, за исключением экстремальных значений (34,2–72,1 Бк/л), могут считаться фоновыми при дальнейшем мониторинге состояния р. Неман после ввода Балтийской АЭС в эксплуатацию (Таблица 36), хотя эти показатели во много раз меньше уровня вмешательства, установленного НРБ 99/2009. Таким образом, средние фо-

новые значения для активности трития в воде р. Неман можно принять в диапазоне от 1,9 до 20,0 Бк/л, по активности для Cs^{137} – 0,003–0,41 Бк/л, по активности для Sr^{90} – 0,004–0,007 Бк/л.

Наблюдения за радиоактивным загрязнением объектов окружающей среды на территории России осуществляются сетью радиационного мониторинга Росгидромета. В поверхностных (речных) водах ведется мониторинг за удельной активностью трития и Sr^{90} . По тритию на всей территории РФ в 2013 г. проводили наблюдения в 15 пунктах, по Sr^{90} – в 44. В Калининградской области наблюдения по Sr^{90} и Cs^{137} не проводились.

Таблица 36 – Содержание техногенных радионуклидов и трития в воде р. Неман, по данным мониторинга

Точка отбора	Cs ¹³⁷			Sr ⁹⁰			³H			
	Бк/л									
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2009 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
т.н. 1	0.006± 0.002	0.4± 0.02	<0.003	0.006± 0.002	0.004± 0.002	0.004± 0.001	<6	<5.1	72±2.3	2±1.3
т.н. 5	0.006± 0.002	0.013± 0.002	0.010± 0.004	0.006± 0.002	0.007± 0.003	0.004± 0.002	<6	<5	<0.01	7±1.3
т.н. 7	—	0.033± 0.003	0.008± 0.003	—	0.006± 0.002	0.004± 0.002	—	—	34±1.5	20.0±0.9
Сред- нее*	—	—	—	0.005	0.004	0.005	—	1.3–3.4	1.2–2.7	1.2–2.4
УВ**	11			4.9			7600			

*Среднее значение для рек Северо-Западного региона России [107, 140, 141].

**Уровень вмешательства, установленный НРБ 99/2009.

По данным 2013 г. [107], объемная активность трития в водах рек постепенно уменьшается. Удельная активность трития в обследованных реках РФ в 2013 г. колебалась в пределах 1,2–2,7 Бк/л. В целом, среднее значение объемной активности по 15 пунктам на 11 реках составило в 2013 г. 1,9 Бк/л (2012 г. – 2,6 Бк/л). Удельная активность Sr^{90} в 2013 г. была 1,33–11,13 мБк/л. Среднее значение объемной активности Sr^{90} в воде рек РФ 4,5 мБк/л (в 2012 г. – 4,8 мБк/л).

Для непитьевых вод в соответствии с ОСПОРБ-99/2010 сумма отношений удельных активностей Cs^{137} и Sr^{90} к их предельным значениям для жидких отходов, приведенным в ОСПОРБ-99/2010 <0,1, следовательно, не вводится никаких

ограничений на использование рассматриваемых вод в хозяйственной деятельности.

Донные отложения. Донные отложения играют важную роль в радиоэкологических исследованиях водной экосистемы, так как значительная часть попадающих в воду радиоактивных веществ адсорбируется на частицах взвесей и осаждается в отложениях.

Поступление радионуклидов в донные отложения происходит за счет процессов осадкообразования, смешения, химических реакций ионного обмена, за счет осаждения отмирающего бентоса и т.д. Степень накопления радионуклидов на дне определяют размер частиц грунта, химические свойства воды, отложений и соединений, содержащих радионуклиды, и глубины водоема.

Формы нахождения радионуклидов в донных осадках определяются их химической природой. Наиболее прочно связан с глинистой фракцией осадков Cs^{137} , который сначала фиксируется поверхностью частиц по механизму адсорбции, затем проникает внутрь, замещая калий в структуре глинистых минералов. Cs^{137} используют в качестве трассера для определения скорости седиментации в водоемах. Sr^{90} ведет себя в осадках как обменный катион, хотя некоторая его часть необменно связывается в гидроксидных пленках. Sr^{90} в воде обычно находится в растворенном виде, слабо аккумулируется гидробионтами и потому может не выводиться в течение длительного времени в донные отложения.

Полученные данные по содержанию техногенных радионуклидов в донных отложениях р. Неман представлены в таблице 37.

Результаты измерения активности техногенных радионуклидов в донных отложениях значительно более однородны. Это объясняется их более стабильными физико-химическими свойствами, которые в меньшей степени подвержены сезонной динамике относительно водной фазы. Диапазоны измеренных значений для Cs^{137} – 1,3–2,5 Бк/кг, для Sr^{90} – 0,4–0,9 Бк/кг.

Полученные результаты хорошо согласуются с данными опробования во все периоды и со средними фоновыми значениями для почв РФ [107, 140, 141].

По данным мониторинга радиационной обстановки на территории России и

сопредельных государств в 2012 г. [142], объемная активность Cs^{137} в донных отложениях открытых водоемов г. Москвы в 2012 г. составила 6 Бк на 1 кг воздушно-сухой массы проб, в отложениях Двинского залива Белого моря 3,8 Бк на 1 кг воздушно-сухой массы проб, что в целом также не противоречит полученным данным, которые значительно ниже средних фоновых значений для почв России [107, 140, 141]. Следовательно, значения содержания радионуклидов в донных отложениях р. Неман можно принять в качестве фоновых в районе исследования.

Таблица 37 – Содержание техногенных радионуклидов в донных отложениях р. Неман по данным мониторинга

Точка отбора	Cs^{137} , Бк/кг				Sr^{90} , Бк/кг	
	2009 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
т.н. 1	1,7±0,2	<1,3	2,4±0,71	2,5±0,63	0,8±0,23	0,9±0,27
т.н. 5	–	2,3±0,5	2,0±0,61	2,0±0,49	0,40±0,15	0,6±0,20
т.н. 7	–	–	1,7±0,51	1,8±0,46	0,80±0,23	0,9±0,27
Среднее фоновое значение для почв РФ [107, 140, 141]	~4				~0,4	

Гидробионты. Один из основных путей транспорта техногенных радионуклидов к человеку – продукты питания местного производства, а также рыба. После аварии на Чернобыльской АЭС возникла необходимость исследования процессов концентрации и накопления радионуклидов в организмах гидробионтов, обитающих в естественных водоемах с разной степенью радиоактивного загрязнения их абиотических компонентов. Исходя из современных представлений о поглощении радионуклидов гидробионтами из водной среды техногенные радионуклиды могут накапливаться разными способами: из раствора, со взвешенными частицами, при дыхании и по трофическим цепям [144, 193]. Учитывая обширную акваторию р. Неман и ее географическое положение, важно было определить содержание Cs^{137} , Sr^{90} и 3H в обитающих видах рыб.

Содержание техногенных радионуклидов в гидробионтах р. Неман представлены в таблице 38.

Таблица 38 – Содержание техногенных радионуклидов в гидробионтах р. Неман, по данным мониторинга

Вид рыбы	Cs ¹³⁷ (сырая масса)				Sr ⁹⁰			
	Бк/кг							
	2009 г.	2010 г.	2013 г.	2014 г.	2009 г.	2010 г.	2013 г.	2014 г.
Лещ	0,80± 0,066	от 1 до 1,8	от 0,5 до 6	<0,3	3,7±0,678	от 0,1 до 0,5	<1	–
Плотва	–	–	–	<0,3	–	–	–	–
Густера	–	–	–	0,4±0,2	–	–	–	0,3±0,1
Судак	–	–	–	0,5±0,2	–	–	–	–
Чехонь	–	–	–	0,4±0,2	–	–	–	–
Окунь	–	–	–	0,6±0,2	–	–	–	0,3±0,1*
СанПиН 2.3.2.1078-01	130 (100-для детского питания)				(60-для детского питания)			

*Измерения проводили в смешанной пробе судака и окуня

Удельная активность Cs¹³⁷ в пробах рыбы осталась на уровне предыдущих лет, она варьирует от <0,3 до 0,8 Бк/кг; удельная активность Sr⁹⁰ – от <0,05 до 3,6 Бк/кг, что на несколько порядков ниже установленного норматива СанПиН 2.5.1.1078-01. Исследования проб рыбы, обитающей в р. Неман, показали, что допустимые нормы содержания техногенных радионуклидов не превышены, вариации значений удельной активности Cs¹³⁷ и Sr⁹⁰ в 2014 г. незначительны и находятся по фоновым данным на уровне предшествующих лет. В 2009 г. уровень содержания Cs¹³⁷ составлял 0,8 Бк/кг, Sr⁹⁰ – 3,6 Бк/кг, в 2010 г. Cs¹³⁷ – от 1,0 до 1,8 Бк/кг, Sr⁹⁰ – от 0,1 до 0,5 Бк/кг, в 2013 г. Cs¹³⁷ – от 0,5 до 6,0 Бк/кг, Sr⁹⁰ <1,0 Бк/кг [108, 135, 190].

Актуальность изучения содержания ³H в компонентах природной среды определяется тем, что Научным комитетом по действию атомной радиации (НКДАР ООН) тритий отнесен к числу наиболее радиологически значимых в глобальном масштабе долгоживущих радионуклидов в ядерно-энергетическом цикле. При работе АЭС тритий поступает в окружающую среду и быстро мигрирует из мест первичного загрязнения, распространяется глобально, эффективно включается в состав биологической ткани, вызывая мутагенные нарушения, как за счет β-излучения, так и за счет нарушения молекулярных связей (трансмутации).

В таблице 39 приведены результаты содержания ^3H на 1 кг продукта в пробах рыбы мирных и хищных видов в районе размещения Балтийской АЭС. Отлов проб рыбы различных видов (лещ, плотва, густера, судак, чехонь, окунь) выполнялся в р. Неман в местах проектируемых гидротехнических сооружений.

Таблица 39 – Содержание трития в гидробионтах р. Неман, по данным мониторинга 2014 г.

Вид рыбы	Удельная активность ^3H , Бк/кг		
	ВФТ на сырую массу	ОСТ на сырую массу	ОСТ на сухую массу
Лещ	1,9±1,3	23,3±7,0	144±43
Плотва	7,0±1,5	28,0±8,0	173±52
Густера	4,9±1,4	–	–
Судак	1,9±1,3	21,8±6,5	168±50
Чехонь	3,4±1,3	–	–
Окунь	2,5±1,3	–	–

Примечание. ВФТ – водная фаза трития, ОСТ – органически связанный тритий.
Погрешность для $P = 0,95$.

Удельная активность водной фазы трития для хищных и мирных рыб составляет от 1,9 до 7,0 Бк/кг. Среднее значение активности органически связанного трития в этих же пробах 24 Бк на 1 кг сырой массы. Данные результаты соответствуют уровню природного и глобального содержания ^3H в гидробионтах.

Исследования позволили установить фоновые показатели Cs^{137} , Sr^{90} и ^3H в р. Неман. Их объемная активность в поверхностных водах, донных отложениях и гидробионтах р. Неман в 2014 г. находится на уровне предыдущих лет (2009–2013 гг.). Результаты подтверждены при использовании различного оборудования и независимых методических разработок.

Содержание техногенных радионуклидов и трития, а также максимальные из зарегистрированных удельных активностей радионуклидов в компонентах природной среды в р. Неман в районе расположения Балтийской АЭС значительно ниже допустимых величин по НРБ-99/2009 и характеризуют глобальный уровень фона.

Таким образом, радиационная обстановка в районе размещения Балтийской АЭС стабильна, допустимые нормы содержания техногенных радионуклидов не

превышены и соответствуют требованиям действующего законодательства.

Результаты измерений совпадают с известными значениями содержания радионуклидов, публикуемыми подразделениями Росгидромета [107, 140, 141, 142]. Разброс измеренных значений не противоречит известной и общепринятой гипотезе о логнормальном распределении концентраций радионуклидов в объектах природной среды.

Определенные параметры по содержанию радионуклидов не требуют введения ограничений на хозяйственную деятельность по радиационному фактору.

Полученные результаты будут положены за основу дальнейших наблюдений радиационных параметров в районе расположения Балтийской АЭС и для сравнительной оценки их воздействия на биологические компоненты экосистемы в период ее эксплуатации. Ввиду отсутствия наблюдений по содержанию техногенных радионуклидов и трития сетью Росгидромета на р. Неман, автор работы рекомендует эксплуатирующей организации проводить мониторинг этих параметров на всех этапах жизненного цикла АЭС.

6. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ РЕКИ НЕМАН В УСЛОВИЯХ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ БАЛТИЙСКОЙ АЭС

Выполненное моделирование гидродинамики, тепло- и массопереноса с целью определения зоны возмущающего воздействия сбрасываемых продувочных вод и оценка объемов забираемой воды в соответствии с технологической схемой, с одной стороны, и изучение фоновое состояние всех элементов биоты позволяют подойти к комплексной оценке возможного негативного воздействия на водные биоресурсы в условиях нормальной эксплуатации АЭС. Отсутствие системы комплексного гидробиологического мониторинга [136, 173] является одной из причин в разнообразии подходов к оценке воздействия промышленных объектов на экосистему водных объектов. При этом, несмотря на то, что процедура оценки утверждена на законодательном уровне [90] многие методические аспекты ее еще недостаточно проработаны, а предлагаемые количественные параметры (коэффициенты) зачастую не вполне обоснованы. Кроме того, в каждом конкретном случае должна учитываться специфика изучаемого объекта и место его размещения. Поэтому для такого крупномасштабного проекта, как строительство атомной станции, представляется особенно важным получение достоверной оценки возможного влияния на водные биоресурсы до ее эксплуатации.

Особенности Балтийской АЭС с точки зрения определения ее воздействия на водные биоресурсы заключаются в следующем.

Во-первых, Балтийская АЭС – первая атомная станция, размещаемая на новой площадке, на которой специальные комплексные исследования биологической составляющей экосистемы водотока, предполагаемого к использованию в технологическом цикле, не проводились.

Это привело к тому, что первоначальная оценка воздействия, основанная на усредненных литературных данных, оказалась неприемлемой. В частности, как будет показано ниже, она дала почти на порядок заниженные результаты воздействия на водные биоресурсы р. Неман. Это послужило причиной организации

специальной системы достаточно продолжительного мониторинга биоты для получения необходимой информации.

Во-вторых, в системе водоснабжения Балтийской АЭС будет использоваться трансграничная река, имеющая высокий рыбохозяйственный статус не только для Российской Федерации, но и для сопредельных стран – Литвы, Польши, Белоруссии. Поэтому важное значение, в том числе, в трансграничном контексте, имеет применение достоверного подхода к вероятной оценке ущерба водным биоресурсам р. Неман в период эксплуатации АЭС.

Анализ литературных данных по изучению воздействия различных типов систем водоснабжения АЭС на водные биоресурсы [13, 15, 16, 17, 19, 23, 24, 25, 26, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 59, 64, 65, 66, 69, 72, 75, 78, 84, 97, 136, 137, 138, 139, 143, 148, 165, 166, 170, 171, 172, 173, 181, 223] позволил автору обосновать возможный перечень факторов негативного воздействия применительно к Балтийской АЭС на биоту р. Неман, среди которых:

1. Гибель организмов зоопланктона в результате попадания в водозаборное сооружение;
2. Гибель ихтиопланктона - скатывающихся личинок рыб в результате попадания в водозаборное сооружение;
3. Гибель молоди рыб, обитающей в зоне воздействия водозабора с учетом рыбозащитного устройства;
4. Гибель зоопланктона, скатывающихся личинок и молоди рыб при попадании в струю подогретой сбросной воды;
5. Гибель организмов зообентоса в зоне размещения гидротехнических сооружений;
6. Снижение эффективности естественного воспроизводства проходных видов рыб в результате создания теплового барьера на пути нерестовых миграций.

Ниже проводится анализ этих эффектов с точки зрения 1) оценки величины возможного негативного воздействия и 2) возможностей адаптации технологии с целью снижения негативного воздействия.

Предварительные расчеты потерь водным биоресурсам выполнялись с при-

менением методики [90] с использованием количественных характеристик биоты реки Неман, основанных на современных данных, полученных по результатам гидробиологического мониторинга (глава 5), приведенных выше и нормативных коэффициентов:

Для зоопланктона:

B – средняя общая биомасса зоопланктона, г/м³ (принято – 0,0055);

$\frac{P}{B}$ – коэффициент для перевода биомассы кормовых организмов в продукцию кормовых организмов (принято – 15);

W – объем воды в зоне воздействия, в котором прогнозируется гибель организмов зоопланктона м³ (принято среднее за 12 мес. – 8624 м³/ч = 75546240 м³/г);

K_E – коэффициент эффективности использования пищи на рост (принято – 0,1);

K_3 – коэффициент использования кормовой базы (принято – 60 %);

d – отношение величины теряемой биомассы к величине исходной биомассы, в долях единицы (принято – 1).

S – площадь теплового воздействия, в котором прогнозируется гибель организмов зоопланктона м² (принято 40 м трубопровод с насадками, 100 м – недостаточное разбавление, возможен губительный эффект, максимально) 400 м²;

Θ – величина повышающего коэффициента, в долях (принято – 2,5)

Для ихтиопланктона:

$n_{\text{пш}}$ – 40 экз/м³ (2–80 экз/м³)- средняя

W – 10243 м³ (средний объем в период с апреля по октябрь), 89728680 м³/г

K_1 – коэффициент пополнения промыслового запаса (промысловый возврат) (принято – 0,05 %);

p – средняя масса рыб промысловых размеров, кг (принято – 0,1);

Y – величина скатывающейся молоди (принято – 200 тыс. экз.);

K_3 – коэффициент эксплуатации стада, (принято – 0,41 – среднее значение для икры, личинок и молоди Куршского и Вислинского заливов);

d – степень воздействия теплового пятна, (принято – 0,045).

Средний вес личинки и малька рыб взят в размере – 10 г

Для молоди рыб:

$n_{\text{пи}} - 35 \text{ экз/м}^3$ (2–70 экз/м³ - средняя)

$W - 10243 \text{ м}^3$ (средний объем в период с апреля по октябрь), 89728680 м³/г

K_1 – коэффициент пополнения промыслового запаса (промысловый возврат) (принято – 0,66 для корюшки %); для других видов рыб – ущерб будет меньше, т.к. K_1 – гораздо меньше.

Для зообентоса:

B - средняя многолетняя для данного сезона года величина общей биомассы кормовых организмов бентоса, (принято среднее значение с весны по осень) 198,87 г/м²;

P/B - коэффициент перевода биомассы кормовых организмов в продукцию кормовых организмов (продукционный коэффициент) = 3;

S - площадь зоны воздействия, где прогнозируется гибель кормовых организмов бентоса, м²;

Определена, как площадь прямоугольника под трубой: длина трубы – 40,5 м; диаметр – 1,2 м. $S=48,6 \text{ м}^2$

K_E - коэффициент эффективности использования пищи на рост (доля потребленной пищи, используемая организмом на формирование массы своего тела), принято 0,1;

K_3 - средний для данной экосистемы (района) и сезона года коэффициент (доля) использования кормовой базы рыбами-бентофагами, используемыми в целях рыболовства, принято – 60%;

d - степень воздействия, или доля количества гибнущих организмов от общего их количества, в данном случае отношение величины теряемой биомассы к величине исходной биомассы (в долях единицы) – принято 1:

Θ - величина повышающего коэффициента, в долях (принято – 2,5).

Рассмотрим полученные результаты

Гибель зоопланктона в результате попадания в водозаборное сооружение

Зоопланктон является одной из самых уязвимых групп водных организмов, на которые оказывается губительное воздействие водозаборных сооружений [97, 143, 153].

Воздействие на зоопланктон в водозаборных сооружениях АЭС существенно отличается в зависимости от системы водоснабжения и используемого в технологическом цикле водного объекта. С этой точки зрения можно выделить два типа: 1) использование водоема-охладителя, когда вода забирается из водоема и после прохождения системы охлаждения сбрасывается обратно в водоем; 2) система, используемая, в частности на Балтийской АЭС, когда вода забирается из водотока на подпитку системы водоснабжения и продувку градирен, и циркулирует в системе охлаждения. Сбрасываются, в основном, только продувочные воды, практические не имеющие связи с первоисточником.

Проведенные исследования на водоемах-охладителях Курской, Калининской и Смоленской АЭС, в которых вода проходит однократно через водозаборное устройство, а потом сбрасывается обратно в водоем, показали, что зоопланктон, подверженный травматизму практически не встречается, что говорит о доминировании в водной массе циркуляционного течения видов, более толерантных к техногенным воздействиям. Об этом свидетельствуют изменения в характере перераспределения зоопланктона, наблюдающиеся при трансформации естественного водоема в водоем-охладитель АЭС. Так, по данным Суздалевой, Безносова [172] в районе расположения водозаборных сооружений этих АЭС преобладают виды зоопланктонных организмов, более стойкие к механическим повреждениям и повышенным температурам, способные выжить при прохождении системы технологического водоснабжения.

По результатам проведенных исследований Суздалевой, Безносова [172] настоящее время в системе охлаждения Курской АЭС гибель зоопланктона, как правило, не превышает 45% от численности организмов на водозаборе. В большинстве случаев, этот процент существенно ниже. В отдельные периоды гибель

зоопланктона здесь составляет всего 3-5%, что меньше его выедания рыбами в естественных условиях. Согласно наблюдений Чеботиной и др. [181], проведенных на водоеме-охладителе Белоярской АЭС до и после прохождения воды через системы охлаждения показали, что зоопланктон водозаборного и водосбросного каналов насчитывал соответственно 17 и 16 видов. Кратковременное прохождение воды через системы охлаждения АЭС с использованием водоема-охладителя практически не сказалось на общем количестве видов зоопланктонных организмов. Авторами было рассчитано, что 45 % зоопланктона выходит обратно в водоем через водосбросной канал без видимых повреждений. Остальные 55 % погибают [181]. Снижение процента гибели зоопланктона по мере развития экосистем водоемов-охладителей отмечено в трудах Бондаренко и др., Громовой, Протасова [11, 36]. Тем не менее, целенаправленные наблюдения за состоянием зоопланктонных организмов по факторам воздействия, таким как, влияние водозаборных сооружений на видовое разнообразие и численность, проводятся крайне редко. В основном, изучению подвергается определенная акватория водоемов-охладителей, подверженная различному воздействию АЭС, и оценивается состояние гидробионтов в результате комплексного воздействия.

Во втором типе водоснабжения влияние на зоопланктонные сообщества водозабора системы технологического водоснабжения с применением градирен изучено слабо. Очевидно, что будет происходить гибель всех зоопланктонных организмов поверхностных вод, используемых на продувку градирен. Поэтому важным аспектом гидробиологического мониторинга Балтийской АЭС является не только определение фонового состояния биоты р. Неман, плотности распределения, сезонной динамики, но и определение прогнозной оценки ущерба водным биоресурсам в период эксплуатации АЭС.

Предварительные расчеты потерь водным биоресурсам по зоопланктону р. Неман основаны на современных данных, полученных по результатам гидробиологического мониторинга в районе проектируемых гидротехнических сооружений. Фоновые параметры зоопланктона, используемые для расчета потерь зоопланктона в водозаборном сооружении, описаны в разделе 5.2.

В целом, зоопланктон в районе исследований Балтийской АЭС слабо развит, своего максимума, как по численности, так и по биомассе, достигает весной и минимума зимой. Таким образом, можно сделать вывод, что в период эксплуатации АЭС, минимальный ущерб для зоопланктона от водозаборных сооружений будет в холодный период, а максимальный в период его массового размножения – весной (Рисунок 84).

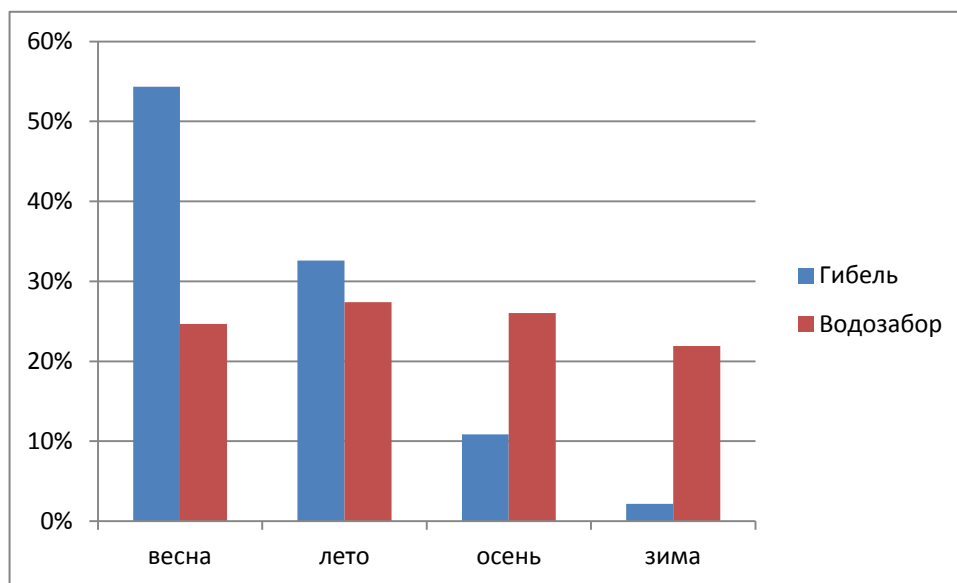


Рисунок 84 – Сезонная структура объема водозабора Балтийской АЭС и гибели организмов зоопланктона в процентах от годового

Исследования, посвященные воздействию на зоопланктон водозабора АЭС, в основном, базируются на оценке процента гибели организмов согласно Методики [90]. При этом гибель зоопланктона пересчитывается на рыбную продукцию по коэффициенту, используемому для перевода биомассы кормовых организмов в продукцию кормовых организмов (продукционный коэффициент – P/B). Формула, используемая в данном случае, позволяет оценить косвенные потери водных биоресурсов исходя из гибели кормовой базы при заборе воды.

Получаем потери водных биоресурсов при заборе воды из водного объекта рыбохозяйственного значения от гибели зоопланктона в размере 399 кг в год, пересчитанной на потерю рыбопродукции.

При расчете без учета соответствующих коэффициентов получим потери биомассы зоопланктона в водозаборном сооружении в размере 416 кг/год.

Таким образом, полученные значения, как по биомассе, так и в пересчете на кормовые организмы оказываются примерно одинаковыми. За основу принято значение, рассчитанное по рыбопродуктивности.

Также следует отметить, что с учетом вероятной погрешности колебания в значениях возможного ущерба составят 398 ± 50 кг в год, от 348 до 442 кг в год.

Гибель ихтиопланктона в водозаборном сооружении

Основное негативное воздействие водозабор АЭС оказывает на скатывающихся личинок и молодь рыб, тем самым снижается рыбопродуктивность используемого в системе технологического водоснабжения водного объекта [96].

Следует отметить, что воздействие АЭС на ихтиопланктон водозабора системы технологического водоснабжения с применением реки градирен не изучено. Вероятно, что большая часть скатывающихся личинок погибнет в водах, используемых на продувку градирен.

Согласно проведенным исследованиям (раздел 5.4) максимальная концентрация скатывающихся личинок в районе предполагаемого воздействия Балтийской АЭС достигается весной и в начале лета, постепенно снижается к осени и почти отсутствует зимой. Таким образом, максимальный ущерб от водозаборных сооружений для личинок будет наблюдаться весной и летом (Рисунок 85).

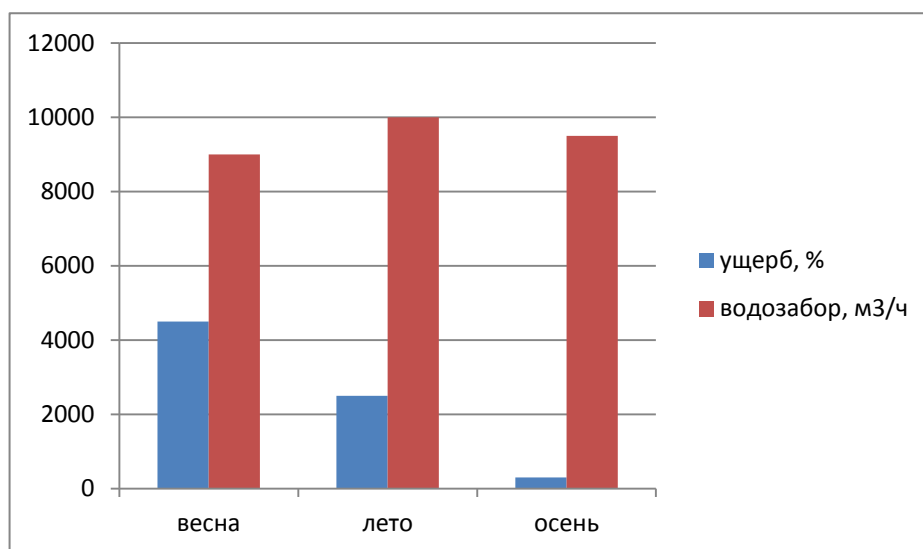


Рисунок 85 – Сезонная структура гибели организмов ихтиопланктона в процентах от годового в водозаборе Балтийской АЭС

Согласно предварительным расчетам ущерба водным биоресурсам по ихтиопланктону р. Неман, получаем потери по ихтиопланктону в размере 179 ± 30 кг в год.

Учитывая, что основная масса личинок рыб скатывается в весенне-летний период, в связи с чем, особую актуальность приобретает разработка дополнительных природоохранных мероприятий с целью минимизации негативных последствий водозабора именно в этот период. В частности автором рекомендовано при корректировке проекта, а также при разработке рабочей документации гидротехнических сооружений Балтийской АЭС предусмотреть мероприятия по снижению объема забираемой воды в периоды с наибольшей интенсивностью ската личинок.

Гибель молоди рыб в водозаборном сооружении

Молодь рыб имеет большие размеры и, в зависимости от возраста, может активно избегать попадания в струю забираемой воды.

Как правило, ранняя молодь размером до 12 мм не способна в полной мере противостоять потоку забираемой воды, имея более крупную и сложную форму тела, чем планктонные организмы, она более подвержена травмированию и гибели при прохождении через технологические агрегаты [12, 61, 120].

Также, как и в случае с ихтиопланктоном, влияние на молодь рыб водозабора системы технологического водоснабжения АЭС с использованием реки и градиен не изучено. Основываясь на консервативном сценарии можно утверждать, что основная часть молоди рыб погибнет в водозаборных сооружениях.

Проведенные исследования акватории в районе проектируемых гидротехнических сооружений Балтийской АЭС (раздел 5.4) показывают, что максимальные значения, как по численности, так и по биомассе молоди рыб, достигаются в конце весны – летом, по определенным видам рыб – осенью, затем постепенно снижаются к концу осени и почти отсутствуют зимой. Таким образом, максимальный ущерб от водозаборных сооружений для молоди рыб будет наблюдаться весной, летом и ранней осенью (Рисунок 86).

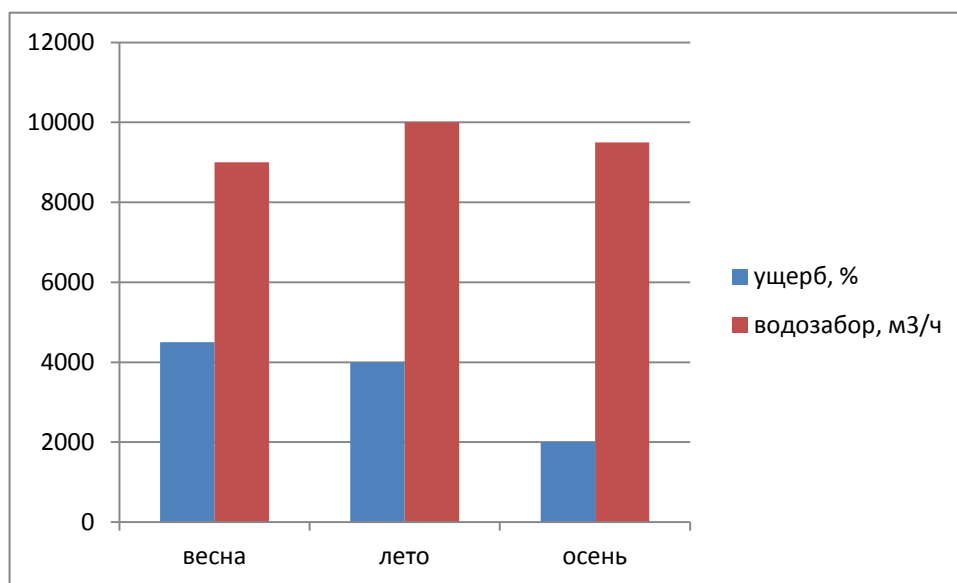


Рисунок 86 – Сезонная структура гибели молоди рыб в водозаборном сооружении Балтийской АЭС в процентах от годового

Предварительные расчеты потерь водным биоресурсам по молоди ранней (до 12 мм), где РЗУ не обеспечивает защиту, показали потери в размере 2 т73 кг/год.

Предварительные расчеты по молоди (более 12 мм), где РЗУ обеспечивает защиту 80%, показали потери в размере 220 кг/год.

Таким образом, потери по молоди рыб составят 2 т.73 кг±30 кг в год (для особей размерами до 12 мм) и 220 кг±30 кг в год (для особей размерами более 12 мм).

Выявлено, что основная масса молоди рыб скатывается в весенне-летний и ранний осенний период, в связи с чем, автором рекомендовано при корректировке проекта, а также при разработке рабочей документации гидротехнических сооружений Балтийской АЭС предусмотреть при проектировании рыбозащитного устройства водозабора расположение его с учётом пространственно-временного распределения молоди рыб в р. Неман.

Гибель зоопланктона и скатывающихся личинок рыб при попадании в струю сбросной воды

Исследования, посвященные влиянию сбросных вод АЭС на зоопланктон водоемов-охладителей описаны в разделе 5.2. Целенаправленные исследования скатывающихся личинок рыб водоемов-охладителей АЭС не проводятся, так как такие работы не обоснованы законодательными и нормативными документами. Отдельные наблюдения проводились на Ленинградской АЭС-2 и Белоярской АЭС с целью прогнозной оценки ущерба водным биоресурсам. Так, на Белоярской АЭС были выявлены места нереста и нагула рыб, которые находятся на достаточном расстоянии от размещения гидротехнических сооружений. На Ленинградской АЭС наибольший негативный эффект от сброса тепла наблюдается во время нереста осенненерестующих рыб. При этом существенное повышение температуры воды на расстоянии до 1 км от устья сбросных каналов вызывает образование «мертвой зоны» для нереста холодноводных осенненерестующих рыб [6].

Зоопланктон и скатывающиеся личинки рыб, пропадающие в струю сбросной воды, которая на 6–13°C выше фоновых значений непосредственно в месте выпуска испытывают термический шок и, в большинстве своем, погибают [23, 24, 25, 26, 208, 209, 210].

Предварительные расчеты потерь водным биоресурсам по ихтиопланктону р. Неман основаны на современных данных, полученных по результатам гидро-биологического мониторинга в районе возможного влияния «теплового клина» Балтийской АЭС. Фоновые параметры личинок рыб, используемые для расчета потерь ихтиопланктона в водозаборном сооружении, описаны в разделе 5.4.

Определение потерь водных биоресурсов при попадании в подогретую зону по зоопланктону показало потери в размере 26 г/год, что говорит о минимальном воздействии сброса на него.

Определение потерь водных биоресурсов при попадании в подогретую зону личинок и молоди рыб, показало потери в размере 220 кг/год.

Таким образом, предварительный ущерб для скатывающихся личинок и молоди рыб, попадающих в зону возможного теплового воздействия Балтийской АЭС, исчисляется порядка $220 \text{ кг} \pm 30 \text{ кг}$ в год.

Гибель организмов зообентоса в зоне размещения гидротехнических сооружений

Исследование возможных эффектов влияния на зообентос гидротехнических сооружений АЭС, а также фоновые параметры организмов зообентоса р. Неман описаны в разделе 5.3.

Техногенное повышение температуры воды оказывает достаточно сложное влияние на зообентос и возможен, как положительный эффект, который может привести к увеличению количества зообентоса в подогреваемой зоне, так и отрицательный – в местах сильного подогрева снижение численности и исчезновение отдельных видов. В результате экологического мониторинга в период эксплуатации АЭС необходимо уделить таким исследованиям повышенное внимание. Сейчас же, с определенной точностью можно сказать, что произойдет полная гибель организмов зообентоса под размещаемыми гидротехническими сооружениями (трубопроводом).

Предварительные потери водных биоресурсов по зообентосу в зоне размещения гидротехнических сооружений согласно расчетов составили 6 кг/л.

Следует учитывать, трубопровод будет иметь повышенную температуру, скорее всего он быстро обрастет организмами зообентоса, поэтому ущерб, причиненный в результате прокладки трубопровода, быстро компенсируется естественными процессами обрастания. Также можно отметить, что, скорее всего, за счет обрастания возле участка трубопровода увеличится доля рыб-бентофагов. Поэтому, воздействие АЭС на зообентос в размере 6 кг в год можно считать не существенным.

Снижение эффективности естественного воспроизводства проходных рыб в результате создания теплового барьера на пути нерестовых миграций

Нарушение нерестовых миграций проходных рыб за счет создания теплового барьера в зоне сброса теплых вод может негативно сказаться на таких видах рыб, как корюшка, рыбец, балтийский лосось, кумжа. В последние годы суммарный вылов этих рыб в Куршском заливе и р. Неман достигал 600 т., поэтому даже

небольшое нарушение их естественного воспроизводства может иметь серьезные последствия для рыбного промысла, выражаемые потерей десятков тонн рыбопродукции. Подобная оценка для реки, используемой в технологическом цикле АЭС с применением градирен, проводится впервые. Определение потерь водных биоресурсов в результате создания теплового барьера на пути нерестовых миграций составит 14,82 т.

Корюшка

Средний вылов в р. Неман – 415 т. В 2012 г. было выловлено 693 т корюшки. По результатам работ 2012 г. уловы корюшки для участка р. Неман, расположенного выше АЭС, могли составить 48,5 т или 7,0 % от фактически зарегистрированного улова 693 т.

Тогда величина возможного вылова корюшки выше зоны действия Балтийской АЭС будет равна: $415 \cdot 7,0 / 100 = 29,05$ т.

Разнокачественность нерестовых участков для корюшки в р. Неман отсутствует, так как все русло реки является потенциальным нерестилищем для данного вида.

Согласно предварительным расчетам ущерба водным биоресурсам по корюшке, получаем потери в размере 4 т/год.

Рыбец

Частично рыбец нерестится ниже зоны предполагаемого воздействия Балтийской АЭС. С учетом имеющихся материалов доля рыбца, мигрирующего выше зоны повышенных температур, может быть принята равной 0,5. Согласно расчетам определение годовых потерь рыбца составило 7 т/год.

Лосось

Учитывая, что основные нерестилища лосося находятся выше предполагаемой зоны воздействия Балтийской АЭС – взято полное количество. Согласно расчетам определение годовых потерь рыбца составило 375 экз/год.

Согласно данным мониторинга за 2010-2016 гг., ср. масса лосося около 6 кг. Итого предварительный ущерб составит: $2250 \text{ кг} = 2 \text{ т. } 250 \text{ кг}$ в год.

Кумжа

Соотношение лосося и кумжи в природных условиях составляет 1:3. Соответственно расчетную величину возможного ущерба для кумжи можно принять равной $375 \cdot 3 = 1125$ экз. Согласно данным мониторинга за 2010-2016 гг., средняя масса кумжи составляет около 1,3 кг. Итого получаем: $1462 \text{ кг} = 1 \text{ т. } 462 \text{ кг}$ в год.

6.1. Сравнительный анализ влияния различных факторов воздействия на водные биоресурсы

Несмотря на очевидные факторы воздействия АЭС на водные биоресурсы в период эксплуатации, сравнительный анализ их комплексного влияния на биоту водного объекта, используемого в технологическом цикле АЭС, ранее не проводился. Как было отмечено ранее, оценка размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам, как правило, формируются по результатам сбора фондовых и литературных материалов. Как будет доказано далее, это приводит к получению недостоверных результатов.

Анализ результатов расчетов предварительного ущерба водным биоресурсам выявил основной фактор негативного воздействия Балтийской АЭС – нарушение миграции полупроходных видов рыб, попадающих в зону теплового барьера (Таблица 40). В таблице приведены примененные коэффициенты возможных потерь биологической продукции с учетом протяженности и направленности нерестовых миграций, ската молоди, промысловой рыбопродуктивности, а также межгодовой вариабельности этих показателей. Например, на рисунке 80 показано, что нарушение нерестового хода возможно для 11.6% запаса корюшки. Однако в зависимости от гидрологических условий конкретного года так высоко корюшка поднимается достаточно редко, поэтому принята существенно меньшая величина потерь.

Таблица 40 – Обобщенное сравнение потерь по проходным видам рыб

Вид	Вылов	Потери в натуральном выражении	Потери (%)
Корюшка	500 т	4,358 т	1
Рыбец	99 т	6,75 т	7
Лосось	2500 экз.	375 экз	15
Скат и молодь	200 тыс.экз.	22 тыс. экз	11
Всего	600 т	-	-

Элементы биоты, на которые обычно направлен экологический мониторинг – это зоопланктон, зообентос вносят несоизмеримо меньший вклад в общую величину ущерба водным биоресурсам по сравнению с компонентой, представленной рыбами, и в особенности анадромными видами, лишь кратковременно присутствующими в зоне воздействия АЭС.

Сравнительный анализ (Рисунок 87) показал, что элементы биоты, на которые обычно направлен стандартный экологический мониторинг АЭС – это зоопланктон, зообентос вносят несоизмеримо меньший вклад в общую величину ущерба водным биоресурсам по сравнению с компонентой, представленной рыбами, и в особенности проходными видами. Потери промысловой продуктивности могут составлять несколько десятков тонн, что обуславливает необходимость, во-первых, совершенствования технологии водозабора / водосброса, во-вторых, поиска адекватных решений проведения компенсационных мероприятий. Влияние же Балтийской АЭС на аборигенные виды рыб будет незначительным, в виду их невысокой численности и сравнительно небольшой площади зоны потенциального воздействия на них сбросов Балтийской АЭС (Глава 4).

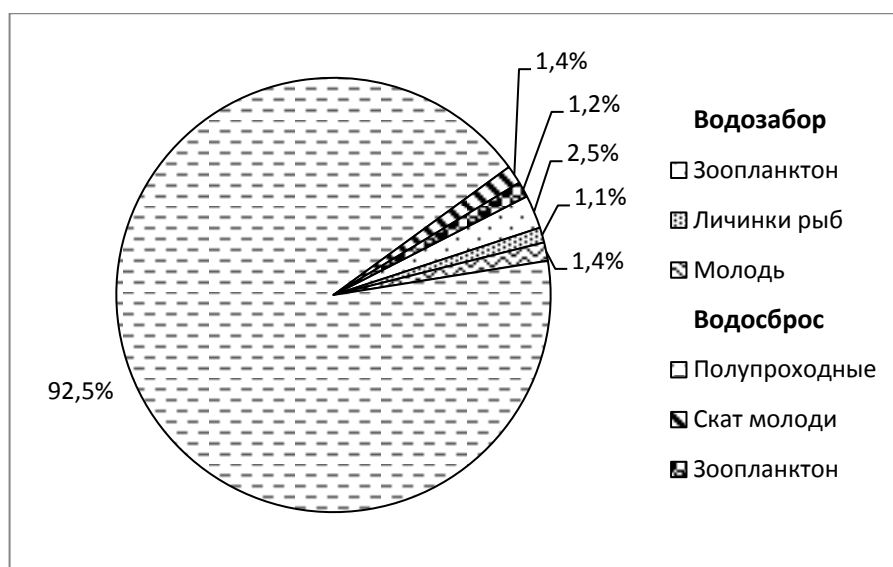


Рисунок 87 – Соотношение основных потерь водных биоресурсов р. Неман в процессе нормальной эксплуатации Балтийской АЭС

Следует принять во внимание также, что обнаруженная высокая межгодовая динамичность параметров биоты приводит к тому, что величина ущерба водным биоресурсам в процессе эксплуатации АЭС может различаться по годам в несколько раз с неизвестной периодичностью, в то время как методика оценки ущерба оперирует только средними величинами.

6.2. Влияние продолжительности мониторинга биоты на результаты оценки ущерба водным биоресурсам

Достаточно продолжительные исследования биоты р. Неман, которые впервые были начаты на ранней стадии проектирования АЭС, позволили выявить важную особенность – зависимость результатов оценки негативного воздействия от длительности наблюдений. Весь процесс оценки можно разбить на следующие этапы:

Этап 1. Предварительная оценка ущерба на основе литературных данных по реке Неман, которая была выполнена в 2010 г. При этом учитывалась только местная фауна – зоопланктон, зообентос, рыб. Как было показано в предыдущих разделах, плотность аборигенного населения невысока. Это привело к существенно заниженной оценке возможного воздействия. Данная величина взята за едини-

цу для дальнейшего анализа.

Этап 2. Включение в рассмотрение анадромных видов рыб, которые не регистрируются в процессе локальных исследований. При этом предполагалось, что все они осуществляют нерестовые миграции в верхние участки реки Неман и в ее приток р. Шешупе, которые будут нарушены в результате образования теплового барьера. За счет этого оценка ущерба водным биоресурса выросла в 6 раз.

Этап 3. Уточнение продолжительности и протяженности нерестовых миграций полупроходных видов рыб на основе мониторинга нерестового хода, который показал, что анадромные виды рыб в разные годы могут подниматься, как выше проектируемых сооружений Балтийской АЭС, так и не доходить до них. Этот факт является важным для уточнения оценки ущерба водным биоресурсам.

Этап 4. Закрепление в качестве постоянного мониторинга р. Неман ихтиологических наблюдений, в том числе, за нерестовым ходом анадромных видов рыб. Корректировка проектных решений, в части улучшения водозаборного и водовыпускного устройства и применение математического моделирования, позволяющего точно рассчитать предполагаемое воздействие сброса на биоту.

Этап 5. Отсутствие на входе в водозаборные сооружения Балтийской АЭС рыбозащитного устройства (РЗУ).

Этап 6. Корректировка результатов оценки ущерба с учетом оборудования водозаборных сооружений Балтийской АЭС рыбозащитными устройствами зонтичного типа с суммарным рыбозащитным эффектом – 80 % (по данным ЦУРЭН) (Рисунок 88).

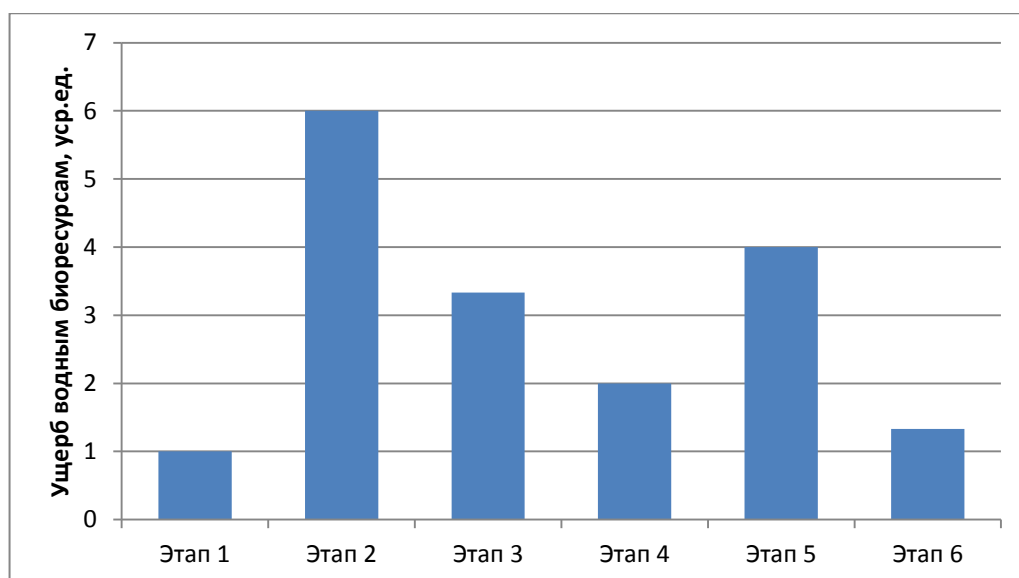


Рисунок 88 – Изменение результатов оценки ущерба водным биоресурсам в процессе реализации проекта Балтийской АЭС

Учитывая, что приведенные оценки появлялись в процессе ведения мониторинга биоты реки Неман, накопления новых данных и поиска на основании этого новых технологических решений, можно сделать следующий важный вывод: раннее начало мониторинга биоты и его продолжительность обеспечивают получение достоверной оценки ущерба, в нашем случае, ее снижение за счет поэтапного получения дополнительной информации для уточнения расчетов, адаптации методики и разработки рекомендаций по совершенствованию технологических процессов. Проведенные исследования позволили сделать вывод о том, что большое значение в оценке воздействия АЭС на биоту могут иметь нерезидентные компоненты, которые временно присутствуют в водотоке и, как правило, не учитываются при проведении стандартных экологических исследованиях. Применительно к р. Неман к ним относятся скатывающаяся молодь и анадромные виды рыб, проходящие в реку на нерест. Выявлено, что основным фактором негативного воздействия на биоту р. Неман будет нарушение воспроизводства проходных видов рыб. Таким образом, ихтиологический мониторинг должен быть обязательным элементом экологического мониторинга АЭС в случае использования естественного водного объекта в технологических целях, а также для достоверной оценки воздействия на окружающую среду уже на стадии проектирования и сооружения

АЭС.

Следует понимать, что несмотря на то, что Методика [90] допускает использование литературных данных с отрывочными сведениями, порой, сильно устаревших, достоверный прогноз ущерба водным биоресурсам можно получить только по результатам комплексных натурных и достаточно длительных исследований. Исходя из того, что основное воздействие будет оказываться на проходные виды рыб, требуется внедрение дополнительных мероприятий по минимизации негативного воздействия на водные биоресурсы.

6.3. Мероприятия по минимизации ущерба водным биоресурсам

Высокая рыбопродуктивность р. Неман и потенциальное воздействие на ее биоресурсы водозаборных и сбросных сооружений Балтийской АЭС обуславливают основную задачу настоящего раздела: разработку мероприятий и рекомендаций, направленных на снижение негативного воздействия Балтийской АЭС в период эксплуатации на рыбные запасы, в частности полупроходные виды рыб.

Указанная выше детализация возможного ущерба водным биоресурсам р. Неман в процессе нормальной эксплуатации Балтийской АЭС позволяет своевременно адаптировать технологии с целью снижения возможного негативного воздействия.

Обзор рыбозащитных мероприятий

В соответствии с требованиями Водного кодекса РФ [14] и Федерального закона «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» [178] водопользователи, использующие водные объекты для забора водных ресурсов, обязаны принимать меры по предотвращению попадания рыб и других гидробионтов в водозаборные сооружения.

До последнего времени нормативной базой создания сооружений по предотвращению попадания рыб в водозаборы являлся СНиП 2.06.07-87 «Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения» [155]. Однако в его разделе о рыбозащите рассматривались, в основном, правила проек-

тирования только рыбозащитных сооружений (РЗС). В тоже время состав рыбоохранных мер, особенно на крупных водоемообразующих объектах, может быть значительно более широким и подразумевать не только защиту рыб непосредственно на водозаборе, но и заблаговременно предупреждать сам факт подхода их к источнику опасности.

В связи с этим, для приведения нормативной базы рыбозащиты в соответствии с современным российским законодательством была разработана актуализированная редакция СНиП 2.06.07-87 в виде свода правил СП 101.13330.2012 «Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения» [157]. В них представлены следующие основные положения и правила.

Меры по предотвращению попадания водных биологических ресурсов в водозаборы подразделяются на организационные, превентивные и защитные.

Организационные меры осуществляются путем пространственно-временного регулирования осуществления забора воды. Их следует предпринимать при размещении и эксплуатации водозаборного сооружения, водоприемник которого необходимо устраивать с учетом экологического районирования водного объекта, в зонах (биотопах) пониженной плотности в них водных биологических ресурсов. Нельзя допускать забор воды в районах нерестилищ, зимовальных ям, на участках интенсивной миграции и большой концентрации личинок и молоди рыб, в заповедных зонах.

Превентивные меры реализуются путем предупреждения подхода водных биологических ресурсов к источнику опасности (водозабору). Их следует предпринимать заблаговременно с помощью эколандшафтной коррекции удаленных от источника опасности локальных участков водного объекта путем создания на них обстановки, отличной от окружающей ситуации, и благоприятной для продолжительного обитания рыб и других водных биологических ресурсов в онтогенезе. Коррекцию следует проводить путем обустройства естественной среды их обитания проточными искусственными элементами ландшафта в виде донных и пелагических рифовых ориентиров и убежищ, которые следует выполнять из объемных проточных тел, элементы структуры и фактуры которых выполнены из

субстрата, пригодного для обитания и размножения водных биологических ресурсов.

Донные и пелагические искусственные рифы следует заглублять ниже отметки зимней сработки водного объекта. На участках дна, расположенных выше зимней сработки, следует устраивать выемки и насыпи из природного строительного материала.

Защитные меры следует предпринимать с целью предупреждения попадания, травмирования и гибели рыб и других водных биологических ресурсов, в том числе их личинок и молоди на водозаборах и отведения их в жизнеспособном состоянии в безопасное место водного объекта рыбохозяйственного значения путем оборудования непосредственно водозаборов рыбозащитными сооружениями.

Эффективность рыбозащитных сооружений для рыб размером от 12 мм и выше должна быть не менее 70 %.

Рыбозащитные сооружения допускается устраивать в виде блока из отдельных секций при условии исключения их взаимного отрицательного влияния на процесс защиты и отвода рыбы.

Параметры рыбозащитного сооружения необходимо назначать из условий обеспечения подачи потребителю расчетного расхода воды и формирования в их рабочем органе гидравлического режима со следующими характеристиками:

- скорость (продольная составляющая скорости) транзитного течения воды вдоль защитно-водоприемной поверхности рабочего органа должна не менее чем в 2,5 раза превышать сносящую скорость для рыб наибольшего защищаемого размера;

- скорость (поперечная составляющая скорости) перетекания рабочего потока в водозабор через защитно-водоприемную поверхность рабочего органа не должна превышать сносящую скорость для рыб наименьшего защищаемого размера;

- скорость поступления потока в оголовок рыбоотвода должна не менее чем 1,4 раза превышать скорость спутного течения в водозабор;

- скорость течения потока в рыбоотводе, направленном в безопасное место

рыбообитаемого водного объекта, следует принимать не менее сносящей скорости для защищаемых рыб;

– скорость течения водяной струи, предназначенной для создания течения в рыбоотводе, формирования транзитного течения или гидравлической завесы, не должна более чем на 10 м/с превышать скорость течения в окружающей струе водной среде.

Рыбозащитные сооружения можно разделить на 3 группы: 1) механические, 2) гидравлические и 3) физиологические.

К первой группе относятся механические препятствия для задержания рыб (плоские сетки, вращающиеся сетки, сетчатые барабаны, заграждения из камыша, хвороста, щебня, фильтрующие кассеты, фильтрующие оголовки), работающие по принципу создания механических преград с размерами ячеек 2–4 мм. Наиболее широко используются фильтры и сетки. Плоские сетки имеют каркас и сетчатое полотно с промывным устройством, которое предотвращает попадание в водоприемник рыб и мелкого мусора. Размеры каркаса в ширину не более 1 м и в высоту не более 1,5 м.

В последнее время распространены в практике проектирования фильтрующие кассеты из насыпного заполнителя или из пористых материалов.

Фильтрующие кассеты устанавливаются на период рыбозащиты вместо решеток. Коробчатое сечение засыпается гравием или щебнем крупностью 30–40 мм толщиной 100–150 мм и крепится с двух сторон от рассыпания крупноячеистыми каркасами.

К группе гидравлических рыбозаградителей относятся струенаправляющие устройства, которые обеспечивают направление потока, обеспечивающие отвод рыбы от водозаборных отверстий. Обычно гидравлические заградители применяются вместе с рыбозаградителями механического типа.

Принцип действия физиологических рыбозаградителей основан на отпугивании рыб от водозаборного сооружения за счет неприятного воздействия на различные рецепторы рыб (электрические поля, звук, свет, завес из воздушных пузырьков и т. п.), изменяя их поведение перед водоприемниками.

Моделирование русла р. Неман

Одним из способов решения проблемы является моделирование эколандшафтных мероприятий, применяемое для эколандшафтной коррекции водных объектов. Эколандшафтная коррекция водного объекта – это комплекс гидротехнических мероприятий, направленных на управление миграциями рыб путем создания на его локальных участках обстановки отличной от окружающей ситуации в водном объекте и более благоприятной для ориентации и безопасного обитания рыб путем обустройства естественной среды их обитания проточными искусственными элементами ландшафта [157].

Проведенный анализ существующих рыбозащитных мероприятий позволил выявить наиболее приемлемые сценарии моделирования речного потока. Моделирование эколандшафтных мероприятий осуществлялось впервые для оценки их воздействия на изменение скоростного режима р. Неман вблизи расположения распределительного трубопровода. Эти мероприятия позволяют сократить ущерб водным биоресурсам, который может возникнуть при нарушении естественного термического и химического режима речных вод вблизи расположения распределительного трубопровода. Данные мероприятия должны сократить ущерб водным биоресурсам, который может возникнуть при нарушении естественного термического и химического режима речных вод.

Наиболее показательным месяцем для жизнедеятельности водных организмов р. Неман является май. В основе модельных расчетов принимался характерный для данного месяца гидрологический режим: скорость речного потока, высота уровня воды в реке и ее фоновая температура. Также учитывалась динамика и температура сбросных вод на выбранный период.

В процессе моделирования были рассмотрены два сценария, позволяющие скорректировать направление движения ихтиофауны при ее подходе к распределительному трубопроводу:

- локальное изменение рельефа русла р. Неман;
- расположение заградительных барьеров, перекрывающих на ширину во-

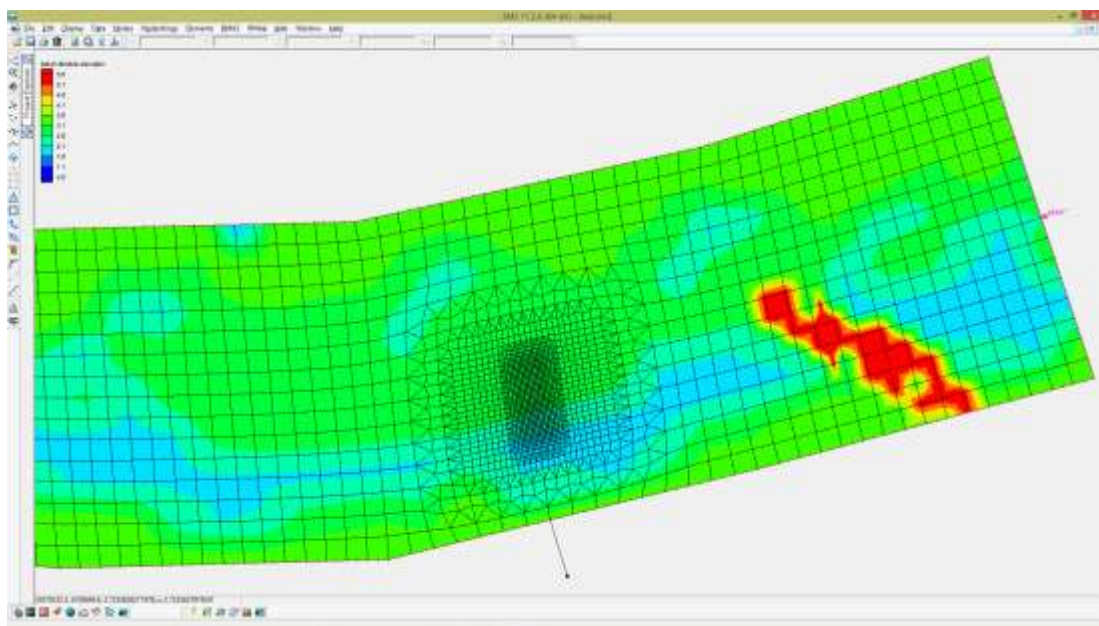
довыпуска движение части реки;

– установка гидроразбрызгивателей.

Каждый из сценарных вариантов изменяет гидродинамику речных вод, оказывая техногенное воздействие на р. Неман.

Эколандшафтные мероприятия моделировались на расстоянии 200–300 м от водовыпуска выше по течению под углом 45° к береговой линии (Рисунки 89-92). Предполагается, что частичное изменение движения естественного потока реки не позволит ихтиофауне попасть в систему рассеивающего сброса и направит ее по правому берегу р. Неман в обход трубопровода.

Для моделирования первого сценария рельеф дна реки был поднят на абсолютную отметку 5.5 м (Рисунок 89). Инженерное сооружение моделировалось с помощью изменения подошвы речного русла на участке потенциального строительства.

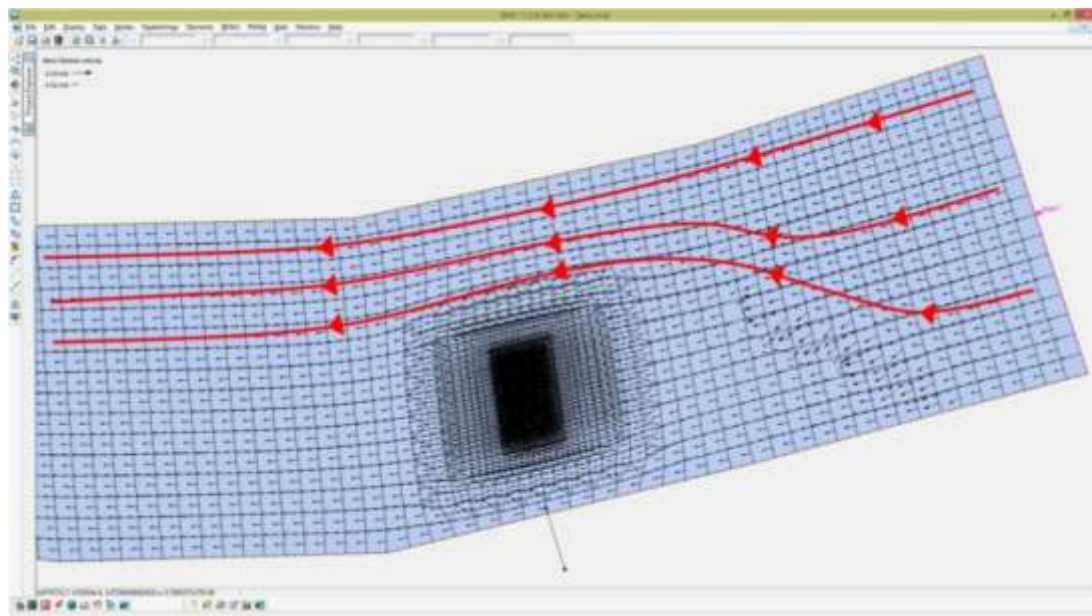


Примечание: красным и желтым цветом показан измененный рельеф
Рисунок 89 – Рельеф р. Неман, принятый за основу для первого сценария

Данное мероприятие уменьшило глубину реки на участке намыва и, соответственно, увеличило скорость потока до 2 м/с (Рисунок 90). В естественных условиях эта величина не превышает 1 м/с. Повышенные скорости наблюдаются непосредственно за намывным участком и быстро затухают в направлении дви-

жения реки. Гидродинамика реки при подходе к распределительному трубопроводу не нарушается.

Речной поток постепенно меняет направление при уменьшении глубины потока. На рисунке 90 хорошо видно, что вектора скорости вблизи намыва направлены в северо-восточном направлении.



Примечание: красными стрелками показано предполагаемое направление движения ихтиофауны

Рисунок 90 – Изменение векторов скорости по результатам моделирования первого сценария

Во втором сценарии на модели имитировалось заградительное сооружение, частично перекрывающее движение реки (Рисунок 91). Модельные расчеты показали, что скорость речного потока увеличивается до 1,7 м/с. При подходе к искусственной границе течение р. Неман резко меняет направление с западного на северо-западное.

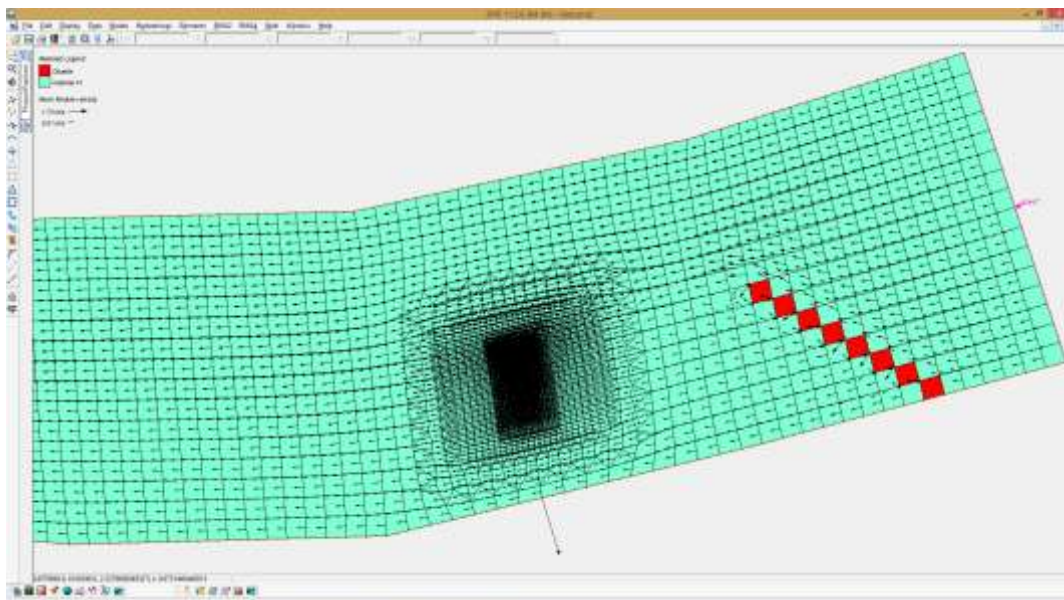


Рисунок 91 – Расположение барьеров (красные блоки) на пути следования ихтиофауны (вектора скорости по результатам моделирования второго сценария)

Третий сценарий предполагает сооружение на пути следования ихтиофауны гидравлических разбрызгивателей (раздел 0). На рисунке 92 показан результат моделирования данного сценария в виде векторов скорости. Скорость речного потока и его направление напрямую зависят от характеристик струенаправляющего устройства.

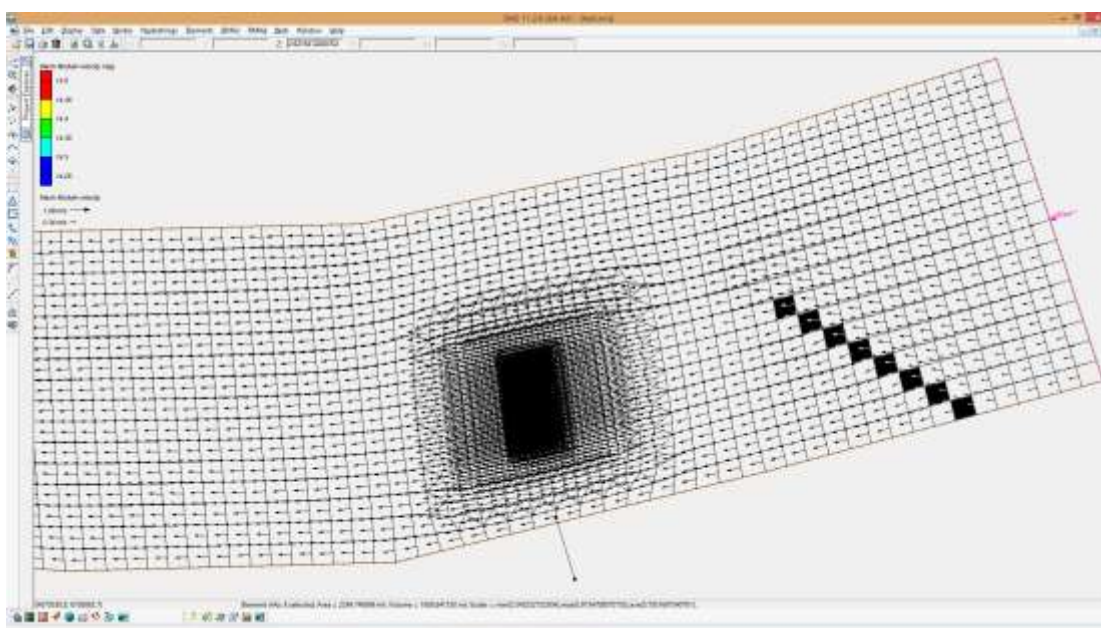


Рисунок 92 – Положение гидравлических рыбозаградителей (черные блоки) на пути следования ихтиофауны (вектора скорости по результатам моделирования третьего сценария)

Рассмотренные два сценария моделирования эколандшафтных мероприятий показали, что с помощью частичного перекрытия речного потока можно управлять направлением движения поверхностных вод на заданном участке. Это позволит предотвращать попадание ихтиофауны в район функционирования распределительного трубопровода и направлять ее по правому берегу р. Неман. Третий сценарий показал, что такого же эффекта можно добиться и с помощью сооружения гидравлических рыбозаградителей.

Впервые проведенное моделирование речного потока применительно к Балтийской АЭС, позволило выявить наиболее приемлемые сценарии эколандшафтных мероприятий в русле реки для снижения воздействия на водные биоресурсы р. Неман вблизи расположения распределительного трубопровода. Внедрение одного из сценариев позволит значительно сократить ущерб водным биоресурсам, который может возникнуть при нарушении естественного термического и химического режима речных вод. Моделирование защитных мероприятий не повлияло на предыдущие расчетные оценки термического и химического режима в зоне потенциального влияния Балтийской АЭС (разделы 4.4 и 4.5).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных исследований была дана биоэкологическая характеристика комплексного прогнозируемого воздействия Балтийской АЭС на экосистему р. Неман. Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Балтийская АЭС будет оказывать значительно меньшее негативное воздействие на гидрологические параметры и биоту р. Неман, используемой в технологическом цикле, по сравнению с АЭС, в которых применяется система охлаждения с использованием водоемов-охладителей.

2. Фоновые параметры биоты, представленной резидентными видами характеризуются относительно низким уровнем развития, характерным для большинства речных систем, что обуславливает сравнительно невысокий уровень ущерба, наносимого водным биоресурсам, который составляет около 10% от ущерба в целом.

3. Тепловое загрязнение р. Неман за счет сбрасываемых вод будет распространяться вниз по течению на расстояние не более 100 м зимой и 500 м летом. Площади возможной модификации биотопов в случае превышения температуры будут составлять зимой – около 30 м² и около 10000 м² летом.

4. Основным фактором негативного воздействия на биоту является создание теплового барьера на пути нерестовых миграций проходных рыб в зоне сброса подогретой воды, что обуславливает 90 % общей величины возможного размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам.

5. В современной системе мониторинга АЭС, регламентируемого существующими нормативами, используется ограниченный перечень параметров наблюдений, ориентированный на гидрохимические и гидрологические показатели. Для обеспечения достоверной оценки всех возможных эффектов негативного влияния в перечень параметров слежения должна быть включена ихтиофауна, как один из обязательных элементов экологического мониторинга.

6. Комплексный экологический мониторинг биоты водного объекта (впервые проведенный для российской АЭС), начатый уже на предпроектной стадии

позволяет своевременно выявить особенности возможного негативного воздействия и адаптировать проектные решения в направлении снижения ущерба водным биоресурсам водотока. Кратковременные скрининговые исследования не обеспечивают такой возможности.

7. Возможно снижение ущерба водным биоресурсам Балтийской АЭС на 40% за счет: изменения струенаправленного выпуска на рассеивающий, что позволяет добиться эффективного смешения сбросных вод и снижения температуры теплового барьера на пути проходных видов рыб; коррекции гидродинамики потока реки в районе размещения сбросных сооружений, для смещения траектории движения мигрирующих рыб к правому берегу р. Неман и избегания попадания их в тепловую зону.

8. Экологические требования к работе АЭС в трансграничном аспекте носят разнонаправленный характер и не могут быть сведены к простому сравнению регламентируемых параметров. В отношении наиболее важного для Балтийской АЭС температурного фактора требования России и Белоруссии более жесткие по абсолютным показателям, чем в ЕС (20°C летом и 5°C зимой и 21,5°C летом и 10°C зимой для лососевых видов рыб соответственно), но менее жесткие по градиенту температуры (ниже точки теплового сброса (на границе зоны смешения), в лососевых водных объектах не должен превышать 1,5°C, в то время как в РФ и РБ - 5°C.). Оценка вреда водным биоресурсам в ЕС основана на экспертном определении масштабов и значимости воздействия, в том числе на основе результатов компьютерного моделирования изменения параметров водной среды в результате эксплуатации АЭС, в то время как в РФ и Белоруссии, в основном, оценка ущерба регламентирована методикой и количественными методами оценки. В каждом конкретном случае необходим комплексный анализ законодательной базы соседних стран.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов В.А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. – СПб: Гидрометиздат, 1992. – 318 с.
2. Аверьянов Д.Ф. Территориальный принцип моделирования количества молоди рыб при определении прогнозной величины вреда, наносимого водным биоресурсам на малоизученных водоёмах // Современное состояние биоресурсов внутренних вод. Мат-лы докл. II Всерос. конф. с межд. уч. (6–9 ноября 2014 г., г. Борок, Россия). В 2 т. М.: Полиграф-плюс. Т. 1. – 2014. – С. 17–22.
3. Алабастер Дж., Ллойд Р. Критерии качества воды для пресноводных рыб. М.: Легкая и пищевая промышленность. – 1984. – 384 с.
4. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970 г.
5. АЭС–2006. Балтийская АЭС. Блок 2. Предварительный отчет по обоснованию безопасности. Глава 2. Характеристика района и площадки АС. Книга ВТ1О.В.110.2.02&&&.03&&&.000.НЕ.0001. Арх. ОАО «СПбАЭП» № ВТ1–Т–678 от 16.12.2010 г.
6. Белоусов И.Ю., Макушенко М.Е., Кулаков Д.В., Верещагина Е.А., Вяххи И.Э., Румынин В.Г. Влияние АЭС на ихтиофауну водоемов-охладителей (на примере ЛАЭС, БАЭС и строящихся ЛАЭС-2, Балтийской АЭС) / Труды IV научно-практической конференции «Экологическая и радиационная безопасность объектов атомной энергетики» – Калининград, 18-19 октября 2017 г. – Изд. дом «РОСТ-ДООАФК», Калининград, 2017. – С. 111-116.
7. Берникова Т. А. и др. Некоторые результаты фоновых гидрологических исследований р. Неман в районе строящейся Балтийской АЭС / Т. А. Берникова, Т. С. Агаркова, Н. Н. Нагорнова // Труды первой научно-практической конференции с международным участием, посвященной 60-летию атомной энергетики «Экологическая безопасность АЭС». – Калининград, 16 – 17 октября 2014 г. – Изд-во «Аксиос», Калининград, 2014. – С. 5-11.
8. Берникова Т. А., Нагорнова Н. Н. Гидрологические условия рек Нема-

на и Шешупе (в пределах Калининградской области) в 2007 г. // Инновации в науке и образовании. – 2007. Сб. тр. V науч. конф. КГТУ. – 2007. – Ч.1. – С.58-61

9. Берникова Т.А. и др. Гидрохимические условия р. Неман в пределах Калининградской области / Кривоускова Е.В., Цветкова Н.Н., Агаркова Т.С., Цупикова Н.А. // Труды второй научно-практической конференции с международным участием, посвященной 60-летию атомной энергетики «Экологическая безопасность АЭС». – Калининград, 20 – 21 октября 2015 г. – Изд-во «Аксиос», Калининград, 2015. – С. 5-11.

10. Богатова И.Б. Планктон водоема-охладителя ГРЭС им. Классона / И.Б. Богатова // Симпозиум по влиянию подогретых вод теплоэлектростанций на гидрологию и биологию водоемов. – Борок: Изд-во ИБВВ, – 1971. – С. 4-6.

11. Бондаренко Т.А., Васенко А.Г., Игнатенко Л.Г., Лунгу М.Л., Старко Н.В. Экологические аспекты функционирования водохозяйственного комплекса при Курской АЭС. // Экология регионов атомных станций. Вып. 2. М.: ГНИПКИИ Атомэнергопроект, – 1994. С. – 141-147.

12. Вдовин Ю.И., Анисимов А.В., Симакин В.И., Кордог М.Я., Волков В.Н. Лушкин И.А. Фильтрующие рыбозащитные сооружения и устройства коммунальных промышленных водозаборов. – Пенза. – 2002. – 197 с.

13. Влияние теплового и органического загрязнения на биоту водоемов-охладителей. – Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 1995. – 360 с.

14. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ.

15. Воронин М.Ю. Ермохин М.В. Фауна и экология высших ракообразных бентоса водоема-охладителя Балаковской АЭС // Биология внутренних вод: проблемы экологии и биоразнообразия: Материалы XII Межд. конф. молодых ученых, 23-26 сентября 2002 г. – Борок, – 2002. – С. 11-19.

16. Воронин М.Ю. Экологический мониторинг макрозообентоса водоемов-охладителей электростанций (на примере Балаковской атомной электростанции) / Дисс... канд. биол. наук. // Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского. – Саратов, – 2005.

17. Воронин М.Ю., Ермохин М.В. Прогноз эколого-экономических по-

следствий трансформации макрозообентоса водоема-охладителя Балаковской АЭС при увеличении тепловой нагрузки / Сборник: Инновационные подходы к обеспечению устойчивого развития социо-эколого-экономических систем II Международная конференция. – 2015. – С. 24-29.

18. Воронин М.Ю., Ермохин М.В. Сообщества макрозообентоса в градиенте температуры водоема-охладителя Балаковской АЭС / Поволжский экологический журнал. – 2005. – № 3. – С. 207-213.

19. Воронин М.Ю., Ермохин М.В. Стабильность сообществ макрозообентоса в водоеме-охладителе Балаковской АЭС / Поволжский экологический журнал. – 2014. – № 1. – С. 97-102.

20. Временная методика оценки ущерба, наносимого рыбным запасам в результате строительства, реконструкции и расширения предприятий, сооружений и других объектов, и проведения различных видов работ на рыбохозяйственных водоемах (утв. Госкомприроды СССР 20.10.1989, Минрыбхозом СССР 18.12.1989); Методические указания о составе материалов и основных требованиях по обоснованию места размещения объектов хозяйственной и иной деятельности в республике Беларусь. Утверждено: решение коллегии Госкомитета Республики Беларусь по экологии от 31 марта 1993 г. № 3/7. Согласовано: письмо Госстроя Республики Беларусь от 16 марта 1993 г. № 02-01-5/258.

21. Гайгалас К.С., Миштаутайте В. Т. Основные черты экологии и динамика промысловых уловов проходной формы европейской корюшки *Osmerus eperlanus* (L.) в заливе Куршю Марес и низовье р. Нямунас // Вопр. Ихтиологии, 1980, т. 20, вып. 4. – С. 625-634.

22. Гидробиологическая служба наблюдений и контроля водной среды / Ю.А. Израэль [и др.] // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1981. – С. 7-15.

23. Голованов В.К. Сравнительный анализ окончательно избираемой и верхней летальной температуры у молоди некоторых видов пресноводных рыб / В. К. Голованов, А. К. Смирнов, Д. С. Капшай // Тр. Карел. НЦ РАН. (Сер. Эксперим. биология). – 2012. – № 2. – С. 70–75.

24. Голованов В.К. Температурные критерии жизнедеятельности пресноводных рыб. Москва: Полиграф Плюс, – 2013. – 300 с.
25. Голованов В.К. Эколого-физиологические закономерности распределения и поведения пресноводных рыб в термоградиентных условиях: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / В.К. Голованов. – М., – 2012. – 47 с.
26. Голованов В.К., Ручин А.Б. Критический термический максимум головешки-ротана *Perccottus glenii* в разные сезоны года//Вопр. ихтиологии. Т. 51. № 6. – 2011. – С. 822-827.
27. Голованов В.К., Смирнов А.К., Болдаков А.М. Воздействие термального загрязнения водохранилищ Верхней Волги на рыбное население: современное состояние и перспективы // Актуальные проблемы рационального использования биологических ресурсов водохранилищ. Рыбинск: Изд-во ОАО «Рыбинский Дом печати». – 2005. – С. 59–81.
28. ГОСТ 17.1.2.04-77 «Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственный водных объектов» от 19.04.2010 г.
29. ГОСТ Р 56062-2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Производственный экологический контроль. Общие положения (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 09.07.2014 № 711-ст)
30. ГОСТ Р 56063-2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Производственный экологический мониторинг. Требования к программам производственного экологического мониторинга (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 09.07.2014 № 712-ст)
31. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – т.1, вып.4.
32. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики, Том 4, Выпуск 3, Гидрометеиздат, 1974 г.
33. Государственный Водный Кадастр. Основные гидрологические характеристики. Том 4 «Прибалтийский район», выпуск 3 «Литовская ССР и Калининградская область РСФСР», Ленинград, Гидрометиздат, 1988 г.

34. Государственный Водный Кадастр. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 5. Беларусь и Верхнее Поднепровье», Л., Гидрометиздат, 1966 г.
35. Государственный Водный Кадастр. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 4. Выпуск 3. Литовская ССР и Калининградская область РСФСР, Л., Гидрометиздат, 1969 г.
36. Громова Ю.Ф. Зоопланктон каналов системы охлаждения Хмельницкой АЭС / Ю. Ф. Громова, А. А. Протасов // Ядерна енергетика та довкілля. – 2015. – № 1. – С. 53-58.
37. Дубра Ю.Ю. О краткосрочном прогнозировании уровня воды в Куршском заливе // Тр. ГОИН. 1978. Вып. 142. С. 106–108.
38. Егоров А.Ю., Суздалева А.Л. Экологический мониторинг антропогенно нагруженных водных экосистем (цели и задачи) на примере водоемов-охладителей АЭС // Тезисы доклада VIII съезда Гидробиологического общества РАН. – Калининград. – 2001. – Т.2. – С. 123-124.
39. Егоров Ю.А., Суздалева А.Л. Оценка состояния экосистем водоемов-охладителей / Известия ЮФУ. Технические науки. – 1999. – № 4 (14). – С. 12-13.
40. Егоров Ю.А., Суздалева А.Л. Экологический мониторинг - основа обеспечения экологической безопасности человеческой деятельности для общества (на примере экологического мониторинга в регионах АЭС) // Региональная экология. – 1999. – №3. – С. 17-22.
41. Егоров Ю.А., Суздалева А.Л. Экологический мониторинг антропогенно нагруженных водных экосистем // Экология 2000 - море и человек. – Таганрог: Известия ТРТУ (Тематический выпуск). – 2006. – С. 13-18.
42. Животова Е.Н. Биоиндикационный анализ качества воды Воронежского водохранилища / Е.Н. Животова, О.П. Негрбов. // Безопасность Воронежского водохранилища: материалы 3 регион, конф. – Воронеж, 2005. – С. 28-32.
43. Животова Е.Н. Влияние атомной электростанции на зоопланктон охлаждающих водоемов / Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата биологических наук // Воронежский государственный университет. – Воронеж, – 2007, – 20с.

44. Животова Е.Н. Зоопланктон Воронежского водохранилища как индикатор его современного состояния / Е.Н. Животова // Проблемы охраны окружающей среды современного города : материалы I межрегион. науч.-практ. конф., 30 мая 2005 г. – Воронеж, 2005. – С. 42-46.
45. Животова Е.Н. Зоопланктон как объект мониторинга водоемов в зоне влияния НВ АЭС / Е.Н. Животова // Международные экологические чтения памяти К.К. Сент-Илера. – Воронеж, 1998. – С. 94-97.
46. Животова Е.Н. Использование зоопланктона в биоиндикации теплового загрязнения водоемов-охладителей АЭС / Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2007. № 1. С. 73-75.
47. Животова Е.Н. Мониторинг зоопланктона водоема-охладителя НВ АЭС по данным 2003 года / Е.Н. Животова // Экология бассейна Дона. – Воронеж, – 2005 – С. 53-56.
48. Животова Е.Н. Мониторинг зоопланктоценозов Воронежского водохранилища / Е.Н. Животова // Гидробиологические исследования водоемов средней русской лесостепи. – Воронеж : Воронеж, гос. ун-т, 2002. – Т. 1. – С. 326.
49. Животова Е.Н. Опыт применения комплексного мониторинга в критических гидрозкосистемах / Е.Н. Животова, О.П. Негробов, В.Г. Артюхов // Биотехнология в охране и реабилитации окружающей среды : тр. биотехнол. центра МГУ. – М., 2003. – С. 151-158.
50. Животова Е.Н. Современная структура зоопланктона Воронежского водохранилища / Е.Н. Животова, Н.В. Суднина, В.И. Рассказова // Экология и охрана природы города Воронежа: материалы докл. и выступлений науч.-практ. конф. – Воронеж, 1990. – С. 113-115.
51. Животова Е.Н. Состав и структура зоопланктоценозов Воронежского водохранилища / Е.Н. Животова // Актуальные вопросы экологии и охраны природы водных экосистем и сопредельных территорий: межресп. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Кубанского гос. ун-та. – Краснодар, 1995. – С. 162-164.
52. Жирехин В.И., Буторина А.П., Кудинов М.Ю., Смирнов В.А. Мониторинг состояния водных биологических ресурсов озер-охладителей Калининской

АЭС / Сборник. Экология водоемов - охладителей энергетических станций Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. – 2017. – С. 117-123.

53. Жирехин В.И., Буторина А.П., Кудинов М.Ю., Смирнов В.А. Современное состояние водных биологических ресурсов озер-охладителей Калининской АЭС / Сборник. Вузовская наука - региону Материалы XV Всероссийской научной конференции с международным участием. – 2017. – С. 355-358.

54. Жуков П. И. Рыбы Белоруссии. – Минск: Ураджай, – 1965. – 416 с.

55. 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.

56. Израэль Ю.А. Гидробиологическая служба наблюдения и контроля поверхностных вод в СССР / Ю.А. Израэль, Н.К. Гасилина, В.А. Абакумов. – Москва: Гидрометеиздат, 1979. – С. 11.

57. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. М.: Гидрометеиздат, – 1984 г. – 560с.

58. Итоги изучения гидробиологического режима пресных водоемов-охладителей юга УССР / М.Л. Пидгайко [и др.] // Гидробиологический журнал. – 1970. – Т. 6, № 2. – С. 36-44.

59. Калининченко Р.А, Сергеева О.А, Протасов А.А., Сеницына О.О. Структура и функциональные характеристики пелагических и контурных группировок гидробионтов в водоеме-охладителе Запорожской АЭС// Гидробиол. журн. Т. 34, №1, 1998 г.

60. Каплан Е.М., Шварц А.А., Лунева Е.В., Макушенко М.Е., Румынин В.Г. Трансграничный аспект оценки воздействия строящихся АЭС на водные экосистемы (на примере Балтийской АЭС) // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2015. №4. С. 291-304.

61. Кириченко О.И., Куржыкаев Ж.К., Шарапова Л.И., Мурзашев Т.К. Эффективность работы рыбозащитных устройств различного типа на водоемах центрального и северного Казахстана / Вестник Астраханского государственного

технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – Астрахань – 2017. – № 3. – С.53-57.

62. Коблицкая А.Ф. Определитель молоди рыб дельты Волги. М. Наука, 1966.

63. Коткин К.С. Оптимизация экологических исследований при проектировании и эксплуатации энергетических объектов // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Пятнадцатая Международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов: Тезисы докладов. В 3-х томах. Том 2. Издательский дом МЭИ, – 2009. – С. 219-220.

64. Коткин К.С. Основные факторы формирования ихтиофауны природно-техногенных и техногенных водоемов // Вестник Российского университета дружбы народов. // Серия Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2012. – № 3. – С.53-57.

65. Коткин К.С. Формирование ихтиофауны водоемов-охладителей АЭС / Дисс... канд. биол. наук: 03.02.08 // Российский университет дружбы народов (РУДН). – М.: 2012. – 131 с.

66. Коткин К.С., Суздалева А. Л. Влияние системы технического водоснабжения на формирование ихтиофауны водоемов-охладителей //Естественные и технические науки №4, – М.: 2012. – С. 112-114.

67. Кулаков Д.В. и др. Зоопланктон и гидрохимические условия трансграничной реки Неман в период строительства Балтийской АЭС / Макушенко М.Е., Верещагина, Лунева Е.В. // Вода: химия и экология. – 2016. – №6. – С. 46–55.

68. Кулаков Д.В. и др. Комплексный мониторинг поверхностных и подземных вод в районе строящейся Балтийской АЭС / Макушенко М.Е., Верещагина Е.А., Белоусов И.Ю., Лунева Е.В., Макашов С.Э., Шварц А.А., Каплан Е.М., Вяхи И.Э. // Труды первой научно-практической конференции с международным участием, посвященной 60-летию атомной энергетики «Экологическая безопасность АЭС». Калининград, 16–17 октября 2014 г. Изд-во «Аксиос», Калининград, 2014. С. 32-39.

69. Кулаков Д.В., Макушенко М.Е., Верещагина Е.А. Зоопланктон и зообентос Белоярского водохранилища в условиях теплового воздействия атомной электростанции // Водное хозяйство России. № 5, – 2016. – С. 90–101.
70. Кулаков Д.В., Макушенко М.Е., Верещагина Е.А., Лунева Е.В. Зоопланктон и зообентос р. Неман в районе строящейся Балтийской АЭС. // Вода. Химия и экология. 2014. №11. С. 70-76.
71. Лашенцова Т.Н. и др. Фоновая оценка состояния окружающей среды и населения по радиационному и химическому факторам / Самойлов А.С., Шандала Н.К., Коренков И.П., Лунева Е.В., Семенова М.П. // X Международный симпозиум «Экология человека и медико-биологическая безопасность населения». Тезисы докладов. - Крым, Ялта, 24 октября - 1 ноября, 2015. - С. 100-108.
72. Лихачева Н.Е. Фитопланктон водоемов-охладителей Курской и Смоленской АЭС // Дисс... канд. биол. наук. 03.00.18. М: МГУ. Биологический факультет. – 2003. –153 с.
73. Лихачева Н.Е., Шидловская Н.А., Кучкина М.А. Индикация сапробности с помощью фитопланктона в водоеме-охладителе Курской АЭС Естественные и технические науки. 2011. – № 2 (52). – С. 132-133.
74. Лихачева Н.Е., Шидловская Н.А., Кучкина М.А. Фитопланктон водоема-охладителя Курской АЭС / Естественные и технические науки. 2011. – № 1 (51). – С. 62-63.
75. Лунева Е.В. Оценка влияния атомных электростанций России на экосистемы водоемов-охладителей // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2014. – №34. – С. 20-33.
76. Лунева Е.В. Оценка состояния экосистемы реки Неман по данным экологического мониторинга в связи с сооружением Балтийской АЭС / XXII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2015». Тез. докл. Москва, 2015. С. 319-320.
77. Лунева Е.В. Содержание радионуклидов в поверхностных водах, донных отложениях и гидробионтах реки Неман / Биология внутренних вод. –2018. – № 1. –С. 100-106.

78. Лунева Е.В. Характеристика систем водоснабжения атомных станций в связи с оценкой воздействия строящейся Балтийской АЭС на водные биоресурсы реки Неман // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2013. – №28. – С.164-172.

79. Лунева Е.В. Экологическая политика Балтийской АЭС и ее реализация на современном этапе строительства // Труды X международной научной конференции «Инновации в науке, образовании и се – 2012». – Калининград, 2012. – Ч.1. – С. 138-140

80. Лунева Е.В. Экологический мониторинг естественных водоемов, используемых для технического водоснабжения АЭС, до ввода ее в эксплуатацию / IX Международная научно-техническая конференция «Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики». Тез. докл. Москва, 2014. С. 175–176.

81. Лунева Е.В., Верещагина Е.А., Цветкова Н.Н. Результаты комплексных исследований реки Неман в районе строящейся Балтийской АЭС // Труды III Балтийского морского форума. Международная научная конференция «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». – Калининград, 2015. С. 169–172.

82. Макаров И.И., Соколов А.С., Шульман С.Г. Моделирование гидротермических процессов водоемов-охладителей ТЭС и АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1986 г. – 184 с.

83. Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод/ А.В. Макрушин.- Л.: Изд-во ЗИН АН СССР, 1974. - 60с.

84. Макушенко М.Е. Зообентос р. Пышма и Белоярского водохранилища в зоне воздействия сбросов теплых вод Белоярской АЭС / М.Е. Макушенко // Биоразнообразие наземных и водных животных и зооресурсы: мат. I всероссийской научной Интернет-конференции. – Казань, 2013. – С.101-104.

85. Маркова Л.Л., Нечай И.Я. Гидрологический очерк устьевых областей рек Немана и Преголи // Тр. ГОИН. 1960. Вып. 49. С. 118–188.

86. Маркова, Л.Л. Реки / Л.Л. Маркова // Калининградская обл. Очерки

природы / под ред. В.М. Литвина. – Калининград: Янтар. сказ, 1999. – С. 69 - 83.

87. Матвеева Е.П. Характеристика зоопланктонного сообщества трансграничной реки Неман на территории Калининградской области / Е.П. Матвеева, Е.А. Масюткина, М.Н. Шibaева // Известия КГТУ. – Калининград, 2012., №24. – С. 103-110.

88. Матвеева. Е.П. Характеристика фонового состояния бентосного сообщества в зоне возможного воздействия Балтийской АЭС/ Е.П. Матвеева, Е.А. Масюткина, М.Н. Шibaева// Известия КГТУ. - Калининград: Изд-во КГТУ, 2011, № 22, – С.190-196.

89. Методика (раздел биотестирование на рыбах) РД 118-02-90 и методические указания по установлению экологорыбохозяйственных нормативов загрязняющих веществ для воды водных объектов ВНИРО. Москва, 1985.

90. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам, утвержденная приказом Федерального агентства по рыболовству от 25.11.2011 г. № 1166.

91. Методические рекомендации по определению радиоактивного загрязнения водных объектов / Под редакцией С. М. Вакуловского. - М.: Гидрометеиздат, 1986. – 78с.

92. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды. М.: Здравоохранение СССР, – 1980. – 336 с.

93. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах, Л., ГосНИОРХ АН СССР, 1984г.

94. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция / ред. Г.Г. Винберг, Г.М. Лаврентьева. Л.: ГосНИОРХ, ЗИН АН СССР. — 1984. — 33 с.

95. Методические указания от 01.01.2004 РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимиче-

ским показателям»

96. Мишелович Г.М., Егорова Н.А.. Селективные свойства водозаборов и их влияние на видовую структуру популяции рыб в водоёме // Воспроизводство естественных популяций ценных видов рыб. Тез. докл. Межд. конф. СПб: Нестор-История. – 2010 – С. 131–134.

97. Мордухай-Болтовский Ф.Д. Проблема влияния тепловых и атомных электростанций на гидробиологический режим водоемов / Ф.Д. Мордухай-Болтовский // Экология организмов водохранилищ-охладителей: тр. Ин-та биол. внутр. вод. – Ленинград: Наука, 1975. – Вып. 27(30). – С. 7-69.

98. Мордухай-Болтовской Ф.Д. Формы воздействия тепловых и атомных электростанций на жизнь водоемов // Влияние тепловых электростанций на гидрологию и биологию водоемов. Материалы второго симп. Борок, 26–28 августа 1974 г. Борок. – 1974. – С. 106–110.

99. МР 1.3.2.09.1159-2016 «Организация производственного экологического мониторинга на атомных станциях. Методические рекомендации», утв. приказом АО «Концерн Росэнергоатом» от 14.12.2016 № 9/1617-П.

100. МУ 2.1.5.1183-03 «Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием воды в системах технического водоснабжения промышленных предприятий» Дата введения 11.01.2003; Стандартиформ; М; 8.

101. Нагорнова Н. Н., Берникова Т. А. Сезонная изменчивость гидрохимических условий р. Неман в пределах Калининградской области / Труды научно-практической конференции с международным участием, посвященной 60-летию атомной энергетики «Экологическая безопасность АЭС» – Калининград, 16-17 октября 2014 г. – Изд-во «Аксиос», Калининград, 2014. – С. 67-76.

102. Нагорнова Н.Н. Геоэкологическая оценка состояния малых водотоков Калининградской области: автореф. дис. ... канд. географ. наук: 25.00.36 / Нагорнова Надежда Николаевна. – Калининград, 2012. – 21 с.

103. Научно-технический отчет по договору № 24-09/ВТ1/1911 «Определение расчетных гидрологических характеристик при наличии и отсутствии данных наблюдений для обеспечения проектирования систем технического водо-

снабжения Балтийской АЭС и отведения стока от площадки станции», № ВТ/Ф 21292 от 25.11.2009 г.

104. Никаноров Ю. И. Влияние сбросных вод тепловых электростанций на ихтиофауну и рыбное хозяйство водоемов – охладителей // Тр. Всес. гидробиол. о-ва. 1977. – Т. 21. – С. 135–156.

105. Никаноров Ю.И. О некоторых закономерностях формирования ихтиофауны в водоемах под влиянием сбросных вод тепловых электростанций // Влияние тепловых электростанций на гидрологию и биологию водоемов. Материалы Второго Симп. Борок, 26–28 августа 1974 г. Борок. – 1974. – С. 112–115.

106. Никаноров Ю.И. Экологические условия формирования ихтиофауны и прогнозирование ее состава в водохранилищах-охладителях тепловых электростанций // Водн. ресурсы. 1976. – № 3. – С. 114–123.

107. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2013 год. М.: Росгидромет, 2014. – 228 с.

108. Отбор проб и анализ содержания на уровне глобального фона естественных и техногенных радионуклидов (в том числе 14-углерода и трития) в природных средах, компонентах аграрной, лесной и водной экосистем в районе расположения БтАЭС // Экспертиза оценки и прогноза последствия для экосистемы р. Неман сброса радионуклидов с БтАЭС при нормальной эксплуатации. СПб.: Радиевый институт им. В. Г. Хлопина, 2010. – 245 с.

109. Отчет об экологической безопасности за 2016 год. Балаковская АЭС. – Балаково. – С. 19. URL: <http://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/32f/32f34a81a395fb935da468e14b6330da.pdf> (дата обращения: 06.10.2017).

110. Отчет об экологической безопасности за 2016 год. Белоярская АЭС. – Заречный. – С. 20. URL: <http://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/987/9871ae51da784b927af6d230eef1f21fdf> (дата обращения: 06.10.2017).

111. Отчет об экологической безопасности за 2016 год. Билибинская АЭС. – Билибино. – С. 13. URL:

<http://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/e79/e7966e7e1165632b93f709d341dcf33d.pdf> (дата обращения: 06.10.2017).

112. Отчет об экологической безопасности за 2016 год. Калининская АЭС. – Удомля. - С. 16. URL: <http://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/d27/d27e3cfc0d231c4109f3314e0d141aab.pdf> (дата обращения: 06.10.2017).

113. Отчет об экологической безопасности за 2016 год. Кольская АЭС. – Полярные зори. - С. 12. URL: <http://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/b7a/b7af2d83759ddba0cf4711a6291c3c51.pdf> (дата обращения: 06.10.2017).

114. Отчет об экологической безопасности за 2016 год. Курская АЭС. – Курчатov. - С. 23. URL: <http://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/632/63237b8aa8afc5d6425dadd3171c9e61.pdf> (дата обращения: 06.10.2017).

115. Отчет об экологической безопасности за 2016 год. Ленинградская АЭС. – Сосновый бор. - С. 22. URL: <http://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/934/934fb51b440e5a43304a038f6feab3ab.pdf> (дата обращения: 06.10.2017).

116. Отчет об экологической безопасности за 2016 год. Нововоронежская АЭС. – Нововоронеж. - С. 22. URL: <http://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/1b2/1b2830f224e6b1393afe2d9ace500153.pdf> (дата обращения: 06.10.2017).

117. Отчет об экологической безопасности за 2016 год. Ростовская АЭС. – Волгодонск. - С. 12. URL: <http://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/034/034a3c3bfc22a08df1e0a3a2d1bbc922.pdf> (дата обращения: 06.10.2017).

118. Отчет об экологической безопасности за 2016 год. Смоленская АЭС. – Десногорск. - С. 25. URL: <http://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/33d/33da56170eab28956b28eb5e54cf1833.pdf> (дата обращения: 06.10.2017).

119. Отчет по оценке влияния на окружающую среду. Новая атомная электростанция в Литве. (Окончательный отчет). Pöyry Energy Oy (Финляндия). Литовский энергетический институт. 2009 г. / <http://docplayer.ru/38422485-Otchet-po-ocenke-vliyaniya-na-okruzhayushchuyu-sredu-novaya-atomnaya-elektrostanciya-v-litve-27-marta-2009-g.html> (дата обращения: 22.11.2017).

120. Павлов Д.С., Пахоруков А.М. Биологические основы защиты молоди рыб от попадания в водозаборные сооружения. - 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. - 264 с.

121. Пахоруков А.М. Изучение распределения молоди рыб в водохранилищах и озерах. Методическая разработка. - 1980. 64 с.

122. Пахоруков А.М. Изучение распределения молоди рыб в водохранилищах и озерах. Методическая разработка. — 1980. — 64 с.

123. Погребов В.Б. Индикация экосистемных нарушений в условиях антропогенного термального градиента в Финском заливе по планктону / В.Б. Погребов, В.Н. Рябова // Экология. — 1988. — № 4. — С. 39-45.

124. Погребов В.Б. Планктонные организмы – как биологические индикаторы нарушений температурных характеристик водной среды на примере планктона побережья Финского залива / В.Б. Погребов [и др.] // Биологическая индикация в антропоэкологии. – Ленинград: Наука, 1984. – С. 126-132.

125. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 30.04.2003 № 78 «О введении в действие ГН 2.1.5.1315-03» (вместе с «ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27.04.2003) (Зарегистрировано в Минюсте России 19.05.2003 N 4550)

126. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 08.05.2007 № 43/42 «О некоторых вопросах нормирования качества воды рыбохозяйственных водных объектов» (в редакции постановления Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

и Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 24.12.2009 № 70/139).

127. Постановление Правительства РФ от 28.09.2015 № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий»

128. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных): 4-е изд. — М.: Пищевая промышленность, 1966. — 374 с.

129. Предварительная оценка возможного ущерба водным биоресурсам при нормальной эксплуатации Балтийской АЭС. ФГБОУ ВПО «КГТУ», – Калининград. – 2011. – 152с.

130. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

131. Приказ Министра окружающей среды Литовской Республики от 21 мая 2009 № D1-280 «Об утверждении подробной процедуры порядка исчисления ущерба, нанесенного рыбным запасам, базовых тарифов исчисления ущерба, нанесенного рыбным запасам».

132. Приказ Министра окружающей среды Литовской Республики от 25 июня 2003 г. № 320 «О признании недействительным приказа об утверждении методики исчисления нанесенного гидробионтам ущерба».

133. Приказ Минприроды России от 17.12.2007 № 333 «Об утверждении методики разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей»

134. Приказ Росрыболовства от 04.08.2009 № 695 «Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения»

135. Продолжение производства полевых, лабораторных и камеральных работ; пополнение электронной таблицы результатами измерений; разработка и

утверждение окончательной программы работ по созданию системы радиационного мониторинга в зоне воздействия Балтийской АЭС и исходных технических требований к системе радиационного мониторинга в зоне воздействия Балтийской АЭС (СЗЗ и ЗН): Отчет. М.: МосНПО «РАДОН», 2013. – 344 с.

136. Протасов А.А. Изучение техноэкосистем тепловых и атомных электростанций: некоторые итоги и перспективы / Экология водоемов – охладителей энергетических станций // Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием – Забайкал. гос. ун-т ; – Чита: ЗабГУ, 2017. – 239 с.

137. Протасов А.А. Состав и распределение зоопланктона водоема-охладителя Хмельницкой АЭС / А. А. Протасов // Гидробиол. журн. — 2004. — Т. 40, № 4. – С. 35—44.

138. Протасов А.А., Семенченко В.П., Силаева А.А. Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки. Киев: Институт гидробиологии НАН Украины, – 2011. – 234с.

139. Протасов А.А., Силаева А.А. Контурные группировки гидробионтов в техно-экосистемах ТЭС и АЭС / Институт гидробиологии НАН Украины. — Киев, - 2012. – 274 с.

140. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2013 году. Ежегодник. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2014. – 367 с.

141. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2015 году. Ежегодник. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2016. – 348 с.

142. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2012 году. Ежегодник. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2013. – 344 с.

143. Ривьер И.К. Зоопланктон Мошковического залива, подверженного влиянию подогретых вод Конаковской ГРЭС / И.К. Ривьер // Симпозиум по влиянию подогретых вод теплоэлектростанций на гидрологию и биологию водоемов. – Борок: Изд-во ИБВВ, – 1971. – С. 52-54.

144. Романенко В. Д. Основы гидроэкологии: Уч. для студентов высш. учеб. заведений. Киев: Генеза, 2004. – 664 с.

145. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем/под ред. проф. В.А. Абакумова.– СПб.: Гидрометеиздат, 1992.– 318 с.

146. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений/ под ред. В.А. Абакумова – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.

147. Румынин В.Г., Каплан Е.М., Шварц А.А., Макушенко М.Е., Лунева Е.В. Международные аспекты экологической оценки воздействия строящихся АЭС на водные ресурсы приграничных территорий / Международные аспекты водного законодательства. – М.: Издание Государственной Думы, 2015. С 6-14.

148. Рязанов С.В. Мониторинг окружающей среды в районах расположения атомных станций / В.В. Мартынов, С.В. Рязанов, В.Н. Чупис // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. – Киров: Изд-во ВятГГУ, 2007. – Вып.V. – Ч.1. – С. 306-309.

149. Рязанов С.В. Оценка влияния водных организмов на формирование зон повышенного содержания техногенных радионуклидов в донных отложениях водоема-охладителя Балаковской атомной станции / В.В. Мартынов, С.В. Рязанов, А.Е. Шмелев, А.Ю. Хубецов // Экология урбанизированных территорий. – 2012. – №3. – С.12-13.

150. Рязанов С.В. Разработка экологического мониторинга окружающей среды в районах расположения атомных станций с использованием непараметрических статистических методов / Дисс... канд. тех. наук: 03.02.08 // Международный независимый эколого-политологический университет. – Саратов, – 2012 – 205 с.

151. СанПиН 2.1.5.980-00. 2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.06.2000).

152. Сафтанникова О.Г. Зообентос / О.Г. Сафтанникова // Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины. – Киев:

Наукова думка, 1991. – С. 93-110.

153. Сергеева О.А. Изменение биологических показателей и продукции *Ceriodaphnia reticulata* (Iwine) и *Diaphanosoma brachyurum* (Lieven) в разных температурных условиях водоема-охладителя Кураховской ГРЭС / О.А. Сергеева // Устойчивость к экстремальным температурам и температурные адаптации. – Харьков: Изд-во Харьковск. ун-та, 1971. – С. 25-27.

154. Сечин Ю.Т. Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах. – М.: ВНИИПРХ, 1990. – 50 с.

155. СНиП 2.06.07-87 «Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения» (утв. Постановлением Госстроя СССР от 14.04.1987 N 76).

156. СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» (одобрен Постановлением Госстроя РФ от 26.12.2003 № 218)

157. СП 101.13330.2012. Свод правил. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.07-87, утв. Приказом Минрегиона России от 30.06.2012 № 267

158. СП 11-102-97. «Инженерно-экологические изыскания для строительства» .

159. Справочник гидрохимика: рыбное хозяйство / под ред. В.В. Сапожникова. – М.: Агропромиздат, 1991. – 224 с.

160. Справочник по климату СССР, выпуск 6, «Температура воздуха и почвы», Ленинград, Гидрометиздат, 1988 г.

161. Справочник по климату СССР. Л.: Гидрометиздат, 1988 г.

162. Справочник проектировщика «Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий» 1977 г.

163. СТО 1.1.1.02.006.0689-2014 «Водопользование на атомных станциях. Классификация охлаждающих систем водоснабжения», утвержденный приказом ОАО «Концерн Росэнергоатом» от 12.09.2014 № 9/979-П, – 42 с.

164. СТО 1.1.1.01.999.0466-2013 «Основные правила обеспечения охраны окружающей среды на атомных станциях», утв. приказом АО «Концерн Росэнер-

гоатом» от 01.02.2013 № 9/79-П.

165. Суздалева А.Л. Бактериопланктон водоемов-охладителей Курской и Калининской АЭС. // Дисс. канд. биол. наук. 11.00.11. – М: МГУ, – 1996, – 186 с.

166. Суздалева А.Л. Лихачева Н.Е., Шидловская Н.А., Карташева Н.В. Влияние особенностей структуры водных масс водоемов-охладителей АЭС на распределение и состав планктона. // Тез. докл. VIII съезда Гидробиол. об-ва РАН. – Калининград, 2001. – С. 181-182.

167. Суздалева А.Л. Об организации натурных исследований при проведении экологического мониторинга водных объектов при эксплуатации АЭС. // Биологические проблемы устойчивого развития Природных экосистем. Тез. докл. междунар. научн. конф. Ч.2. – Воронеж: ВГУ, 1996. – С. 124-126.

168. Суздалева А.Л. Об организации экологического мониторинга на водоемах-охладителях атомных электростанций. // Мониторинг и оптимизация природопользования. Тез. докл. междунар. симп. Москва-Селигер: 1996. – С. 105-107.

169. Суздалева А.Л. Структура и экологическое состояние природно-техногенных систем водоемов-охладителей АЭС // Дисс. ...док. биол. наук. 03.00.16. М: ГНИПКИИ «АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ», – 2002. – 186 с.

170. Суздалева А.Л. Унифицированная методика исследования экологического состояния водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций. // Региональная экология. 2000. – №1-2. – С.58-61.

171. Суздалева А.Л. Экспериментальное исследование термотолерантности бактериопланктона водоемов-охладителей АЭС. // Водные ресурсы. – 1998, Т.25. №6. – С.744-746.

172. Суздалева А.Л., Безносков В.Н. Изменение гидрологической структуры водоемов при их превращении в водоемы-охладители атомной (тепловой) электростанции // Инженерная экология. 2000. №2. С.47-55.

173. Суздалева А.Л., Попов А.В., Кучкина М.А., Фомин Д.В., Минин Д.В. Изменение химического состава воды и планктона при прохождении через систему технического водоснабжения АЭС // Безопасность энергетических сооружений. – Вып. 16. – 2007. – С. 201-215.

174. Сулимов А.С. О влиянии теплых сбросных вод Костромской ГРЭС на ихтиофауну речной части Горьковского водохранилища // Влияние тепловых электростанций на гидрологию и биологию водоемов. Материалы Второго симп. Борок, 26–28 августа 1974 г. Борок. – 1974. – С.176–180.

175. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Неман и рек бассейна Балтийского моря (российская часть в Калининградской обл.), утвержденная приказом от 09.12.2014 № 171 Невско-Ладожского бассейнового водного управления Федерального агентства водных ресурсов.

176. Тылик К.В. Рыбы трансграничных водоемов России и Литвы. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО КГТУ, 2007. – 128 с.

177. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»

178. Федеральный закон от 20.12.2004 № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов»

179. Хлопников М.М., Голубкова Т.А., Репечка Р. Ихтиофауна. Куршский залив // Рыбохозяйственный кадастр трансграничных водоемов России (Калининградская обл-асть) и Литвы / Отв. ред. С. В. Шибаев, М. М. Хлопников, А. В. Соколов. – Калининград: Изд-во «ИП Мишуткина», 2008. – с. 37-54.

180. Цупикова Н.А., Лунева Е.В. Сопоставление нормативных требований Российской Федерации и Европейского Союза к вопросам охраны водных ресурсов при эксплуатации атомных электростанций на примере Балтийской АЭС // Труды первой научно-практической конференции с международным участием, посвященной 60-летию атомной энергетики «Экологическая безопасность АЭС». Калининград, 16–17 октября 2014 г. Изд-во «Аксиос», Калининград, 2014. С. 118–124.

181. Чеботина М.Я., Гусева В.П., Поляков Е.В. Исследование видовых характеристик и накопительной способности зоопланктона водоема-охладителя Белоярской АЭС. // Уральский геофизический вестник, № 2(22), – 2013, С. – 59-71.

182. Шибаев С.В. Геоэкологические аспекты переноса биогенных веществ трансграничными реками (на примере Калининградской области) / С.В. Шибаев,

Н.Н. Нагорнова, Т.А. Берникова, Н.А. Цупикова// Известия Калининградского государственного технического университета. – 2011. – №22. – С. 133-141.

183. Шибает С.В., Соколов А.В. Метод анализа ихтиоценозов малых озер Калининградской области на основе контрольных обловов сетных орудий лова// Труды ВНИРО, т. 151, 2013.

184. Шибает С.В., Соколов А.В., Шибаета М.Н., Лунева Е.В., Новожилов О.А., Масюткина Е.А., Макушенко М.Е., Ланге Е.К. Характеристика фонового состояния биоты реки Неман в зоне возможного воздействия Балтийской АЭС (Калининградская область) // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2016. – №42. – С. 59-86.

185. Шибаета М.Н., Масюткина Е.А., Матвеева Е.П. Зообентос рек Немана и Шешупе в зоне возможного воздействия Балтийской АЭС и перспективы его возможных изменений / Труды научно-практической конференции с международным участием, посвященной 60-летию атомной энергетики «Экологическая безопасность АЭС» – Калининград, 16-17 октября 2014 г. – Изд-во «Аксиос», Калининград, 2014. – С. 125-132.

186. Шибаета М.Н., Масюткина Е.А., Матвеева Е.П., Охупкина А.А. Видовое разнообразие зоопланктона как показатель экологического состояния водоемов Калининградской области // Известия КГТУ. - Калининград, 2013, №28. – с. 153-163.

187. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, – 2003 г. – 463с.

188. Шуйский В.Ф. Влияние теплового и органического загрязнения на структуру макрозообентоценозов водоема-охладителя Новомичуринской ГРЭС / В.Ф. Шуйский, С.В. Чистякова, Н.В. Устюжанина // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – 1990. – Вып. 309. – С. 309.

189. Шуйский В.Ф. Оценка уровня локального «теплового загрязнения» в водоемах-охладителях / В.Ф. Шуйский, И.И. Евдокимов, Е.И. Домпальм // Влияние теплового и органического загрязнения на биоту водоемов-охладителей: сб.

науч. тр. / ГосНИОРХ. – 1995. – Вып. 314. – С. 82-86.

190. Экологическая характеристика региона за 2009 г.: Техн. отчет. СПб.: С.-Петербург. НИИ Энергоизыскания, 2009. – 259 с.

191. Экология водоемов – охладителей энергетических станций : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием // Забайкал. гос. ун-т ; [отв. ред. Г. Ц. Цыбекмитова]. – Чита: ЗабГУ. – 2017. – 350с.

192. Энергетическое производство с замкнутым водооборотным циклом. М.: МИХМ, 1991. – 79 с.

193. Appleby L. J., Devell L., Mishra Yu. K. The ways of migration of artificial radionuclides in the environment. Radioecology after Chernobyl. Chichester; N.Y.; Brisbane; Toronto; Singapore: John Wiley & Sons, 1993. – 483 p.

194. Assessment of the potential transboundary effects of the construction of the Bystre Deep-Water Navigation Channel on fish and fisheries. Final version. Report to the ESPOO Inquiry Commission. Vienna. June 2006 // <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/eia/documents/inquiry/Final%20Report%20Schmutz.pdf> (дата обращения: 12.06.2017).

195. Beitinger T.L., Bennet W.A., McCauley R.W. Temperature tolerances of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature // Environ. Biol. Fish. V. 58. N 3. – 2000. – P. 237–275.

196. Council Directive 85/337/EEC of 27 June 1985 on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment, OJ L 175, 5. 7. 1985, p. 40.

197. Council Directive 97/11/EC of 3 March 1997 amending Directive 85/337/EEC on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment, OJ L 73, 14. 3. 1997, p. 5

198. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. - Official Journal L 327, 22/12/2000. – P. 0001 – 0073.

199. Directive 2006/44/EC of the European Parliament and of the Council of 6 September 2006 on the quality of fresh waters needing protection or improvement in

order to support fish life.

200. Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EEC. – Official Journal of the European Union, No. L 64, EN, 4.3.2006.– P. 37-51.

201. Environmental Impact Assessment Report for a Nuclear Power Plant / Fennovoima Ltd. 2008 ISBN 978-952-5756-05-0 // <http://tem.fi/documents/1410877/2821523/EIA+report/9d862ccb-4478-46e9-95ff-31d7fdbd042e/EIA+report.pdf> (дата обращения: 22.11.2017).

202. Environmental Impact Assessment Report. Extension of the Olkiluoto Nuclear Power Plant by a fourth Unit/ Teollisuuden 2008 Voima Oyj // http://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/11085655_9175955/c59238e0/KKW-Olkiluoto-Finnland-EIA-Report-englisch.pdf (дата обращения: 22.11.2017).

203. Gaigalas K. Kuršių marių baseino žuvysir žvejyba- Klaipėda: Eglė, – 2001. – 369 p.

204. Gaigalas K., Gerulaitis A., Krotas R., Maniukas J. Fish and fishery // Nemunas River, 2. – Vilnius, – 1978. – 200 p.

205. Gailiusis B., Kriaučiūnienė J., Jakimavičius D., Šarauskienė D. Variability of long-term runoff series in the Baltic Sea drainage basin. *Baltica*. – 2011. vol. 24. no. 1. – pp. 45–54.

206. Gailiusis B. and Kriauciuniene, J., Anthropogenic Change of Hydrological Regime of the Kursiu Lagoon in Lithuania, Nordic Hydrological Programme. AHP Rep. no. 44, – 1998, – pp. 63–69.

207. Gailiusis B., Jablonskis, J., and Kovalenkoviene, M., Lietuvos Upes. Hidrografija Ir Nuotekis, Kaunas: Lietuvos energetikos institutas, – 2001.

208. Golovanov V.K. Ecophysiological patterns of distribution and behavior of freshwater fish in thermal gradients // *J. of Ichthyology*. Vol. 53, № 4. – 2013. – P. – 252-280.

209. Golovanov V.K. Influence of various factors on upper lethal temperature (review) // *Inland Water Biol*. V. 5. № 1. – 2012. – P. 105–112.

210. Golovanov V.K. The ecological and evolutionary aspects of thermoregulation behavior of fish / V. K. Golovanov // J. Ichthyology. – 2006. – Vol. 46. – Suppl. 2. – P. 180–187.
211. Keller H. Memel, Pregel, Weichselstrom, ihre Strom gebiete und ihre wichtigsten Nebenflüsse. Bd. I–IV. Berlin: Verlag von Dietrich Reimer, 1899.
212. Kesminas V., Repecka R. Human impact on fish assemblages in the Nemunas River, Lithuania. - ArchivfürHydrobiologie. Supplement 155 (Large Rivers 15), – 2005. – p. 275-288.
213. Kesminas V., Virbickas T., Fish species diversity and productivity. Hydrobiological re-search in the Baltic countries (Rivers and lakes, part 1). Vilnius, – 1999, – p. 66-103.
214. Kolupaila S., Hidrometrinis metraštis, Kaunas, 1930.
215. Kolupaila S., Nemuno nuotakis per 121 metus (1812–1932), Kosmos, 1932, no. 1, pp. 7–12.
216. Kolupaila S., Nemuno tyrinėjimų istorijos bruožai, Židiny. 1934, no. 7, pp. 51–65.
217. Koponen J., Kumm M., Lauri H., Virtanen M., Inkala A., Sarkkula J., Suojanen I., Veijalainen N. 2008. EIA 3D model manual // <https://data.opendevlopmentmekong.net/dataset/73b6edb0-9d77-42e4-be25-d9e8616ed760/resource/1b7f2e89-dfbf-4dea-b9c4-d9c91e73bd8e/download/EIA3DManual.pdf> (дата обращения: 12.06.2017).
218. Macevičius J., Debitu pasiskirstymas Nemuno deltoje, Hidrometeorologiniai straipsniai, 1972, no. 5, pp. 25–33.
219. Meilutytė-Barauskienė D., Kriaučiūnienė J., Kovalenkoviienė M., Impact of climate change on runoff of the Lithuanian rivers: modern climate change models, statistical methods and hydrological modeling, Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2010.
220. Mikhailova M.V., Žaromskis R. Hydrological processes in the mouth area of the Nemunas (Neman) River // Water Resources. 2013. T. 40. № 2. С. 97-110.
221. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on

environmental quality standards in the field of water policy and amending Directive 2000/60/EC (presented by the Commission) // Brussels, 17.07.2006.

222. Protasov A.A. Conceptual models of the contourization processes in the aquatic ecosystems // *Hydrobiological Journal*. – 2014. V. 50. № 1. – P. 3–19.

223. Protasov A.A., Silayeva A.A., Zubkova Y.I. Conceptual approaches to organization of hydrobiological monitoring of techno-ecosystems of thermal and nuclear power plants / *Hydrobiological Journal*. – 2016. – T. 52. № 2. – P. 59-70.

224. Pupienis D., Žilinskas G., Jarmalavičius D., Nemuno avandelta paskutiniame šimtmečiuje. Jūros ir krantų tyrimai. Konferencijos medžiaga. Klaipėda, 2011, pp. 217–223.

225. Rainys A., Deltos hidrologija. Nemunas 1 d, Vilnius: Mokslas, 1977, pp. 47–58.

226. Rainys A., Kai kurie Nemuno deltos ledų režimo bruožai, *Hidrometeorologiniai straipsniai*, 1975, no. 7, pp. 5–13

227. Rainys A., Pagrindinių Nemuno šakų — Gilijos ir Rusnės nuotėkis. Regioninė hidrometeorologija, 1991, no. 14, pp. 12–16. 24. Keller, H., Memel-, Pregel-, Weichselstrom, ihre Stromgebiete und ihre wichtigsten Nebenflüsse, vol. I–IV, Berlin: Verlag von Dietrich Reimer, 1899.

228. Suzdaleva A.L. An experimental study of the thermal tolerance of bacterioplankton in the cooling ponds of nuclear power stations / *Water Resources*. – 1998. T. 25. – № 6. – C. 686-688.

229. Suzdaleva A.L. The effect of circulating water masses of nuclear power plants on the distribution of bacterial plankton in cooling ponds / *Water Resources*. – 2001. – T. 28. № 3. – C. 317-323.

230. Žaromskis R. Nemuno delta kaip geografinių tyrimų objektas, Vilnius: *Geografija*, 1999, vol. 35, no. 2, pp. 5–13.

231. Žaromskis R. Channel and Relief-Forming Processes in the Delta of Nemunas River, Tr. VI konf. “Dinamika i termika rek, vodokhranilishch i pribrezhnoi zony morei” (Proc. VI Conf. “Dynamics and Thermal Processes in Rivers, Reservoirs, and the Coastal Zone of the Sea), Moscow, 2004, pp. 530–533.