

Лунева Елена Владимировна

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

Специальность 03.02.08 – экология (биология)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Тюмень 2018

Работа выполнена на кафедре ихтиологии и экологии ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой ихтиологии и экологии ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»
Шибает Сергей Вадимович

Официальные оппоненты: **Лукин Анатолий Александрович**, доктор биологических наук, профессор, начальник Федерального селекционно-генетического центра рыбоводства филиала ФГБУ «Главрыбвод»

Студентов Игорь Иванович, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией биоресурсов внутренних водоемов Северного филиала ФГБНУ «Полярный институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича»

Ведущая организация: ФГБНУ «Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук»

Защита диссертации состоится 11 декабря 2018 г. в 13-30 на заседании диссертационного совета Д 999.114.02 при ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья» по адресу: 625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7

Телефон/факс: 8(3452) 29-01-52, e-mail: dissgauz@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного университета Северного Зауралья и на сайте университета <http://www.tsaa.ru>

Автореферат разослан «9» октября 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор с.-х. наук

Турсумбекова Галина Шалкаровна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Атомная энергетика – это одно из перспективных направлений для многих отраслей мировой экономики. Экологическое воздействие от эксплуатации АЭС многообразно и зависит от ряда факторов, среди которых наиболее значимым бывает использование большого количества воды в системе технического водоснабжения. Это в полной мере касается и строящейся в Калининградской области Балтийской АЭС, проектом которой впервые предусматривается использование естественного трансграничного водотока – реки Неман, которая протекает по территории трех государств – Белоруссии, Литвы и России и впадает в Куршский залив Балтийского моря. Куршский залив – один из самых продуктивных рыбохозяйственных водных объектов Европы, а р. Неман выступает важнейшим водотоком, обеспечивающим воспроизводство водных биоресурсов. Поэтому воздействие Балтийской 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 р. 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 фонового состояния 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 воздей-

ствия; 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, разработке 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, математической и статистической обработке материалов, формулировке научных положений и выво-

дов.

Апробация работы. Результаты исследований по теме диссертационной работы были представлены автором на 15 научных конференциях, среди которых I и III Международные научные конференции «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов» (Калининград, 2013, 2015); 12-ая, 13-ая Международные научно-практические конференции по проблемам экологии и безопасности «Дальневосточная весна» (Комсомольск-на-Амуре, 2014, 2015); IX, X, XI Международные научно-технические конференции «Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики» (Москва, 2014, 2016, 2018); XXII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2015» (Москва, 2015); X Международный симпозиум «Экология человека и медико-биологическая безопасность населения» (Крым, Ялта, 2015) и др.

Публикации. Основные результаты исследований изложены в 22 печатных работах, в т. ч. 5 публикаций – в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ. Получено Свидетельство о государственной регистрации базы данных.

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

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 Обзор литературы

В главе проанализирована методология организации экологического мониторинга на АЭС в РФ в части воздействия на водные объекты. Проведен анализ фактической организации экологического мониторинга на российских АЭС, который показал, что единый подход к проведению исследований водоемов-охладителей и водных объектов, используемых в технологическом цикле АЭС, отсутствует. Отмечены особенности Балтийской АЭС, которые не характерны для других АЭС России. Особое внимание уделено изучению воздействия на биоту, так как это определяет возможное негативное воздействие на водные биоресурсы в период эксплуатации АЭС. Рассмотрено законодательное нормирование воздействия АЭС на естественный водный объект, предполагаемый к

использованию в технологическом цикле АЭС в трансграничном аспекте. Проанализирована нормативно-методическая база РФ, Литвы (ЕС), Белоруссии по вопросам нормирования качества поверхностных вод и оценки вреда водным биоресурсам.

Глава 2 Материалы и методы

Материалом для настоящей работы послужили исследования, проведенные с 2009-2017 гг. в районе размещения Балтийской АЭС, включая гидрохимический, гидробиологический, ихтиологический мониторинг биоты р. Неман в зоне возможного воздействия АЭС с использованием, как стандартных методик экологических исследований, так и оригинальных методик, таких как квазистационарная гидродинамическая модель участка р. 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, осуществлялась по общепринятым методикам (Правдин, 1966; Пахоруков, 1980; Методические рекомендации по сбору и обработке материалов 1984; Методы биоиндикации, 1989; Руководство по гидробиологическому мониторингу, 1992 и др.). 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 в соответствии с утвержденными методиками (Методические рекомендации..., 1980; Методика выполнения измерений удельной активности гамма-излучающих ..., 2002 и др.) Автором были обоснованы и организованы исследования на р. Неман, а также принято непосредственное участие в них. Общий объем материала представлен в табл. 1. Математическая и статистическая обработка данных проводилась в MS Excel.

Таблица 1 – 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

Обоснованная автором система мониторинга р. Неман в зоне потенциального влияния Балтийской АЭС, включает 14 станций на территориях РФ. Кроме того, использовалась информация по Литовской республике и Республике Беларусь. С целью оценки трансграничного влияния Балтийской АЭС на сопредельные территории выполнен анализ нормативных документов РФ, Литовской Республики (ЕС) и Республики Беларусь, в части нормирования качества поверхностных вод и оценки ущерба водным биоресурсам.

Глава 3 Общая характеристика реки Неман, как источника водоснабжения Балтийской АЭС

В главе приводится физико-географическая, климатическая, характеристики района расположения Балтийской АЭС. Описываются основные гидрологические параметры и гидрохимический режим р. Неман, включая анализ фондовых, литературных данных и результаты собственных исследований. 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 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.

Глава 4 Моделирование зоны воздействия Балтийской АЭС на гидрологический режим реки Неман

В главе приводятся общие сведения о проектных характеристиках Балтийской АЭС, в том числе, в сравнении с АЭС России. Отмечается, что на водные объекты, используемые в качестве источников технического водоснабжения, оказывается комплексное влияние. Поэтому, в отличие от других АЭС, 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. Основная проблема в системе ее технического охлаждения 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 (Мордухай-Болтовский 1974, 1975; Сулимов 1974; Никаноров 1974, 1976, 1977; Алабастер, Ллойд, 1984; Голованов и др., 2005, 2011, 2012, 2013; Beitinger et al., 2000).

С целью моделирования возможного изменения среды обитания водных биоресурсов в результате сброса теплых продувочных вод автором был использован программный комплекс SMS, предназначенный для моделирования гидрологических процессов, модуль RMA2, позволяющий в рамках созданной модели рассчитать стационарные (или нестационарные) уровни воды и горизон-

тальные компоненты скорости для двумерного поля течений, модуль RMA4 для получения конечно-элементной численной модели переноса консервативных и неконсервативных примесей в водных объектах были получены поля распределения температуры потока в годовом разрезе времени (на каждые из 12 месяцев).

Моделирование влияния сброса на химический режим р. Неман осуществлялось для двух характерных периодов: паводок (апрель) и летняя межень (июль). Установлено, что химическое загрязнение речных вод локализуется вблизи водовыпуска и уже на расстоянии нескольких десятков метров концентрации выбранных маркирующих веществ (минерализация, концентрация сульфатов и содержание взвешенных веществ) не превышают предельно допустимых значений. Расчеты показали, что разбавление будет идти достаточно быстро, и на расстоянии 500 м температура воды уже будет соответствовать естественной. Превышение температуры для трех рассмотренных периодов, составляет не более $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ от фоновых. На рис. 1 показано стационарное тепловое поле для трех выделенных периодов времени. Наиболее контрастные температурные аномалии отмечаются в меженные периоды (февраль, июль).

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. Моделирование формирования зоны подтепления в районе ниже водовыпуска позволяет оценить площадь, в которой будет происходить возможная модификация условий обитания гидробионтов. Как видно из рисунка 2 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 $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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.

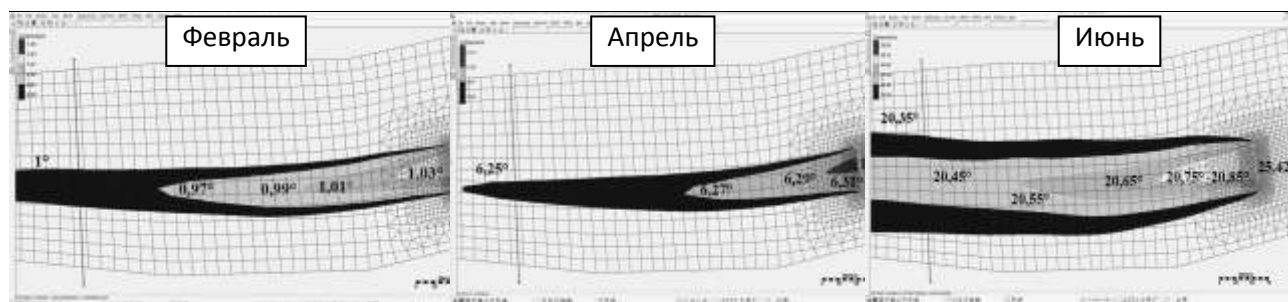


Рисунок 1 – Результаты моделирования температуры воды в зоне влияния сброса (серая линия – контрольный створ)

Основное влияние Балтийской АЭС будет сосредоточено в зоне, непосредственно прилежащей к системам водозабора и водовыпуска, и для этого был проведен сравнение особенностей температур нерестовых миграций рыб в р. Неман с температурой сбросных вод Балтийской АЭС (рис. 2).

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, потому что на российской стороне глубины оказываются недостаточными.

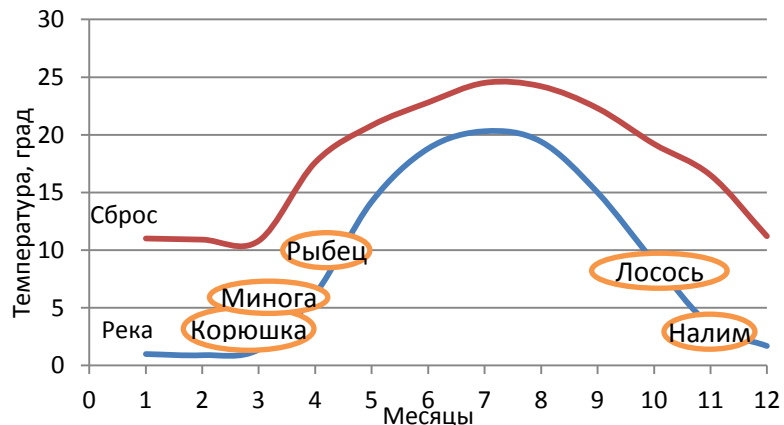


Рисунок 2 – Температура воды в р. Неман в период нерестовых миграций рыб и температура сбросных вод Балтийской АЭС

Глава 5 Фоновое состояние биоты реки Неман

Анализ методологии организации экологического мониторинга на АЭС России показал, что единый подход к проведению исследований водоемов-охладителей и водных объектов, используемых в технологическом цикле АЭС, отсутствует (Животова, 1996-2003; Рязанов, 2007-2012; Суздалева, 1996-2002; Лихачева, 2000-2003; Воронин, 2002; Коткин, 2012; Протасов, 2017). В целом, отраслевые требования имеют общий характер и рекомендуются к применению на действующих АЭС, для периода строительства и в предпусковой период работы АЭС требования к мониторингу не определены. Набор обязательных параметров слежения достаточно ограничен. Из-за высокого рыбохозяйственного значения р. 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 мониторинга на стадии предпроектных работ. Результатом явилась характеристика современного фонового состояния биоты р. Неман в виде разработанной при участии автора базы данных. За фоновое состояние были приняты обобщенные результаты, полученные при участии автора в период с 2011 по 2017 гг.

Было установлено, что, 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 (Кулаков и др., 2014, 2016; Шибаева и др., 2013; Масюткина и др., 2015). Среднегодовой показатель численности зоопланктона – 600–700 экз./м³, достигает максимальных значений весной, за счет интенсивного размножения веслоногих ракообразных и развития коловраток. Средняя биомасса невысокая, около 5,5 мг/м³. Сезонная динамика биомассы, в основном, повторяет изменение численности. Биомасса зоопланктона уменьшается к осени (рис. 3).

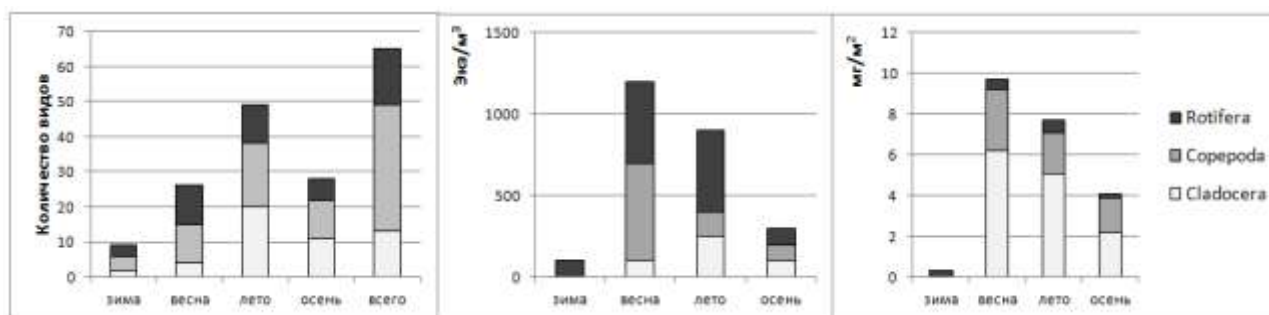


Рисунок 3 – Сезонные колебания видового разнообразия и количественных показателей зоопланктона р. Неман в зоне предполагаемого воздействия Балтийской АЭС

По зообентосу было выявлено более 60 видов. Численность зообентоса изменялась в широких пределах – от 2000 осенью до 550 экз./м² зимой. 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. В отдельные периоды, видовое разнообразие бывает выше, и за счет иных видов (Кулаков и др., 2014, 2016; Масюткина и др. 2014). Максимальная биомасса, без учета моллюсков, – на глубине 2–3 м летом, и 1–2 м весной (рис. 4). 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, а в осенний период составляла 1936 экз./м², биомасса – 99,8 г/м².

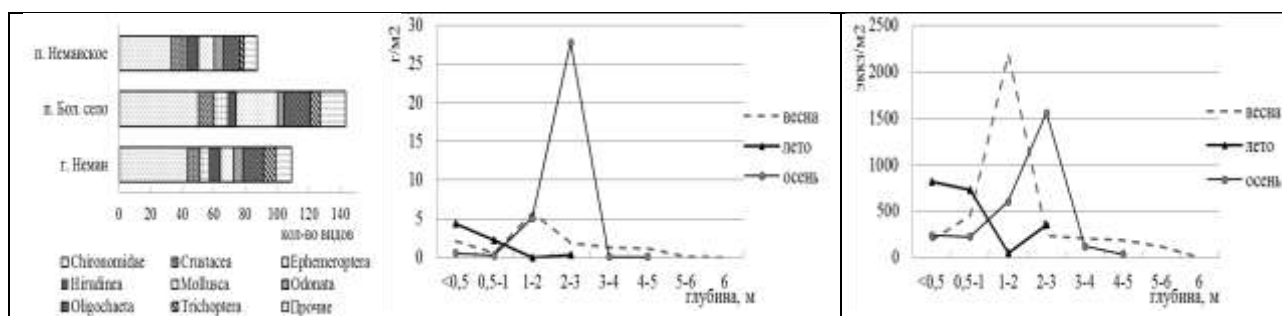


Рисунок 4 – Изменения видового разнообразия и количественных показателей зообентоса в зависимости от глубины р. Неман (в зоне возможного воздействия Балтийской АЭС)

Ихтиологический мониторинг на АЭС применяется редко, так как не регламентируется нормативными документами. Мониторинг биоты р. Неман, обоснованный и внедренный автором на Балтийской АЭС, заключается в том, что он, в основном, ориентирован на ихтиофауну р. Неман. Установлено, что видовая структура резидентного ихтиоценоза представлена 34 видами, из них 15 характеризуются как редкие. Ядро ихтиоценоза составляют лещ и плотва, однако, в целом, структура существенно варьирует в зависимости от участка реки (рис. 5). Кроме того, состав ихтиофауны носит сезонный характер и значительно изменяется в период миграций проходных видов рыб.

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. Анализ показал на высокую вариабельность структурных показателей и распределения молоди рыб. 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 по численности для анализируемого участка р. Неман составили 4 вида – плотва, окунь, укля и густера. (рис. 6).

Личинки рыб, с основным, встречались в зоне с максимальными скоростями течения, распределяясь в потоке, по большей части видоспецифично: укля в приповерхностных горизонтах, окунь, плотва в придонных. Отмечена важная роль температуры воды в начале ската личинок рыб. После выраженного устойчивого повышения температуры выше 10°C (середина мая) отмечен пик ската личинок через 10–12 суток.

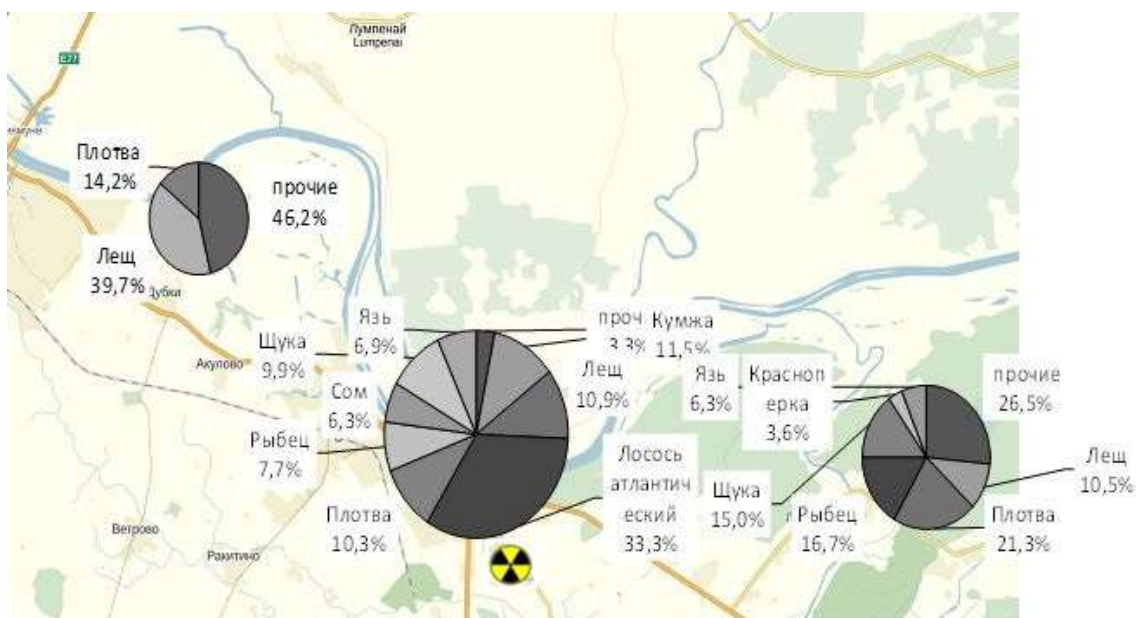


Рисунок 5 – Плотность ихтиоценоза в зоне влияния Балтийской АЭС

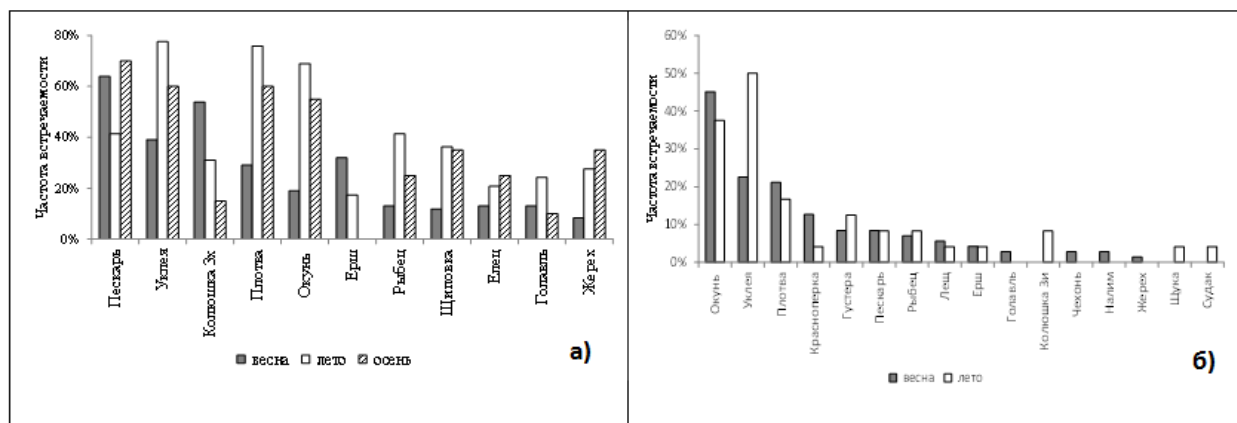


Рисунок 6 – Частота встречаемости молоди рыб в уловах а) мальковой волокуши и б) сети Матода по сезонам, 2012–2017 гг.

По данным обловов мальковой волокушей диапазон изменений плотности молоди рыб составил от 2 до 138 экз/м² (ошибка средней $\pm 15\%$). Более высокая плотность наблюдалась в июне на станциях в районе проектируемых гидротехнических сооружений Балтийской АЭС и Шешупе – 115–117 экз/м² в июле ниже предполагаемого места сброса – 95 экз/м². Наиболее низкие концентрации молоди в пределах 2–15 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 (рис. 7).

Уловы сетью Матода показали, что концентрация личинок в период проведения работ находилась в пределах 2–80 экз/м³. Максимальные плотности личинок (60–80 экз/м³) наблюдались в апреле в районе предполагаемого сброса сточных вод Балтийской АЭС, в июне – ниже предполагаемого места сброса. Минимальная величина (2 экз/м³) отмечена в апреле также в точке ниже предполагаемого места сброса. На остальных станциях и в другие периоды плотность личинок рыб находилась в пределах 29–47 экз/м³ (рис. 7).

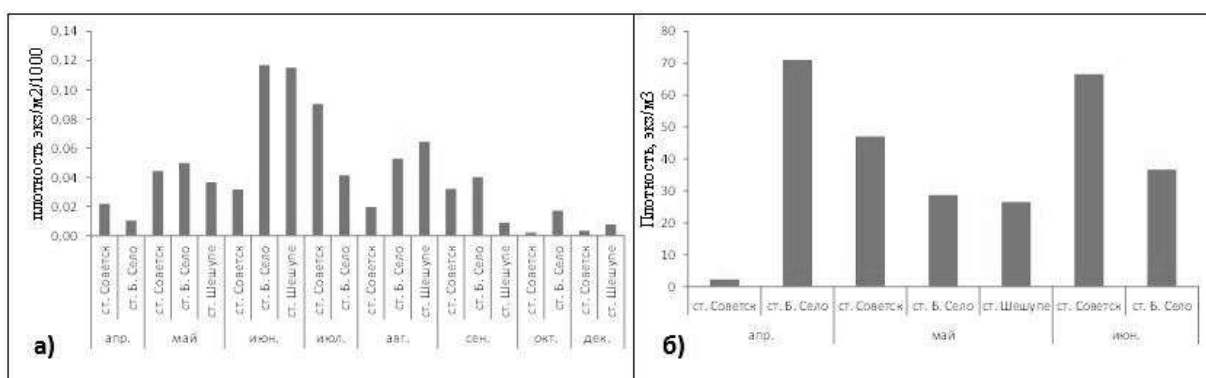


Рисунок 7 – Плотность молоди рыб по станциям и месяцам по данным обловов а) мальковой волокуши и б) сетью Матода

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

проходных видов рыб. 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. Наиболее важным промысловым объектом среди проходных рыб является корюшка европейская, вылов которой российскими и литовскими рыбаками подвержен значительным межгодовым колебаниям, составляя в среднем в последние годы 415 ± 50 т. 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 состоянии нерестовых миграций корюшки, которые были применены для оценки ущерба водным биоресурсам р. Неман и выработке рекомендаций по компенсирующим мероприятиям для Балтийской АЭС (рис. 8).

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.

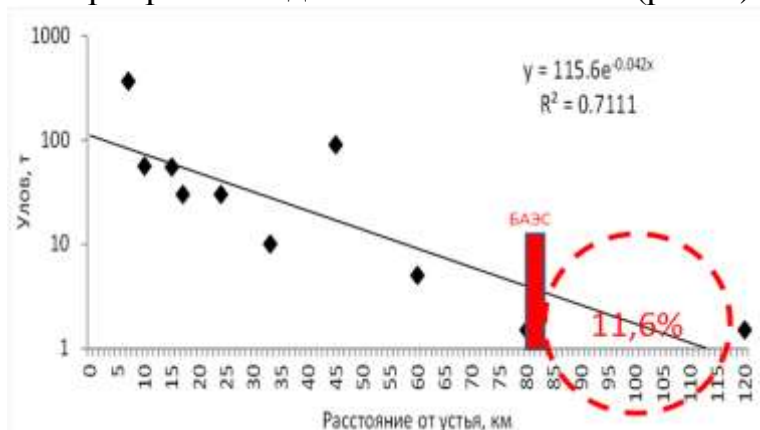


Рисунок 8 – Зависимость улова корюшки от удаленности от устья р. Неман

Исследования радиационных параметров позволили установить фоновые показатели Cs^{137} , Sr^{90} и ^3H в р. Неман и оценить возможность их воздействия на биологические компоненты экосистемы. Содержание техногенных радионуклидов и трития в компонентах природной среды р. Неман в районе размещения Балтийской АЭС значительно ниже допустимых величин по НРБ–99/2009 и характеризует глобальный уровень фона.

Глава 6 Оценка возможного воздействия на водные биоресурсы реки Неман в условиях нормальной эксплуатации Балтийской АЭС

В целом, основное негативное воздействие Балтийской АЭС на биоту р. Неман будет определяться следующими факторами, среди которых:

1. Гибель организмов зоопланктона в результате попадания в водозаборное сооружение (РЗУ).
2. Гибель ихтиопланктона в результате попадания в РЗУ.
3. Гибель молоди рыб, обитающей в зоне водозабора с учетом РЗУ.
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 рыб в результате создания теплового барьера на пути нерестовых миграций.

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

Сравнительный анализ (рис. 9) 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 (Глава 4).

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.

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:

1. Предварительная оценка ущерба на основе литературных данных с учетом только местной фауны, плотность которой сравнительно невелика.

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

3. Уточнение продолжительности и протяженности нерестовых миграций проходных 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

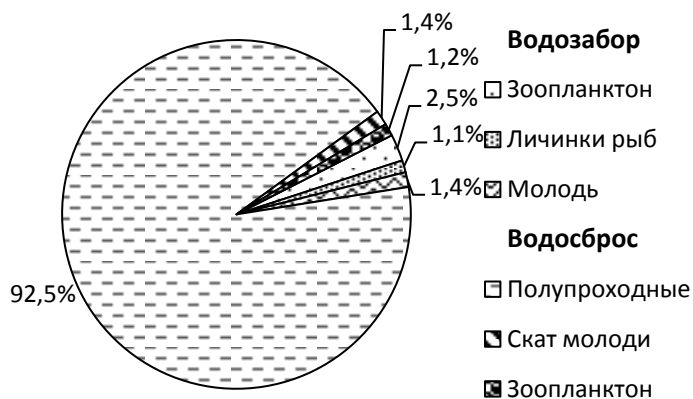


Рисунок 9 – Соотношение основных потерь водных биоресурсов р. Неман в процессе нормальной эксплуатации Балтийской АЭС

факт является важным для уточнения оценки ущерба водным биоресурсам.

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.

5. Оценка ущерба с учетом попадания живых организмов (зоопланктона и ихтиопланктона) в водозаборные сооружения Балтийской АЭС без учета действия рыбозащитного устройства (РЗУ).

6. Корректировка результатов оценки воздействия с учетом оборудования водозаборных сооружений Балтийской АЭС рыбозащитными устройствами зонтичного типа с суммарным рыбозащитным эффектом – 80 % (по данным ЦУРЭН) (рис. 10).

Таким образом, 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. При этом, 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 оценки ущерба (2011 г.) 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.

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. Предложенные мероприятия позволят сократить ущерб водным биоресурсам, который может возникнуть при нарушении естественного термического и химического режима речных вод.

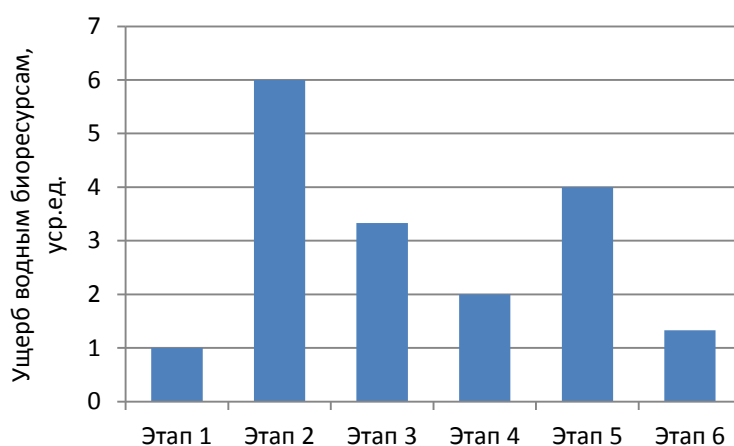


Рисунок 10 – Изменение результатов оценок ущерба водным биоресурсам в процессе реализации проекта Балтийской АЭС

В процессе моделирования были рассмотрены три сценария, позволяющие скорректировать направление движения ихтиофауны при ее подходе к распределительному трубопроводу: 1) локальное изменение рельефа русла р. Неман; 2) расположение заградительных барьеров, перекрывающих на ширину водовыпуска движение части реки; 3) установка гидроразбрызгивателей. Анализ расчетов для первых двух сценариев показал, что с помощью частичного перекрытия речного потока можно управлять направлением движения поверхностных вод на заданном участке. Это позволит предотвращать попадание рыб 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. Внедрение одного из сценариев позволит значительно снизить ущерб проходным видам рыб р. Неман.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных исследований была дана биоэкологическая характеристика комплексного прогнозируемого воздействия Балтийской АЭС на экосистему р. Неман. В целом, по работе 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 низким уровнем развития, характерным для большинства речных систем, что обуславливает 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 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 водного объекта. Кратковременные скрининговые исследования не обеспечивают такой возможности.

7. Возможно снижение размера 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 оценка ущерба регламентирована методикой и количественными методами оценки. В каждом конкретном случае необходим комплексный анализ законодательной базы соседних стран.

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации В научных журналах, рекомендуемых ВАК РФ:

1. Кулаков Д.В. Зоопланктон и зообентос р. Неман в районе строящейся Балтийской АЭС / Д.В. Кулаков, М.Е. Макушенко, Е.А. Верещагина, **Е.В. Лунева** // Вода. Химия и экология. – 2014. – №11. – С. 70-76.
2. Каплан Е.М. Трансграничный аспект оценки воздействия строящихся АЭС на водные экосистемы (на примере Балтийской АЭС) / Е.М. Каплан, А.А. Шварц, **Е.В. Лунева**, М.Е. Макушенко, В.Г. Румынин // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2015. – №4. – С. 291-304.
3. **Лунева Е.В.** Разработка унифицированной программы экологического мониторинга естественных водоемов, используемых для технического водоснабжения АЭС, до ввода ее в эксплуатацию (на примере Балтийской АЭС) / **Е.В. Лунева** // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2015. – №3. – С. 78-86.
4. Кулаков Д.В. Зоопланктон и гидрохимические условия трансграничной реки Неман в период строительства Балтийской АЭС / Д.В. Кулаков, М.Е. Макушенко, Е.А. Верещагина, **Е.В. Лунева** // Вода: химия и экология. –

2016. – №6. – С. 46-55.

5. **Лунева Е.В.** Подходы к выбору площадки под размещение АС российского проекта за рубежом. / **Е.В. Лунева** // АНРИ. – 2017 – № 1(88). – С.27–31.

В прочих изданиях:

6. **Лунева Е.В.** Характеристика систем водоснабжения атомных станций в связи с оценкой воздействия строящейся Балтийской АЭС на водные биоресурсы реки Неман / **Е.В. Лунева** // Известия КГТУ. – 2013. – №28. – С.164-172.

7. **Лунева Е.В.** Оценка влияния эксплуатации атомных электростанций на биоту водоемов-охладителей / Сборник статей по материалам III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых «Экология, рациональное природопользование и охрана окружающей среды». – Лесосибирск, 2014. – Т.1. – С. 336-338.

8. **Лунева Е.В.** Прогноз теплового воздействия сбросных вод Балтийской АЭС в период эксплуатации на основе численной гидродинамической модели реки Неман / **Е.В. Лунева**, Л.Н. Синдаловский, В.Г. Румынин // Известия КГТУ. – 2014. – №32. – С. 63-73.

9. **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.

10. **Лунева Е.В.** Результаты комплексных исследований реки Неман в районе строящейся Балтийской АЭС / **Е.В. Лунева**, Е.А. Верещагина, Н.Н. Цветкова // Труды III Балтийского форума международной научной конференции «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». – Калининград: Изд-во: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – С. 169-172.

11. 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». Правообладатели: АО «Концерн Росэнергоатом», ИГЭ РАН. Авторы: А.А. Шварц, Е.А. Верещагина, М.Е. Макушенко, Д.В. Кулаков, **Е.В. Лунева**.

12. Kaplan E.M. Transboundary aspect of assessing the impact of NPPs under construction on aquatic ecosystems: Case study of the Baltiiskaya NPP / E.M. Kaplan, A.A. Shvarts, **E.V. Luneva**, M.E. Makushenko, V.G. Rumynin // Water Resour. – 2016. – № 7(43). – P. 911-922.