
РАЗРАБОТКА УНИФИЦИРОВАННОЙ ПРОГРАММЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ АЭС, ДО ВВОДА ЕЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ (на примере Балтийской АЭС)

Е.В. Лунева

Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»
«Дирекция строящейся Балтийской атомной станции»
*Центральная ул., 1 «А», пос. Маломожайское, Неманский район,
Калининградская область, Россия, 238710*

В статье проанализированы подходы к проведению экологического мониторинга естественных и искусственных водоемов, используемых в технологическом цикле АЭС, а также обоснована комплексная система экологического мониторинга до ввода в эксплуатацию АЭС, рассмотрены основные принципы организации наблюдений для водоемов строящихся АЭС России. Предложена структура унифицированной программы экологического мониторинга естественных водоемов, которые предполагается использовать для водоснабжения атомных станций, до ввода в эксплуатацию, на примере Балтийской АЭС.

Ключевые слова: АЭС, экологический мониторинг естественных водоемов, естественный фон, природно-техногенная система, водоем-охладитель, унифицированная программа экологического мониторинга естественных водоемов, река Неман, Балтийская АЭС.

Обеспечение экологической безопасности работы атомных станций является приоритетной задачей на всех этапах жизненного цикла АЭС и достигается за счет осуществления различных мер, 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;
- открытого диалога с общественными и международными организациями.

Помимо этого, одним из важнейших видов деятельности, организуемых на АЭС для обеспечения экологической безопасности и защиты окружающей среды, является комплексный экологический мониторинг.

Обязанность организации и проведения экомониторинга на АЭС закреплена в ряде законодательных и нормативных документов. В целом, система экологического мониторинга атомных станций описана отраслевыми нормативными документами, однако она имеет общий характер. Поэтому каждая АЭС, руководствуясь ими, разрабатывает свою индивидуальную систему экологического мониторинга, с учетом ее расположения, местных климатических, гидрогеологических и других условий.

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

1. Район расположения АЭС находится на пограничной с Литовской Республикой территории Калининградской области, которая, в свою очередь, граничит с Республикой Польша [7].

2. В технологическом цикле АЭС используется вода естественного водоема высшей рыбохозяйственной категории, имеющего большое рыбохозяйственное значение, — р. Неман [6].

3. Биоресурсы р. Неман эксплуатируются тремя государствами — Литовской Республикой, Республикой Беларусь и Российской Федерацией [4].

В связи с этим необходимость разработки такой системы особенно важна еще на этапе строительства Балтийской АЭС.

Цель данной работы — обоснование комплексной системы экологического мониторинга до ввода в эксплуатацию АЭС на примере Балтийской АЭС и реки Неман, имеющей рыбохозяйственное назначение.

Были проанализированы нормативные документы по организации экологического мониторинга на АЭС России. Проанализирован подход к проведению экологического мониторинга естественных водоемов, планируемых к использованию в цикле оборотного техводоснабжения АЭС — строящиеся Балтийская АЭС, Курская АЭС-2, Нововоронежская АЭС-2. Отмечено, что сооружение строящихся Курской и Нововоронежской АЭС ведется территориально на тех же площадках в непосредственной близости от действующих АЭС. Соответственно, подходы к проведению мониторинга основываются на данных, накопленных службами эксплуатации действующих АЭС. В период проведения проектно-исследовательских работ информация анализируется, проводятся дополнительные работы, необходимые для оценки воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду и население в соответствии с законодательными и нормативными актами РФ.

При эксплуатации АЭС используются водные объекты, необходимые для отвода остаточного тепла из теплоносителя контура реактора и подпитки агрегатов систем технического водоснабжения. 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 [1—3].

Известно, что на водные объекты, используемые в качестве источников технического водоснабжения, оказывается комплексное техногенное воздействие.

В настоящее время все более очевидным становится тот факт, что конструирование технических систем, имеющих связь с водными объектами, невозможно без учета многих биотических и экологических факторов. Технические системы не должны оказывать негативного влияния на природную среду, здоровье человека, но и сами не должны находиться под воздействием биологических факторов, нарушающих их нормальную работу [8].

В случае использования естественного водного объекта для целей охлаждения и подпитки систем технического водоснабжения АЭС в естественную структуру водоема встраиваются техногенные элементы, воздействующие на него в той или иной мере и приводящие к изменению в его экосистеме. С момента начала взаимодействия АЭС с естественным водоемом система АЭС — естественный водный объект становится ПТС, элементы которой становятся зависимыми друг от друга.

Таким образом, в период эксплуатации АЭС объектом мониторинга должна стать не просто экосистема водоема в ее биоэкологическом понимании, а система, образуемая самим водоемом, включающим абиотическую и биотическую компоненты, и АЭС. В этом случае АЭС рассматривается как один из элементов системы, которая оказывается в тесной связи со многими другими компонентами.

Поэтому данные, получаемые на стадии проектирования и строительства АЭС, особенно важны, так как определяют естественные параметры водоема. В период эксплуатации АЭС необходимо будет продолжить такой мониторинг, добавив в него элементы техносистемы. Накопленные сведения о состоянии экосистемы водоема должны подвергаться тщательному анализу для составления краткосрочных и долгосрочных прогнозов и разработки мероприятий для минимизации техногенного и/или биологического воздействия на ПТС.

Проанализированы системы экологического мониторинга водоемов-охладителей действующих АЭС (Курская АЭС, Балаковская АЭС, Смоленская АЭС, Ростовская АЭС, Нововоронежская АЭС). Отмечено, что единый подход к проведению исследований экосистем водоемов отсутствует. Установлено, что при проведении экологического мониторинга водоемов отсутствует комплексный подход. Часто проводимые исследования сконцентрированы на изучении представителей только одного или нескольких компонентов экосистемы водоема или проводятся только по гидрохимическим показателям, что не дает полной характеристики состояния водной среды. Экомониторинг водоема-охладителя начинается с момента его наполнения, с пуском энергоблока. Естественные водные объекты, планируемые к использованию в технологическом цикле АЭС, требуют иного подхода, основанного на многолетних исследованиях, проводимых до ввода в эксплуатацию атомных станций.

Вопросам экологического мониторинга эксплуатируемых АЭС уделяется достаточное внимание, в то время как экологический мониторинг строящихся АЭС проводится часто формально в рамках инженерных изысканий. Предлагается разработка единого алгоритма проведения исследований естественных водоемов, предполагаемых к использованию в системах охлаждения АЭС до ввода ее эксплуатацию посредством разработки унифицированной программы экологического мониторинга.

Основными направлениями при реализации наблюдательных работ должны стать:

- предварительное обследование с целью определения основных компонентов природной среды, нуждающихся в мониторинге;
- определение системы наблюдаемых показателей;
- измерение фоновых значений;

- отслеживание и моделирование экологической ситуации;
- составление краткосрочных и долгосрочных прогнозов, разработка рекомендаций и мероприятий по минимизации негативного воздействия.

На сегодняшний день Балтийская АЭС — это единственная АЭС России, сооружаемая на новой площадке. Ее территориальное расположение предполагает организацию мониторинга не только с «нуля», но и ставит первостепенные вопросы о необходимости оценки намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду и население в трансграничном контексте. Поэтому организация наблюдений р. Неман (трансграничного водного объекта) — важнейшая задача для определения ее естественного фона до ввода в эксплуатацию Балтийской АЭС.

С учетом этих позиций в настоящей работе предлагаются подходы к проведению экологического мониторинга естественного водного объекта, планируемого к использованию в технологическом цикле АЭС, — р. Неман.

Разработка программы экологического мониторинга р. Неман является первым шагом в организации комплексных наблюдений естественного водоема.

Для этих целей была организована система предварительного мониторинга р. Неман, выявившая ряд технологических аспектов, которые потребовали доработки некоторых проектных решений [5].

1. Изначально вместо проектируемого сосредоточенного выпуска было принято решение использовать рассеивающий выпуск, состоящий из 10 струенаправляющих насадок. Гидродинамическое моделирование в русле реки, проведенное с целью прогнозирования влияния сбросных вод Балтийской АЭС на экосистему р. Неман, показало, что благодаря процессам смешения и рассеивающему характеру сброса химическое и тепловое загрязнение речных вод локализуется вблизи водовыпуска и уже на расстоянии несколько метров соответствует природоохранным требованиям, снижая потенциальные (негативные) последствия теплового барьера (по сравнению с сосредоточенным водовыпуском) [9]. Выполненные гидродинамические модельные расчеты являются основой для оценки ущерба водным биоресурсам, прежде всего, рыбным запасам р. Неман.

2. Оснащение рыбозащитного устройства водозаборного ковша запанью на входе, что позволит снизить ущерб от попадания молоди рыбы в водозаборный ковш. На сегодняшний день конструкция запани прорабатывается и на следующих стадиях проектирования будет включена в состав проектной документации Балтийской АЭС.

3. Рассмотрение возможности установки устройства дополнительного разбавления продувочной воды добавочной водой для снижения температуры на выходе в реку. Необходима детальная проработка целесообразности использования такого устройства, обоснованная расчетами с учетом дополнительных расходов на водозабор, увеличение ущерба от забора водных биоресурсов и необходимых эксплуатационных затрат.

Оценку водоема необходимо проводить по совокупности факторов и компонентов экосистемы посредством организации комплексного экологического мониторинга (рис.).

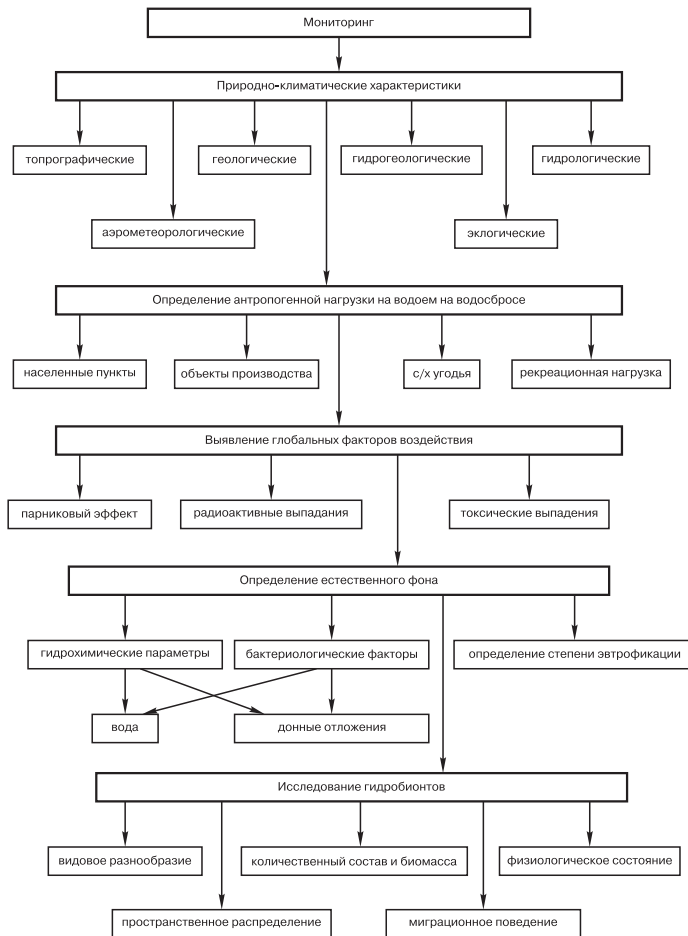


Рис. 2. Унифицированная схема экологического мониторинга естественного водоема до ввода в эксплуатацию АЭС

Предлагается последовательная организация комплексных работ, направленных на получение естественных характеристик водного объекта до ввода в эксплуатацию АЭС. Структура программы состоит из следующих основных разделов.

1. Определение природно-климатических характеристик включает в себя следующие виды данных: топографические; аэрометеорологические; геологические; гидрологические; гидрогеологические; экологические.

2. Определение антропогенной нагрузки на водоем на водосборной площади в месте предполагаемого сброса сточных вод АЭС.

В условиях развитой промышленности, производства и сельского хозяйства естественные водоемы, используемые АЭС в развитом урбанизированном секторе, уже испытывают значительное антропогенное воздействие. Такие водные объекты являются сложными ПТС, состоящими из множеств элементов, воздействие которых способно повлиять на качество вод и, как следствие, условия обитания организмов в них. К загрязнению природных вод приводит даже самая примитивная хозяйственная деятельность на водосборной территории. Если экосистема водосбора не способна ассимилировать загрязняющие вещества, то они в ко-

нечном счете попадают в водные объекты. Интенсивная хозяйственная деятельность приводит к изменению биогеохимических условий на водосборе, что также сказывается на качестве поверхностных вод [10]. Поэтому необходимо выполнить исследования техногенной нагрузки на водоем в зоне размещения Балтийской АЭС на следующих стадиях сооружения в рамках комплексного экологического мониторинга. Учитывая, что река протекает по территории трех государств, которые потенциально имеют источники негативного воздействия на экосистему водоема (населенные пункты, объекты производства, с/х угодья, рекреационные объекты), нужно оценить вклад каждого такого объекта, расположенного выше по течению от места размещения АЭС, в загрязнение природных вод. Также необходимо провести анализ возможных аварийных ситуаций на потенциально опасных объектах, которые впоследствии могут привести к увеличению ПДК загрязняющих веществ ниже по течению места водовыпуска атомной станции и негативно отразиться на деятельности гидробионтов.

Разделы 1, 2 нужно выполнить на стадии выбора площадки и начала проектных работ. Далее, до ввода в эксплуатацию АЭС необходимо выполнить работу по определению естественного фона водоема. Здесь должен быть организован непрерывные наблюдения, которые в последующем будет базой для экомониторинга в процессе эксплуатации станции.

3. Выявление факторов, обусловленных воздействием антропогенных процессов, обусловленных глобальными явлениями, такими как:

- потепление климата, связанное с дальнейшим развитием парникового эффекта;
- радиоактивные выпадения, обусловленные авариями на радиационно — опасных объектах, расположенных в других регионах;
- атмосферные выпадения, содержащие химические загрязнители, токсический эффект которых усиливается подогревом вод и др.

4. Определение фоновых концентраций химических и биогенных элементов в воде и донных отложениях, а также уточнение степени эвтрофикации водного объекта.

5. Исследование гидробионтов. Этому необходимо уделить особенное внимание. Связано это прежде всего с высоким рыбохозяйственным статусом водоема и его сопредельным расположением. Река Неман обладает богатой ихтиофауной, разнообразной по видам. Здесь встречаются представители водных, проходных и полупроходных видов рыб, большинство из которых имеет ценное промысловое значение. В зависимости от специфики водного объекта необходимо определить объекты исследования, среди которых в обязательном порядке должны присутствовать:

- массовые виды, играющие важную роль в данной экосистеме;
- редкие виды, в том числе занесенные в Красную книгу области и России;
- хозяйственно ценные виды, используемые в промысловом рыболовстве.

Промышленное рыболовство на р. Неман ведут не только российские рыбаки, но и литовские. Одним из ценных видов, добываемых двумя странами, является корюшка, которая заходит на нерест в р. Неман ранней весной [11; 12]. Начиная с 2011 г. был организован мониторинг нерестового хода корюшки в р. Неман в

зоне возможного воздействия Балтийской АЭС с целью уточнения ущерба рыбным запасам при нормальной эксплуатации Балтийской АЭС. Полученные результаты мониторинга нерестовой миграции корюшки в 2011—2014 гг. позволяют более объективно подойти к оценке предварительного ущерба для корюшки при предполагаемой деятельности Балтийской АЭС. Вместе с тем в настоящее время фактические данные о межгодовой изменчивости протяженности нерестовой миграции корюшки все еще слабо обоснованы. Получение корректных данных предполагает дальнейшее проведение мониторинговых работ до ввода в эксплуатацию Балтийской АЭС.

Таким образом, ихтиологический мониторинг будет важным элементом не только в период строительства, но и период эксплуатации.

Предложенная программа позволит решить следующие приоритетные задачи:

- определить фоновые параметры естественного водоема до ввода в эксплуатацию АЭС, что позволит уточнить степень загрязненности водоема, наличие и состояние компонентов его экосистемы;

- организовать комплексный экологический мониторинг водного объекта, позволяющий проводить анализ изменений в водной среде. Он станет базой для периода эксплуатации АЭС и позволит отслеживать изменения, происходящие в водной среде;

- спрогнозировать воздействие на естественный водный объект в период эксплуатации АЭС;

- оптимизировать технологические решения по минимизации негативного воздействия на биоту водоема;

- минимизировать затраты на проведение мониторинга за счет правильной выстроенной структуры программы и определения основных индикаторов воздействия.

Результаты проделанной работы применяются при разработке природоохранных мероприятий и обосновании инженерно-технических решений по минимизации воздействия сбросных вод на биоту р. Неман на стадии проектирования и сооружения Балтийской АЭС.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *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.
- [2] *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.
- [3] *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.
- [4] *Лулева Е.В.* Экологическая политика Балтийской АЭС и ее реализация на современном этапе строительства // Труды X международной научной конференции «Инновации в науке, образовании и бизнесе — 2012». Калининград, 2012. Ч. 1. С. 138—140.
- [5] *Лулева 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.

- [6] Лунева Е.В. Общий анализ влияния АЭС на экосистемы водоемов-охладителей // Труды научной конференции «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». Калининград, 2013. С. 345—347.
- [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] Протасов А.А., Силаева А.А. Контурные группировки гидробиотнов в техно-экосистемах ТЭС и АЭС // Институт гидробиологии НАН Украины. Киев. 2012. С. 16.
- [9] Лунева Е.В., Синдаловский Л.Н., Румынин В.Г. Прогноз теплового воздействия сбросных вод Балтийской АЭС в период эксплуатации на основе численной гидродинамической модели реки Неман // Известия Калининградского государственного технического университета. 2014. № 32. С. 63—73.
- [10] Сольский С.В. Инженерная защита вод в природно-технических системах на техногенно-нагруженных территориях / Автореферат д-ра техн. наук. СПб. 2007.
- [11] Шибанов С.В., Соколов А.В., Анурьева А.С., Новожилов О.А., Лунева Е.В. Биологические показатели корюшки (*Osmerus eperlanus eperlanus* L.) реки Неман в период нерестовой миграции // Известия Калининградского государственного технического университета. 2014. № 32. С. 99—106.
- [12] Svagždys, A. Impact of environmental conditions on smelt catch fluctuations in the Nemunas River and the Curonian Lagoon / A. Svagždys // Ekologija. 2009. Vol. 55. No. 3—4. P. 204—214.

ELABORATION OF A UNIFIED ENVIRONMENTAL MONITORING PROGRAM NATURAL WATERS USED FOR TECHNICAL WATER SUPPLY NPP TO COMMISSIONING (FOR EXAMPLE BALTIC NPP)

E.V. Luneva

Branch of JSC “Concern Rosenergoatom”
“Directorate for Construction of Baltic NPP”

Central Street, 1 “A”, pos. Malomozhayskoe, Neman District, Kaliningrad region, Russia, 238710

The paper analyzes approaches to environmental monitoring of natural and artificial water bodies used in the technological cycle NPP, as well as approaches to observation reservoirs Russian NPPs under construction. Proved that in research there is no single comprehensive approach. Proposed a structure a unified program of environmental monitoring of natural water bodies, intended to be used for nuclear power plants supply prior to commissioning the example of the Baltic NPP.

Key words: NPP, environmental monitoring of natural water bodies, naturally background, natural and man-caused system, the cooling pond, unified program of environmental monitoring of natural water bodies, river Neman, Baltic.

REFERENCES

- [1] Egorov Ju.A., Suzdaleva A.L. Jekologicheskij monitoring — osnova obespechenija jekologicheskoy bezopasnosti chelovecheskoj dejatel'nosti dlja obshhestva (na primere jekologicheskogo monitoringa v regionah AJeS) [Environmental monitoring — a basis for ensuring environmental safety of human activities to the public (for example, environmental monitoring in the regions NPP)]. Regional'naja jekologija. [Regional Ecology]. 1999, № 3, pp. 17—22.
- [2] Egorov Ju.A., Suzdaleva A.L. Jekologicheskij monitoring antropogenno nagruzhenykh vodnyh jekosistem [Environmental monitoring of anthropogenically loaded-tion of aquatic ecosystems].

- Jekologija 2000 — more i chelovek. [Ecology 2000 — sea and people] Taganrog: Izvestija TRTU (Tematicheskij vypusk). [Taganrog: Proceedings TSURE (thematic issue).]. 2006, pp. 13—18.
- [3] Egorov A.Ju., Suzdaleva A.L. Jekologicheskij monitoring antropogenno nagruzhennyh vodnyh jekosistem (celi i zadachi) na primere vodoemov-ohladitelej AJeS [Environmental monitoring of anthropogenically loaded-tion of aquatic ecosystems (goals and objectives) for example cooling ponds NPP]. Tezisy doklada VIII s'ezda Gidrobiologicheskogo obshhestva RAN. [Abstracts of the treasure VIII Congress Hydrobiological Society of Sciences.]. Kaliningrad, 2001, vol. 2, pp. 123—124.
- [4] Luneva E.V. Jekologicheskaja politika Baltijskoj AJeS i ee realizacija na sovremennom jetape stroitel'stva Environmental policy of the Baltic NPP and its implementation at the present stage of construction]. Trudy X mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Innovacii v nauke, obrazovanii i biznese — 2012». [Proceedings of the X International Conference "Innovations in science, education and business — 2012".]. Kaliningrad, 2012, part 1, pp. 138—140.
- [5] Luneva E.V. Obshhij analiz vlijanija AJeS na jekosistemy vodoemov-ohladitelej [Overall analysis of the impact on ecosystems NPP cooling ponds]. Trudy nauchnoj konferencii «Vodnye bioresursy, akvakul'tura i jekologija vodoemov» [Proceedings of the conference "Water Bioresources, aquaculture ponds and ecology."]. Kaliningrad, 2013, pp. 345—347.
- [6] Luneva E.V. Charakteristika sistem vodosnabzhenija atomnyh stancij v svjazi s ocenкой vozdeystvija strojashhejsja Baltijskoj AJeS na vodnye bioresursy reki Neman. [Characteristics of water supply systems of nuclear power stations in connection with the assessment of Baltic NPP under construction on the aquatic resources of the Neman River.]. Izvestija Kaliningradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. [From the West Kaliningrad State Technical University]. 2013, № 28, pp. 164—172.
- [7] Luneva E.V. Ocenka vlijanija jekspluatacii atomnyh jelektrostancij na biotu vodoemov-ohladitelej [Assessing the impact of nuclear power plants on the biota water bodies cooler]. Sbornik statej po materialam III Vserossijskoj nauchno-praktičeskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem shkol'nikov, studentov, aspirantov i molodyh uchenyh «Jekologija, racional'noe prirodopol'zovanie i ohrana okruzhajushhej sredy». [Collection of articles on materials III All-Russian scientific and practical conference with international participation of pupils, students and young scientists "Ecology, environmental management and environmental protection."]. Lesosibirsk, 2014, vol. 1, pp. 336—338.
- [8] Luneva E.V., Sindalovskij L.N., Rumynin V.G. Prognoz teplovogo vozdeystvija sbrosnyh vod Baltijskoj AJeS v period jekspluatacii na osnove chislennoj gidrodinamicheskoy modeli reki Neman. [Forecast thermal effects of waste water of the Baltic nuclear power plant in the period of operation on the basis of numerical hydrodynamic model of the river Neman]. Izvestija Kaliningradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. [Proceedings of the Kaliningrad State Technical University]. 2014, № 32, pp. 63—73.
- [9] Protasov A.A., Silaeva A.A. Konturnye gruppirovki gidrobiotnov v tehno-jekosistemah TJeS i AJeS [Contour grouping gidrobiotnts in techno-ecosystems TPP and NPP]. Institut gidrobiologii NAN Ukrainy. [Institute of Hydrobiology National Academy of Sciences of Ukraine]. Kiev, 2012.
- [10] Sol'skij S.V. Inzhenernaja zashhita vod v prirodno-tehničeskijh sistemah na tehnogenno-nagruzhennyh territorijah [Forecast thermal effects of wastewater Baltic NPP during the operation on the basis of the numerical hydrodynamic model of the Neman River]. Avtoreferat doktora tehn. nauk. — Spb. [Abstract Dr. techn. sci. diss- St. Petersburg]. 2007.
- [11] Shibaev S.V., Sokolov A.V., Anur'eva A.S., Novozhilov O.A., Luneva E.V. Biologicheskie pokazateli korjushki (*Osmerus eperlanus* L.) reki Neman v period nerestovoj migracii. [Biological indicators smelt (*Osmerus eperlanus* L.) Neman River during spawning migration]. Izvestija Kaliningradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. [Proceedings of the Kaliningrad State Technical University]. 2014, № 32, pp. 99—106.
- [12] Svag dys, A. Impact of environmental conditions on smelt catch fluctuations in the Nemunas River and the Curonian Lagoon. *Ekologija*, 2009, Vol. 55, No. 3—4, pp. 204—214.