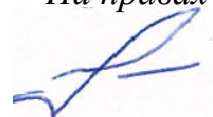


На правах рукописи



ЦАРЬКОВА Наталья Сергеевна

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ
В МОРСКОМ ТОРГОВОМ ПОРТУ УСТЬ-ЛУГА

25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Санкт-Петербург
2016

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «**Российский государственный гидрометеорологический университет**» (РГГМУ)

Научный руководитель

Шилин Михаил Борисович

доктор географических наук, профессор,
кафедра экологии РГГМУ, заведующий

Официальные оппоненты:

Петров Кирилл Михайлович

доктор географических наук, профессор,
кафедра биогеографии и охраны природы
института Наук о Земле ФГБОУ ВО «Санкт-
Петербургский государственный
университет», профессор

Шавыкин Анатолий Александрович

доктор географических наук, профессор,
лаборатория Инженерной экологии
федерального государственного бюджетного
учреждения науки «Мурманский Морской
Биологический институт» Кольского
научного центра Российской академии наук,
заведующий

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «**Тверской государственный университет**»

Защита диссертации состоится «04» октября 2016 г. в 15³⁰ на заседании диссертационного совета Д212.197.03 при Российском государственном гидрометеорологическом университете по адресу: 195196, г. Санкт-Петербург, пр. Металлистов, д. 3, аудитория 207.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета и по адресу <http://www.rshu.ru/university/dissertations/>.

Автореферат разослан « ___ » _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.197.03,
доктор географических наук, доцент



Е.С. Попова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Морской торговый порт Усть-Луга (МТП Усть-Луга) построен как крупный транспортный узел для обеспечения российского грузопотока в Балтийском регионе. В настоящее время завершены капитальные дноуглубительные (дреджинговые) работы, введена в эксплуатацию большая часть портовых сооружений. При этом целостная картина геоэкологической ситуации в трансформированной Лужской губе не получена.

Актуальность работы обусловлена:

- началом нового - эксплуатационного - этапа сукцессии биоты в геосистеме «Лужская губа + МТП Усть-Луга»;
- необходимостью получения целостной картины состояния геосистемы и взаимодействия в ней природного и антропогенного компонентов;
- необходимостью контроля зон повышенной мутности в период проведения ремонтных дноуглубительных работ на фарватерах и подходных путях;
- необходимостью разработки системы наблюдений и контроля состояния геосистемы на этапе эксплуатации МТП Усть-Луга.

Степень разработанности проблемы. Осуществление экологического мониторинга входит в обязанности различных государственных служб, что приводит к неопределенности в распределении обязанностей, отсутствию единого подхода, использованию нестандартных и субъективных методик и получению противоречивой информации [Яйли, 2009; Карлин, Музалевский, 2010; Федоров, Шилин, 2010; Жигульский и др., 2013; Шавыкин, 2015]. Мониторинг крупномасштабных дреджинговых проектов, как правило, осуществляется не на протяжении всего их жизненного цикла, а лишь на отдельных этапах. Применительно к МТП – это обычно этап строительства с использованием капитального дреджинга. Для этапа эксплуатации МТП программа мониторинга не разработана.

Цель работы определена как разработка системы геоэкологического мониторинга дноуглубительных работ в МТП Усть-Луга для этапов строительства и эксплуатации и ее апробирование на этапе строительства МТП.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

– выявить основные факторы воздействия дноуглубительных работ на геосистему Лужской губы в период строительства и эксплуатации МТП;

– определить набор биотических и абиотических характеристик, позволяющих адекватно оценивать состояние геосистемы в условиях функционирования МТП;

– определить наносимый вред водным биоресурсам и предложить компенсационные мероприятия;

– оценить уязвимость геосистемы по отношению к фактору дреджинга;

– разработать концепцию Программы геоэкологического мониторинга, обеспечивающую наиболее полную и объективную оценку состояния геосистемы «Лужская губа + МТП Усть-Луга»;

– разработать Проект экологической стратегии МТП Усть-Луга.

Объект исследования – геосистема «Лужская губа + МТП Усть-Луга».

Предмет исследования – геоэкологическое состояние Лужской губы при осуществлении дноуглубительных (дреджинговых) работ.

Методологическая, теоретическая и эмпирическая базы исследования.

Поставленные задачи решались на основе анализа материалов наблюдений 2008 - 2014 гг., выполненных ООО «Эко-Экспресс-Сервис», в котором автор работает с 2005 г. по настоящее время. Соответствующая база данных содержит необходимые сведения по всем объектам гидростроительства в Лужской губе (рисунок 1), для которых разрабатывалась природоохранная документация и выполнялся мониторинг. Для сбора материала автором разработана и использована схема станций наблюдений за состоянием геосистемы. Исследования проведены с использованием апробированных методик, усовершенствованных автором для достижения поставленной цели.

Использованы методы гидробиологических, гидрохимических, геоботанических и акустических исследований, технологии стратегического менеджмента, а также анализ спутниковой информации. Для обобщения полученных данных использовались математические методы обработки информации с применением оценочных технологий (индекс загрязненности вод, расчет класса опасности загрязнения донных отложений и др.), а также методики расчета ущерба рыбным запасам и интегральной экологической уязвимости прибрежных территорий. Усовершенствован методический подход к оценке полей мутности от дноуглубительных работ, создана соответствующая установка и выполнены наблюдения. При расчете ущерба биоресурсам использован рискологический подход [Карлин, Музалевский, 2010].

Научные результаты, выносимые на защиту

1. Получена комплексная картина состояния трансформированной в ходе портостроительных работ геосистемы «Лужская губа + МТП Усть-Луга», основанная на результатах многолетнего (2008 – 2014 гг.) геоэкологического мониторинга.

2. Разработаны усовершенствованный методический подход для определения распространения полей мутности, отличающийся от традиционных оперативностью мониторинговых наблюдений и оригинальная методика оценки ущерба водным биоресурсам, основанная на понятии «матриц риска» и отличающаяся от известных переопределением способа расчета экологического риска; определены также объемы и виды компенсационных мероприятий.

3. Предложен дополнительный инструментарий исследования состояния геосистемы, отличающийся от известных наличием дополнительной карты-схемы интегральной уязвимости береговых экосистем Лужской губы к фактору дреджинга.

4. Разработана концепция проекта Программы геоэкологического мониторинга акватории Лужской губы для этапа эксплуатации МТП Усть-Луга, включающая состав и требования, а также разработанные на ее основе

предложения и рекомендации к Проекту экологической стратегии развития МТП.

Научная новизна исследования

1. Впервые результаты мониторинговых наблюдений по отдельным объектам строительства синтезированы в целостную картину состояния геосистемы «Лужская губа + МТП Усть-Луга».

2. Применительно к Лужской губе научно обоснована роль мутности как ключевого фактора, влияющего на состояние геосистемы и предложен усовершенствованный методический подход определения распространения полей мутности, обеспечивающий повышение оперативности обработки данных.

3. Впервые построена карта интегральной экологической уязвимости береговой зоны Лужской губы относительно дреджингового воздействия.

4. Впервые разработана концепция программы геоэкологического мониторинга на этапе эксплуатации МТП Усть-Луга и проект экологической стратегии морского портового комплекса на примере МТП Усть-Луга.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке концепции Программы мониторинга геосистемы «Лужская губа + МТП Усть-Луга» на наиболее важных этапах жизненного цикла дреджингового проекта, а также в использовании оригинального метода оценки ущерба водным ресурсам, основанного на понятии «матриц риска» и отличающегося от известных переопределением способа расчета экологического риска. Карты-схемы уязвимости прибрежных экосистем к дреджингу позволяют дополнить представления об их общей устойчивости в условиях антропогенного воздействия.

Практическое значение полученных научных результатов состоит в том, что:

– для руководства порта Усть-Луга разработаны предложения и рекомендации по повышению эффективности работы порта, позволяющие в оперативном режиме принимать меры по минимизации возникающих угроз;

– разработаны подходы для практического применения методических основ Программы геоэкологического мониторинга, включающие ряд традиционных и новых способов управления состоянием геосистемы порта Усть-Луга.

Практическая значимость заключается:

– в возможности широкого применения полученных результатов в сфере рационального природопользования, охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности на территории порта Усть-Луга;

– в разработке методического подхода к оценке мутности как ключевого фактора контроля геосистемы при проведении плановых и ремонтных работ на территории порта;

– в программах мониторинга геосистемы, которые успешно апробированы на этапе портостроительства и подтвердили возможность использования результатов при планировании мониторинга и природоохранных мероприятий на время проведения ремонтных дноуглубительных работ.

Диссертация соответствует паспорту специальности 25.00.36 «Геоэкология (Науки о Земле)» по пунктам 1.10. Разработка научных основ рационального использования и охраны водных, воздушных, земельных, рекреационных, минеральных и энергетических ресурсов Земли, санация и рекультивация земель, ресурсосбережение; 1.11. Геоэкологические аспекты функционирования природно-технических систем. Оптимизация взаимодействия (коэволюция) природной и техногенной подсистем; 1.12. Геоэкологический мониторинг и обеспечение экологической безопасности, средства контроля.

Апробация результатов. Основные положения и результаты работы докладывались и получили положительную оценку на II Международной конференции «Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем» (СПб, 2011), международном Интернет-симпозиуме «Наука в жизни современного человека» (Казань, 2013), XIV и XVII Международном экологическом форуме «День Балтийского моря» (СПб, 2014, 2016), XV Международной научно-практической конференции «Экология и развитие общества» (СПб, 2014), 1 и 2

семинарах «Экологически дружественный порт» (2013, 2014), XXV международной Береговой конференции «Береговая зона - взгляд в будущее» (Сочи, 2014), 1st Baltic Earth Conference (Литва, г. Нида, 13 – 17 июня 2016), на Итоговой сессии Ученого совета РГГМУ (2013 – 2016), а также на объединенных семинарах кафедр экологии, прикладной экологии и промысловой океанологии ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет» (2015, 2016).

Акты внедрения и использования результатов работы

Результаты работы использованы в деятельности ООО «Эко-Экспресс-Сервис» и Невско-Ладожского бассейнового водного управления, а также в учебном процессе на факультете Экологии и физики природной среды РГГМУ и на факультете Фотографии и технологий дизайна в Санкт-Петербургском государственном университете Кино и телевидения, Институте фундаментальной медицины и биологии. Отдельные главы диссертационной работы выполнены в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы» (Соглашение №14.577.21.0056, уникальный идентификатор проекта RFMEFI57714X0056).

Личный вклад автора заключается в постановке и методическом обеспечении решения проблемы; в разработке программ геэкологического мониторинга; в организации и проведении полевых исследований, обработке полученных результатов, выявлении закономерностей, расчета ущерба рыбным запасам и предложения компенсационного мероприятия; в усовершенствовании методического подхода к оценке распространения полей мутности для повышения оперативности получения мониторинговой информации; в построении карт интегральной экологической уязвимости береговой зоны Лужской губы относительно фактора дноуглубления; в разработке Проекта экологической стратегии МТП Усть-Луга.

Публикации. По теме работы опубликовано 16 печатных работ, в том числе 8 - в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 218 наименований, в том числе 9 на иностранном языке, 5 приложений. Общий объем работы составляет 268 страниц машинописного текста, включая 33 таблицы, 66 рисунков.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

Положение 1 – Комплексная картина состояния трансформированной в ходе портостроительных работ геосистемы «Лужская губа + МТП Усть-Луга», основанная на результатах многолетнего (2008 – 2014 гг.) геоэкологического мониторинга, отличающаяся от известных синтезом состояний водной и биотической компонентов геосистемы.

Сведения по всем объектам гидростроительства в Лужской губе, для которых разрабатывалась природоохранная документация и выполнялся мониторинг (строительство операционных акваторий перегрузочных комплексов, контейнерного терминала, комплекса перегрузки сжиженных углеводородных газов, северного подходного канала, базы обеспечивающего флота, портового оградительного сооружения, причалов №24, 25, 26; формирование акватории южного района; реконструкция южного подходного канала; сброс грунта в подводные отвалы), представлены на рисунке 1.

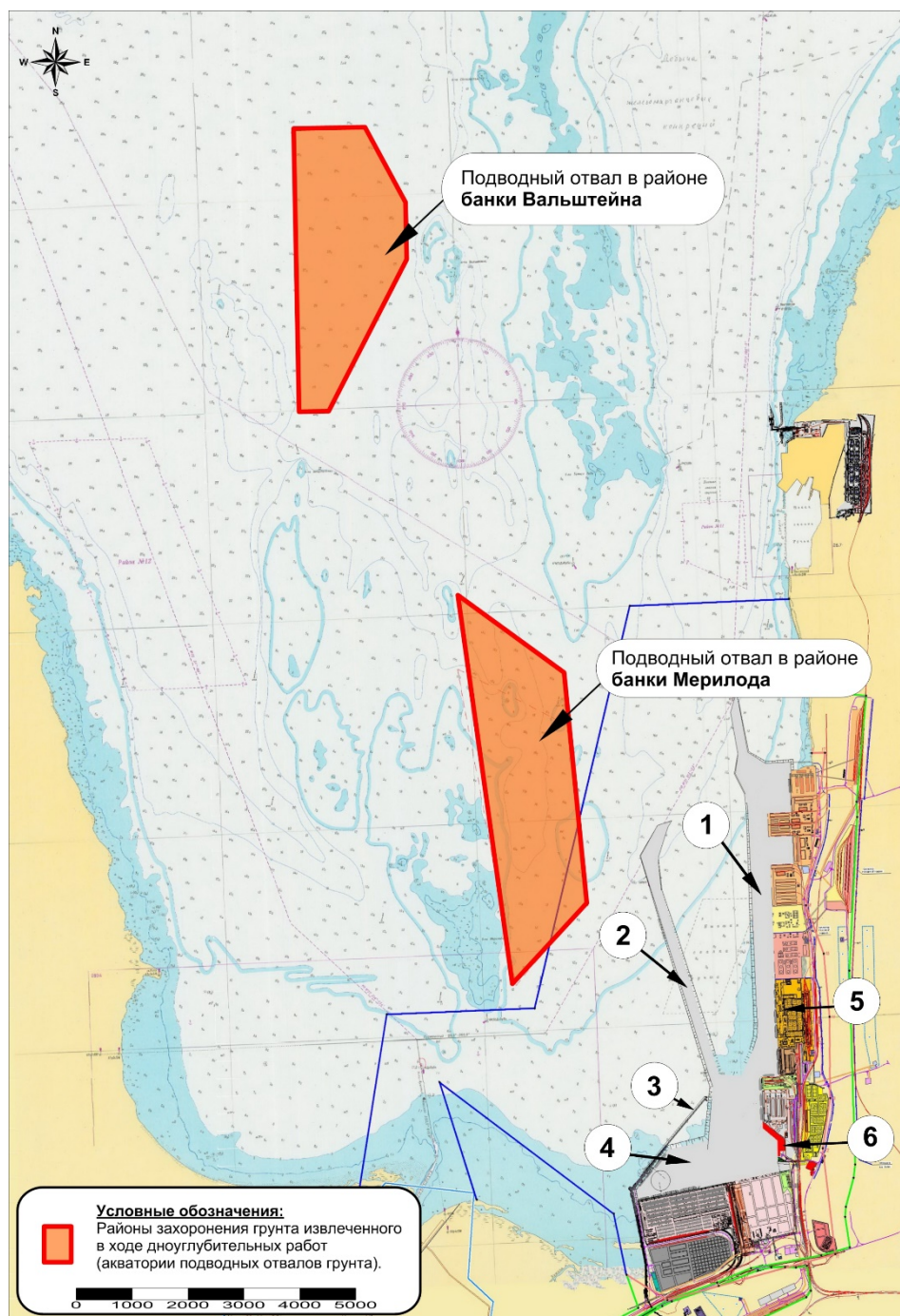


Рисунок 1 – Схема МТП Усть-Луга с объектами исследования: 1 - Северный подходной канал; 2 - Южный подходной канал; 3 - Портовое оградительное сооружение акватории Южного района МП Усть-Луга; 4 - Операционные акватории терминала по перегрузке сжиженных углеводородных газов (СУГ) и контейнерного терминала; 5 - Комплекс наливных грузов; 6 - База обеспечивающего флота

В результате исследований абиотических (природная вода, донные отложения, атмосферный воздух, шум) и биотических компонентов (фитопланктон, зоопланктон, макрозообентос, макрофиты, ихтиофауна, млекопитающие, орнитофауна, растительность береговой зоны) установлено следующее.

1. По гидрохимическим показателям воды губы характеризовались как «умеренно-загрязненные» (рисунок 2); их химический состав не свидетельствовал о наличии значительного техногенного ингредиентного загрязнения. Оценка качества вод проводилась по формуле:

$$\text{ИЗВ} = \frac{\sum \frac{C}{\text{ПДК}}}{4}, \quad (1)$$

где: С – среднее значение определяемого показателя; ПДК – предельно допустимая концентрация определяемого показателя; 4 – строго лимитируемое количество показателей, берущихся для расчета, имеющих наибольшие значения, независимо от того превышают они ПДК или нет, включая растворенный кислород.

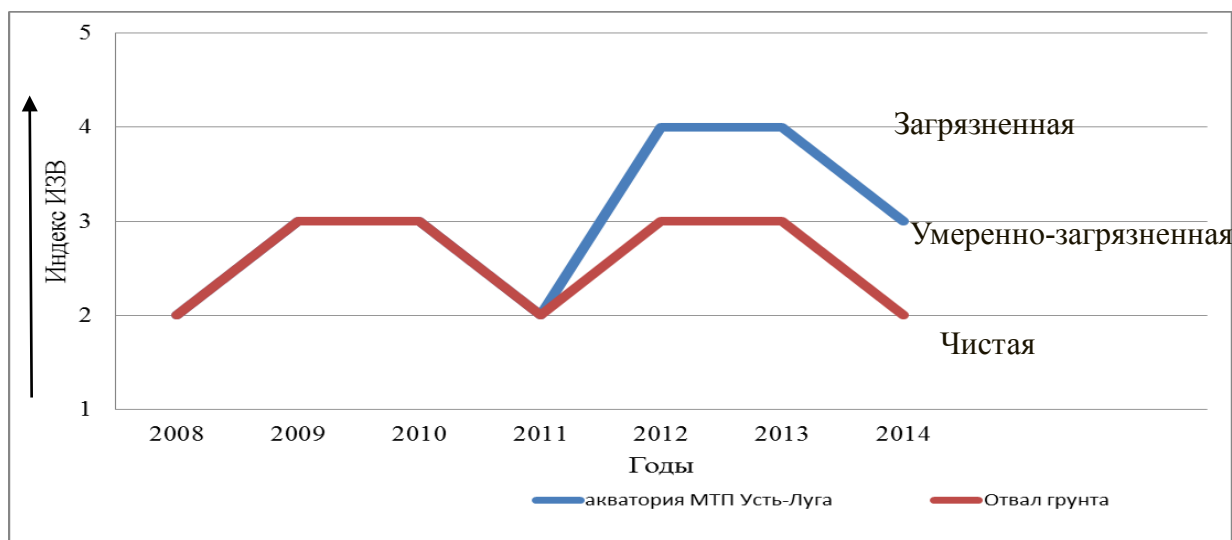


Рисунок 2 – Диаграмма изменения качества природных вод

2. По геохимическим показателям донные отложения относятся к 0 – 1 классу загрязнения и характеризуются как «чистые» / «слабозагрязненные» отложения, то есть - могут использоваться для намыва территорий и отвала в водные объекты.

3. Исследования качества атмосферного воздуха и уровней шума (значения эквивалентных $LA_{эКВ}$, дБА, и максимальных $LA_{маХ}$, дБА уровней звука) показали, что все контролируемые показатели удовлетворяли требованиям российских гигиенических нормативов. При этом отмечено негативное воздействие шума на тюленей (фактор беспокойства).

4. Численность и биомасса фитопланктона не изменились по сравнению с фоновыми значениями. В видовом составе до начала работ преобладали виды из отдела зелёных (хлорококковые), а в последние годы – криптофитовые, особенно - в южной части губы. По всей губе распространилась эвгленовая водоросль *Eutreptia sp.*, что свидетельствует о загрязнении воды легкоминерализуемыми органическими веществами. В целом современные характеристики фитопланктона губы соответствуют уровню β -мезотрофии.

5. Показатели обилия и продуктивности зоопланктона, характер их пространственной и временной динамики значимо не изменились. Лужская губа до сих пор является одним из наиболее продуктивных по зоопланктону участков восточной части Финского залива.

6. Воздействие на зообентос в 2008 – 2009 гг. (рисунок 3, 4) в основном проявлялось непосредственно в зоне механического воздействия (изъятие, сброс грунтов) и на примыкающей периферии. Восстановление бентоса началось сразу после окончания работ, но на разных участках происходит различными темпами, начиная с заселения грунтов короткоциклическими эврибионтными видами-эксплерентами. Достижение исходной биомассы и стабилизация сообществ *M. baltica*, имеющих высокую кормовую ценность для рыб-бентофагов, потребует нескольких лет. При восстановлении исходных значений биомассы сообществ их исходный видовой состав не восстанавливается. В обеднённые биоценозы вторгаются и достигают значительных показателей обилия полихеты-интродуценты, устойчивые к повышенной мутности (*Marenzelleria sp.*, *Manayunkia aestuarina*).

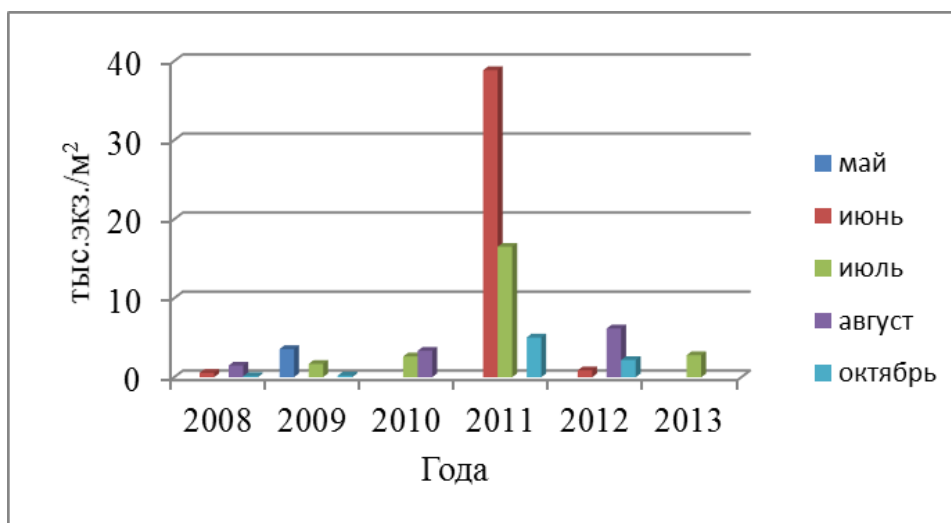


Рисунок 3 – Численность (тыс.экз/м²) макрозообентоса: 2008 – максимальная интенсивность дреджинга; 2011 – восстановление сообществ

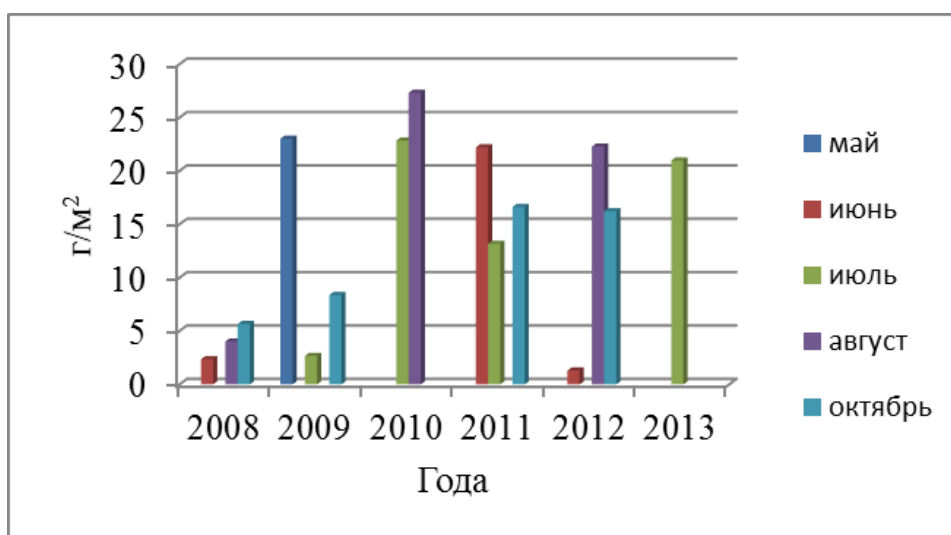


Рисунок 4 – Биомасса (г/м²) макрозообентоса: 2008 – максимальная интенсивность дреджинга; 2011 – восстановление сообществ

7. В большинстве районов проведения дреджинга заросли макрофитов утрачены. Береговая растительность (приморские луга) в настоящее время не демонстрируют негативной реакции на проведенные портостроительные работы.

8. Рыбные запасы за период портового строительства существенно уменьшились, особенно - в юго-восточной зоне губы. Условия для нереста рыб ухудшились из-за утраты прибрежных участков, отторгнутых под образование территорий, а также за счет временного заиления. Существенный вред

воспроизводству салаки нанесло использование её крупного нерестилища – банки Мерилода – как района отвала для извлеченных грунтов.

9. За период портостроительства произошло сокращение биотопов, пригодных для гнездования, стоянок и кормежки водно-болотных птиц. Число гнездящихся пар сократилось более чем в 3 раза. На Кургальском п-ове отмечено исчезновение камнешарки *Arenaria interpres*, клуши *Larus fuscus*, пестроносой крачки *Talassius sandvicensis*, турпана *Melanitta fusca*, гагарки *Alca torda* и чистика *Cerpphus grulle*. В то же время отмечено появление 2 новых видов – малой крачки *Sterna albifrons* и галстучника *Charadrius hiaticula*. В трансформированном состоянии Лужская губа сохранила экологическое значение как ключевой биотоп водно-болотной орнитофауны.

10. Вдоль береговой линии Кургальского п-ова расположены места залежек двух видов морских млекопитающих: серого тюленя *Halichoerus grypus* и кольчатой нерпы *Phoca hispida botnica*. Дноуглубительные работы, сопровождающиеся значительным шумом, влияют на поведение тюленей. Одновременно следует отметить природную составляющую стресса, вызванную теплыми зимами и дефицитом льда, необходимого тюленям для выведения потомства.

Основными факторами, влияющими на состояние геосистемы, являются: антропогенно повышенное содержание взвешенных веществ в водной толще (воздействие на планктон, ихтиофауну, бентос), подвижки грунта и разрушение биотопов (воздействие на бентос, ихтио- и орнитофауну). Химическое загрязнение в условиях Лужской губы не играет стрессовой роли.

Следует отметить, что в настоящее время Лужская губа не является необратимо деградированной. Большинство зафиксированных в 2008 – 2014 гг. изменений состояния геосистемы Лужской губы имеет обратимый характер. В дальнейшем, при условии последовательного снижения антропогенного пресса на этапе эксплуатации порта, основная часть биотических факторов окружающей среды восстановится, придя к фоновому состоянию.

Положение 2 – Усовершенствованный методический подход, определяющий в оперативном режиме распространение полей мутности и включающий в себя оригинальную методику оценки ущерба водным биоресурсам, основанную на понятии «матриц риска» и отличающуюся от известных переопределением способа расчета экологического риска для оценки объемов ущерба.

В период проведения интенсивных работ (2008 – 2009) наблюдались повышенные концентрации взвешенных веществ на участках дноуглубления (рисунок 5). Проанализировано распределение взвеси до начала работ и по их окончании в зависимости от особенностей стратификации водной толщи и (рисунок 6). Для оценки зависимости между значениями концентрации взвешенных веществ и данными о величине мутности STD-зонда проведен линейный регрессионный анализ. Данные, полученные в ходе лабораторных исследований проб на содержание взвешенных веществ, и данные о величине мутности природной воды, полученные в ходе STD-зондирования, не противоречат друг другу; между ними выявлена линейная связь. Пространственное распределение прозрачности природной воды полностью соответствовало горизонтальному распределению поля мутности, а также интенсивности оказываемого техногенного воздействия.



Рисунок 5 – Диаграмма изменения концентрации взвешенных веществ природных вод в период 2008 – 2014 гг.

В условиях устойчивой стратификации пятно повышенной мутности наблюдалось в квазиоднородном слое. В периоды неустойчивой стратификации, развивающейся на фоне свободной конвекции, распределение мутности становилось однородным по всей глубине.

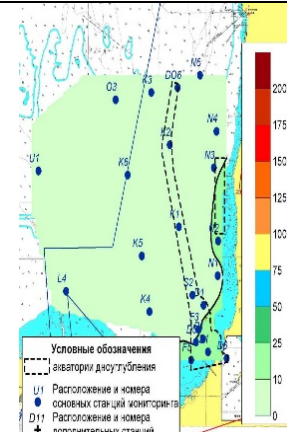
На примере объекта «Акватория Северной части МТП Усть-Луга» апробирован метод построения пятна мутности во время дноуглубительных работ. Измерения дивергенции горизонтальной скорости производились с помощью специально разработанной установки в семи пунктах наблюдений.



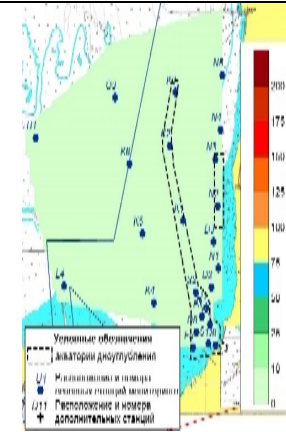
Съемка до начала
дноуглубительных работ
(23.04.08 г.)



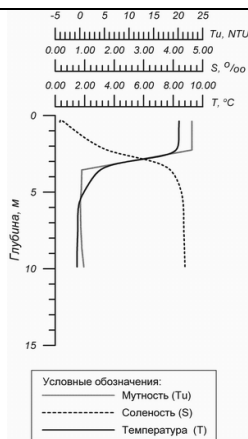
Съемка по окончании
дноуглубительных работ
(30.01.09 г.)



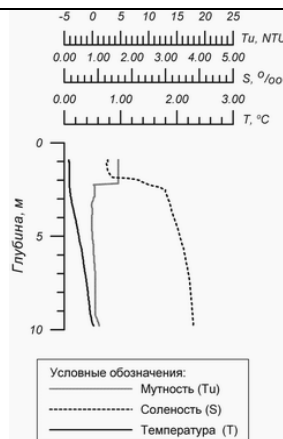
Съемка до начала
дноуглубительных
работ (15.04.09 г.)



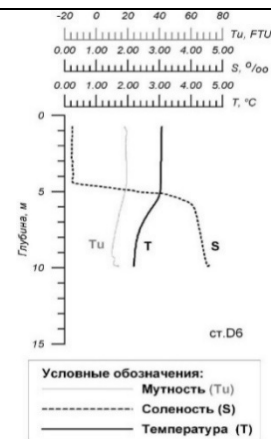
Съемка по окончании
дноуглубительных работ
(12.05.10 г.)



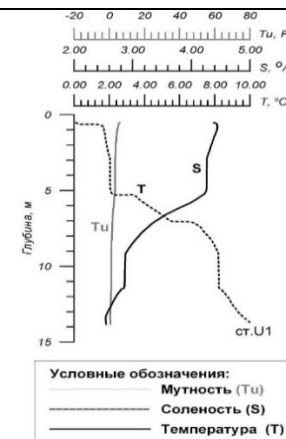
D6



D6



D6



D6

Рисунок 6 – Распространение в поверхностном слое взвешенных веществ, вертикальные распределения температуры, солености и оптической мутности

На этапе предварительной обработки данные, полученные по нерегулярной сети наблюдений, интерполировались сплайнами на прямоугольную сеть 100×100 м. На рисунках 7 и 8 приведены результаты расчетов полей мутности, распространяющихся через 35 и 62 часа после начала дноуглубительных работ.

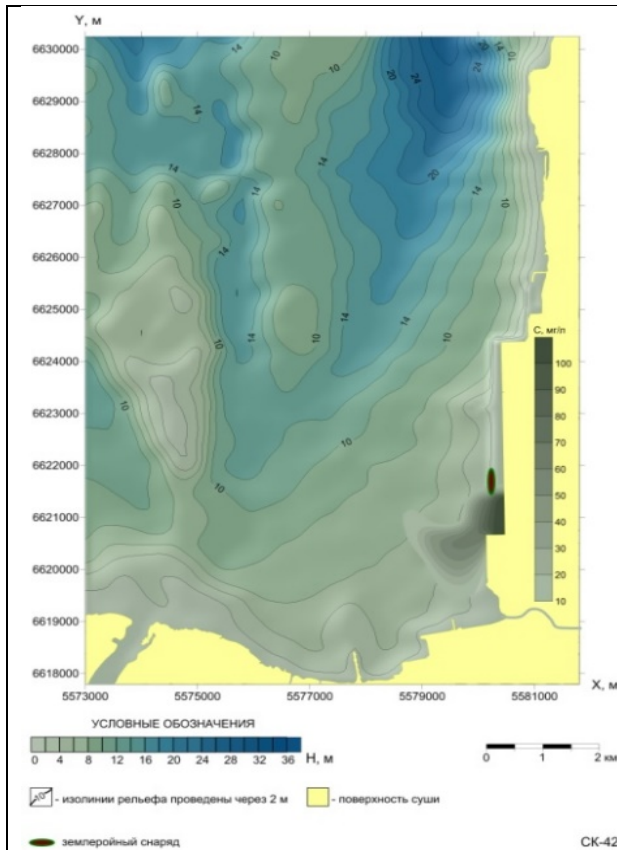


Рисунок 7 - Распространение полей мутности через 35 часов работы

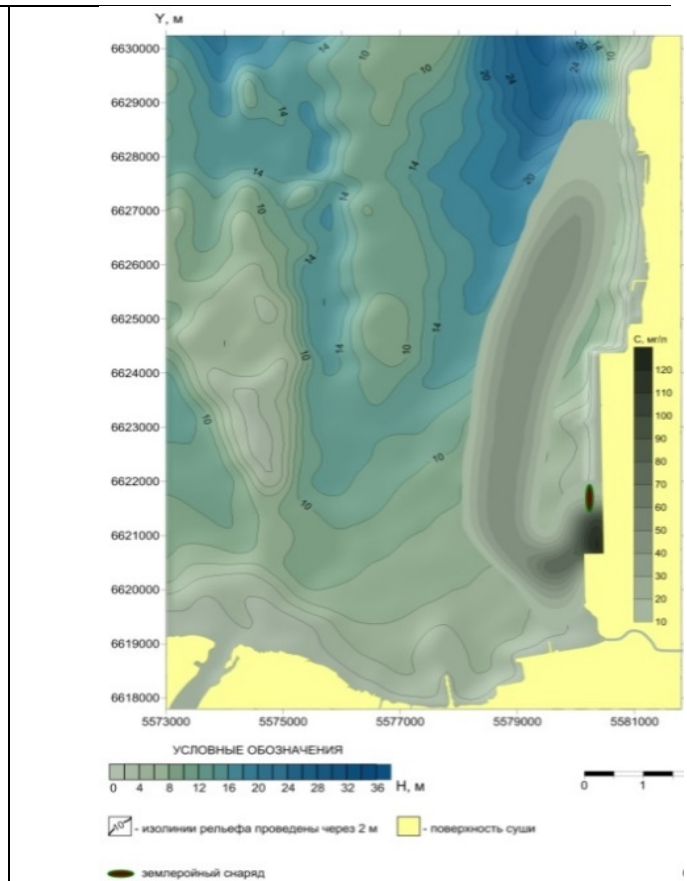


Рисунок 8 – Распространение полей мутности через 62 часа работы

Расчет вреда водным биоресурсам напрямую зависит от площади воздействия, который рассчитывается по концентрациям поля мутности. Так от дноуглубительных работ 2007 – 2014 гг. вред водным биоресурсам Лужской губы в сумме по всем категориям нанесенного ущерба составил 235,92 т рыбы (таблица 1). Расчет размера вреда N от гибели организмов кормовой базы рассчитывался по формуле:

$$N = B \times (1 + P/B) \times S^* \times K_E \times \left(\frac{K_3}{100} \right) \times d \times \theta \times 10^{-3} \quad (4)$$

где: N – потери водных биоресурсов, кг или т; B – средняя многолетняя для данного сезона величина общей биомассы кормовых планктонных организмов, г/м³; P/B – коэффициент перевода биомассы кормовых организмов в продукцию; S^* – площадь зоны воздействия, где прогнозируется гибель кормовых организмов бентоса, м²; $K3$ – средний для данной экосистемы и сезона года коэффициент использования кормовой базы, %; d – доля биомассы гибнущих организмов от исходной биомассы; 10^{-3} – показатель перевода граммов в килограммы, или килограммов в тонны; K_E – коэффициент эффективности использования пищи на рост (доля потребленной пищи, используемая организмом на формирование массы своего тела):

$$K_E = 1/K_2, \quad (5)$$

где K_2 – кормовой коэффициент, Θ – величина повышающего коэффициента, учитывающего длительность воздействия намечаемой деятельности и восстановления биологических сообществ до исходного состояния:

$$\Theta = T + \sum KB_{(t=i)} \quad (6)$$

где: T – показатель длительности негативного воздействия, в течение которого не происходит восстановление биоресурсов и их кормовой базы в результате разрушения условий обитания и воспроизводства; $\sum KB_{(t=i)}$ – коэффициент длительности восстановления теряемых биоресурсов, определяемых как $K_{t=i} = 0,5i$. Длительность восстановления (i лет) с момента прекращения воздействия для планктонных организмов составляет 1 год, для бентосных – 3 года.

Максимальный ущерб был нанесен в 2009 г. в период проведения капитального дреджинга на объектах: образование акватории контейнерного терминала; дноуглубление до отметки минус 13,5 м в районе причалов №3 и 4; реконструкция южного подходного канала; вторая очередь строительства операционной акватории для перегрузочных комплексов (таблица 1).

Таблица 1 - Размер ущерба водным биоресурсам, рассчитанный по фактически выполненным работам с 2007 по 2014 гг.

Год	Постоянный ущерб, т рыбы	Временный ущерб, т рыбы	Дополнительный временный ущерб, т рыбы
2007	0,356	0,906	-
2008	0,106	47,102	7,352
2009	-	92,954	18,511
2010	0,12	39,599	8,474
2011	-	12,582	-
2012	-	7,811	-
2014	0,047	-	-

Оценка экологического риска и причиненного ущерба водным биоресурсам от проводимых дноуглубительных работ проводилась с помощью «метода матриц риска». Экологический риск в анализируемом виде ущерба на конкретной территории рассчитывается по формуле (Музалевский, 2015):

$$R_A = P_A \times T_A, \quad (7)$$

где: R_A – экологический риск; P_A – вероятность реализации опасности; T_A – тяжесть последствий.

Для унификации оценки экологического риска использовалась балльная система. При этом риск отдельного фактора оценивался в шкале от 1 до 25 баллов, соответственно суммарный (многофакторный) экологический риск R изменялся от 4 до 100 баллов.

На основании проведенной оценки ущерба его величина соответствует 4 баллам. С учетом вероятности рассматриваемого события как возможного величина суммарного риска составляет 16 баллов, что означает отсутствие причин для беспокойства в настоящее время.

Компенсационным мероприятием, являющимся наиболее распространенным в настоящее время, может быть выпуск молоди рыб или создание рыбоводного комплекса с использованием комбинации садковой фермы и берегового рыбопитомника. Также рассчитанные величины ущерба могут быть компенсированы нетрадиционными компенсационными мероприятиями, как путем формирования новых прибрежных биотопов

[Царькова и др., 2014], так и развитием охраняемой зоны заказника Кургальский.

Положение 3 – Дополнительный инструментарий исследования состояния геосистемы, отличающийся от известных наличием карты-схемы интегральной уязвимости береговых экосистем Лужской губы по отношению к фактору дреджинга.

При планировании антропогенной деятельности в прибрежной зоне «опасность» / «неопасность» потенциального воздействия наиболее часто оценивается на основе информации об общей (интегральной) уязвимости рассматриваемой прибрежной экосистемы в отношении основных прогнозируемых антропогенных воздействий [Голубев и др., 2010; Погребов, 2010]. Определения экологической уязвимости с соответствующими индикаторами экологической уязвимости (Environmental Vulnerability Indicators, EVI) представлено в западной и российской литературе [Карлин, Музалевский, 2015].

Под интегральной экологической уязвимостью прибрежных экосистем к антропогенному воздействию нами понимается совокупность абиотических особенностей прибрежных биотопов и биотических особенностей всех основных групп растений и животных (являющихся компонентами прибрежных экосистем), проявляющихся на экосистемном уровне [Погребов, 2010].

В геосистеме «Лужская губа + МТП Усть-Луга» наиболее уязвимыми к фактору дреджинга оказываются: макроводоросли и макрофиты; рыбы (взрослые особи и донная икра); водно-болотные птицы; бентос (таблица 2). Для периода проведения планируемых ремонтных дноуглубительных работ (конец весны - середина осени) построена карта, на которой выделены зоны с пятью уровнями интегральной экологической уязвимости: очень низкая, низкая, средняя, высокая и очень высокая (рисунок 9). Западные и восточные части Лужской губы различаются уровнем экологической уязвимости по отношению к дреджингу. Юго-восточная часть губы в настоящее время - сформированная

природно-техническая система с низким уровнем видового разнообразия и низким уровнем экологической уязвимости. В западной же части губы отмечены разнообразные природные комплексы с высоким уровнем уязвимости. Для центральной части губы характерны «низкий» и «средний» уровни уязвимости, за исключением района банки Мерилода, уязвимость которого может быть оценена как «высокая». Другой участок с «высоким» уровнем уязвимости - заросли высшей водной растительности западнее устья р. Луга. Здесь в плавнях и на ветлендах отмечена наибольшая численность гнездящихся птиц, в том числе – выпи (*Botaurus stellaris*), белого аиста (*Ciconia ciconia*), чирка-трескунка (*Anas querquedula*), скопы (*Pandion haliaetus*), лысухи (*Fulica atra*) и водяного пастушка (*Rallus aquaticus*). Уровень уязвимости возрастает до «очень высокого» вдоль побережья Кургальского п-ова. Сюда же к настоящему времени сместились основные пути нагульных и нерестовых миграций лососевых рыб. Северная часть полуострова продолжает играть роль ключевого биотопа для обоих видов тюленей.

Таблица 2 – Уязвимость различных компонентов биологических сообществ (по: Погребов и др., 2011, с изменениями)

Компонент биологического сообщества прибрежно-морской экосистемы Лужской губы	Коэффициент относительной уязвимости		
	Шумовое воздействие	Увеличение количества взвеси в воде	Перемещение грунта
Приморские луга*	1	1	1
Фитопланктон	1	3	1
Зоопланктон	1	4	1
Макроводоросли	1	5	5
Сосудистые растения (макрофиты)	1	1	5
Донные беспозвоночные (бентос)	1	3	5
Рыбы (донная икра, мальки)	1	5	5
Рыбы (взрослые особи)	3	4	3
Водно-болотные птицы*	5	3	2
Ластоногие (тюлени)	5	2	1

Примечания: «1» - наименьшая уязвимость; «5» - наибольшая уязвимость; * - группы, для которых уязвимость определена впервые

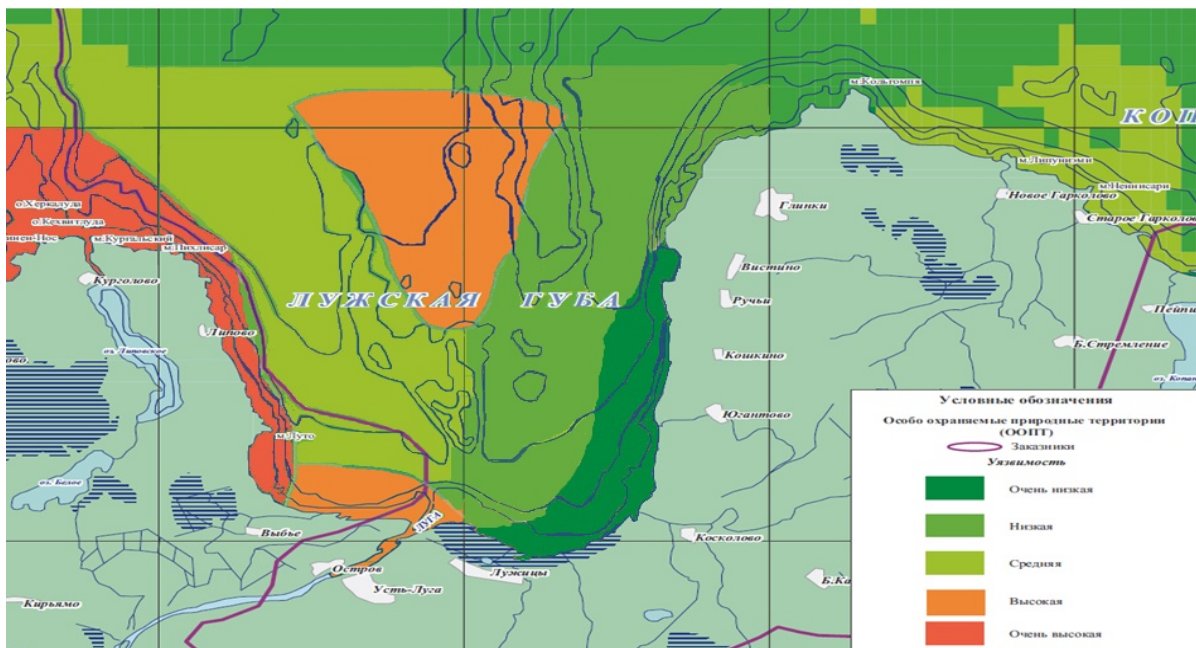


Рисунок 9 – Потенциальная уязвимость гидробиологических сообществ Лужской губы к фактору дреджинга по интегральным биологическим характеристикам в летний период

Положение 4 – Концепция проекта Программы геоэкологического мониторинга акватории Лужской губы для этапа эксплуатации МТП Усть-Луга, ее состав и требования к ней, а также разработанные на ее основе предложения и рекомендации к Проекту экологической стратегии развития МТП.

В соответствии со стратегией развития морской портовой инфраструктуры России, процесс развития транспортного кластера в береговой зоне Лужской губы будет продолжаться, и порт Усть-Луга должен стать одним из крупнейшим. В ходе деятельности портовых комплексов неизбежно возникают экологические риски, связанные с операционными процессами, проводимыми в портах и прилегающих территориях. Основные виды воздействия связаны с транспортировкой, перегрузкой, хранением грузов и перевозкой пассажиров. Кроме того, функционирование портов нуждается в дополнительно предоставляемых услугах и средствах, таких как буксировка, бункеровка, сюрвейерские и другие услуги. Для планирования и реализации экологической

стратегии необходимо иметь достаточную информацию об окружающей среде. Построенный для этапа эксплуатации МТП алгоритм мониторинга (рисунок 10) отличается от известных следующим:

- предлагается создание центра, осуществляющего анализ мониторинговых данных и распространение экологической информации;
- отбор проб природных/сточных вод осуществляется в увязке со всеми пунктами наблюдений или наиболее значимыми на заданный момент времени;
- на уровне оценки состояния геосистемы в отдельное звено выделено построение карты экологической уязвимости береговой зоны;
- на этапе прогноза изменений включена оценка матриц экологического риска для принятия решений и оптимизации затрат.

Предложенная схема наблюдений представлена на рисунке 11. Наблюдаемые абиотические параметры:

- в природных водах: определение концентраций химических и санитарно-бактериологических веществ, токсикологические показатели, прозрачность, мутность, измерение гидрологических характеристик и метеорологических параметров;
- в донных грунтах: физико-механические и химико-аналитические и токсикологические параметры и показатели;
- измерения уровня шума;
- измерения концентраций веществ в атмосферном воздухе;
- за режимом стока грунтовых вод, за экзогенными геологическими процессами после этапа строительства, за локальными изменениями форм рельефа и микрорельефа при возможных аварийных ситуациях прибрежно-береговой зоны.

Рекомендуется установить дополнительные пункты наблюдений на западном берегу губы в целях контроля воздействия на водно-болотных птиц и тюленей. Дополнительно должны проводиться измерения уровней вредных

физических воздействий (шума) на границе единой санитарно-защитной зоны МТП Усть-Луга после ее формирования.

Наблюдаемые биотические параметры:

- видовой состав, эффективность воспроизводства и урожайности поколений рыб по состоянию ихтиопланктона;
- фотосинтетические пигменты (хлорофилл «а»), первичная продукция планктона, деструкция органического вещества;
- видовой состав, численность, биомасса отдельных групп и общая, индикаторные виды фитопланктона, зоопланктона, бентоса;
- общая численность, сапрофитная микрофлора бактериопланктона;
- видовой состав, численность, биомасса, степень доминирования, видовая и возрастная структура ихтиофауны (личинки, молодь);
- численность, места залезек морских млекопитающих;
- распределение (биотопическое размещение), численность на пролете и гнездовании, видовой состав, структура орнитоценоза водно-болотных птиц;
- видовой состав, особенности размещения, обилие, численность наземных береговых растительных сообществ.

Разработка экологической стратегии МТП Усть-Луга совмещает как развитие инфраструктуры порта, так и здоровую и безопасную среду обитания. Разработанная стратегия содержит приоритетные направления и конкретные мероприятия, предусматривающие согласованные действия всех участников портовой деятельности.

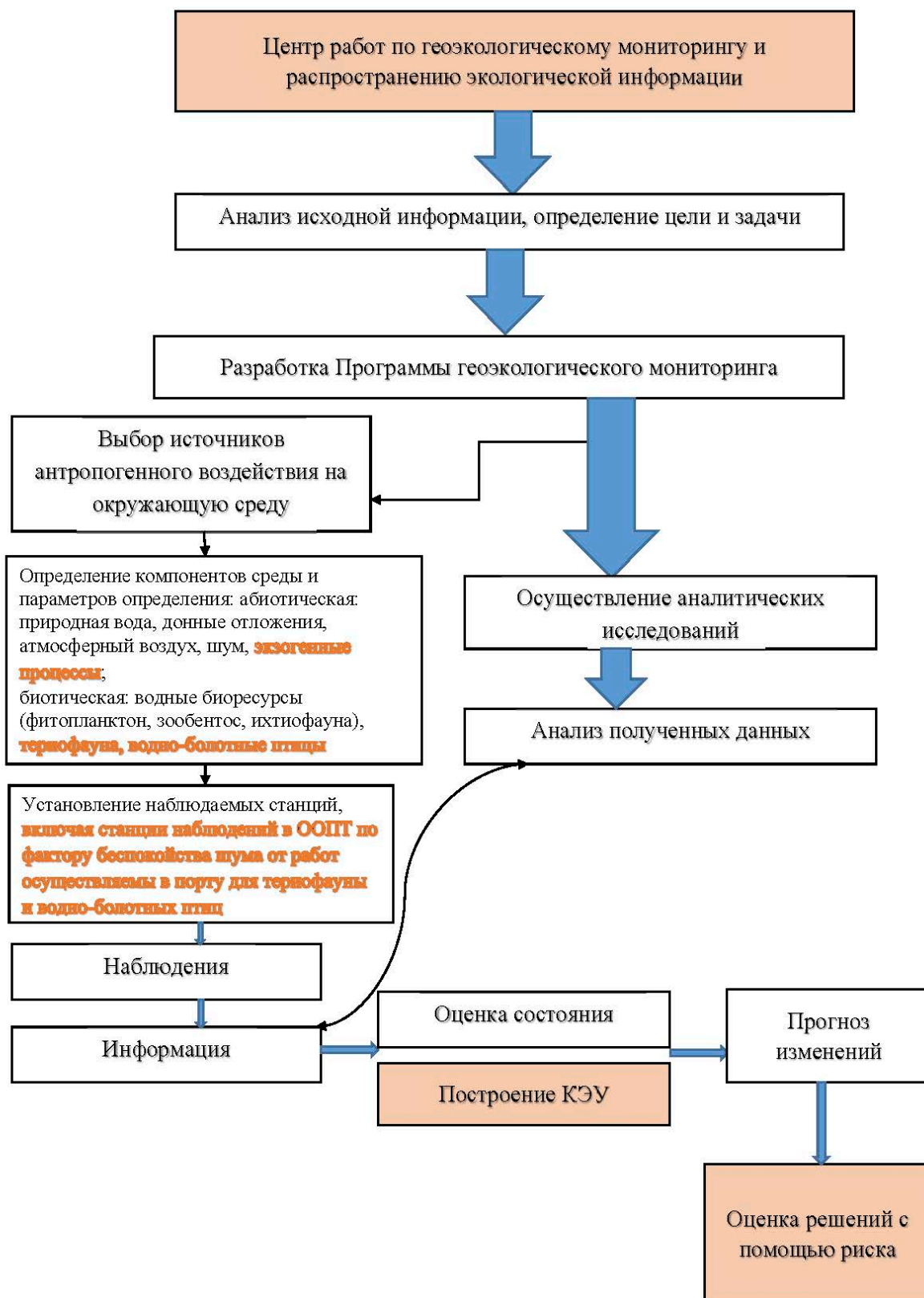
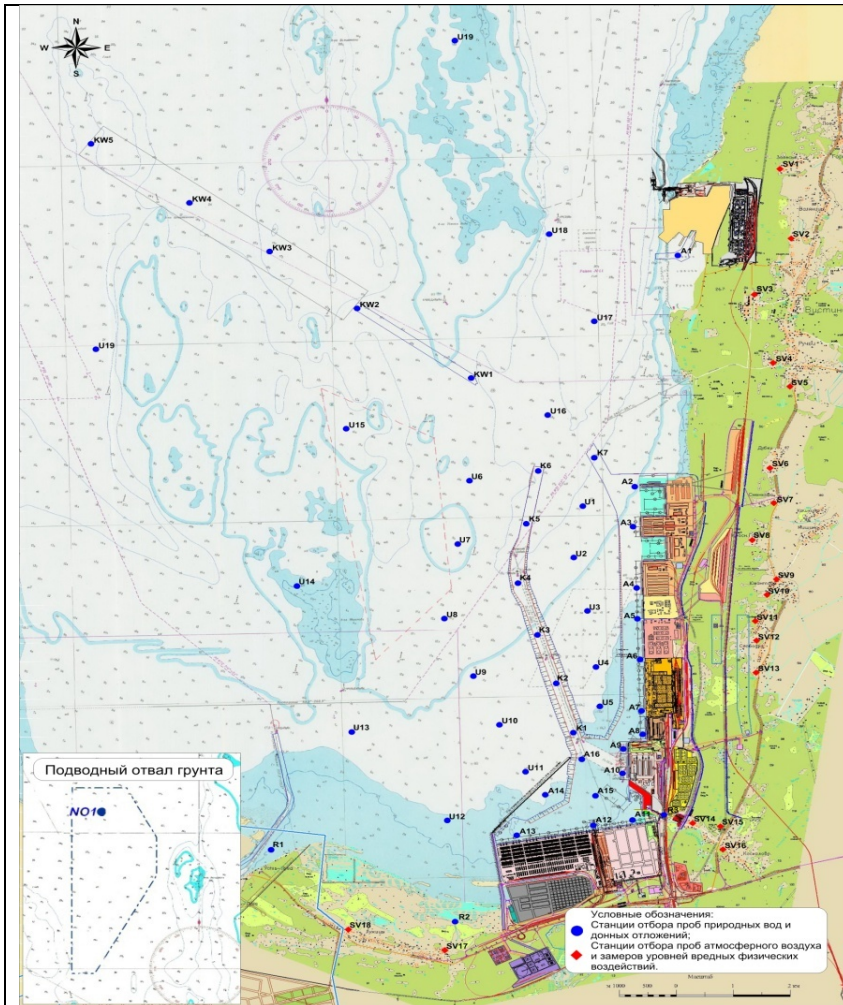
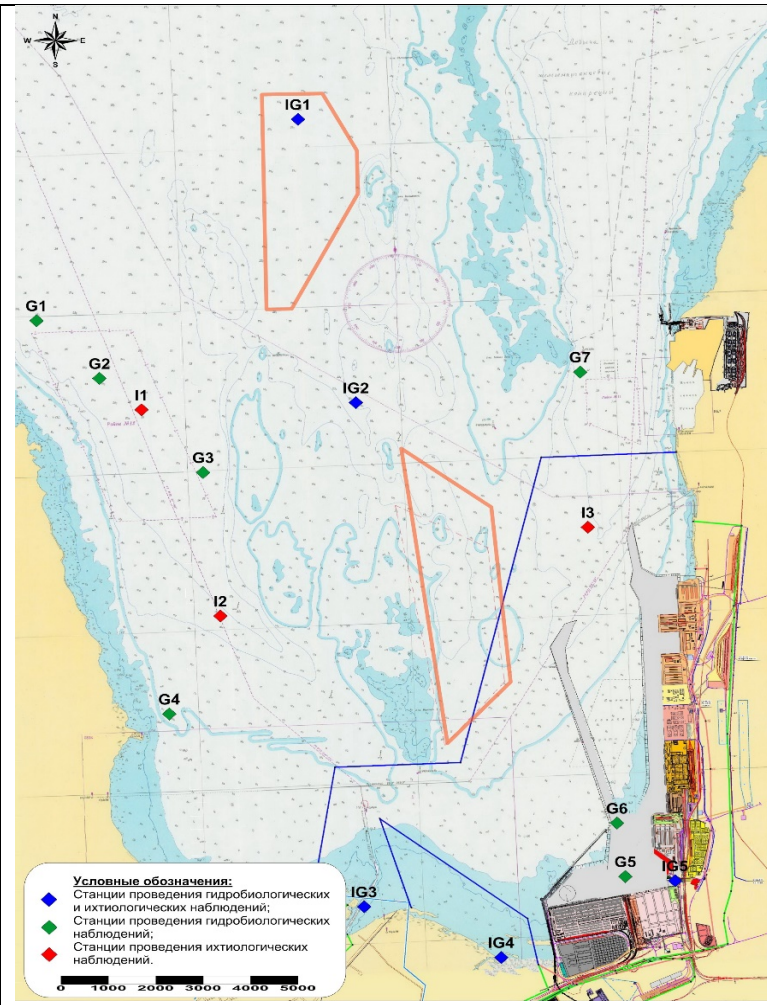


Рисунок 10. Алгоритм программы геоэкологического мониторинга (красным цветом отмечены отличительные особенности предложенного алгоритма)



А) Ориентировочная схема расположения станций и пунктов отбора проб природных вод, донных отложений, атмосферного воздуха и замеров уровней вредных физических воздействий (шума)



Б) Ориентировочная схема расположения гидробиологических и ихтиологических станций

Рисунок 11. Ориентировочная схема расположения станций

Экологическая стратегия в процессе функционирования и развития порта Усть-Луга предусматривает:

а) снижение воздействия на окружающую среду портовых процессов и сооружений;

б) создание условий для устойчивого улучшения состояния природной среды в ПТС «МТП + береговая зона», что означает:

– снижение рисков и ущербов, связанных с природными катаклизмами и техногенными авариями;

– стимулирование инноваций в сфере экологии, развитие инфраструктуры, обеспечивающей трансфер знаний и технологий в экологической сфере;

– развитие кластерных инициатив, как организационной формы взаимодействия множества самостоятельных организаций (научных, образовательных и производственных), что будет способствовать концентрации специалистов высокого уровня (ученых, организаторов производства, инженеров, технологов, конструкторов и т.д.), действующих в направлении экологизации портовой деятельности.

Для снижения воздействия на окружающую среду компания должна стремиться использовать весь арсенал современных средств наблюдения и контроля, включающие как технические и технологические меры, так и организационно-управленческие инструменты, содержащие активные и компенсационные способы устранения своего негативного влияния на экосистему. Важными инструментами также являются мотивация, обучение, просвещение сотрудников порта, закрепление экологической ответственности за отделами и службами порта, которые будут способствовать общему повышению экологической культуры работников компании и вызовут положительные эффекты в долгосрочном периоде.

Рекомендуется учитывать при развитии портовых комплексов близлежащие территории, которые находятся в зоне влияния порта и его деятельности, а также охраняемые природные объекты.

ВЫВОДЫ:

На основе анализа литературных источников и выполненных теоретических и экспериментальных исследований были решены актуальные научно-практические задачи и получены следующие выводы:

1. Основные факторы стрессового воздействия на геосистему Лужской губы имеют физическую природу (антропогенные факторы – взвесь, подвижки грунта, шум; природные факторы – теплые зимы). Химическое загрязнение не входит в число стрессовых факторов.

2. По завершении портостроительных работ значительные изменения претерпели следующие параметры геосистемы Лужской губы: *абиотические* – геоморфология береговых зон; *биотические* – состояние бентоса, макрофитов, ихтиофауны, водно-болотной орнитофауны. Техногенное воздействие на биоту Лужской губы, особенно – южной ее части, носило кумулятивный характер на протяжении всего периода строительства МТП Усть-Луга, а в дальнейшем будет продолжаться и при его эксплуатации. Однако снижение разнообразия биологических сообществ не приобрело повсеместный характер, что позволяет предполагать обратимость негативных изменений геосистемы.

3. По фактически выполненным работам в сумме по всем категориям нанесенного ущерба в период с 2007 по 2014 гг. от дноуглубительных работ водным биоресурсам Лужской губы был нанесен вред в размере потери 235,92 т рыбы. Максимальный ущерб был нанесен в 2009 году. Величина суммарного риска составила 16 баллов, что означает отсутствие причин для беспокойства в настоящее время. Компенсационным мероприятием может быть выпуск молоди рыб, создания рыбоводного комплекса с использованием комбинации садковой фермы и берегового рыбопитомника, так и нетрадиционные: формирование новых прибрежных биотопов, развитие охраняемой зоны заказника Кургальский.

4. В целом, рыбные запасы Лужской губы за период портового строительства существенно уменьшились. Их межгодовая вариабельность

значительно возросла. Наиболее существенное уменьшение показателей обилия водных биоресурсов произошло в юго-восточной зоне губы, где максимально воздействие со стороны портового строительства. Условия для нагула рыб в целом также изменились к худшему.

5. Экологическая уязвимость берегов Лужской губы разная; наиболее уязвимым является западный берег. При проведении дноуглубительных работ наиболее чувствительными компонентами геосистемы является бентос, затем уже – макрофиты и водно-болотные птицы. Чувствительность к фактору беспокойства (шум) проявляют тюлени.

6. Техногенное воздействие на фауну гидробионтов в Лужской губе, особенно – в ее южной части, носит кумулятивный пролонгированный характер на протяжении всего периода строительства МТП, а в дальнейшем будет продолжаться и при его эксплуатации. Наиболее уязвимые компоненты геосистемы на этапе эксплуатации МТП – бентос, макрофиты и водно-болотные птицы.

7. Для зообентоса Лужской губы в естественном состоянии в целом характерно увеличение биомассы от лета к осени за счет соматического роста донных беспозвоночных, в то время как в районе дноуглубления от июня к октябрю, напротив, происходило снижение биомассы донных сообществ. Видовой состав бентоса не восстанавливается.

8. Целью разработки экологической стратегии МТП Усть-Луга должно быть совмещение развития инфраструктуры порта и экологически безопасной среды обитания. Поэтому при проведении геоэкологического мониторинга на этапе эксплуатации МТП целесообразно: создание Центра анализа и распространения информации; увязка наблюдений со всеми пунктами наблюдений и выделение наиболее значимых пунктов на заданный момент времени; построение и использование карты экологической уязвимости береговой зоны; использование матриц экологического риска для принятия решений.

Основное содержание диссертационной работы опубликовано в 16 печатных работах, из них 8 публикаций в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:

1. Царькова Н.С. Особенности использования специализированных гидротехнических сооружений для компенсации вреда, наносимого биоте при строительстве в береговой зоне восточной части Финского залива / Жигульский, Шуйский, Царькова, Русских Е.М. / журнал «Экология урбанизированных территорий», №1 2013. – С. 18 – 23

2. Царькова Н.С. Некоторые результаты экологического мониторинга и оценки воздействия строящихся объектов морского торгового порта «Усть-Луга» на экосистему Лужской губы / Жигульский В.А., Былина Т.С., Царькова Н.С., Лавров Я.Б., Соловей Н.А., Шуйский В.Ф.//Экология урбанизированных территорий. – 2013. – №3. – С. 6–14

3. Царькова Н.С. Некоторые результаты экологического мониторинга и оценки воздействия строящихся объектов морского торгового порта «Усть-Луга» на экосистему Лужской губы. 2. Техногенная сукцессия Лужской губы / Жигульский В.А., Царькова Н.С., Былина Т.С., Лавров Я.Б., Соловей Н.А., Шуйский В.Ф.// Экология урбанизированных территорий. – 2013. – №3. – С. 107–119.

4. Царькова Н.С. Зависимость реакции водной биоты на тепловое техногенное воздействие от фонового термического режима экосистемы (на примере макрзообентоса) /Жигульский В.А., Шуйский В.Ф., Царькова Н.С., Максимова Е.Ю., Бойкова С.А.//Проблемы региональной экологии. – 2013. – №5. – С. 141 – 153.

5. Царькова Н.С. Оценка концентрации взвешенных частиц в водоемах по результатам измерений прозрачности воды с использованием диска Секки /Жигульский В.А., Илюхин В.С., Маслов П.А.// Проблемы региональной экологии. - 2014. - №1. – С. 138 – 144.

6. Царькова Н.С. Технология моделирования процесса переноса взвешенных веществ водными течениями показанная на примере результатов дноуглубительных работ, проведенных в Лужской губе Финского залива// Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета. - 2014. - №35 – С. 142-150.

7. Царькова Н.С. Реакция макрзообентоса водотоков бассейна восточной части Финского залива на многофакторные антропогенные воздействия / Жигульский В.А., Шуйский В.Ф., Царькова Н.С., Соловей Н.А., Максимова Е.Ю.// Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2014. – №35. – С. 178-185.

8. Царькова Н.С. Формирование экологической стратегии для морского порта Усть-Луга./ Кононенко М.Р., Царькова Н.С., Аполинарлова М.М., Шилин М.Б.// Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2015. №41. – С. 165-173.