

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра комплексного управления прибрежными зонами

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(магистерская диссертация)

На тему Анализ методов и механизмов, направленных на предотвращение
нефтяного загрязнения (на примере Балтийского моря)

Исполнитель Садыков Альберт Абдрахимович

Руководитель Ph.D.

Семеошенкова Вера Сергеевна

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой



кандидат географических наук, доцент,

Плинк Николай Леонидович

« 10 » 06 2018 г.

Санкт-Петербург

2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра комплексного управления прибрежными зонами

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

На тему Анализ методов и механизмов, направленных на предотвращение
нефтяного загрязнения (на примере Балтийского моря)

Исполнитель Садыков Альберт Абдрахимович

Руководитель Ph.D.

Семеошенкова Вера Сергеевна

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

кандидат географических наук, доцент,

Плинк Николай Леонидович

«__» _____ 20__ г.

Санкт–Петербург

2018

СОКРАЩЕНИЯ

| | | |
|--------|---|---|
| HELCOM | – | Хельсинская комиссия по защите морской среды Балтийского моря |
| ННП | – | Нефть и нефтепродукты |
| БПП Ц | – | Цилиндрическое боновое ограждение с постоянной плавучестью |
| АБЗ | – | Аварийные надувные боновые ограждения |
| ВБЗ | – | Выплывающие боновые ограждения |
| ПАВ | – | Поверхностно-активные вещества |
| ЛРН | – | Ликвидация разливов нефти |
| TACIS | – | Technical Assistance for the Commonwealth of Independent States (Техническая помощь Содружеству Независимых Государств), программа Европейского союза по содействию ускорению процесса экономических реформ в СНГ |
| BRISK | – | Проект «Субрегиональный риск разливов нефти и опасных веществ в Балтийском море» |
| РН | – | Разлив нефтепродуктов |
| ПБ | – | Пожарная безопасность |

СОДЕРЖАНИЕ

| | Стр. |
|--|------|
| Сокращения | 2 |
| Введение | 5 |
| 1 Обзор типов судов и катастроф в Балтийском море | 7 |
| 1.1 Географическое расположение Балтийского моря | 7 |
| 1.2 Типы судов | 9 |
| 1.3 Морские катастрофы в Балтийском море | 22 |
| 2 Локализация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (ННП), методы их ликвидации и мониторинг нефтяного загрязнения | 27 |
| 2.1 Основные средства локализации аварийных разливов ННП | 27 |
| 2.2 Методы ликвидации нефтяных загрязнений водных объектов | 37 |
| 2.2.1 Термический метод | 37 |
| 2.2.2 Механический (бонны и скиммеры) метод | 38 |
| 2.2.3 Физико-химический (с использованием диспергентов и сорбентов) метод | 39 |
| 2.2.4 Биологический метод | 42 |
| 2.3 Мониторинг нефтяного загрязнения | 43 |
| 2.3.1 Контроль за загрязнением окружающей среды в зоне деятельности нефтегазодобывающих управлений | 44 |
| 3 Анализ аварийных ситуаций при транспортировке нефтепродуктов по морю | 47 |
| 3.1 Факторы риска разлива нефти и нефтепродуктов в Балтийском море | 50 |
| 3.2 План по ликвидации разливов нефтепродуктов | 51 |

| | Стр. |
|---|------|
| 4 Оценка риска разлива нефти и разработка рекомендаций по снижению риска при транспортировке нефтепродуктов | 54 |
| 4.1 Методика и расчет вероятности возникновения аварии | 55 |
| 4.2 Методика оценки экологического ущерба и расчет платы за нанесение ущерба окружающей среде при аварийных ситуациях с разливом нефтепродуктов на акватории Балтийского моря | 57 |
| 4.2.1. Методика расчета платы за ущерб при загрязнении атмосферы воздуха | 58 |
| 4.2.2. Методика расчета платы за загрязнение водных объектов нефтепродуктами | 61 |
| 4.3 Стоимость работ по локализации и ликвидации разлива нефти | 63 |
| 4.4 Расчет вероятного относительного ущерба и количественной меры риска возникновения аварийной ситуации | 64 |
| 4.5 Разработка рекомендаций по снижению риска при транспортировке нефтепродуктов по акватории Балтийского моря | 64 |
| Заключение | 67 |
| Список использованных источников | 71 |

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в связи с ростом добычи нефти и, как следствие, экспорта, стоит вопрос о способах ее дальнейшей транспортировки. В связи с этим актуальность дипломной работы обусловлена увеличением риска возникновения аварии, при следовании нефтеналивных судов по морю. Для России наиболее важной акваторией, с точки зрения продажи нефти, является Балтийское море. В данный момент именно по нему проходят основные магистрали для транспортировки нефти на экспорт. В 2016 году суммарный грузооборот российских портов в Балтийском бассейне составил 236,6 млн. тонн, что на 10% больше, чем в 2013 году. Статистика показывает, что, несмотря на постоянные попытки увеличения безопасности при транспортировке нефти танкерным флотом, в Балтийском море ежегодно происходит не менее одной аварии, связанной с разливом нефти. Транспортировка нефти танкерами представляет опасность, поскольку даже небольшая авария может нанести огромный ущерб окружающей среде, а также привести к экологической и к социально-экономической катастрофе. Все перечисленные выше причины определяют актуальность решения проблемы снижения риска при перевозке нефти танкерами.

Объектом в данном исследовании выступает экологическая безопасность акватории Балтийского моря. Предметом – процессы обеспечения экологической безопасности и снижения экономических рисков при разливе нефти.

Целью данной работы является разработка мероприятий по снижению риска разлива нефти на водной акватории Балтийского моря и расчет вероятного относительного ущерба при возникновении аварийной ситуации.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить ряд задач, а именно:

- 1) проанализировать основные типы судов в Балтийском море и данные об авариях;
- 2) проанализировать средства и методы по локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов;
- 3) определить основные факторы риска разлива нефти в Балтийском море;
- 4) рассчитать количественную меру риска возникновения аварии в Балтийском и рассчитать плату за нанесение экологического ущерба при нефтеразливах;
- 5) Разработать рекомендации по снижению риска при транспортировке нефтепродуктов по акватории Балтийского моря.

1 Обзор типов судов и катастроф в Балтийском море

1.1 Географическое положение Балтийского моря

Балтийское море – это море Атлантического океана, окруженное Скандинавией, Финляндией, Эстонией, Латвией, Литвой, Россией, Польшей, Германией и Северной и Центральной Европы (Рис. 1.1).

Море простирается от 53° до 66° северной широты и от 10° до 30° восточной долготы. Средиземное море Атлантики, с ограниченным обменом воды между двумя телами, Балтийское море стекает через датские острова в Каттегат через проливы Эресунда, Большой пояс и Маленький пояс. Он включает Ботнический залив, Ботский залив, Финский залив, Рижский залив и Гданьский залив.

Балтийское море граничит с его северным краем, на широте 60° с. ш., Аландскими островами и Ботническим заливом, на северо-восточном краю Финского залива, на восточном краю Рижского залива, а также в западной части шведской части южного Скандинавского полуострова. Балтийское море связано искусственными водными путями к Белому морю через Беломорский канал и к немецкой бухте Северного моря через Кильский канал.

Балтийское море вытянулось с юго–запада на северо–восток, наибольшая длина моря равна 1360 км. Площадь Балтийского моря равна 419 тыс. км², объем воды составляет 21,5 тыс. км³, средняя глубина — 51 м, а наибольшая глубина — 470 м. В Балтийское море впадает около 250 рек. Крупнейшими реками являются – Висла, Одер, Неман, Даугава, Нева. Наибольшее количество воды приносит за год река Нева — в среднем 83,5 км³. Самое широкое место моря на 60° с. ш., между Санкт–Петербургом и Стокгольмом, оно раскинулось почти на 650 км [16].

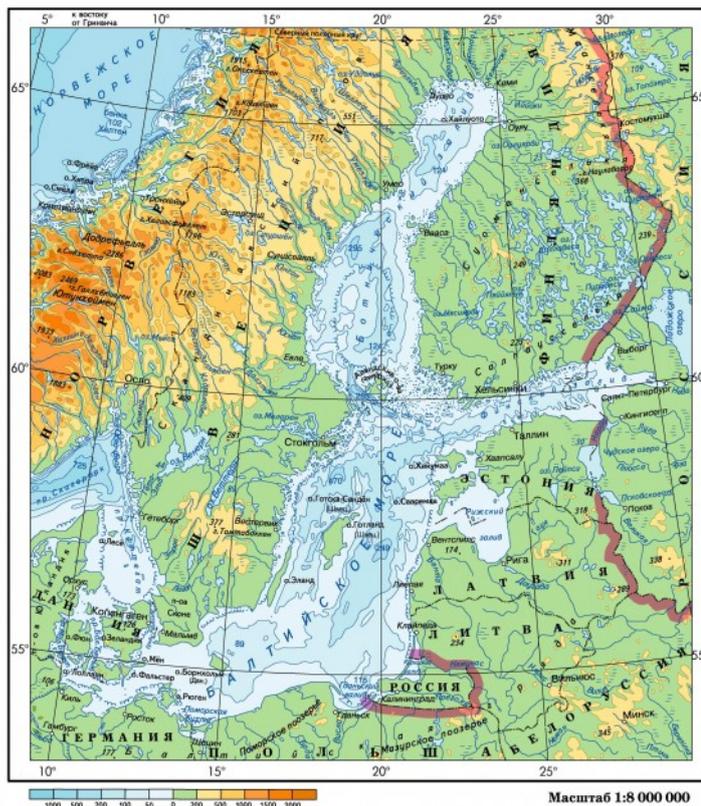


Рисунок 1.1 – Географическое расположение Балтийского моря

На рисунке 1.2 представлены нефтяные порты Балтийского моря.

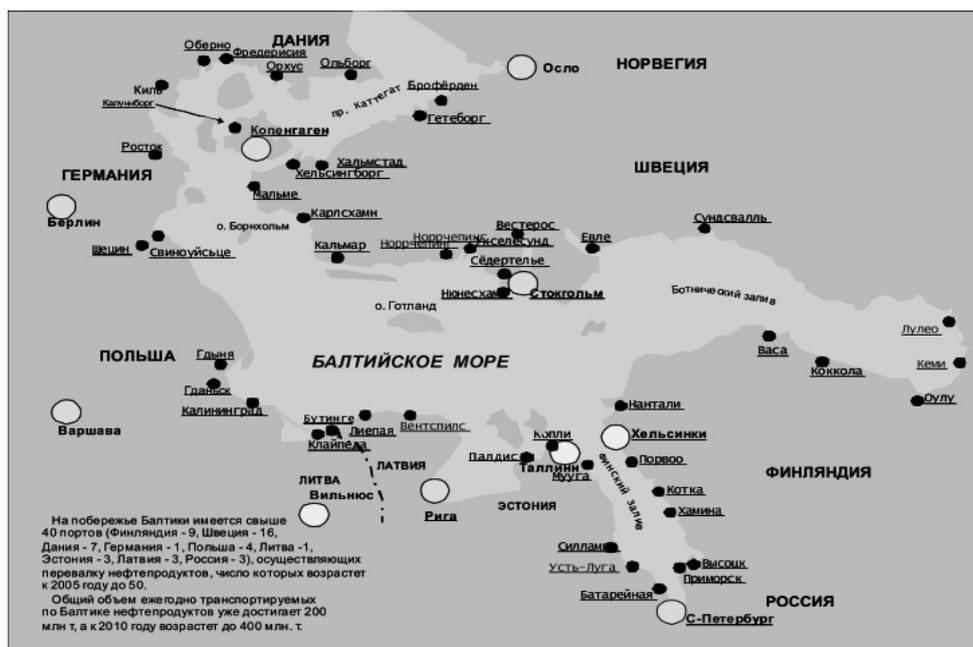


Рисунок 1.2 – Нефтяные порты Балтийского моря

1.2 Типы судов

На сегодняшний день люди используют нефть и её составляющие во всех сферах жизни. Мировые потребности в углеводородном сырье постоянно растут. С каждым годом объемы перевозок нефти увеличиваются. На рис. 1.3 показана карта движения судов в мире (Дата обращения: 13.05.2018 11:25).

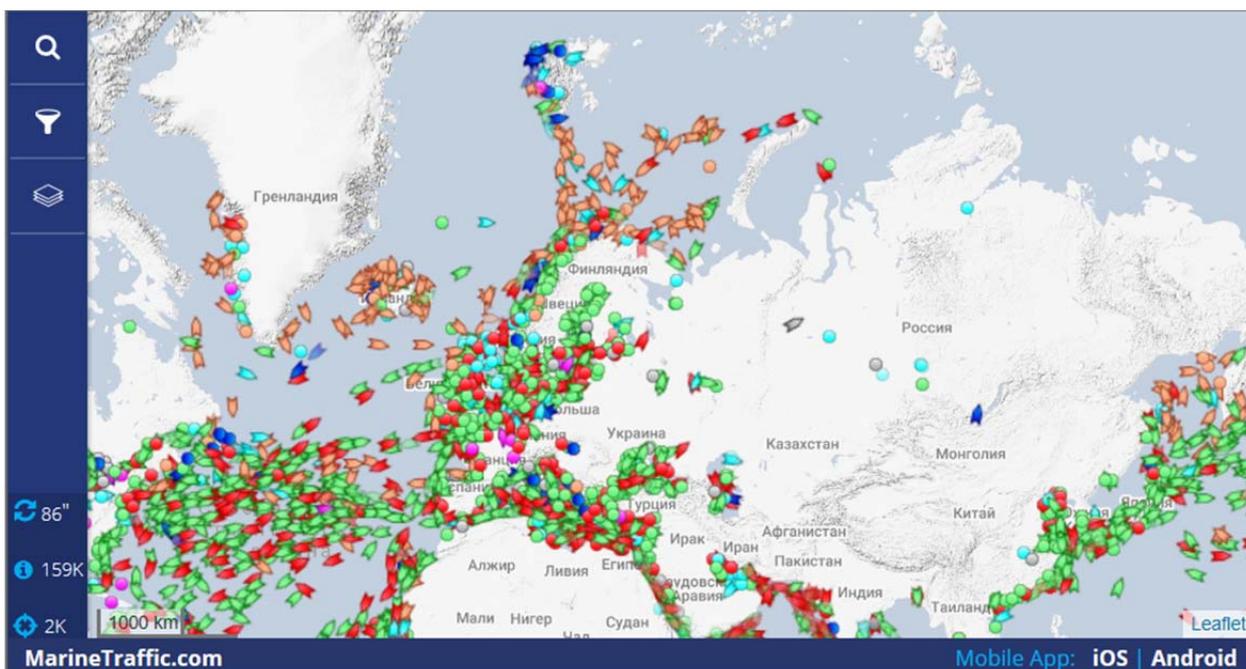


Рисунок 1.3 – карта движения судов в мире

На рисунке 1.4 показана карта движения судов в Балтийском море. (Дата обращения: 13.05.2018 11:30). Можно увидеть огромное количество нефтеналивных танкеров, которые обозначены красным цветом.

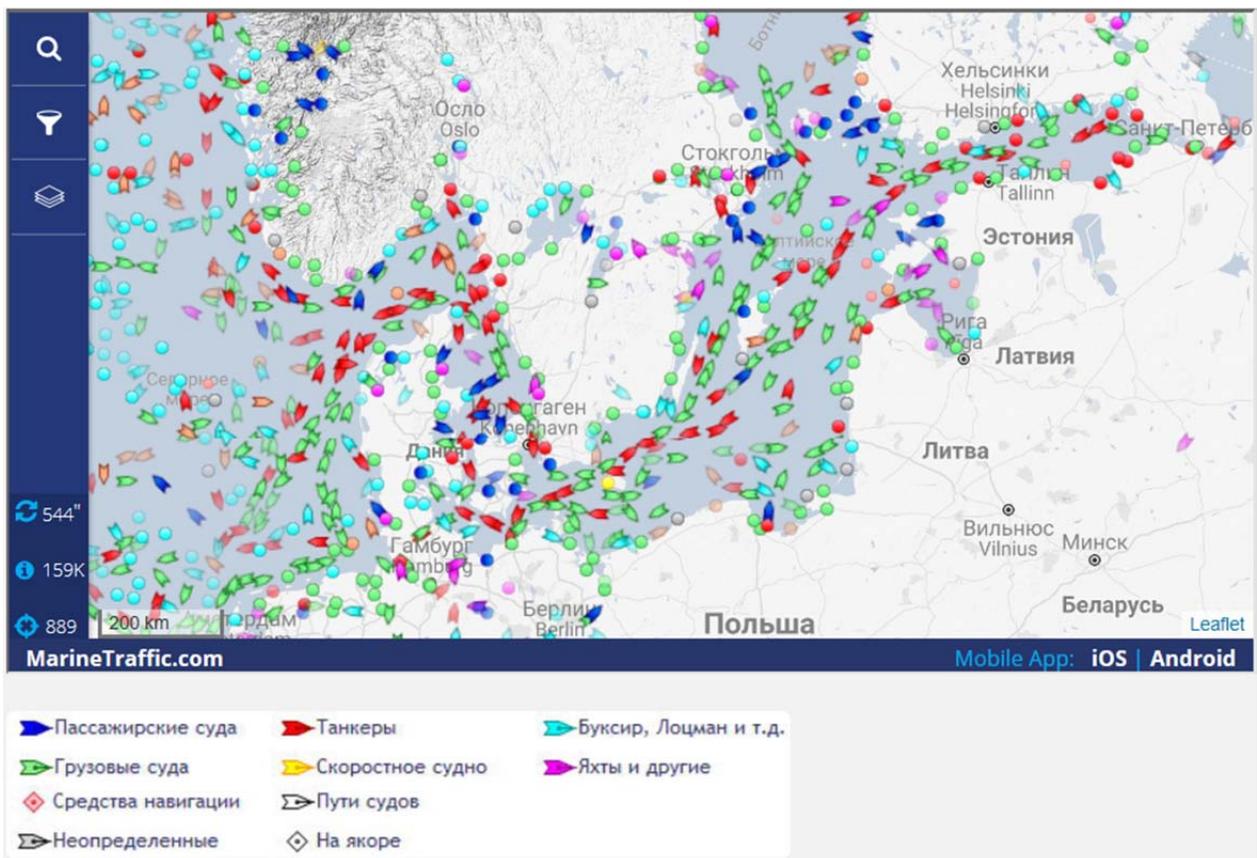


Рисунок 1.4 – карта движения судов в Балтийском море

В данной главе представлен подробный обзор четырех основных типов судов, которые больше всего находятся в Балтийском море: грузовые, танкерные, пассажирские и контейнерные суда.

Корабли *CARGO* *грузовые суда*, включая генеральные и навалочные грузы, являются самыми многочисленными кораблями в Балтийском море - почти каждое второе судно является грузовым судном. Они тратят около 3 миллионов часов и плавают почти 22 миллиона морских миль на поверхности Балтийского моря каждый год (рисунок 1.5) [8].

На рисунке 1.6 показано движение грузовых судов между 50 крупнейшими грузовыми портами общего назначения с более чем 1000 посещениями грузовых судов в Балтийском море, включая въездные и выездные маршруты. Посещения грузовых судов снизились в большинстве портов в период с 2006 по 2016 год (рисунок 1.7). Значительная доля общих грузовых перевозок происходит не в крупных портах Балтийского моря. Вот

почему посещения портов в этой категории составляют лишь 15% всех посещений, несмотря на большое количество грузовых судов. Большинство грузовых судов входят через Скаген и идут в главные узлы грузовых перевозок общего назначения (Клайпеда, Рига, а также такие порта, как Щецин, Росток и Гданьск). Многие грузовые суда также входят в Кильский канал. Если рассматривать весь трафик (а также небольшие порты общего грузового транспорта), 72% поездок общего грузового судна находятся в Балтийском море, а 28% - за пределами Балтийского моря или за его пределами.

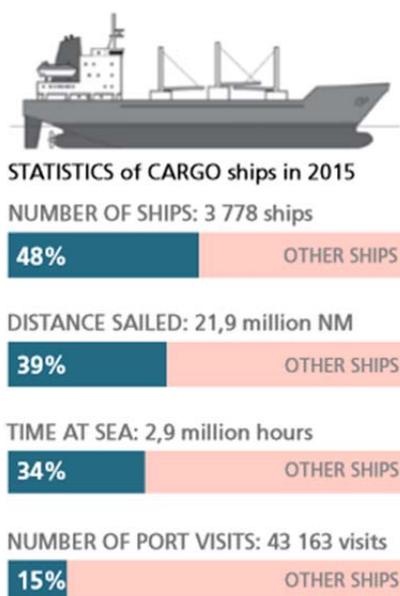


Рисунок 1.5 – Статистика грузовых кораблей в 2015 г.

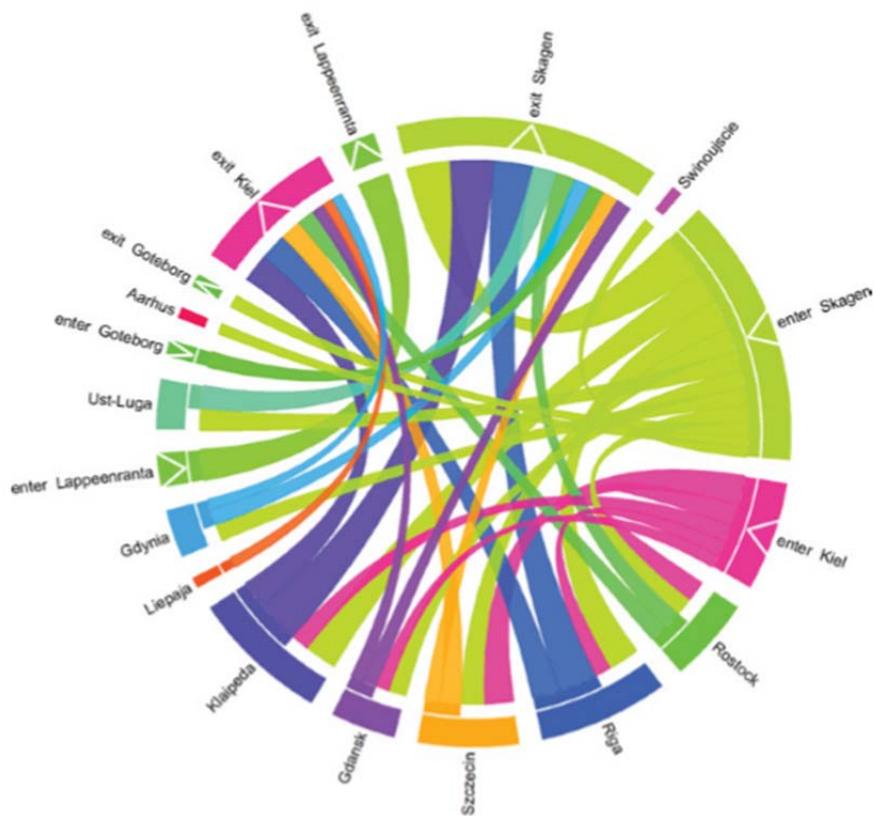


Рисунок 1.6 – Взаимодействие между портами (прибытие и отъезд) в Балтийском море. Движение грузовых судов в 2015 году: 50 крупнейших портов, минимум 150 поездок

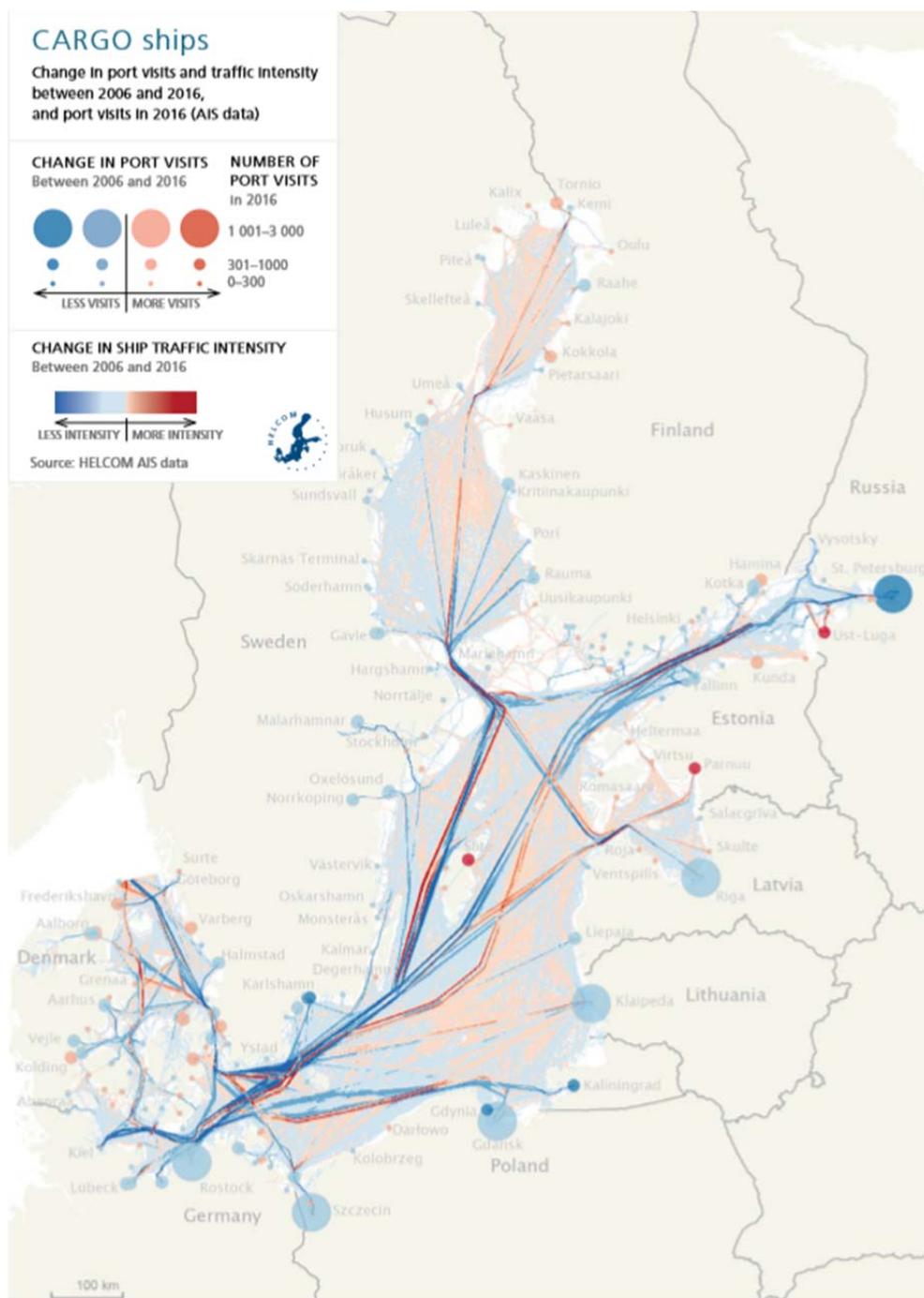


Рисунок 1.7 – Изменение посещений портов и интенсивности трафика в период между 2006 и 2016 годами и посещения портов в 2016 году

Танкерные суда транспортируют жидкость или газ навалом и являются относительно распространенными, поскольку каждое пятое судно в Балтийском море является танкером. Они тратят почти 1,5 миллиона часов и каждый год плавают более 10 миллионов морских миль в Балтийском море (рисунок 1.8) [8].

На рис. 1.9 показан трафик танкерных судов между 50 крупнейшими портами в плане движения танкеров, с более чем 100 посещениями танкеров в Балтийском море, а также входы и выходы. Транспортировка танкеров между более крупными портами в Балтийском море осуществляется через или из порта за пределами региона, между Скагеном и Гетеборгом, Усть-Лугой, Приморском, Килпилахти и другими главными танкерными портами.

Если рассматривать весь трафик, 77% рейсов танкерного судна находятся в пределах Балтийского моря, а 23% - за пределами Балтийского моря (рисунок 1.10).

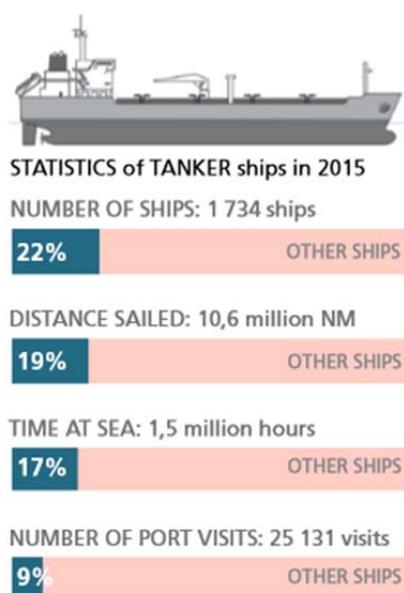


Рисунок 1.8 – Статистика танкерных судов в 2015 г.

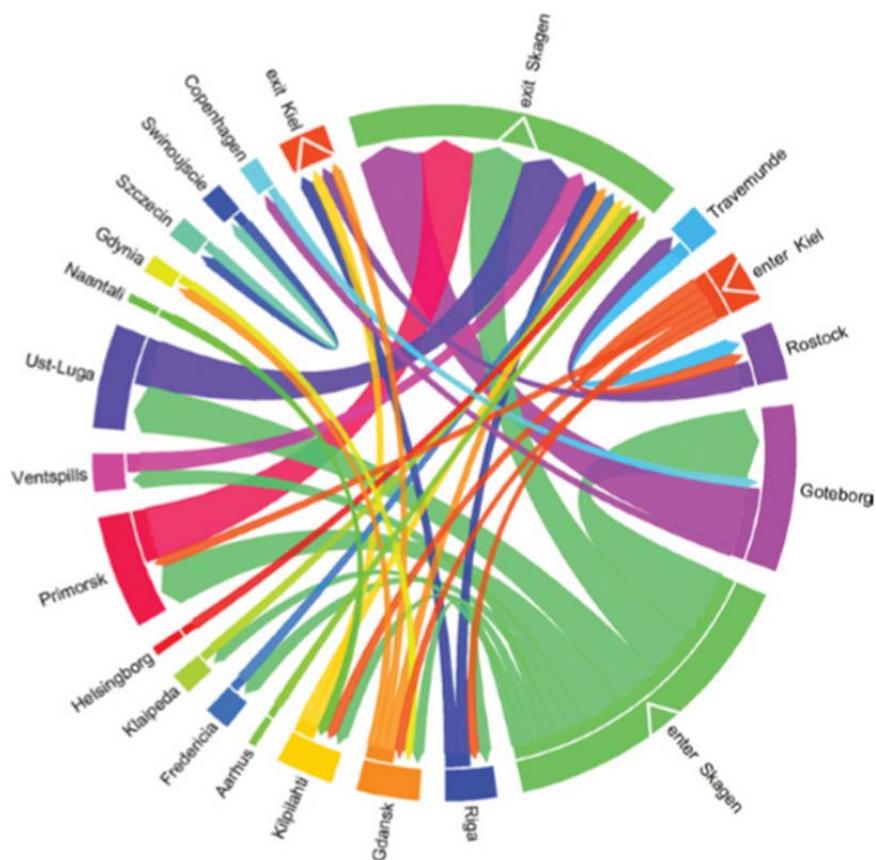


Рисунок 1.9 – Взаимодействие между портами (прибытие и отъезд) в Балтийском море. Движение танкерных судов в 2015 году: 50 крупнейших портов, минимум 100 поездок

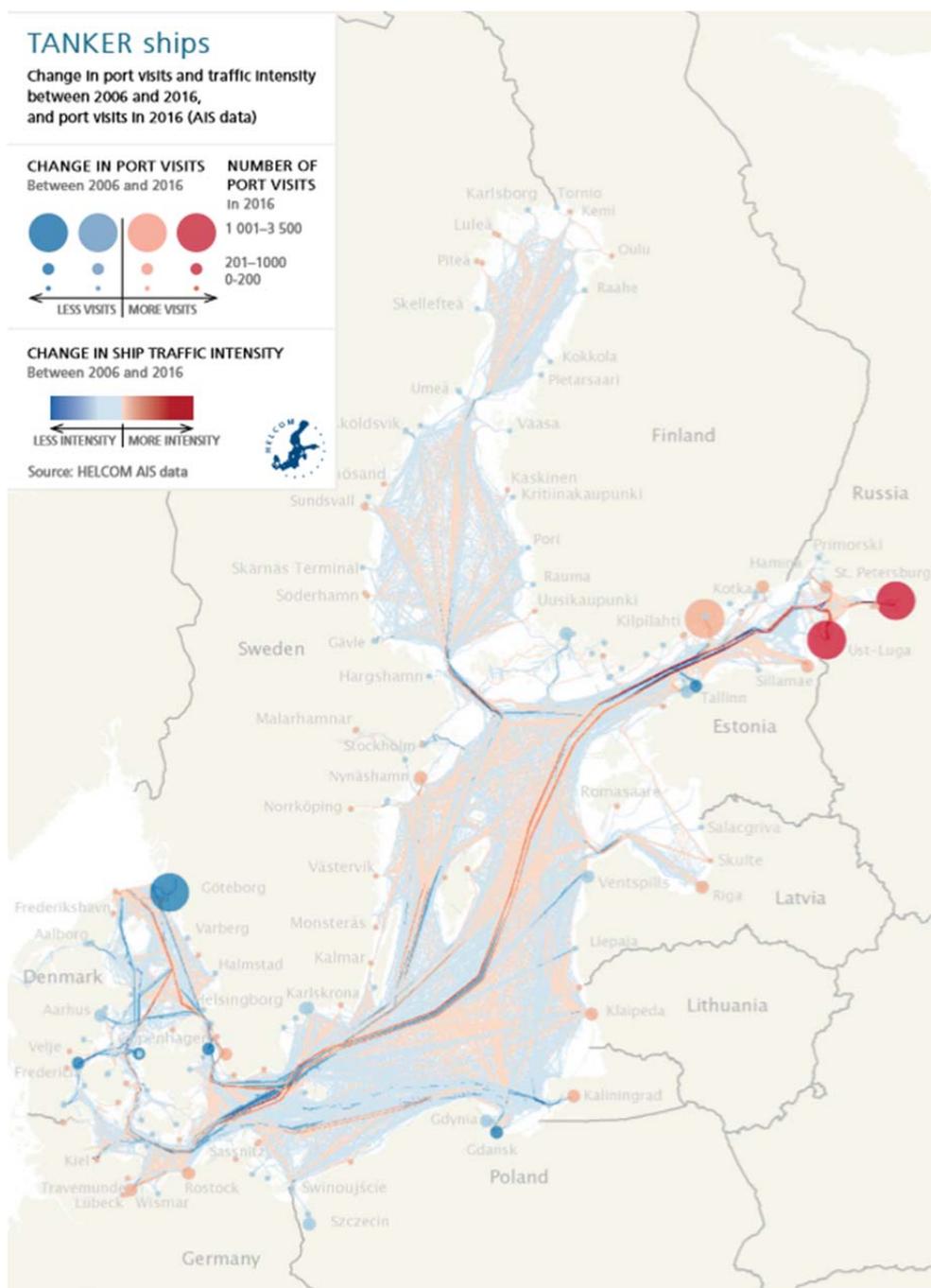


Рисунок 1.10 – Изменение посещения портов и интенсивности трафика в период между 2006 и 2016 годами и посещения портов в 2016 году

Только 6% судов в Балтийском море являются *пассажирскими судами*. Однако из-за того, что паромы совершают так много поездок, иногда несколько в день, они тратят почти 1,4 миллиона часов и плавают почти 10 миллионов морских миль в Балтийском море каждый год (рисунок 1.11) [8]. Это почти пятая часть времени, и расстояние, на которое судно отплывает полностью. На рис. 1.12 показан трафик пассажирских судов между 50 основными портами Балтийского моря по пассажиропотоку с более чем 500 пассажирскими пассажирскими поездками, а также входы и выходы. Самые загруженные пассажирские порты в регионе включают паромные порты, такие как Хельсинки и Таллинн. Большая часть пассажиропотока является результатом паромов и, следовательно, внутри Балтийского моря. В летнее время круизные суда (пассажирские суда без фиксированных маршрутов) увеличивают общий пассажиропоток (рисунок 1.13).

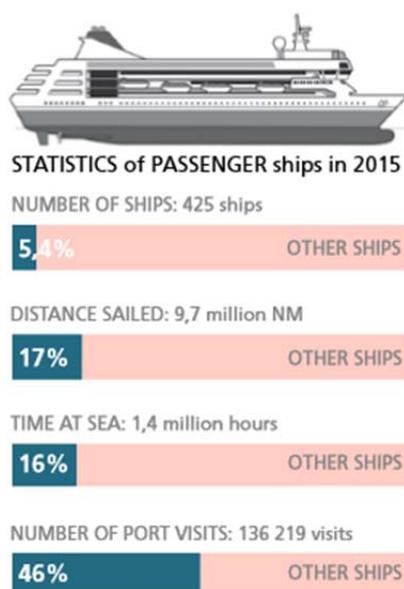


Рисунок 1.11 – Статистика пассажирских судов в 2015 г.

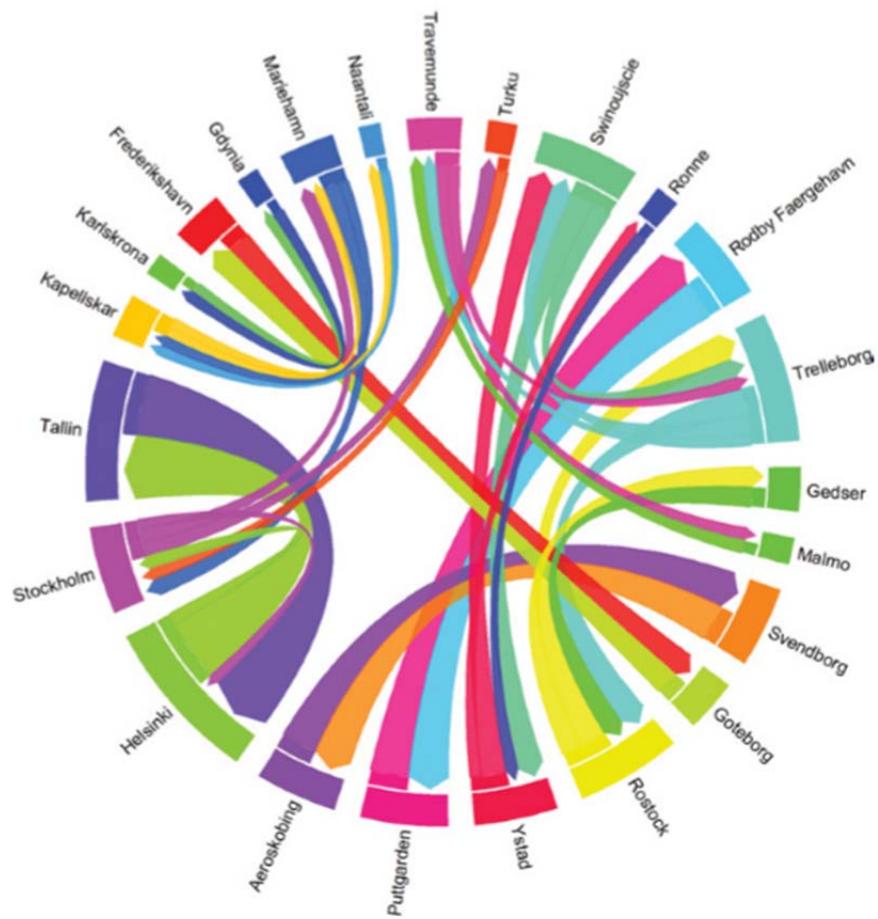


Рисунок 1.12 – Взаимодействие между портами (прибытие и отъезд) в Балтийском море. Движение пассажирских судов в 2015 году: 50 крупнейших портов, минимум 500 поездок

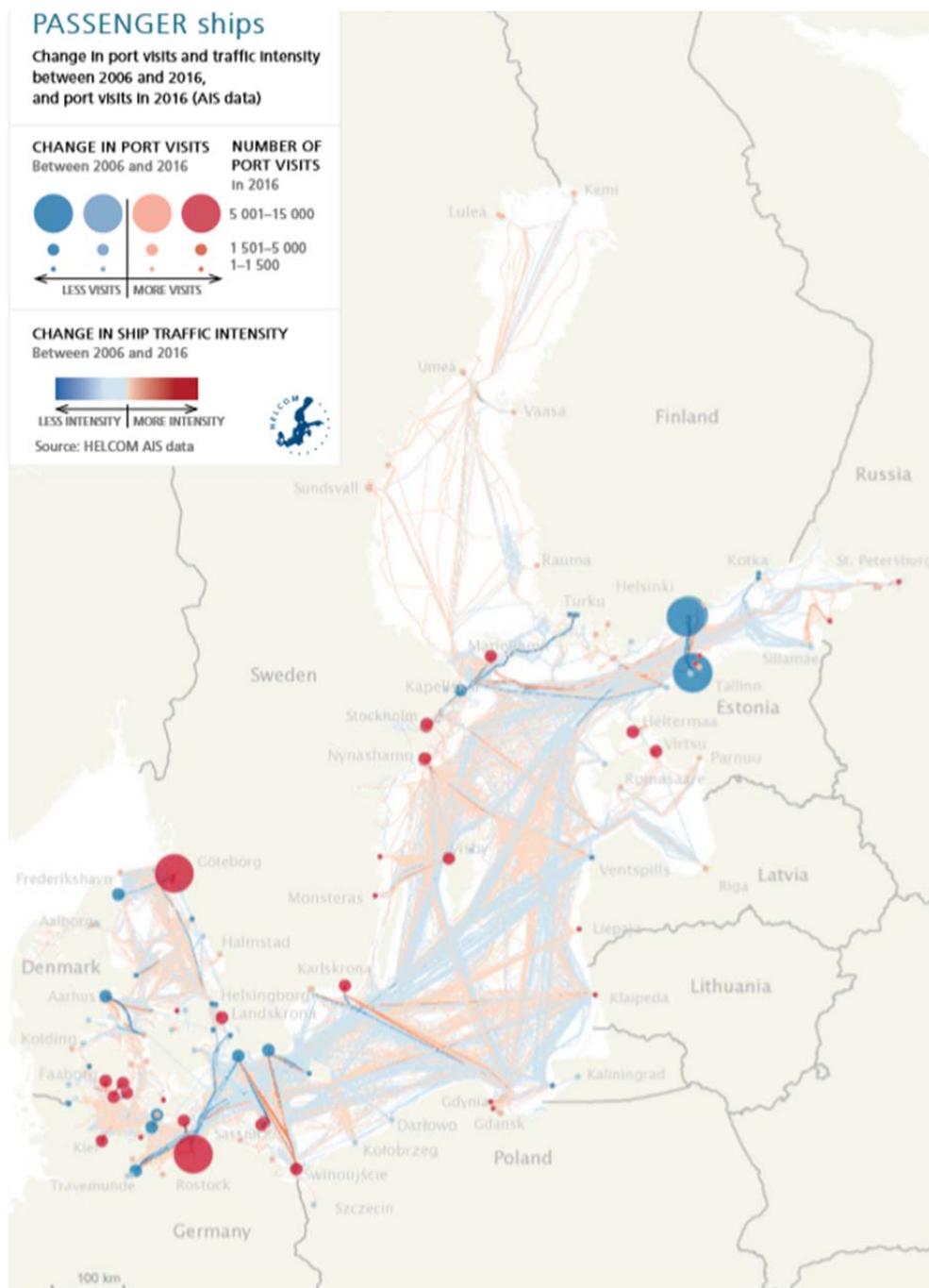


Рисунок 1.13 – Изменение посещения портов и интенсивности трафика в период между 2006 и 2016 годами и посещения портов в 2016 году

Многие из крупнейших судов, действующих в регионе Балтийского моря, являются *контейнерными судами*, которые перевозят различные контейнерные товары, часто на больших расстояниях. Частично из-за их размера они относительно немногочисленны и совершают меньше посещений, чем многие другие типы судов (рисунок 1.14) [8]. Тринадцать крупнейших контейнерных портов в 2015 году, которые имеют более 300 посещений контейнерных судов, - Санкт-Петербург, Гётеборг, Вуосаари, Гдыня, Орхус, Котка, Клайпеда, Хельсингборг, Рига, Гданьск, Копенгаген, Таллинн и Мууга (рис. 1.15). Во многих портах Балтийского моря за последнее десятилетие наблюдается быстрый рост контейнерных перевозок.

Как и в случае с другими типами судов, перевозящих грузы, крупные порты имеют большую долю трафика в или из-за пределов Балтики. В пропорции меньшие порты имеют гораздо больше внутри-балтийских контейнерных перевозок (рисунок 1.16).



Рисунок 1.14 – Статистика грузовых контейнерных судов в 2015 г.

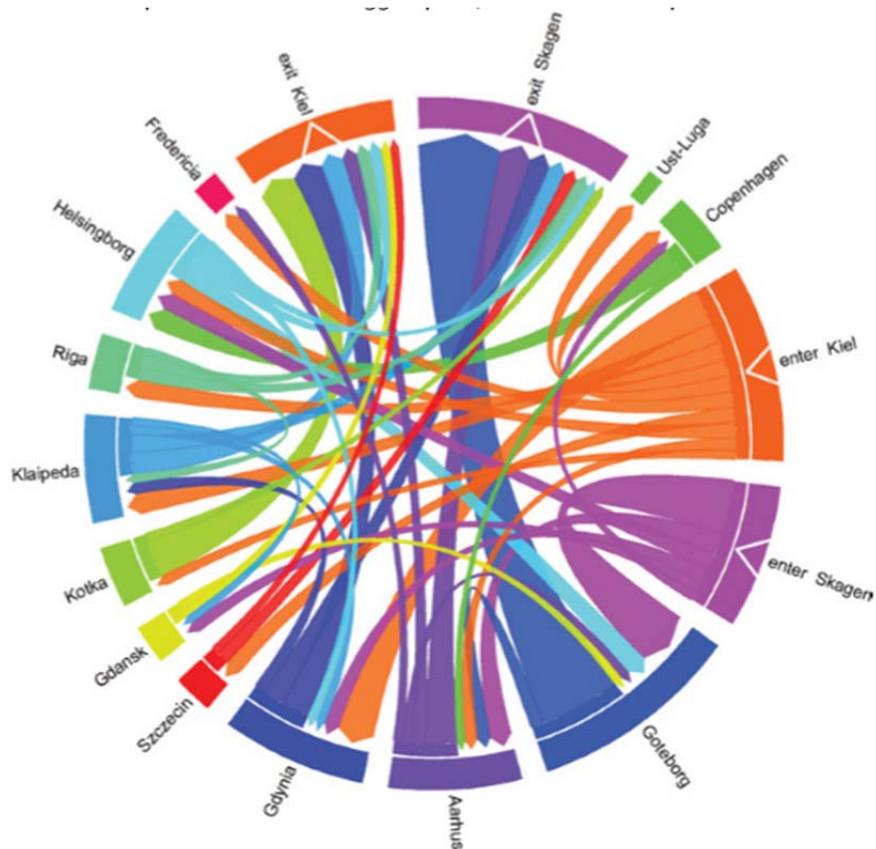


Рисунок 1.15 – Взаимодействие между портами (прибытие и отъезд) в Балтийском море. Движение грузовых контейнерских судов в 2015 году: 50 крупнейших портов, минимум 50 поездов

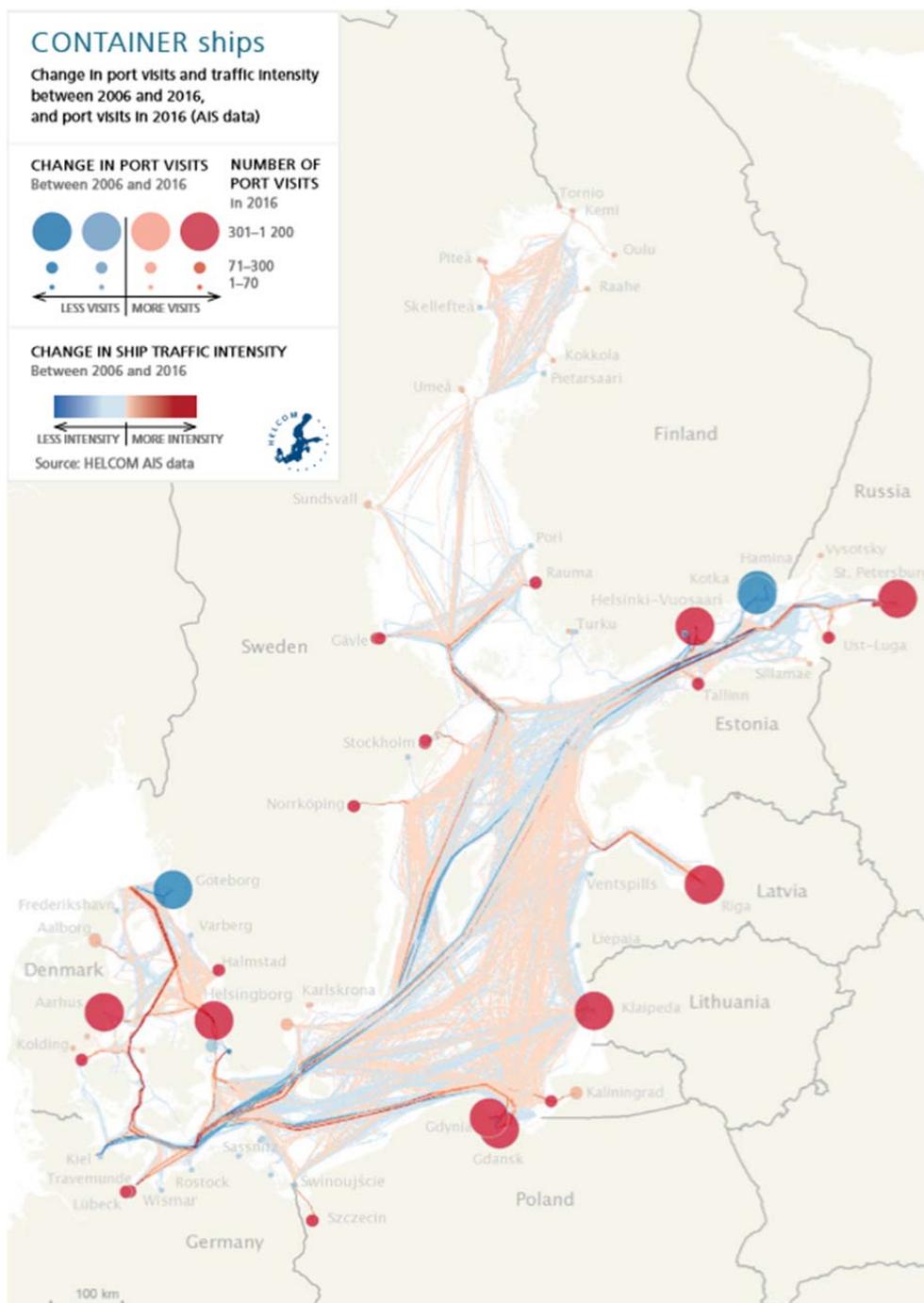


Рисунок 1.16 – Изменение посещения портов и интенсивности трафика в период между 2006 и 2016 годами и посещения портов в 2016 году

1.2 Морские катастрофы в Балтийском море

Высокий уровень трафика в сочетании с региональными особенностями, такими как узкие проходы, зимняя темнота и лед, делает Балтийское море сложной областью навигации. Даже если безопасность

судоходства является одной из ключевых проблем для моряков и судовладельцев, происходят морские катастрофы, и Балтийское море не является исключением в этом отношении. Статистика о происшествиях полезна для определения областей, где могут быть рассмотрены дальнейшие меры безопасности, и, таким образом, снизить риск ущерба окружающей среде. С этой целью HELCOM с 1990-х годов собрал региональный набор данных об авариях, основанный на отчетности прибрежных стран. Это было опубликовано в различных формах, до недавнего времени как ежегодные отчеты HELCOM [8]. Статистика несчастных случаев – это сложный материал для использования, поскольку его качество в полной мере зависит от уровня отчетности компаний. Поскольку практика отчетности, люди и базы данных меняются со временем, нелегко создать надежный обзор происшествий со временем в таком регионе, как Балтийское море, особенно если в набор данных включены незначительные аварии. Тем не менее, сравнивая разные источники данных, можно улучшить качество данных о несчастных случаях. Для целей этой главы улучшенный временной ряд данных об авариях HELCOM на период 2011-2015 годов был создан путем двойной проверки аварий, сообщенных HELCOM, а также путем консультаций с другими доступными базами данных о авариях (EMSA, Lloyds List Intelligence). Что касается географического распределения, следует также иметь в виду, что само собой разумеется предположить, что будущие аварии будут следовать прошлым образцам. Несчастные случаи, как правило, связаны с такими фактором, как плохая ситуация.

С 2004 по 2015 гг. произошло множество несчастных случаев в Балтийском море. Согласно данным HELCOM по авариям, наибольшие инциденты были с грузовыми судами, а именно 1076 происшествий, а также с рыболовными судами и судами обеспечения, их насчитывается 1175 за данный период. Аварий с пассажирскими судами было 656. Чуть меньше происшествий было с танкерами и контейнеровозами: 279 и 134 аварии соответственно [8].

В соответствии с пересмотренной статистикой аварий HELCOM (HELCOM, 2016), было зафиксировано 1520 сообщений о морских авариях, произошедших в районе Балтийского моря в период 2011-2015 годов, на довольно стабильном уровне в 300 несчастных случаев в год. Чуть более 4% этих аварий привели к гибели людей, серьезным травмам или экологическим повреждениям. Наиболее распространенным видом морской аварии в Балтийском море на протяжении многих лет является заземление или скручивание судна. За период с 2011 по 2015 год на заземление приходилось 21% от общего числа несчастных случаев, 18% аварий происходит из-за повреждений судна и 16% из-за столкновений [8].

Грузовые суда являются самым распространенным видом судов, включенных в аварии в Балтийском море. С 2011 по 2015 год число морских аварий, произошедших с этим типом судов, составило 616 (см. рисунок 1.17), на которые приходилось 42% от общего числа несчастных случаев. Частота аварийности грузовых судов составляет 27 несчастных случаев на миллион морских миль (см. рисунок 1.17). Большинство несчастных случаев на грузовых кораблях были заземлениями. Наибольшее количество происшествий произошло с грузовыми судами от 1500 до 6 000 валовой вместимости (см. рисунок 1.18). Основная причина большого числа аварий в том, что многие суда по-прежнему нуждаются в большом ремонте.

Второе по величине количество морских аварий связано с пассажирскими судами. В течение рассматриваемого периода число несчастных случаев на этом судне составило 413, что составило 28% от общего числа аварий (см. рисунок 1.17). Частота несчастных случаев на пассажирских судах составляет 41 несчастный случай на миллион морских миль, который явно превышает средний уровень. Следовательно, изменения объема перевозок пассажирских судов могут оказать большее влияние на будущие показатели аварий в Балтийском море, чем изменения во многих других типах судов. Большинство несчастных случаев на пассажирских кораблях были связаны с повреждением оборудования или контактами с

неподвижными объектами, а размер пассажирских судов при таких авариях составляет от 15 000 до 40 000 валовой вместимости (см. рисунок 1.18). С 2011 по 2015 год число несчастных случаев на пассажирских судах несколько увеличилось.

Танкеры являются третьим наиболее распространенным типом аварийных судов в течение обзорного периода. С 2011 по 2015 год на этих судах произошло 170 несчастных случаев, что составило 12% от общего числа несчастных случаев. Частота аварии этого типа корабля составляет 16 несчастных случаев на миллион морских миль, что ниже среднего уровня. Большинство несчастных случаев на танкерных судах были связаны с другими судами. Типичный размер судна, участвующего в аварии, составляет от 1 500 до 6 000 валовой вместимости [8]. Большинство аварийных судов в категории танкеров являются товарными танкерами. Культура безопасности соответствующих судоходных компаний, работающих с товарными танкерами, считается выше среднего, а танкерная промышленность разработала собственный процесс проверки для обеспечения безопасности при этих перевозках. Однако статистика показывает, что улучшение по-прежнему необходимо.



Рисунок 1.17 – количество аварий в Балтийском море с 2011 по 2015 гг. и количество аварий на одну морскую милю



Данные об авариях (HELCOM)

Рисунок 1.18 – морские аварии в Балтийском море с 2011-2015 гг. по типу и размеру

2 Локализация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (ННП), методы их ликвидации и мониторинг нефтяного загрязнения

В данной главе рассмотрены основные средства локализации аварийных разливов ННП, а также методы ликвидации нефтяных загрязнений водных объектов.

2.1 Основные средства локализации аварийных разливов ННП

Основными средствами локализации разливов ННП в акваториях являются боновые заграждения. Их предназначением является предотвращение растекания нефти на водной поверхности, уменьшение концентрации нефти для облегчения цикла уборки, и отвод (траление) нефти от наиболее экологически уязвимых районов [1].

Боновые заграждения бывают следующих типов:

1. постоянной плавучести;
2. аварийные;
3. всплывающие;
4. огнеупорные;
5. универсальные.

Все типы боновых заграждений состоят из следующих основных элементов:

1. поплавок, обеспечивающего плавучесть бона;
2. надводной части, препятствующей перехлестыванию нефтяной пленки через бонны (поплавок и надводная часть иногда совмещены);
3. подводной части (юбки), препятствующей уносу нефти под бонны;
4. груза (балласта), обеспечивающего вертикальное положение бонн относительно поверхности воды;

5. элемента продольного натяжения (тягового троса), позволяющего бонам при наличии ветра, волн и течения сохранять конфигурацию и осуществлять буксировку бонов на воде;

6. соединительных узлов, обеспечивающих сборку бонов из отдельных секций;

7. устройств для буксировки бонов и крепления их к якорям и буям.

Боновые заграждения постоянной плавучести (БПП) предназначены для локализации аварийных разливов нефти в водохранилищах, затоках, реках, акваториях портов, а также для оперативного ограждения судов при приеме топлива, при грузовых операциях нефтеналивных судов (Рис. 2.1). Обладают высокой разрывопрочностью и обеспечивают скорость их буксировки до 3-х узлов. Конструкция боновых заграждений обеспечивает максимальное сопротивление волновым и ветровым нагрузкам. Боны постоянной плавучести не поглощают воду и нефтепродукты [2].



Рисунок 2.1 – Боновые заграждения постоянной плавучести

Для наглядности ниже приведены сравнительные характеристики различных моделей боновых заграждений постоянной плавучести в виде таблицы 2.1.

Таблица 2.1 – Сравнительные характеристики различных моделей

| Общие технические характеристики | БПП-450 | БПП-600 | БПП-830 | БПП-1100 |
|----------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Длина секции | 10, 15, 20 м | 10, 15 м | 10, 15 м | 10, 15 м |
| Общая высота бона | 450 мм | 600 мм | 830 мм | 1100 мм |
| Высота надводной части | 160 мм | 200 мм | 250 мм | 350 мм |
| Высотной подводной части | 290 мм | 400 мм | 580 мм | 750 мм |
| Балластная цепь | Разрывная нагрузка 1,7 т/силы | Разрывная нагрузка 2,6 т/силы | Разрывная нагрузка 3,5 т/силы | Разрывная нагрузка 6,3 т/силы |
| Вес 1 м.п. | 2,5 кг | 2,7 кг | 3,5 кг | 5,4 кг |
| Материал | Изостойкий полиэфир, покрытый нефтехимостойким ПВХ с сертификатом РМРС | | | |
| Цвет | сигнальный | | | |

Цилиндрические боновые заграждения постоянной плавучести (БПП Ц) предназначены для локализации разливов нефти, возникающих в случае аварии на судах всех назначений при переходах по внутренним водам (Рис. 2.2). Они используются для локализации аварийных разливов нефти при быстрых течениях в водохранилищах, затонах, реках, акваториях портов, а

также для оперативного ограждения судов при приеме топлива, при грузовых операциях нефтеналивных судов.



Рисунок 2.2 – Боновые заграждения постоянной плавучести цилиндрические

БПП Ц состоит из бонов постоянной плавучести, которые соединяются между собой при помощи замкового соединения двух типов:

1. Стандартное замковое соединение внахлест (соединяется четырьмя болтами) по краям ленты бонового заграждения.
2. Межсекционное соединение внутри ленты бонового заграждения осуществляется замками мягкого типа.

Конструкция БПП Ц обеспечивает максимальное сопротивление волновым и ветровым нагрузкам.

Аварийные боновые заграждения (АБЗ) предназначены для локализации разливов нефти, возникающих в случае аварии на судах всех назначений при переходах по внутренним водам (Рис. 2.3) [2]. Используется для локализации аварийных разливов нефти в водохранилищах, затонах, реках, акваториях портов, а также для оперативного ограждения судов при приеме топлива, при грузовых операциях нефтеналивных судов. АБЗ состоит

из надувных бонов, которые соединяются между собой при помощи замкового соединения двух типов:

1. Стандартное замковое соединение внахлест (соединяется четырьмя болтами).
2. Быстроразъемное международное замковое соединение ASTM («Ласточкин хвост»).



Рисунок 2.3 – Аварийные боновые заграждения (надувные)

Аварийные боновые заграждения обладают высокой разрывопрочностью и обеспечивает скорость буксировки до 3-х узлов. Конструкция АБЗ обеспечивает максимальное сопротивление волновым и ветровым нагрузкам. На рисунке 2.4 представлены всплывающие боновые заграждения.

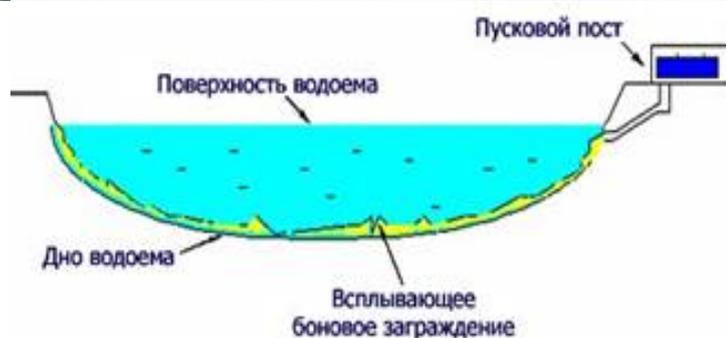


Рисунок 2.4 – Всплывающие боновые ограждения

При совершении операций с нефтью и нефтепродуктами суда традиционно огораживаются боновыми ограждениями с помощью портового буксира. Для подхода судна к причалу и отхода судна приходится несколько раз в сутки устанавливать и снимать боновое ограждение, постоянно находящееся на плаву. Этот традиционный способ требует содержать бригаду рабочих и буксир с командой круглосуточно.

Всплывающие боновые ограждения (ВБЗ) устанавливаются единожды на много лет. После установки из них дистанционно выпускается воздух, боны ложатся на грунт и не препятствуют судоходству. В случае необходимости в боновое ограждение с причала дистанционно подается воздух, боны всплывают и на поверхности приобретают заданную форму [2].

Комплекс, находясь на дне, не изнашивается, круглосуточно готов к работе, и летом, и зимой. Кратность использования не ограничена.

Всплывающие боновые заграждения могут быть установлены как в пресной, так и в морской воде. ВБЗ отличаются по использованию:

1. Аварийные – находящиеся на дне и поднимаемые на поверхность только в случае аварии. Каждая секция такого бона снабжена впускными невозвратными клапанами и травяще-предохранительными клапанами. Чтобы, после ликвидации аварии, положить такой бон на грунт, нужно с борта плавсредства выпустить газ из каждой секции последовательно. Такие всплывающие боновые заграждения следует выставлять для аварийного разделения акваторий порта, закрытия входа в порт или терминал, для предотвращения распространения нефти при ее аварийном разливе. Этот тип боновых заграждений также целесообразно выставлять на реке вблизи подводного перехода магистрального нефтепровода. Для аварийного ВБЗ в качестве станции газонаполнения используются баллоны высокого давления.

2. Рабочие – всплывающие боновые заграждения, находящиеся на дне и поднимаемые для ограждения танкера при погрузке (судна при бункеровке). По окончании нефтяных операций воздух из ВБЗ выпускается с причала без помощи плавсредства и ВБЗ ложится на грунт. Судно отходит и до окончания швартовки следующего судна ВБЗ лежит на дне. Для такого типа ВБЗ баллонная станция газонаполнения не удобна. Оптимальным вариантом является компрессор среднего давления, работающий на ресивер такого объема, которого достаточно для наполнения ВБЗ. Любой из перечисленных видов ВБЗ может быть установлен на глубинах 25-30 м как в морских, так и речных условиях.

Огнеупорные боновые заграждения предназначены для сжигания нефти на поверхности воды (Рис. 2.5) [2]. Боны предназначены для многократного использования.



Рисунок 2.5 – Огнеупорные боновые заграждения

При тралении с помощью такого огнеупорного бона одновременно со сжиганием локализованного нефтяного разлива можно ликвидировать на месте от 600 до 1800 баррелей (100 до 300 тонн) нефти в час. Огнеупорные боны могут также использоваться для предотвращения распространения возникшего пожара, удерживая его в зоне, которая может быть эффективно обработана пеной.

Универсальные боновые заграждения состоят из двух автономных вертикально расположенных и соединенных между собой оболочек: воздушной и водонаполняемой (Рис. 2.6) [2]. Вертикальная компоновка воздушной оболочки над водонаполняемой позволяет сформировать надводный борт (воздушная оболочка) и подводную часть – юбку бона (водонаполняемая оболочка).



Рисунок 2.6 – Универсальные боновые заграждения

Боновое заграждение разворачивается с вьюшки, находящейся на бонопостановщике (Boom's boat) и одновременно идет заполнение воздушной и водонаполняемой оболочек. Воздух и вода подаются от воздуходувки и отвода водомета бонопостановщика либо от источника воздуха и осушительного (балластного или пожарного) насоса любого плавсредства. Однако, для облегчения установки боновых заграждений на сильном течении, заполнение бона следует производить отдельно: сначала заполнить верхнюю камеру воздухом, выставить боновое заграждение на якоря и только после этого заполнить водобалластную камеру водой. По окончании локализации нефтеразлива, спускается с бонопостановщика скиммер, имеющий воздушный привод от установленного на бонопостановщике компрессора, и сбор нефтепродуктов осуществляется в водонаполняемую оболочку. При этом происходит вытеснение воды нефтью, закачиваемой в водонаполняемую оболочку. По окончании сбора нефти боновое заграждение может быть отбуксировано к месту передачи и утилизации нефти.

Преимущества универсального бонового заграждения:

1. Удобство хранения, транспортировки, работы системы «бонопостановщик-боновое заграждение»;

2. Отсутствие балластной цепи, что позволяет снизить вес универсального бонового заграждения и увеличить длину секции до 250 метров;

3. Отказ от дополнительных емкостей для сбора нефти. Водонаполняемая оболочка выполняет функции балласта и сбора локализованных боновым заграждением нефтепродуктов.

2.2 Методы ликвидации нефтяных загрязнений водных объектов

Существует четыре метода ликвидации нефтяных загрязнений водных объектов:

1. термический,
2. механический,
3. физико-химический,
4. биологический.

2.2.1. Термический метод

Данный метод применяется при толщине пленки для сырой нефти около 1 мм; для выветренной неэмульгированной нефти и для дизельного топлива от 2 до 5 мм; для тяжелого дизельного топлива – около 10 мм. При максимальной скорости ветра от 10 до 12 м/с; степени эмульгирования нефти до 25% (для сырой нефти более 25 %); безопасном расстоянии до 10 км от места сжигания по направлению ветра; наличие воспламенителя [4].

Достоинствами данного метода являются:

- 1) высокая скорость и эффективность ликвидации аварийного разлива нефти и нефтепродуктов;
- 2) применение при ликвидации аварийного разлива нефти и нефтепродуктов;
- 3) применение при ликвидации малого количества технических средств.

Недостатками являются:

- 1) осуществление дополнительных мер пожарной безопасности;
- 2) образование стойких канцерогенных веществ из-за неполного сгорания нефти и нефтепродуктов.

2.2.2 Механический (бонны и скиммеры) метод

Механический метод предназначен для ликвидации разливов нефти в заливах и других закрытых акваториях, в которых существуют наиболее благоприятные условия для решения основной задачи механической уборки – удаления одной жидкости с поверхности другой, и где, как правило, можно обеспечить оперативную доставку и применение на месте разлива необходимого оборудования и материалов для локализации и сбора разлитой нефти.

Достоинствами механического метода являются:

- 1) высокая эффективность при проведении работ;
- 2) возможность сбора различных видов нефти и нефтепродуктов;
- 3) использование метода в любое время сезона.

Недостатками являются:

- 1) остаточная тонкая пленка нефти и нефтепродуктов на поверхности воды;
- 2) скорость обработки нефтяного пятна снижается и из-за ветра, под действием которого пятно распространяется по поверхности воды отдельными пятнами или полосами.

Основная цель водоохраных мероприятий на предприятиях нефтегазокомплекса – минимизация вредного воздействия на водную среду путем эффективной очистки бытовых и производственных сточных вод. Существует большое разнообразие технологий очистки стоков и, соответственно, очистных сооружений. Эффективность их различна.

В таблице 2.2 представлена информация о эффективности сточных вод различными методами.

Таблица 2.2 – Эффективность очистки сточных вод различными методами

| Загрязняющее вещество | Метод очистки | Концентрация, мг/л | | Степень очистки, % |
|-----------------------|-------------------------|--------------------|-------|--------------------|
| | | до очистки | после | |
| Нефть | Фильтрование (песок) | 20-200 | 10-25 | 50-87 |
| | Нефтеловушки | 26000 | 57 | 99,7 |
| | Биохимическое окисление | 17,6 | 8,2 | 53 |

Механические методы очистки сточных вод используют гравитационные и центробежные силы для очистки сточных вод от загрязняющих веществ. Мелкодисперсные загрязняющие частицы отделяются фильтрованием. Грубодисперсные загрязняющие вещества (минеральные и органические) выделяют отстаиванием и разделением в поле центробежных сил на гидроциклонах или центрифугах. Нефтеловушка основное сооружение для отстаивания нефтесодержащих сточных вод. В ней оседает и значительное количество твердых механических примесей.

2.2.3 Физико-химический (с использованием диспергентов и сорбентов) метод

Диспергенты используются, когда механический сбор нефти и нефтепродуктов невозможен; при глубине свыше 10 м, температуре воды ниже 5°C и наружного воздуха ниже 10°C. С помощью сорбентов происходит локализация нефтяного пятна с помощью сорбентов с последующим хранением собранной нефти на борту скиммера или баржи, и дальнейшей утилизацией или переработкой собранной нефтеводной смеси и загрязненных нефтью материалов [4].

По сравнению с боновыми заграждениями и скиммерами использование диспергентов дает важнейшее при локализации разливов преимущество по времени, позволяя устранить нефтяное пятно в кратчайшие

сроки. Применяя диспергенты, можно обработать более обширные зоны нефтяной пленки, чем при использовании обычных систем локализации и восстановления. Более того, диспергенты особенно эффективны при сильном волнении, когда иные технологии реагирования имеют пониженную эффективность или становятся небезопасными для выполнения. У сорбентов меньше достоинств, а именно:

- 1) независимость применения от внешних условий;
- 2) минимальные расходы на хранение и транспортировку.

Использование диспергентов имеет определенное «окно возможностей» – время, в течение которого их использование наиболее эффективно, т. к. нефть на поверхности воды со временем меняет свои свойства вследствие атмосферного воздействия. Если нефть становится слишком вязкой или слишком эмульгированной, эффективность диспергентов снижается. «Окно возможностей» может значительно изменяться в зависимости от свойств нефти и условий разлива.

К физико-химическим методам относятся методы флотации и коагуляции. Такие методы позволяют интенсифицировать отделение взвешенных частиц минеральных и органических загрязняющих веществ, позволяют извлекать из стоков необходимые компоненты (экстракция, сорбция и др.).

Флотация – способ удаления из сточных вод загрязняющих веществ (эмульгированной нефти, нефтепродуктов, твердых минеральных загрязнителей, которые не задерживаются в нефтеловушках) за счет прилипания частиц примесей к пузырькам воздуха и выносу загрязненных веществ вместе с ними. В зависимости от способа образования пузырьков различают флотацию: компрессионную (напорную), пенную, химическую, вибро-, био- и электрофлотацию.

Для удаления из сточных вод растворенных органических веществ часто применяют биологическое окисление в природных или искусственных условиях. Биохимическую очистку проводят на станциях биохимической

очистки, имеющих пропускную способность 50-100 м³/сутки после механической и физико-механической очистки. Могут быть испытаны различные микроорганизмы-деструкторы (аэробные бактерии), иммобилизованные на твердых частицах, способные «поедать» органические вещества, содержащиеся в сточных водах.

Преимущества биофильтров:

- 1) простота эксплуатации;
- 2) надежность работы;
- 3) малые затраты энергии;
- 4) способность выдерживать 2-9 кратные перегрузки по загрязненным веществам и расходу сточных вод.

К физико-химическому методу также относится применение адсорбирующих материалов: пенополиуретан, угольная пыль, резиновая крошка, древесные опилки, пемза, торф, торфяной мох и т.п. Губчатый материал из полиуретановой пены хорошо впитывает нефть и продолжает плавать после адсорбции.

Адсорбенты органического и неорганического происхождения перед применением могут гранулироваться (порошкообразные) и пропитываться гидрофобизаторами. Технология применения заключается в распылении их на нефтяную пленку. Перспективно применение гранулированных адсорбентов и жидкостей, обладающих магнитными свойствами, которые после адсорбции нефти легко удаляются магнитом.

Для удаления нефти возможно применение минерального сырья – в частности перлитового. При термообработке при 600-1000°С перлитовое сырье вспучивается. Для гидрофобизации на нем создается тонкая пленка парафинполимерной смеси. Нефтепоглощение: у необработанного перлита 0,52; после обработки – 0,64-0,7 г/г перлита. Попадая на поверхность воды, материал адсорбирует нефть и образует густую плотную массу, удобную для сбора обычными средствами (в том числе частыми траловыми сетями).

2.2.4 Биологический метод

Биологический метод используется как дополнительный на водной поверхности – при толщине пленки не менее 0.01 мм.

Достоинствами данного метода является минимальный дополнительный ущерб от проведения операции по ликвидации разлива.

Недостатки являются:

- 1) трудоемкость сопроводительных мероприятий;
- 2) продолжительные сроки ликвидации разлива.

Биологический метод – это перспективное направление предотвращения загрязнения водоемов нефтепродуктами. Для некоторых бактерий нефть является питательной средой. Микробиологическая активность в большей степени зависит от температуры: скорость микробиологических процессов удваивается при увеличении температуры на 10°. На развитие микроорганизмов большое влияние оказывает содержание высоколетучих алифатических компонентов нефти. Введение в воду незначительных количеств нитратов и фосфатов увеличивает степень разрушения нефти на 70% [4].

Число органических соединений, используемых микроорганизмами в качестве источников углерода очень велико. Можно считать, что для каждого углеводородного соединения, существующие микроорганизмы способны его разложить. Оценка степени загрязненности почв и методы их очистки разработаны гораздо слабее, чем для воды. Механическая очистка почв и вод считается трудоемкой, связана со значительными экономическими затратами. По имеющимся, хотя и немногочисленным данным, перспективными могут оказаться микробиологические методы.

Таким образом, существуют много методов и средств для ликвидации нефтезагрязнения объектов природной среды. Но их выбор в каждом конкретном случае индивидуален в зависимости от природных и климатических условий.

2.3 Мониторинг нефтяного загрязнения

Мониторинг - система долгосрочных наблюдений, оценки, контроля и прогноза состояния и изменения объектов. Принято делить мониторинг на базовый (фоновый), глобальный, региональный и импактный (в особо опасных зонах и местах), а также по методам ведения и объектам наблюдения (авиационный, космический, окружающей человека среды).

Поисково-разведочные работы на нефть и газ, добыча и первичная переработка углеводородов на промыслах сопровождаются нарушением естественного состояния природной среды и ее загрязнением. Масштабы техногенных изменений в нефтегазоносных районах зависят от природных условий и особенностей геологического строения, техники и технологии геолого-разведочных и эксплуатационных работ, продолжительности разработки месторождений.

Мониторинг нефтяного загрязнения - это отдельный раздел системы управления качеством окружающей среды, включающий сбор и накопление информации о фактических параметрах основных компонентов окружающей среды и составление прогноза изменения их качества во времени.

Концепция мониторинга предусматривает специальную систему наблюдений, контроля, оценки, краткосрочного прогноза и определения долгосрочных тенденций в состоянии биосферы под влиянием техногенных процессов, связанных с разведкой и разработкой нефтяных месторождений.

Ведение мониторинга базируется на создании и оборудовании специальной режимной сети и наличии долгосрочной программы наблюдений. В программе предусматривается необходимость изучения фонового состояния биосферы и определения антропогенного воздействия на окружающую среду. При этом с учетом темпов изменения экологической обстановки и скорости поступления загрязняющих веществ проводится выбор объема и количества проб, частоты и периодичности отбора, объектов опробования и их распределение по площади.

Под региональным прогнозом понимается прогноз для крупных территорий преимущественно на качественном уровне, отражающем наиболее общие природоохранные аспекты. Характеристика ожидаемых явлений составляется по результатам анализа фактического материала с учетом пространственной и временной последовательности. В данном случае широкое применение находит метод аналогий.

Локальный прогноз выполняется для конкретного объекта (скважина, месторождение, промысел). Интерпретация результатов стационарных наблюдений за динамикой всех компонентов окружающей среды, как правило, проводится на математических моделях с использованием аналоговых, численных и аналитических методов.

2.3.1 Контроль за загрязнением окружающей среды в зоне деятельности нефтегазодобывающих управлений

В зоне производственной деятельности нефтегазодобывающих управлений, использующих при разработке месторождений химические реагенты, достаточно широко применяются системы контроля за состоянием пресных водоисточников, почвы и атмосферного воздуха. Контроль за изменением физико-химических свойств воды начинается с геологического и гидрогеологического изучения источника. Изучению подлежат как поверхностные, так и глубинные источники [3].

Обычно в зоне деятельности нефтегазодобывающих управлений строится поверхностная карта водостоков, совмещенная с коммуникациями по транспорту нефти, газа, воды и их смесей. Наибольшее внимание уделяется трубопроводам, перекачивающим сточные воды. Таким образом, определяются границы распространения водостока (истока и русла), населенные пункты и источники питьевых вод (колодцы, пруды, родники). Строится карта поверхности, совмещенная с картой расположения коммуникаций, и определяются контрольные пункты наблюдения. Отбор проб и их анализ на токсичность проводится по известным методикам отбора

и исследования вод. Определяются ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{2-} , pH, общая жесткость воды, наличие ПАВ (химреагентов). Строятся графики изменения физико-химических свойств пресных вод. Наиболее распространенной методикой определения начала загрязнения вод является сопоставление изменения хлор-иона, предельно допустимая концентрация которого для питьевых источников лимитируется 350 мг/л.

Контроль за качеством подземных вод включает гидрогеологическое изучение разреза до источников пресных вод и определение границ их распространения. Обычно зона распространения пресных вод приурочена к верхней части разреза с зоной активного водообмена. Также строится карта распространения подземных вод и намечаются контрольные наблюдательные скважины. В случае их отсутствия бурят специальные наблюдательные скважины глубиной от 30 до 100 м [3].

Анализами определяются те же физико-химические характеристики подземных вод, что и для поверхностных. Сопоставляя графики изменения отдельных параметров характеристики вод, определяют место, интенсивность и объемы загрязнения, по результатам которых проводятся организационно-технические мероприятия по ликвидации утечек - источников загрязнения.

Сегодня нельзя откладывать усилия по оздоровлению окружающей среды, чтобы экологический кризис не перерос в экологическую катастрофу. В вопросах охраны окружающей среды существует два крайних противоположных мнения. Одно сводится к тому, что вмешательство в окружающую среду необходимо резко ограничить, т.к. современные методы хозяйствования могут привести к катастрофическим последствиям. Другое мнение заключается в том, что потенциал самовосстановления природы достаточно велик и поэтому не следует затрачивать большие средства на ее охрану и проведение рекультивационных работ. Охрана окружающей среды очень важна и необходимо снизить вмешательство в природу, так как человек потребляет очень много ресурсов и они не успевают восстановиться.

Применительно к нефтегазовому региону концепция подхода к проблемам охраны окружающей среды должна учитывать и следующие факторы:

1. Чтобы выжить, человек должен хозяйствовать на земле, добывать нефть, газ и другие полезные ископаемые;
2. На современном этапе развития науки и техники не существует таких технологий добычи, транспорта и переработки нефти, которые реализовывались бы без отрицательного воздействия на природу.

Рациональное природопользование является компромиссом между необходимостью действий для обеспечения хозяйственной деятельности и соответствующим состоянием окружающей природной среды. (т.е. необходимо оптимально совмещать первый и второй фактор: добывать нефть и осваивать месторождения сводя к минимуму негативные последствия, максимально восстанавливая нарушенные территории, не допуская аварийных разливов нефти).

3 Анализ аварийных ситуаций при транспортировке нефтепродуктов по морю

В настоящее время нефть – самое распространенное вещество, загрязняющее природные воды. Объемы транспортировки нефти и нефтепродуктов на танкерах оценивается в более, чем 2 млрд тонн в год [5]. Известно, что 0,035% транспортируемой танкерами нефти и нефтепродуктов теряется по различным причинам. Разлитая нефть покрывает поверхность моря, растворяется в толще его вод, оседает на дно и, как правило, выплескивается на берег. Неизбежным спутником любых танкерных операций были и продолжают оставаться аварии. Несмотря на явную тенденцию к снижению аварийности нефтеналивного танкерного флота, аварии танкеров до сих пор остаются одним из основных источников экологического риска. С ростом количества добычи нефти и частоты перевозок нефти и нефтепродуктов, строительство и эксплуатация новых транспортных коридоров ведет к повышению рисков аварийных ситуаций. В таблице 3.1 представлена информация о источниках загрязнения вод мирового океана нефтепродуктами.

Таблица 3.1 – Источники загрязнения вод мирового океана нефтепродуктами

| Источник загрязнения | Общее количество, млн тонн/год | Доля, % |
|-------------------------------|--------------------------------|---------|
| Транспортные перевозки | 2,13 | 34,9 |
| в том числе обычные перевозки | 1,83 | 30,9 |
| Катастрофы | 0,3 | 4,9 |
| Вынос реками | 1,9 | 31,1 |

Продолжение таблицы 3.1

| Источник загрязнения | Общее количество, млн тонн/год | Доля, % |
|---|--------------------------------|---------|
| Попадание из атмосферы | 0,6 | 0,8 |
| Природные источники | 0,6 | 9,8 |
| Промышленные отходы | 0,3 | 4,9 |
| Городские отходы | 0,3 | 4,9 |
| Отходы прибрежных нефтеперерабатывающих заводов | 0,2 | 3,3 |
| Добыча нефти в открытом море | 0,08 | 1,3 |
| в том числе: обычные операции | 0,02 | 0,3 |
| аварии | 0,06 | 1,0 |
| Всего | 6,11 | 100 |

В зависимости от объема и площади разлива нефти и нефтепродуктов на местности, во внутренних пресноводных водоемах выделяются чрезвычайные ситуации следующих категорий:

1) локального значения — разлив от нижнего уровня разлива нефти и нефтепродуктов (определяется специально уполномоченным федеральным органом исполнительной власти в области охраны окружающей среды) до 100 тонн нефти и нефтепродуктов на территории объекта;

2) муниципального значения — разлив от 100 до 500 тонн нефти и нефтепродуктов в пределах административной границы муниципального образования либо разлив до 100 тонн нефти и нефтепродуктов, выходящий за пределы территории объекта;

3) территориального значения — разлив от 500 до 1000 тонн нефти и нефтепродуктов в пределах административной границы субъекта Российской Федерации либо разлив от 100 до 500 тонн нефти и нефтепродуктов, выходящий за пределы административной границы муниципального образования;

4) регионального значения — разлив от 1000 до 5000 тонн нефти и нефтепродуктов либо разлив от 500 до 1000 тонн нефти и нефтепродуктов, выходящий за пределы административной границы субъекта Российской Федерации;

5) федерального значения - разлив свыше 5000 тонн нефти и нефтепродуктов либо разлив нефти и нефтепродуктов вне зависимости от объема, выходящий за пределы государственной границы Российской Федерации, а также разлив нефти и нефтепродуктов, поступающий с территорий сопредельных государств (трансграничного значения).

По классификации Международной федерации владельцев танкеров, нефтяные разливы принято делить на три категории в зависимости от объемов утечки нефти:

- 1) малые - менее 7 тонн;
- 2) средние - от 7 до 700 тонн;
- 3) большие - более 700 тонн.

При ликвидации разлива нефти ставится задача собрать максимальное количество разлившейся нефти. Опыт практических работ показывает, что здесь возможен широкий разброс результатов даже при высокой концентрации сил и средств. Например, обзор данных по ликвидации разливов нефти за период 1995-2005 г.г. показал следующее распределение эффективности операций ЛРН: только в 40% случаев механическими средствами удалось собрать более 50% разлитой нефти, более 60% разлива удавалось собрать примерно в 23% случаев, более 70% - в 16% случаев, более 80% - менее, чем в 10% случаев.

3.1 Факторы риска разлива нефти и нефтепродуктов в Балтийском море

Общий объем перевозок нефти и нефтепродуктов по акватории Балтийского моря составляет более 250 миллион тонн в год. Среди водных бассейнов Балтийское море относится к наиболее загрязненным это связано с тем, что Балтийское море является закрытым морем с регенерацией загрязненной морской воды с периодом 33-34 года. Для сравнения, аналогичное явление в Северном море составляет в среднем 3 года. В связи с этим, разработка мероприятий по оценке и снижению риска разлива нефти при ее транспортировке по Балтийскому морю является одной из наиболее актуальных целей повышения уровня безопасности на море[6]. Главными причинами загрязнения являются:

1. Стоки прибрежных рек из городов, расположенных на побережье с ними в акваторию, ежегодно попадает до 600 тыс. тонн нефти. Аварийные разливы нефти в большинстве случаев происходят в прибрежных и шельфовых зонах, наиболее продуктивных и в то же время уязвимых районах моря.

2. Аварии судов, которые согласно статистике, на Балтийском море, в среднем, происходят около 125 раз в год. Подавляющая часть аварий приходится на долю Юго-Западной части моря. Так же, считается, достаточно опасными некоторые зоны вблизи Хельсинки, на Финском заливе происходит около 19% происшествий.

Для Балтийского моря характерны частые посадки на мель и столкновения с различными объектами, процентное соотношение причин аварий представлено в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Причины аварий в Балтийском море

| Причина аварии | % |
|--------------------|------|
| Поломки механизмов | 7,0 |
| Пожары | 10,0 |
| Столкновение | 36,0 |
| Посадка на мель | 47,0 |

Большая часть разливов нефти, при участии танкеров, происходит в портах, при погрузочно-разгрузочных работах, процент аварийности в портах 66%, в открытой акватории 34%. Основными источниками разливов являются грузовые операции на терминалах, при которых происходит разрыв шлангов, поломки грузовых устройств, переливы танков и повреждение грузовых танков при швартовых операциях. Согласно исследованиям TACIS, частота разливов нефти более 1 тонны при заходе судов на терминал может считаться равной 5×10^{-4} . При этом доля разливов в интервале (1-10) тонн составляет 0,79; в интервале (10-100) тонн 0,17, в интервале (100-1000) тонн 0,036, а более 1000 тонн 0,008, то есть 96% всех разливов на терминалах не превышает 100 тонн. Помимо аварий, постоянным и ежедневным источником нефтяного загрязнения моря также является несанкционированный слив нефтесодержащих вод с судов и танкеров. Разлитые нефтепродукты появляются на поверхности моря, частично растворяются в воде (или образуют устойчивую эмульсию), оседают на дно или выплескиваются на берега, уничтожая все живое.

3.2 План по ликвидации разливов нефтепродуктов

Основным мероприятием по обеспечению безопасности является составление плана по ликвидации разливов нефти. Согласно постановлению Правительства № 1189 от 14 ноября 2014 года "Об организации предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на

континентальном шельфе Российской Федерации, во внутренних морских водах, в территориальном море и прилежащей зоне Российской Федерации" основными разделами плана являются [4]:

1. Сведения о потенциальных источниках разливов нефти и нефтепродуктов.

2. Максимальные расчетные объемы разливов нефти и нефтепродуктов.

3. Прогнозируемые зоны распространения разливов нефти и нефтепродуктов при неблагоприятных гидрометеорологических условиях с описанием возможного характера негативных последствий разливов нефти и нефтепродуктов для окружающей среды, населения и нормального функционирования систем его жизнеобеспечения.

4. Первоочередные действия при возникновении разливов нефти и нефтепродуктов.

5. Действия производственного персонала и собственных аварийно-спасательных служб и (или) аварийно-спасательных формирований (далее - собственные силы и средства) и (или) привлекаемых аварийно-спасательных служб и (или) аварийно-спасательных формирований (далее - привлекаемые силы и средства) по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов.

6. Расчет достаточности сил и средств для ликвидации максимального расчетного объема разлива нефти и нефтепродуктов с учетом применяемых для этих целей технологий.

7. Состав собственных сил и средств и (или) привлекаемых сил и средств для ликвидации максимального расчетного объема разлива нефти и нефтепродуктов.

8. Расчетное время (сроки) ликвидации максимального расчетного объема разлива нефти и нефтепродуктов.

9. Схема организации управления, связи и оповещения при разливах нефти и нефтепродуктов.

10. Мероприятия по организации временного хранения и транспортировки собранной нефти и нефтепродуктов.

11. Календарные планы оперативных мероприятий по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, в соответствии с которыми проводится документирование работ по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов.

12. Мероприятия по реабилитации загрязненных территорий и (или) водных объектов в соответствии с проектами (программами) рекультивации земель и восстановления нарушенного состояния водных объектов и водных биологических ресурсов.

13. Порядок проведения с участием представителей федеральных органов исполнительной власти, комплексных учений по отработке взаимодействия собственных сил и средств и (или) привлекаемых сил и средств для ликвидации максимального расчетного объема разлива нефти и нефтепродуктов не реже одного раза в 3 года и в течение 30 календарных дней со дня уведомления об утверждении плана.

В Разделе 2 Пункте 3 этого постановления указано, что «Максимальные расчетные объемы разливов нефти и нефтепродуктов принимаются для следующих объектов»:

1. Нефтеналивные самоходные и несамоходные суда, суда для сбора и перевозки нефтесодержащих вод, плавучие нефтехранилища, нефтенакопители и нефтеналивные баржи (имеющие разделительные переборки) - два смежных танка максимального объема. Для указанных судов с двойным дном и двойными бортами – 50% двух смежных танков максимального объема.

2. Нефтеналивные баржи (не имеющие разделительных переборок) – 50% их общей грузоподъемности [15].

4 Оценка риска разлива нефти и разработка рекомендаций по снижению риска при транспортировке нефтепродуктов

Риск является мерой безопасности, поэтому определение его величины при авариях с разливами нефти носит значимый характер для прогнозирования и просчета возможных последствий. Объективная информация о результатах оценки риска позволяет разрабатывать рекомендации по предотвращению или снижению опасности для окружающей природной среды.

Отличительная черта аварийных разливов нефти состоит в том, что негативное воздействие поражает окружающую среду, население и объекты экономики. Чтобы снизить ожидаемый ущерб от аварийной ситуации и организовать наиболее эффективную работу сил и средств ЛРН необходимо определить критерии риска. Различают качественную и количественную оценку риска. Задачей качественного анализа риска является определение зон приемлемости или неприемлемости риска, а также определение необходимости проведения количественной его оценки. Количественный анализ риска подразумевает вычисление значения риска в конкретной ситуации [7].

Меры снижения вероятности аварии должны быть в большем приоритете перед мерами по уменьшению последствий аварии и ущерба. Если аварию все же не удалось предотвратить, необходимо пустить все силы на ликвидацию ее последствий в максимально короткие сроки. Мера риска R определяется как произведение вероятности W возникновения аварии и вероятного относительного ущерба M , который, в свою очередь, состоит из суммы максимального экологического ущерба $M_{\text{Э}}$, и максимальной стоимости работ по локализации и ликвидации разлива нефти $M_{\text{Р}}$:

$$M = M_{\text{Э}} + M_{\text{Р}} \quad (4.1)$$

$$R = W \cdot M, \quad (4.2)$$

- где R – количественная мера (степень) риска;
W – вероятность возникновения аварии;
M – вероятный относительный ущерб при аварии.

4.1 Методика и расчет вероятности возникновения аварии

В 2009-2012 гг. страны региона Балтийского моря по инициативе группы HELCOM по реагированию на аварийные разливы нефти в море HELCOM RESPONSE провели совместную всестороннюю оценку рисков в ходе реализации проекта «Субрегиональный риск разливов нефти и опасных веществ в Балтийском море» (BRISK). Исходя из данных BRISK HELCOM, интенсивность аварий с малыми, средними и крупными разливами нефти за один год на Балтийском море представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – интенсивность аварий с разливами нефти в Балтийском море

| | | Малые РН | Средние РН | Крупные РН |
|------------------------------------|-----------------|----------|------------|------------|
| Интенсивность аварии 1/год, из них | | 14,125 | 0,25 | 0,039 |
| На Балтийском море | В порту | 9,323 | 0,196 | 0,31 |
| | В открытом море | 5,716 | 0,101 | 0,016 |

В 2015 году на заседании BRISK HELCOM было просчитано, что авария, приводящая к крупному РН, объемом от 5000 до 150000 тонн, будет происходить 1 раз в 26 лет, авария со средним РН – 1 раз в 4 года, а аварии, связанные с малыми РН более 14 раз в год.

Вероятность W возникновения аварии определяется на основе анализа условий эксплуатации объекта или технической системы и обработки статистических данных об авариях. Для распределения времени между

возможными авариями можно использовать закон Пуассона, полагая, что наступления аварий образуют простейший поток событий. При таком подходе вероятность $P(N, t)$ появления ровно N аварий за время t рассчитывается по среднему значению λ интенсивности возникновения аварийных ситуаций:

$$P(N,t) = \frac{(\lambda \cdot t)^N}{N!} \cdot (-\lambda \cdot t), \quad N = 0,1,2,\dots, \quad \lambda \cdot t > 0 \quad (4.3)$$

Из формулы (4.3) следует, что в течение времени t ни одной аварии не произойдет с вероятностью $P(0, t)$:

$$P(0,t) = \exp(-\lambda \cdot t) \quad (4.4)$$

Вероятность $P(1, t)$ того, что за время t произойдет ровно одна авария:

$$P(1,t) = \lambda \cdot t \cdot \exp(-\lambda \cdot t) \quad (4.5)$$

Вероятность $P(\geq 1, t)$ того, что за это время t произойдет хотя бы одна авария (одна или более):

$$P(\geq 1,t) = 1 - P(0,t) = 1 - \exp(-\lambda \cdot t), \quad (4.6)$$

$$W = 1 - \exp(-\lambda \cdot t). \quad (4.7)$$

Последняя вероятность и принимается как мера риска возникновения аварии на рассматриваемом объекте за интересующий интервал времени t .

Была рассмотрена ситуация с малым разливом нефти, для которой рассчитывалась вероятность возникновения хотя бы одной аварии с нефтеналивным танкером и последующим разливом нефти на территории

Балтийского моря за 1 год. Данные, которые использовались в работе представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – исходные данные для расчета вероятности возникновения аварии

| | | | |
|------------------------------------|-----------|-------|-------|
| Интенсивность возникновения аварии | λ | 1/год | 5,716 |
| Расчетное время | t | год | 1 |

Вероятность возникновения хотя бы одной аварии рассчитывается по формуле (4.7):

$$W = 1 - \exp(-\lambda \cdot t),$$
$$W = 1 - \exp(-5,716 \cdot 1),$$
$$W = 0,99.$$

Из результатов, которые были получены путем расчета по формуле (4.7) следует, что вероятность W возникновения хотя бы одной аварии танкера с РН до 100 тонн, на акватории Балтийского моря за 1 год примерно 100%.

4.2 Методика оценки экологического ущерба и расчет платы за нанесение ущерба окружающей среде при аварийных ситуациях с разливом нефтепродуктов на акватории Балтийского моря

Для оценки последствий аварии с разливом нефти и расчета ущерба окружающей среде была взята ситуация на Бутингском терминале в Литве – 23 ноября 2001 года в море попало около 60 тонн нефти. Тогда при покатке нефти на танкер произошел неконтролируемый разлив мазута подо льдом. При выходе нефтепродуктов в окружающую среду, расчет платы за

загрязнение составляется из нескольких показателей. В учет берется нанесенный ущерб водной среде, атмосферному воздуху и почве. Расчет ущерба окружающей среде производится на основании Постановления Правительства РФ от 12 июня 2003 года № 344, в нем указана стоимость за сброс одной тонны загрязняющего вещества и приведены коэффициенты экологической обстановки регионов. Поскольку авария происходит на водной поверхности в открытом море, вдали от берега и населенных пунктов, плата за загрязнение окружающей среде складывается только из двух критериев: платы за загрязнение водоемов нефтепродуктами, платы за загрязнение атмосферного воздуха. Вероятный экологический ущерб при аварии рассчитывается по следующей формуле:

$$M_{\text{э}} = П_{\text{в}} + П_{\text{а}}, \quad (4.8)$$

- где $M_{\text{э}}$ – вероятный экологический ущерб при аварии;
 $П_{\text{в}}$ – плата за сверхлимитный сброс загрязняющих веществ на водную поверхность;
 $П_{\text{а}}$ – плата за ущерб от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

4.2.1. Методика расчета платы за ущерб при загрязнении атмосферного воздуха

Плата за сверхлимитный выброс загрязняющих веществ определяется путем умножения соответствующих ставок платы за загрязнение в пределах установленных лимитов на величину превышения фактической массы выбросов над установленными лимитами, суммированная полученных произведений по видам загрязняющих веществ и умножения этих сумм на пятикратный повышающий коэффициент. Расчет платы за выброс загрязняющего вещества в атмосферный воздух производится по следующим формуле (4.9), а параметр $C_{\text{а}}$ рассчитывается по формуле (4.10):

$$P_A = 5 \cdot K_i \cdot C_A \cdot M_{\text{исп}} \quad (4.9)$$

$$C_A = N_{\text{БЛ}} \cdot K_{\text{ЭС}} \quad (4.10)$$

- где P_A – плата за ущерб от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, подлежащих компенсации, руб;
- K_i – коэффициент индексации, принимается $K_i = 2,67$ [10]
- $M_{\text{исп}}$ – масса испарившихся загрязняющих веществ, т;
- C_A – ставка платы за выброс одной тонны загрязняющих веществ, руб.
- $K_{\text{ЭС}}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости региона, $K_{\text{ЭС}} = 1,5$; [11]
- $N_{\text{БЛ}}$ – базовый норматив платы за выброс одной тонны загрязняющего вещества в пределах установленного лимита, рублей, $N_{\text{БЛ}} = 6$ рублей [11].

Под испарением нефти и нефтепродуктов следует понимать процесс выделения из нее молекул растворенных легких углеводородов с переходом их в газообразное состояние. Наибольшее распространение в настоящее время имеет методика, определенная в ПБ 09-540-03 [12]. Согласно этой методике масса испарившейся жидкости определяется по формуле:

$$G_{\text{и}} = F_{\text{ж}} \cdot 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_s \cdot t \quad (4.11)$$

- где M – молярная масса нефтепродукта, г/моль;
- P_s – давление насыщенных паров, кПа;
- t – время испарения, с;
- $F_{\text{ж}}$ – площадь зеркала жидкости (площадь испарения), м²;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость ветра над поверхностью испарения, для наших условий (скорости ветра 9 м/с, температуры воды 7 °C).

Уравнение Антуана НПБ 105-95[12]:

$$P_s = 10^{\left(A - \frac{B}{C_A + t}\right)} \quad (4.12)$$

Для расчета массы испарения жидкости было выбрано дизельное топливо с молярной массой $M=203,6$ г/моль. Испарение происходит с открытой поверхности, скорость ветра 9 м/с, при температуре 7 °C, что соответствует безразмерному коэффициенту $\eta = 10$ [13].

Давление насыщенных паров находится по уравнению Антуана. Коэффициенты Антуана для дизельного топлива, указаны в пособии по применению НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» при рассмотрении проектно-сметной документации [9] : $A=5,07818$; $B= 1255,73$; $CA= 199,523$. Площадь испарения $F_{ж} = 450000$ м².

Подставив исходные данные в формулы (4.11) и (4.12), получили, что давление насыщенных паров и масса испарившейся жидкости равны:

$$P_s = 0,229$$

$$G_{и} = 211738$$

Исходные данные для расчета представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Исходные данные для расчета платы за загрязнение атмосферного воздуха дизельным топливом

| | | | |
|--|------------------|--------|-------|
| Коэффициент индексации | K_i | - | 2,67 |
| Масса испарившихся загрязняющих веществ | $M_{\text{исп}}$ | тонн | 211,7 |
| Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости региона | $K_{\text{эс}}$ | - | 1,5 |
| Норматив платы за выброс одной тонны загрязняющего вещества в пределах установленного лимита | $H_{\text{бл}}$ | рублей | 6 |

Из расчетов следует, что размер платы за загрязнение атмосферного воздуха нефтепродуктами через 4 часа $P_A = 9527$ рублей.

4.2.2. Методика расчета платы за загрязнение водных объектов нефтепродуктами

Расчет платы за сброс загрязняющего вещества на водную поверхность производится по следующей формуле (4.13), а параметр C_B рассчитывается по формуле (4.14):

$$P_B = 5 \cdot K_i \cdot C_B \cdot M_H, \quad (4.13)$$

$$C_B = H_{\text{бл}} \cdot K_{\text{эс}}, \quad (4.14)$$

- где K_i – коэффициент индексации, принимается $K_i = 2,67$ [11];
 M_H – общая исходная масса сброшенного нефтепродукта, т;
ставка платы за загрязнение поверхностного слоя
 C_B – водного объекта одной тонной растворенных и эмульгированных нефтепродуктов;
 $K_{\text{эс}}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости региона, $K_{\text{эс}} = 1,5$;
 $H_{\text{бл}}$ – базовый норматив платы за сброс одной тонны

загрязняющего вещества в пределах установленного лимита, руб, $H_{БЛ} = 27550$ руб [10].

Ущерб, подлежащий компенсации при загрязнении водных объектов, рассчитывается по формулам (4.13, 4.14).

Исходные данные для расчета представлены в виде таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Исходные данные для расчета платы за загрязнение водных объектов сброшенной нефтью

| | | | |
|---|----------|--------|-------|
| Коэффициент индексации | K_i | - | 2,67 |
| Масса учитываемой сброшенной нефти | M_H | тонн | 60 |
| Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости региона | $K_{ЭС}$ | - | 1,5 |
| Базовый норматив платы за сброс одной тонны загрязняющего вещества в пределах установленного лимита | $H_{БЛ}$ | рублей | 27550 |

Из расчетов следует, что размер платы за загрязнение водных объектов нефтепродуктами составил 33101000 рублей.

Теперь рассчитаем вероятный максимальный экологический ущерб по формуле (4.8) :

$$M_{Э} = П_{В} + П_{А},$$

$$M_{Э} = 33,110.$$

Вероятный максимальный экологический ущерб $M_{Э}$ при аварии, которая произошла в Литве в 2001 году с разливом нефти массой около 60 тонн составит 33110527 рублей (более 33 млн.руб.).

4.3 Стоимость работ по локализации и ликвидации разлива нефти

Площадь нефтяного пятна находилась в предположении о круговой форме. По формуле (4.15) площадь круга равна:

$$S = \pi \cdot r^2, \quad (4.15)$$

где r – радиус растекания нефти, м.

Длина боновых заграждений рассчитывалась в предположении о круговой форме растекания нефти по формуле (4.16):

$$L(t) = 2 \cdot \pi \cdot r. \quad (4.16)$$

Площадь нефтяного пятна и длина боновых заграждений через 4 часа после разлива будет равна:

$$S = 3,14 \cdot 143312 ;$$

$$S = 450000 \text{ м}^2.$$

$$L = 2 \cdot 3,14 \cdot 379;$$

$$L = 2380 \text{ м}.$$

Время на локализацию аварийного разлива нефтепродуктов в акватории не должно превышать 4 часа[14]. Ориентировочная стоимость работ по локализации и ликвидации нефти 100000 рублей/час., а стоимость установки боновых заграждений 50000 рублей за каждые 100 метров. При утечке 60 тонн нефтепродуктов, стоимость локализации и ликвидации разлива нефти M_p в течении 4 часов работы и длине боновых заграждений $L = 2380$ м., составит 1,59 миллиона рублей.

4.4. Расчет вероятного относительного ущерба и количественной меры риска возникновения аварийной ситуации

На основе данных, полученных в предыдущих расчетах, были определены вероятный относительный ущерб и количественная мера риска аварийной ситуации. Таким образом, подставив полученные нами данные в формулы (4.1) и (4.2), получим:

$$M = M_{\text{Э}} + M_{\text{Р}} = 33,110 + 1,590 = 34,700,$$

$$R = W \cdot M = 0,99 \cdot 34,700 = 34,353.$$

Вероятный относительный ущерб M , состоящий из суммы максимального экологического ущерба и максимальной стоимости работ по локализации и ликвидации разлива нефти, равен 34,700 миллиона рублей.

Количественная мера риска возникновения аварийной ситуации с разливом нефтепродуктов массой 60 тонн на акватории Балтийского моря в течение 1 года равна 34,353 миллиона рублей.

4.5 Разработка рекомендаций по снижению риска при транспортировке нефтепродуктов по акватории Балтийского моря

Транспортировка нефти является источником повышенной опасности. На стационарных объектах можно создать постоянно действующие группы по предупреждению и ликвидации разливов нефти, при транспортировке это является практически невыполнимой задачей. Невозможно точно предсказать в каком месте произойдет авария и насколько быстро туда смогут прибыть группы ликвидации разливов. При разливе нефтепродуктов и промедлении аварийной бригады наносится огромный ущерб экологии и экономике региона. Скорость выполнения работы по ликвидации разлива нефтепродуктов напрямую влияет на стоимость нанесенного ущерба.

Проанализировав аварии, повлекшие за собой разлив нефтепродуктов, можно сделать несколько выводов.

Наиболее значимыми факторами, оказывающими влияние на возникновение разливов нефтепродуктов, являются:

- 1) проведение погрузочно-разгрузочных работ в портах;
- 2) плотность судопотока;
- 3) сложные навигационные участки;
- 4) износ механизмов и всего судна в целом;
- 5) гидрометеорологические условия;
- 6) человеческий фактор.

Величина экологического ущерба зависит от:

- 1) объема вылитого нефтепродукта и, как следствие;
- 2) площади загрязненных акваторий;
- 3) наличия экономических объектов, населенных пунктов, объектов природопользования и др.;
- 4) времени реагирования группы ЛРН;
- 5) количества сил и средств для работ по ЛРН.

Для прогнозирования возможных последствий и предотвращения аварийных ситуаций с РН, разрабатывают модели аварий и сценарии поведения пятна нефтепродукта, которые учитывают растекание РН в зависимости от гидрометеорологических условий на месте разлива. Любой объект, имеющий какое-либо взаимодействие с нефтью, разрабатывает «План по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на акватории». План должен подвергаться корректировкам с учетом новых данных и исследований. Необходимо понимать, что меры по снижению вероятности аварии должны иметь приоритет над мерами по уменьшению последствий аварии. Но если авария произошла, требуется максимально быстро ликвидировать разлив нефти, чтобы снизить ущерб, наносимый окружающей среде. Вероятность возникновения хотя бы одной аварии, приводящей к малому РН на акватории Балтийского моря в течение 1 года

около 100%. При попадании 100 тонн нефти в воды Балтийского моря, максимальный возможный ущерб составит 24,12 миллионов рублей.

В связи с установленными причинами аварийности и факторов, влияющих на величину ущерба, необходимо:

- 1) усиление мониторинга Балтийского моря;
- 2) порядок движения крупнотоннажных танкеров с целью снижения нагрузки на маршрутах следования танкеров, а также ограничение движения малоразмерных судов на этих маршрутах;
- 3) усиление контроля над техническим состоянием и возрастом судов;
- 4) улучшение взаимодействия при ЛРН с прибрежными странами Балтийского моря;
- 5) обеспечение бесперебойности работ ЛРН в соответствии с перечнем оборудования и оснащения на складах, привлекаемых к операциям ЛРН организаций;
- 6) применение новых средств ЛРН;
- 7) повышение квалификации членов экипажа танкеров и участников групп ЛРН.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель работы была достигнута, поставленные задачи были выполнены, а именно были разработаны мероприятия по снижению риска разлива нефти на водной акватории Балтийского моря и был подсчитан вероятный относительный ущерб, который состоит из суммы максимального экологического ущерба и максимальной стоимости работ по локализации и ликвидации разлива нефти. На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Через Балтийском море в настоящее время проходят множество типов судов, основные из них это: грузовые, танкерные, пассажирские и контейнерные суда. Грузовые суда являются самыми многочисленными кораблями в Балтийском море – почти каждое второе судно является грузовым. Высокий уровень трафика в сочетании с региональными особенностями, такими как узкие проходы, зимняя темнота и лед, делает Балтийское море сложной областью навигации. Даже если безопасность судоходства является одной из ключевых проблем для моряков и судовладельцев, происходят морские катастрофы, и Балтийское море не является исключением в этом отношении. С 2004 по 2015 гг. произошло множество несчастных случаев в Балтийском море. Согласно данным HELCOM по авариям, наибольшие инциденты были с грузовыми судами, а именно 1076 происшествий, а также с рыболовными судами и судами обеспечения, их насчитывается 1175 за данный период.

2. Основными средствами локализации разливов ННП в акваториях являются боновые заграждения. Их предназначением является предотвращение растекания нефти на водной поверхности, уменьшение концентрации нефти для облегчения цикла уборки, и отвод (траление) нефти от наиболее экологически уязвимых районов. Существует четыре метода ликвидации нефтяных загрязнений водных объектов: термический,

механический, физико-химический и биологический. Достоинства термического и механического методов – это высокая эффективность при проведении работ, но из-за внешних условий скорость обработки нефтяного пятна снижается, что не сказать о физико-химическом методе, этот метод эффективен при сильном волнении и других внешних условиях. Достоинствами биологического метода являются минимальный дополнительный ущерб от проведения операций.

3. В настоящее время нефть – самое распространенное вещество, загрязняющее природные воды. Несмотря на явную тенденцию к снижению аварийности нефтеналивного танкерного флота, аварии танкеров до сих пор остаются одним из основных источников экологического риска. С ростом количества добычи нефти и частоты перевозок нефти и нефтепродуктов, строительство и эксплуатация новых транспортных коридоров ведет к повышению рисков аварийных ситуаций. Наиболее сильные источники загрязнения вод мирового океана являются именно транспортные перевозки. Большая часть разливов нефти происходит в портах, при погрузочно-разгрузочных работах, процент аварийности в портах 66%, в открытой акватории 34%. Основными источниками разливов являются грузовые операции на терминалах, при которых происходит разрыв шлангов, поломки грузовых устройств, переливы танков и повреждение грузовых танков при швартовых операциях. Ежегодно в Балтийском море происходит около 125 аварий год.

4. Для оценки последствий аварии с разливом нефти и расчета ущерба окружающей среде была взята ситуация на Бутингском терминале в Литве – 23 ноября 2001 года в море из-за этой аварии разлилось около 60 тонн нефти. Тогда при погрузке нефти на танкер произошел неконтролируемый разлив мазута подо льдом. Вероятность возникновения такой аварии (аварии судна с разливом нефти до 100 тонн) в Балтийском море составляет почти 100%. Была подсчитана плата за сверхлимитный сброс загрязняющих веществ на водную поверхность, которая составила 33101000

рублей и плата за ущерб от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, равная 9527 рублям. Просуммировав эти две составляющие, получилось, что вероятный экологический максимальный ущерб при аварии обошелся в 33110527 рублей. Стоимость локализации и ликвидации разлива нефти составила 1,59 миллиона рублей. Наконец, вероятный относительный ущерб, состоящий из суммы максимального экологического ущерба и максимальной стоимости работ по локализации и ликвидации разлива нефти равен 34,700 миллиона рублей. Количественная мера риска возникновения аварийной ситуации с разливом нефтепродуктов массой 60 тонн на акватории Балтийского моря в течение 1 года равна 34,353 миллиона рублей.

5. Для прогнозирования возможных последствий и предотвращения аварийных ситуаций с разливом нефти, разрабатывают модели аварий и сценарии поведения пятна нефтепродукта, которые учитывают растекание разлива нефти в зависимости от гидрометеорологических условий на месте разлива. Любой объект, имеющий какое-либо взаимодействие с нефтью, разрабатывает «План по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на акватории». Необходимо понимать, что меры по снижению вероятности аварии должны иметь приоритет над мерами по уменьшению последствий аварии. Но, если авария произошла, требуется максимально быстро ликвидировать разлив нефти, чтобы снизить ущерб, наносимый окружающей среде. В связи с установленными причинами аварийности и факторов, влияющих на величину ущерба, необходимо усилить мониторинг Балтийского моря, усилить контроль над технических состояний и возрастов судов, применять новые средства ликвидации разлива нефти, улучшить взаимодействие между при ЛРН с прибрежными странами Балтийского моря, а также, чтобы все члены экипажа были высококвалифицированными специалистами.

В заключение необходимо отметить, что каждая чрезвычайная ситуация, обусловленная аварийным разливом нефти и нефтепродуктов, отличается определенной спецификой. Многофакторность системы «нефть

— окружающая среда» зачастую затрудняет принятие оптимального решения по ликвидации аварийного разлива. Тем не менее, анализируя способы борьбы с последствиями разливов и их результативность применительно к конкретным условиям, можно создать эффективную систему мероприятий, позволяющую в кратчайшие сроки ликвидировать последствия аварийных разливов ННП и свести к минимуму экологический ущерб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вылкован А.И. Современные методы и средства борьбы с разливами нефти: научно-практическое пособие / А.И. Вылкован [и др.] — СПб.: Центр-Техинформ, 2000 – 204 с.
2. Гвоздиков В.К. Технические средства ликвидации разливов нефтепродуктов на морях, реках и водоемах: справочное пособие / В.К. Гвоздиков, В.М. Захаров — Ростов-на-Дону, 1996. – 223 с.
3. Блиновская Я.Ю. Информационное обеспечение экологической безопасности при разработке нефтяных месторождений на шельфе. / Я.Ю. Блиновская – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2006. – 232 с.
4. Воробьев Ю.Л. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов / Ю.Л. Воробьев, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов – М.: Ин-октаво, 2005. – 368 с.
5. ГОСТ Р 51858-2002. Нефть. Общие технические условия. – Введ. 2002.01.08. – М. : Госстандарт России, 2002. – 12 с.
6. Миронов О.Г. Биологические ресурсы моря и нефтяное загрязнение / О.Г. Миронов – М. : Пищепромиздат, 1972. – 105 с.
7. Яковлев В.В. Экологическая безопасность, оценка риска / В.В. Яковлев – СПб: СПбГПУ, 2006. – 475 с.
8. Maritime activities in the Baltic Sea [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.helcom.fi/Lists/Publications/BSEP152.pdf> – (Дата обращения: 15.01.2018)
9. Пособие по применению НПБ 105-95 “Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности” при рассмотрении проектно-сметной документации (Значения показателей пожарной опасности некоторых смесей и технических продуктов) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://stopfire.ru/> – (Дата обращения: 13.04.2018)

10. Коэффициенты индексации платы за загрязнение окружающей среды [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://nalogobzor.info/> – (Дата обращения: 15.04.2018)

11. Постановление Правительства РФ от 12.06.2003 N 344 (ред. от 24.12.2014) "О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, в том числе через централизованные системы водоотведения, размещение отходов производства и потребления" (Коэффициенты, учитывающие экологические факторы) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://legalacts.ru/> – (Дата обращения: 15.04.2018)

12. Об утверждении Общих правил взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> – (Дата обращения: 10.03.2018)

13. Моделирование влияние испарения на объем потерь нефти при авариях на трубопроводах. Значения коэффициента η в зависимости от скорости ветра и температуры окружающей среды над поверхностью испарения [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol20/chub.pdf> – (Дата обращения: 15.03.2018)

14. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2002 г. N 240 "О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] / Правила организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации, ред. Касьянов М. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/> – (Дата обращения: 10.04.2018 г.)

15. Постановление Правительства РФ от 14 ноября 2014 г. N 1189 "Об организации предупреждения и ликвидации разливов нефти и

нефтепродуктов на континентальном шельфе Российской Федерации, во внутренних морских водах, в территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации" [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://legalacts.ru/> – (Дата обращения: 15.04.2018)

16. Моря России – Балтийское море [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://geographyofrussia.com/> – (Дата обращения: 4.09.2017).