



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра экологии и биоресурсов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: Методы и технологии сбора и утилизации нефти и нефтепродуктов в водных экосистемах

Исполнитель Голоскова Александра Ивановна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Дроздов Владимир Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой _____
(подпись)

кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Дроздов Владимир Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 2019 г.

Санкт-Петербург
2019

Оглавление

Оглавление	2
Введение	3
1 Нефть и нефтепродукты как токсиканты водных экосистем	5
1.1 Основные источники загрязнения нефтью и нефтепродуктами водных экосистем	5
1.1.1 Основные источники загрязнения пресноводных экосистем нефтью	6
и нефтепродуктами	6
1.1.2 Основные источники загрязнения морских экосистем нефтью и нефтепродуктами	8
1.2 Токсические свойства нефти и нефтепродуктов	10
1.3 Особенности распространения нефти и нефтепродуктов в водных экосистемах ..	12
2 Методы и технологии предотвращения и ликвидации загрязнения водных экосистем нефтью и нефтепродуктами	15
2.1 Методы и технологии коагуляции, флокуляции и флотации	15
2.2 Методы и технологии сепарации	24
2.3 Методы и технологии диспергирования	30
2.4 Методы и технологии механического сбора и локализации разливов нефти и нефтепродуктов	33
3 Оборудование и технические средства предотвращения и ликвидации загрязнения водных экосистем нефтью и нефтепродуктами	39
3.1 Оборудование и технические средства сбора нефти и нефте продуктов для открытой воды	39
3.2 Оборудование и технические средства для условий сбора нефти и нефтепродуктов в колотом льду	55
Заключение	61
Список использованной литературы	66
Приложение	71

Введение

Нефть – горючая жидкость, которая используется в различных отраслях народного хозяйства практически во всех странах Мира. Нефть является сырьем для производства полимеров и резины, некоторых строительных материалов (битум, асфальт), масел и смазок, красок, моющих средств и т.п. Это вещество используется для производства различных видов жидкого топлива, обеспечивающих работу наземного, авиационного и водного транспорта, а также при выработке тепловой и электроэнергии в ряде случаев.

Ежегодно потребление нефти и нефтепродуктов увеличивается, тем самым растет их добыча. Так, например, в России за 2018 год было добыто около 555,84 млн. тонн нефти и газового конденсата [1]. Это, в свою очередь, приводит к разливам нефти, её утечке как на суше, так и в водных объектах. Только за полгода 2018 года Санкт-Петербургское государственное унитарное предприятие по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти «ПИЛАРН» произвело 297 выездов на места разливов нефти и собрало 62,46 тонн нефтеводяной смеси.

Проанализировав данные по разливам нефти Международной федерации владельцев танкеров по предотвращению загрязнения (ITOPF), можно проследить некоторую динамику: в течение 49 лет количество нефтяных разливов уменьшается. Число разливов более 700 тонн сократилось, среднее количество с 2010 года составляет 1,9 в год. Разливы средних размеров (7 -700 тонн) снизились с 28,1 в год в 1990-х годах до 4,7 в 2010-х.

Главным источником загрязнения являются аварии танкеров. Примечательно, что большая часть аварийных разливов нефти происходила в водах Атлантического океана.

С 1990 года по 2000-ые произошло 358 разливов средних и крупных размеров (более 7 тонн), в результате чего водные объекты были загрязнены

1134000 тоннами нефти. С 2000 по 2010 год произошёл 181 разлив с выбросом 196000 тонн нефти. С 2010 по 2018 год произошло 59 разливов с потерей 163000 тонн нефти.

Воздействие нефти способно привести к комплексным негативным последствиям применительно к водным экосистемам, а также к побережью. Поэтому проблема борьбы с разливами нефти и нефтесодержащими сточными водами во всем Мирове имеет особую актуальность.

Целью работы является рассмотрение и анализ современных методов и технологий очистки нефтесодержащих сточных вод.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- описание токсических свойств нефти и нефтепродуктов;
- анализ источников поступления нефти и нефтепродуктов в водные экосистемы;
- изучение основных методик и технологий предотвращения и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на водных объектах;
- изучение характеристики оборудования для сбора нефти и нефтепродуктов в условиях разлива в открытой воде и колотом льду;
- разработка рекомендаций по использованию оборудования для сбора нефти и нефтепродуктов.

1 Нефть и нефтепродукты как токсиканты во дных экосистем

1.1 Основные источники загрязнения нефтью и нефтепродуктами водных экосистем

В водные экосистемы нефть и нефтепродукты попадают как естественным путем, так и антропогенным. В Мировой океан ежегодно попадает около 10 миллионов тонн нефти!

Для того, чтобы оценить проблему разливов нефти и нефтепродуктов, представлен рисунок 1.1 «Крупнейшие нефтяные катастрофы». На нем видно, что самым крупными авариями можно назвать 12 катастроф, которые происходили в разных частях планеты. Количество разлитой нефти поражает: более 4 млн. тонн! Это только крупные аварии, а во всем мире произошло множество мелких и средних аварий. Поэтому, стоит задуматься над происходящей ситуацией.

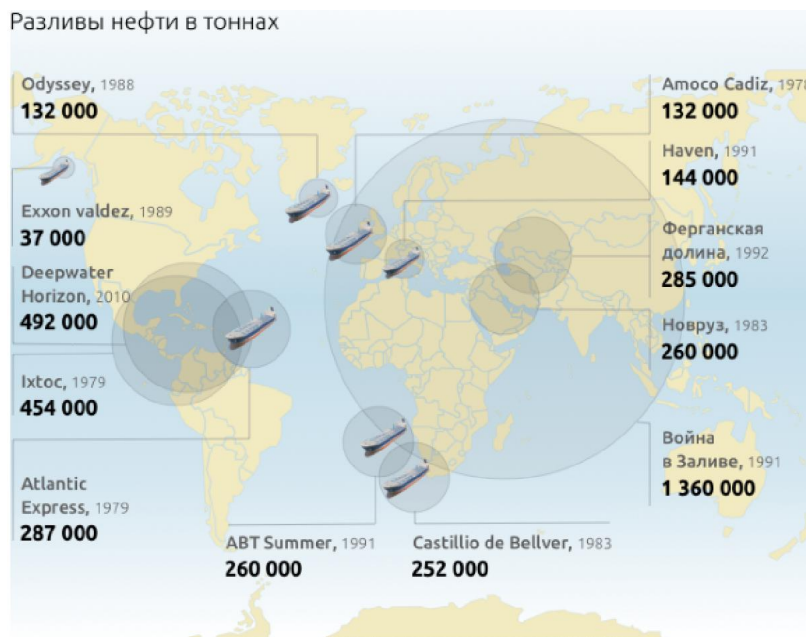


Рисунок 1.1. Крупнейшие нефтяные катастрофы [2].

Загрязнение нефтью в большинстве случаев имеет техногенный характер, поэтому необходимо постоянно сравнивать их количество с фоновыми концентрациями. Так, фоновые уровни содержания нефтяных углеводородов в морской среде изменяются в очень широких пределах: 10^{-5} – 10 мг/л в воде и 10^{-1} – 10^4 мг/кг в донных осадках в зависимости от многих природных и техногенных факторов [3]. Наибольшая концентрация данных веществ находится на территории месторождений и транспортного пути, а также в прибрежных зонах и во внутренних водах. На рисунке 1.2 изображены основные типы залповых аварийных нефтяных разливов.

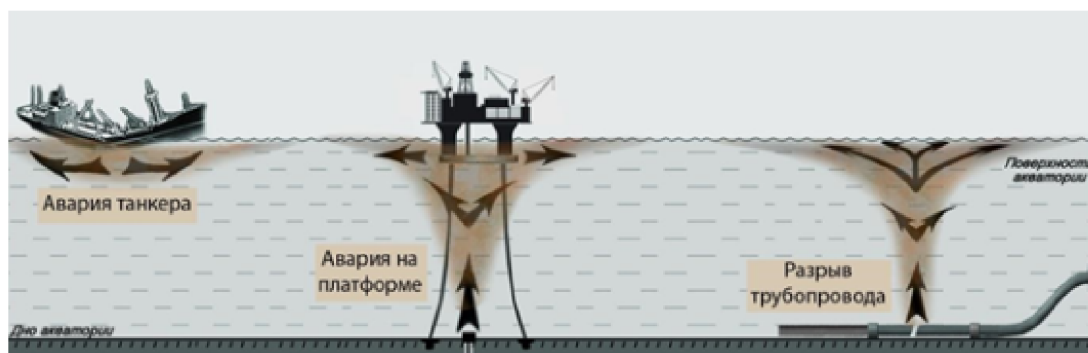


Рисунок 1.2. Основные типы залповых аварийных нефтяных разливов [4].

Таким образом, возможно одновременное значительное поступление нефти в водные объекты при авариях танкеров, авариях на платформах и разрыве трубопроводов. Кроме того, существуют и природные источники поступления нефти в окружающую среду. Рассмотрим подробнее источники поступления этих веществ в пресноводные и морские экосистемы.

1.1.1 Основные источники загрязнения пресноводных экосистем нефтью и нефтепродуктами

Загрязнение водных объектов нефтью и нефтепродуктами – актуальная проблема в настоящее время. Для того, чтобы в кратчайшие сроки ликвидировать разливы нефти, необходимо знать источники поступления. В

пресноводные экосистемы данные загрязнители попадают естественным способом и антропогенным.

Природным источником поступления нефти и нефтепродуктов является их просачивание по трещинам в горных породах. Однако, в пресноводных экосистемах данный способ загрязнения играет наименьшую роль, так как в основном месторождения нефти в водных объектах находятся в Мировом океане и морях. Удивительным является тот факт, что в феврале 2019 года сибирские ученые обнаружили под Байкалом залежи мо лодой нефти. И во время землетрясений она попадает в воду, загрязняя и отравляя ее. Но в данный момент с этой проблемой справляются бактерии, обитающие в Байкале [5].

Особое внимание экологов привлекает проблема антропогенного загрязнения водных объектов нефтью и нефтепродуктами. Источниками поступления данных загрязнителей во внутренние неморские воды являются:

- Машиностроительные предприятия;
- Предприятия автосервиса, вагоноремонтные заводы;
- Заводы по производству железобетонных изделий
- Нефтеперерабатывающие заводы;
- Автоколонны и автохозяйства.

Путем наблюдения и лабораторных исследований установлено, что стоки этих предприятий могут превышать допустимые нормы (ПДК) в сотни раз [6].

Также в городские рекии озера нефтепродукты поступают с помощью ливневого стока с автодорог, после чего остатки бензина и другие токсичные вещества переносятся течением на большие расстояния.

В нефтедобывающих районах источником загрязнения рек и водоемов являются сбросы отработанных и пластовых вод нефтепромыслов.

На судоходных реках систематическим источником загрязнения вод нефтепродуктами являются курсирующие по ним суда, о чем свидетельствуют замазученные шлейфы, остающиеся по траектории их движения, вблизи пристаней и берегов [7].

Нефтепроводы пересекают большое количество водных объектов во всем мире. Изредка в таких местах происходят аварии из-за того, что конструкции выходят из строя, исчерпавши срок эксплуатации. Тем самым на трубопроводе возникают повреждения, из которых выливается нерегулируемое количество загрязнителей.

1.1.2 Основные источники загрязнения морских экосистем нефтью и нефтепродуктами

В качестве природных источников поступления нефти в морские экосистемы выступают выходы загрязнителя на дне и эрозионные процессы.

Несомненно, основная часть загрязнения Мирового океана нефтью и нефтепродуктами приходится на антропогенные источники. К ним относятся:

1. транспортные перевозки (перевозки и катастрофы);
2. вынос реками;
3. попадание из атмосферы;
4. промышленные отходы;
5. городские отходы;
6. отходы прибрежных нефтеочистительных заводов;
7. добыча нефти в открытом море (обычные операции, аварии).

В таблице 1.1 представлено распределение вклада в загрязнение Мирового океана нефтью различных источников в количественном соотношении и в процентном. Основными источниками загрязнения являются транспортные перевозки и вынос реками, в три раза меньше природные источники и попадание из атмосферы.

Таблица 1.1. Распределение вклада в загрязнение Мирового океана нефтью различных источников [8].

Источник загрязнения	Общее количество, млн. т/год	Доля, %
Природные источники	0,6	9,8
Транспортные перевозки, в том числе:	2,13	34,9
- обычные перевозки	1,83	30,0
- катастрофы	0,3	4,9
Вынос реками	1,9	31,1
Попадание из атмосферы	0,6	9,8
Промышленные отходы	0,3	4,9
Городские отходы	0,3	4,9
Отходы прибрежных нефтеочистительных заводов	0,2	3,3
Добыча нефти в открытом море, в том числе:	0,08	1,3
обычные операции	0,02	0,3
аварии	0,06	1,0
ИТОГО:	6,11	100

Природные источники загрязнения морских экосистем находятся в нефтеносных районах: как шельф, так и открытые части моря. Так, например, большая часть выходы нефти происходит в Мексиканском, Персидском заливах, в Карибском море. Нефть попадает в воду из-за проникновения через дно, выбросов из скважин или благодаря эрозионным процессам. В ходе таких процессов только небольшое количество загрязнителя возникает в водном объекте, зачастую они быстро ликвидируются. Однако, есть другой естественный источник, который оказывает огромное влияние на природу – это дальний атмосферный перенос углеводородов. Суть этого заключается в неполном сгорании легких фракций нефти, например, керосина, бензина. После вещества попадают в атмосферу и переносятся на большие расстояния, где внезапно выпадают.

Ежегодно добыча нефти только возрастает, появляются новые нефтедобывающие провинции, из-за чего количество нефтеразливов увеличивается. В основном разливы происходят в местах нефтедобычи или на протяжении морского транспортного пути.

В настоящее время страны всего мира имеют морской транспорт. Это является основным источником загрязнения нефтью и нефтепродуктами, а большую опасность для Мирового океана играет танкерный флот. Насчитывается более 3000 танкеров, из них около 230 танкеров грузоподъемностью от 200 до 700 тыс. т каждый [9]. В Приложении А представлен график по крупнейшим катастрофическим разливам нефтепродуктов, связанных с авариями судов. По нему видно, что аварии судов, приносящие тяжелые последствия, произошли в 1979, 1983, 1989, 1991, 1996, 1999, 2002 и 2007 годах.

Во время проведения операций с судов сбрасываются балластные, льяльные (трюмные) и промылочные воды. А также в процессе погрузки, разгрузки танкера и перевозки большое количество нефти попадает в воду.

В Приложении Б изображена карта мира, на которой отмечены наиболее значительные катастрофы танкеров [10]. В основном, аварии происходили в морях и заливах Атлантического океана, меньшее количество – в Южном и Тихом океанах.

Иногда небольшие выбросы нефти и нефтепродуктов происходят в безаварийных ситуациях, которые в кратчайшие сроки ликвидируются.

1.2 Токсические свойства нефти и нефтепродуктов

Загрязнение водных объектов нефтью и нефтепродуктами может проявляться в виде различных форм: появляется тонкая нефтяная пленка на поверхности воды, эмульгированные нефтепродукты распространяются на больших территориях, а тяжелые фракции нефти оседают на дно водоемов. Из-за такого вредного воздействия солнечные лучи не имеют возможности попасть в толщу воды, поэтому осложняется процесс фотосинтеза. Уменьшение количества кислорода в водном объекте вызывает гибель животных и растений. Газовый обмен затрудняется. Также изменяются многие физические и химические свойства воды: цвет, вкус, запах, вязкость, поверхностное

натяжение, меняется химический состав, возникают опасные вещества. Тем самым вода приобретает токсические свойства. Всего 12 грамм нефти приводит в непригодность одну тонну воды [11]!

В Приложении В представлена таблица с классификацией нефтяного загрязнения и его характеристика [12].

Нефть начинает проявлять отравляющие свойства, когда её содержание в водной среде превышает 1 мг/м^3 [13]. Токсичность увеличивается с возрастанием концентрации нефти.

Когда нефть или нефтепродукт попадает в водный объект, происходят сложные процессы. Частично нефть испаряется с поверхности, при этом легкие фракции улетучиваются, а тяжелые сохраняются в толще. После этого у оставшейся нефти и нефтепродуктов меняются свойства. Другая часть начинает перемешиваться с водой и далее образует дисперсную систему из нефтепродукта и воды. Ближе к пятну получается система «вода в нефти», а при погружении ко дну образуется система «нефть в воде». Нефть и нефтепродукты, которые находятся в толще воды, оказывают влияние на живые организмы и подвергается биохимическому окислению.

Токсичность нефти и нефтепродуктов для водных обитателей проявляется в отравлении организма. Так, например, серьезный вред организмам и даже гибель рыб наносит попадание $16 - 97 \text{ мг/л}$ нефти [14]. Также рыбам тяжело передвигаться в воде с нефтью, так как среда их обитания приобретает вязкость. Рыба становится непригодной для ловли.

Морские млекопитающие, например, белые медведи, выдры, страдают от того, что нефть и нефтепродукты попадают на их мех, отчего он сваливается и не удерживает воду и не может сохранять тепло. У тюленей, китов и моржей нарушается теплообмен из-за попадания нефти на жировой слой.

Нефть попадает на зрительные органы животных, происходит воспаление, и они не имеют возможность передвигаться и плавать. Поступающая в организм нефть вызывает внутреннее кровотечение,

желудочно-кишечный тракт отказывает, развивается почечная недостаточность и интоксикация печени. После чего живые организмы умирают.

Для птиц особый вред наносит маслянистая жидкость, которая попадает на оперенье. Пернатые лишаются свойства теплоизоляции и водонепроницаемости, они не в состоянии летать и плавать. При попытке выбраться из нефти, они завязают в ней еще больше.

Моллюски, креветки, устричные, лангусты не могут поддерживать свою жизнедеятельность при содержании нефти в воде, фитопланктон погибает.

При испарении нефть поражает дыхательные системы всех живых организмов, находящиеся вблизи разлива. Даже при кратковременном вдыхании паров нефти могут появиться головные боли и головокружение, тошнота и судороги, может замедлиться пульс и сердцебиение, понизиться давление, возможна потеря сознания и смерть. Также нефть вредит организму, попадая на кожу.

Растения водоемов, например, морские травы, водоросли, вымирают при нефтеразливах. Происходит разрушение и отмирание тканей, тормозится рост и развитие растений, ухудшается обмен веществ. Желто-зеленые и диатомовые водоросли наиболее чувствительны к нефтяному загрязнению воды, а менее – сине-зеленые водоросли. Токсические свойства могут накапливаться в растениях и почвах и оказывать негативное воздействие в течение пяти лет.

1.3 Особенности распространения нефти и нефтепродуктов в водных экосистемах

Распространение нефти и нефтепродуктов в водных экосистемах имеет некоторые особенности.

В результате естественного или антропогенного попадания нефти и нефтепродуктов в водный объект на поверхности образуется пленка (слик). Легкие фракции нефтепродуктов (бензин, керосин) растекаются медленнее, чем тяжелые фракции (масло, мазут). Происхождение данного процесса

обуславливается тем, что поверхностное натяжение на границе с водой у первых выше и, соответственно, наоборот. Далее происходит ряд сложных процессов до момента ликвидации нефтеразлива: испарение, растворение, окисление, образование устойчивых нефтяных агрегатов, седиментация, биodeградация (микробное разрушение). Зона поражения нефтью и нефтепродуктами может занимать огромные территории и передвигаться по поверхности. Всего лишь одна капля нефти образует пленку на воде площадью $0,25 \text{ м}^2$ [15]. Изменение местоположения нефтеразлива обуславливаются разнообразными факторами: действием течения, направлением и скоростью ветра, колебаниями уровня воды, океаническими циркуляциями, растеканием и рассеянием турбулентной диффузией.

В таблице 1.2 представлена зависимость количества разлитой нефти и внешнего вида нефтяного загрязнения по С.М. Драчеву.

Таблица 1.2. Внешний вид нефтяного загрязнения в зависимости от объема разлитой нефти по С.М. Драчеву [16].

Количество разлитой нефти, л/км ²	Внешний вид
38	Отдельные пятна, едва видимые при хорошей освещенности.
76	Отдельные пятна с серебристым блеском.
152 – 304	Пятна и радужные пленки нефти на поверхности воды; отдельные загрязненные нефтью участки берега и прибрежной растительности.
1000	Пятна и пленки нефти на большей части поверхности воды; берега и прибрежная растительность покрыты нефтью, нефть всплывает при взмучивании дна.
2000	Коричневая пленка нефти (видна и при сильном волнении); берега и прибрежная растительность покрыты нефтью; нефть всплывает при взмучивании дна.

Спустя время нефть и нефтепродукты разделяются на два слоя: толстый слой, содержащий большую часть загрязнителей, и слой, толщина которого не больше 0,001 мм, занимающий территорию с большой площадью. Процесс,

который образует тонкую пленку, называется диспергированием (образованием эмульсии) разлитой нефти в верхнем слое водного объекта. После этого некоторые капли нефти всплывают наверх вдалеке от места разлива. Данный процесс создается из-за разницы в скоростях перемещения эмульгированных частиц нефти в толще воды и пленки на поверхности (скорость первых меньше второй).

На рисунке в Приложении Г можно наблюдать процессы изменения нефтяных пленок со временем [10]. Так, их длительность может быть всего несколько часов, а может достигать год или несколько лет.

Частичное уменьшение количества нефти и нефтепродуктов обуславливается их испарением. Из-за такого процесса некоторые физические свойства загрязнителя изменяются: плотность и вязкость возрастает. Поэтому необходимо в кратчайшие сроки применять технологии по ликвидации разлива. Также большое значение имеют условия, в которых протекают процессы распространения и испарения нефти и нефтепродуктов. Например, в открытой воде эффективное применение альтернативных технологий достигается в течение нескольких суток, а на территориях, покрытых льдом – до 10 суток [17].

В дальнейшем происходит процесс перемешивания оставшихся частиц нефти с водой. Это также оказывает влияние на вязкость загрязнителей, она увеличивается. Спустя время такая эмульсия становится похожей на «шоколадный мусс», который может находиться в таком состоянии в водных объектах годами. Мелкие частицы нефти и распространяются в толще воды.

Рисунок в Приложении Д обобщает вышесказанное: на нем представлена схема распространения нефти и нефтепродуктов и процессов, которым они подвергается в водных экосистемах [18].

2 Методы и технологии предотвращения и ликвидации загрязнения водных экосистем нефтью и нефтепродуктами

В настоящее время по всему миру актуальной проблемой является разлив нефти и нефтепродуктов в водные экосистемы. Эти вещества загрязняют окружающую среду, приводят к негативным последствиям как экономическим, так и социальным. Поэтому водные объекты необходимо в кратчайшие сроки очищать.

В этой главе будут рассмотрены самые эффективные и чаще всего используемые методы и технологии ликвидации нефти: физико-химические методы (коагуляция, флокуляция, флотация, сепарация и диспергирование) и механические способы удаления нефти.

2.1 Методы и технологии коагуляции, флокуляции и флотации

Физико-химические методы очистки сточных вод проводят после механической очистки с целью ликвидации оставшихся загрязнителей. Первоначально, загрязненные воды проходят нефтеловушки, после применяются методы коагуляции, флокуляции, флотации и другие для удаления эмульгированных и растворенных нефтепродуктов. Благодаря физико-механическим методам очистки из сточных вод удаляются токсичные вещества.

Коагуляция – это процесс укрупнения дисперсных частиц за счет их взаимодействия и объединения в агрегаты. Вещества, способные вызвать коагуляцию частиц, называют в общем случае коагуляторами, а в водоподготовке – коагулянтами или гидролизующимися коагулянтами. Последние не только вызывают коагуляцию частиц загрязнений, но и образуют, гидролизуясь, малорастворимые продукты, способные объединяться в крупные хлопья [19].

Суть метода заключается в том, что в загрязненные воды добавляют реагенты (коагулянты), которые объединяют мелкие частицы нефти и нефтепродуктов. После чего образуются более крупные элементы, оседающие на дно. От них можно избавиться, используя механические методы очистки: отстаивание и фильтрацию.

После механической очистки оставшиеся в воде частицы нефтепродуктов (менее 10 мкм), образуют эмульсионную систему, устойчивость которой определяется степенью дисперсности, поверхностными и электрокинетическими свойствами частиц.

Устойчивость этой системы может быть нарушена с помощью гетеро- (введением солей) или электрокоагуляции (с помощью электролитов).

При гетерокоагуляции в сточные воды добавляют осаждающие или эмульгирующие вещества, способные образовывать мелкокристаллические или аморфные структуры, малорастворимые в воде.

В качестве коагулянтов используют известь в чистом виде и в смеси с углекислым газом, с солями хлорного и сернокислого железа и алюминия, с фосфатами, соединения хрома или кальция с глиной, серной кислотой или сульфатом меди, триполифосфат натрия с гидроокисью натрия, хлоризоциануровую кислоту или ее соли, алюминат натрия и т.д.

При введении минеральных коагулянтов в воду происходят следующие процессы:

1. снижение агрегативной устойчивости дисперсной системы под действием электролита (введением соли);
2. сорбция ионов на поверхности частиц;
3. образование в результате химической реакции нового малорастворимого соединения, являющегося центром образования хлопьевидных структур, включающие частицы эмульсионной (коллоидной) системы [20].

Преимущество метода заключается в простоте оборудования, в регуляции количестве применяемых коагулянтов, а также в возможном прерывании процесса.

Недостатками являются большой расход реагентов, повышенное содержание сульфатов и хлоридов в очищенной воде.

Для очистки сточных вод используют коагуляционные установки. Так, например, коагуляционная установка ПВО-КГ служит для отделения взвешенных веществ, нерастворимых примесей, таких как мелкодисперсные вещества, коллоиды, удаление мутности, железо 3^{+} и т.д. методом коагулирования и дальнейшего отстаивания.

В состав установки входит:

1. растворный бак;
2. отстойник;
3. камера реакции (хлопьеобразования);
4. лопастная мешалка;
5. насос дозатор;
6. циркуляционный насос;
7. задвижка с электроприводом;
8. насос подачи воды в отстойник.

Все вышеперечисленные составные части данного оборудования изображены на рисунке в Приложении Е.

Для ускорения процессов хлопьеобразования при коагуляции, увеличения скорости осаждения хлопьев и повышения качества очистки воды применяют флокуляцию с помощью специальных флокулянтов органического и неорганического происхождения [20]. Флокуляция является одним из видов коагуляции, во время которой происходит образование быстрооседающих хлопьев из частиц загрязняющего вещества и флокулянтов.

Наглядное представление процесса флокуляции изображен на рисунке 2. 1.

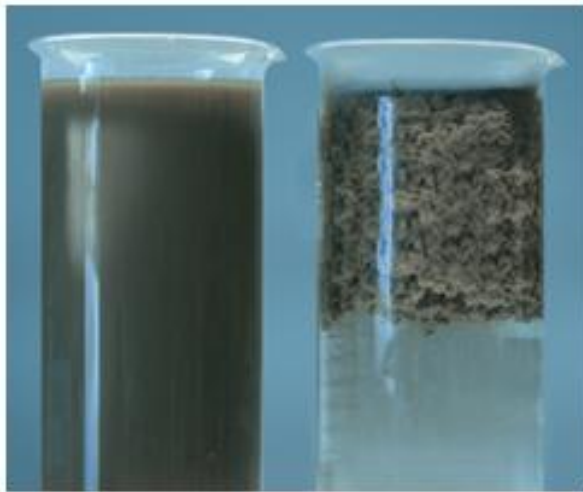


Рисунок 2.1. Процесс флокуляции [22].

Флокулянты делятся на четыре группы:

1. Неионогенные (крахмал, поливиниловый спирт, полиакрилонитрил и др.);
2. Анионные (активная кремниевая кислота, полиакрилат натрия, лигносульфонаты и др.);
3. Катионные (полиэтиленамин, четвертичные аммониевые соли на основе полистирола и поливинилтолуола: ВА -2, ВА-3; ВА-102 и др.);
4. Амфотерные, то есть содержащие одновременно анионные и катионные группы (полиак-риламид, белки и др.).

Скорость и эффективность процесса флокуляции зависят от состава сточных вод, температуры, интенсивности перемешивания и последовательности введения коагулянтов и флокулянтов, дозы которых принимаются в пределах $0,1 - 10 \text{ г/м}^3$.

Одним из видов коагуляции является электрокоагуляция. Метод используют для локальных очисток небольшого количества загрязненной сточной воды ($30 - 50 \text{ м}^3/\text{ч}$) с продолжительностью до 5 минут. Электрокоагуляция позволяет удалять растворенные и взвешенные примеси органического и неорганического происхождения электролизом сточных вод с

использованием растворимы (железных или алюминиевых) электродов -анодов [20].

На рисунке 2.2 представлена схема установки электрокоагуляционной очистки.

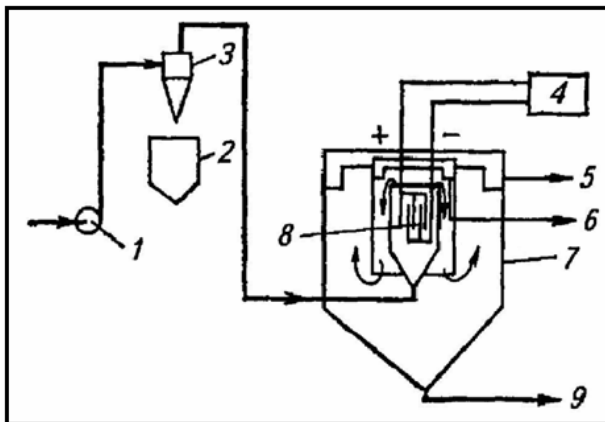


Рисунок 2.2. Установка электрокоагуляционной очистки [20].

1 – насос, 2 – бункер для осадка, 3 – гидроциклон, 4 – выпрямитель, 5 – очищенная вода, 6 – уловленные нефтепродукты, 7 – вертикальный отстойник, 8 – электродный блок, 9 – осадок [20].

Механизм процесса заключается в том, что при наложении электрического поля поляризуется двойной ионный слой коллоидной частицы, и она перемещается к электроду, имеющему противоположный заряд, то есть происходит поляризационная коагуляция дисперсных частиц.

Эффективность электрокоагуляции зависит от материала электродов, анодной плотности тока, состава и скорости движения обрабатываемой жидкости в межэлектродном пространстве и от пассивации анодов [20].

Преимущества электрокоагуляции:

1. отсутствие химических реагентов-коагулянтов;
2. содержание солей не изменяется;
3. простота оборудования;
4. автоматизация процесса.

Недостатки метода:

1. большое количество потребляемой электроэнергии;
2. образование окисных пленок на электродах;
3. засорение продуктами электрокоагуляции.

Для уменьшения этих явлений осуществляют барботаж воздуха через межэлектродное пространство, переполюсовку электродов [20]. Установка вентиляционных систем поможет снизить количество образовавшихся взрывоопасных смесей из-за электролиза с воздухом.

Широкое использование флотации для очистки масло- и нефтесодержащих сточных вод обусловлено в первую очередь тем, что масла и нефтепродукты являются гидрофобными веществами и легко поддаются флотации [23].

Метод флотации заключается в добавлении в сточные воды диспергированного воздуха, благодаря которому загрязняющие вещества всплывают на поверхность. При удалении из сточных вод нефти и нефтепродуктов добавляют смесь углеводородных газов либо воздух.

Обычно прилипание частиц воздуха или другого газа к извлекаемой какого-либо вида частице обусловлено неполным смачиванием последней водой, то есть её гидрофобностью. Чем выше гидрофобность извлекаемых примесей, тем больше вероятность их закрепления на пузырьках воздуха [20].

По способу диспергирования воздуха или газа (например, CF_2Cl_2 , CHF_3 и др.) существует следующая классификация флотаций:

1. при выделении газа из воздуха (вакуумная, напорная);
2. с механическим диспергированием (импеллерная, безнапорная и пневматическая);
3. при подаче воздуха через пористые материалы
4. электрофлотация;
5. вибро-, био- и химическая флотация [20].

Особое внимание уделяется электрофлотация, при которой через сточные воды пропускают электрический ток. На электродах образуются пузырьки,

которые удерживают на поверхности загрязнители. Также пневматическая флотация. В таком случае воздух добавляется в сточные воды через перфорированные трубы.

Для удаления из сточных вод нефти и нефтепродуктов применяют напорную флотацию. Она состоит из напорного резервуара для предварительного насыщения воды воздухом и флотатора, в котором в условиях понижающегося до атмосферного давления образуются и выделяются на поверхность флотоагрегаты. Давление насыщенного воздухом жидкости понижают от избыточного до атмосферного дросселированием или без дросселирования.

По конструктивному исполнению флотаторы бывают горизонтальные, вертикальные и радиальные. Производительность горизонтальных и вертикальных флотаторов до $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ [20]. На рисунках 2.3, 2.4 и 2.5 представлены схемы этих установок.

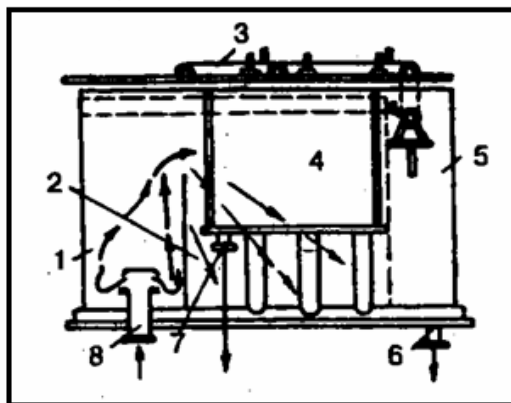


Рисунок 2.3. Горизонтальный флотатор [20].

1 – флотационная камера, 2 – выделительная камера, 3 – скребковое устройство, 4 – сборник очищенной воды, 5 – пеносборная камера, 6 – выпуск пенистой массы, 7 – выпуск воды, 8 – дросселирующее устройство [20].

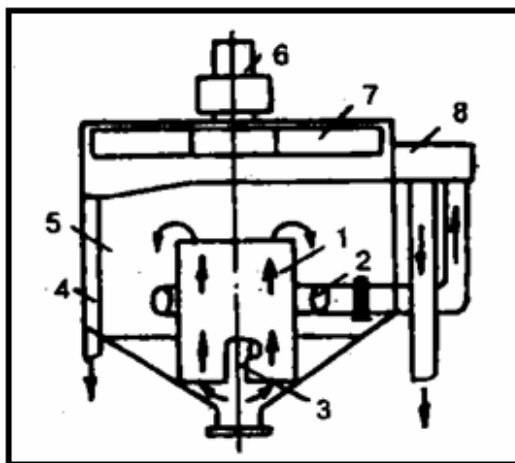


Рисунок 2.4. Вертикальный флотатор [20].

1 – флотационная камера, 2 – сборная щелевая трубка, 3 – выход сточной воды, 4 – выход пенной массы, 5 – выделительная камера, 6 – электродвигатель, 7 – скребок, 8 – камера для слива очищенной воды [20].

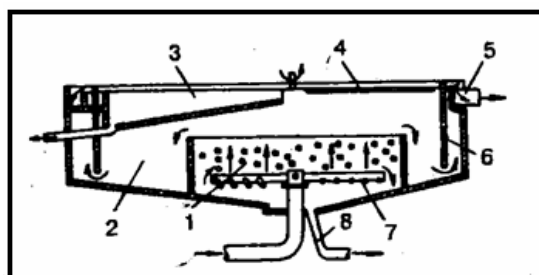


Рисунок 2.5. Радиальный флотатор [20].

1 – зона флотации, 2 – зона разделения, 3 – сборник пены, 4 – скребки, 5 – отвод очищенной воды, 6 – кольцевая перегородка, 7 – вращающийся водораспределитель, 8 – отвод осадка [20].

Электрофлотация гидрофобных загрязнений из воды протекает под воздействием газовыделения, образующегося при электролизе водных растворов с применением электрохимически нерастворимых анодов (угольных, графитовых и др.). Катод, как правило, изготавливают из сетки, а электродный блок располагают горизонтально на дне флотокамеры, что является одним из конструктивных недостатков из-за засорения стока [20].

На рисунках в ПриложенииЖ изображены схема устройства электрофлотатора и его установка.

Преимущества электрофлотации:

1. высокая степень дисперсности газовых пузырьков и относительная чистота их поверхности, повышающая эффективность прилипания к взвешенным частицам;
2. возможность плавучего регулирования скорости процесса путем изменения степени насыщения жидкости пузырьками газа в широких пределах;
3. отсутствие вращающихся частей в электро флотационных аппаратах (что гарантирует надежность их работы);
4. простота изготовления электрофлотационного аппарата и несложность его обслуживания.

Эффективность процесса может быть повышена при использовании коагулянтов и флокулянтов, подкисления до изоэлектрической точки, электрохимического окисления (деструкции примесей) и других мероприятий [20].

Для очищения сточных вод с использованием флотации применяют устройство – Флотатор. Флотатор ФДП предназначен для очистки производственных сточных вод, сточных вод с территорий предприятий и автодорог со сложным составом, а также шахтных вод [24]. На рисунке 2.6 изображен флотатор.



Рисунок 2.6. Флотатор [24].

Конструкция флотатора:

1. Корпус флотатора из черной или нержавеющей стали;
2. Корпус сатуратора выполнен из нержавеющей стали;
3. Удаление шлама с поверхности шламовым механизмом;
4. Конус в корпусе флотатора для сбора осадка.

Процесс очистки.

1. Камера смешения - служит для смешения химических реагентов с промышленными стоками, образования коагуляции загрязнений с образованием хлопьев и как следствие повышении эффективности очистки воды флотацией.

2. Первая ступень флотации - предназначена для удаления основного количества загрязнений при помощи процесса флотации и осаждения. Также здесь происходит флокуляция загрязнений и окончательное созревание хлопьев загрязнений.

3. Сатурация. В этом узле происходит растворение под повышенным давлением атмосферного воздуха в очищенной воде для подачи в первые и вторые ступени флотации.

4. Вторая ступень флотации. Здесь происходит окончательное осветление сточных вод при помощи флотации. Из последней части этой камеры происходит сброс очищенной воды для отведения и забор осветленной воды в сатуратор [24].

2.2 Методы и технологии сепарации

В процессе эксплуатации морских судов образуются подсланевые или льяльные вод. Льяльные воды – это, прежде всего, воды, которые загрязнены нефтепродуктами (мазутом) или другими техническими веществами и собираются во внутренних отделениях кораблей. Система хранения таких вод не всегда совершенна, а иногда загрязненные воды преднамеренно сбрасываются

в водные экосистемы. Согласно Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ 73/78) возможен сброс льяльных вод в открытое пространство при условии содержания в них нефтепродуктов только 15 ppm. Поэтому данная проблема является актуальной во всем мире.

Для того, чтобы устранить загрязнение и минимизировать количество нефтепродуктов в водах, существует очистка льяльных вод сепараторами. Рассмотрим подробнее этот метод.

Сепаратор льяльных вод –устройство, позволяющее очистить воду от нефтепродуктов, которая поступают из льял машинного отделения на судах.

Принцип работы заключается в том, что загрязненная вода по дренажной системе попадает в колодцы. С помощью насоса жидкость откачивается в льяльную цистерну. Далее сепаратор очищает содержимое: нефтепродукты собираются в сборный танк, а очищенную воду сбрасывают в открытое пространство. По конструкции выделяют два типа сепараторов: напорные и вакуумные. В напорных сепараторах насос находится непосредственно перед сепаратором. Однако насос перемешивает воду с загрязнителями, из -за чего отделение нефтепродукта от воды ухудшается.

На рисунке 2.7 и 2.8 представлены схемы напорного и вакуумного сепараторов.

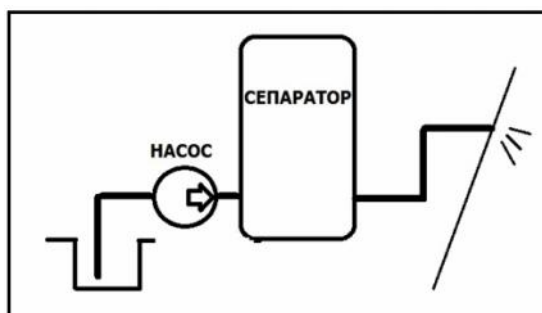


Рисунок 2.7. Схема напорного сепаратора [25].

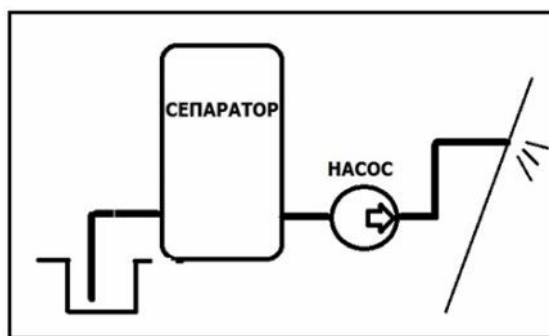


Рисунок 2.8. Схема вакуумного сепаратора [25].

В вакуумных сепараторах наоборот: насос установлен после сепаратора. Гравитационно-фильтрующие сепараторы – это наиболее простой и распространенный тип. Вода в таком СЛВ проходит две ступени очистки. Вначале в гравитационно-разделительной камере грязная вода нагревается, таким образом разница плотностей воды (1000) и нефтепродуктов (<1000) возрастает, и частицы нефти всплывают на поверхность камеры. Отсюда они удаляются периодически по сигналу от датчика нефтепродукта.

Затем вода проходит через фильтрующий элемент - коалесцер. Здесь самые мелкие микрочастицы нефтепродукта задерживаются на волокнах фильтра, слипаются в более крупные частицы и также всплывают к поверхности камеры.

Очищенная вода выводится из нижней части сепаратора. Коалесцирующие элементы могут быть самой разнообразной конструкции - синтетические фильтры похожие на очень плотную губку, проволочные (навитые или объемные), волоконные (навитые).

Сепараторы этого типа могут быть как напорными, так и вакуумными. Качество очистки таких СЛВ отличается незначительно и в основном зависит от типа фильтра. СЛВ этого типа чувствительны к механическим загрязнениям - быстро забиваются фильтры.

Центробежные сепараторы – конструктивно выполнены так же как сепараторы для топлива и масла. Подогретая вода подается в быстро вращающийся барабан, где под действием центробежной силы нефтепродукт,

имеющий меньшую плотность, собирается в центре, а вода - на периферии, откуда и отводится.

Как правило это сепараторы напорного типа. Такие сепараторы показывают хорошую степень очистки, однако сложные и дорогие в эксплуатации и обслуживании.

Флотационные сепараторы – используют принцип флотации - захвата микрочастиц нефтепродуктов всплывающими мелкими пузырьками воздуха. Вода подается в камеру, в нижнюю часть которой подается тонко распыленный воздух. Микропузырьки, всплывая, захватывают частицы нефти, и на поверхности воды образуется пена, которую снимают специальные лопатки. В этих сепараторах также стоят дополнительные фильтры на выходе.

Биологические сепараторы – это редкий тип СЛВ разработанный в последнее десятилетие. Для очистки воды используются специальные штаммы бактерий, питающиеся нефтепродуктами. Производители декларируют очень высокую степень очистки.

Скорее всего такие сепараторы будут чувствительны к загрязнению воды химическими веществами, что не очень практично, так как на борту вода систем охлаждения и котлов обрабатывается химией и протечки поступают в льяла. Также химия используется для мойки [25].

В качестве примера рассмотрим сепаратор нефтесодержащих (ляльных) вод RWO OWS-COM.

Соответствие нормативам:

1. Соответствие требованиям Международной конвенции по предупреждению загрязнения с судов MARPOL 73/78;
2. Соответствие требованиям Резолюции МЕРС 107(49);
3. Соответствие Наставлению по предотвращению загрязнения с судов РД 31.04.23-94;
4. Соответствие Наставлению по предотвращению загрязнения внутренних водных путей при эксплуатации судов РД 152 -011-00;

5. Наличие действующих сертификатов Речного и Морского регистров;

6. Наличие типовых одобрений сепараторов и сигнализаторов [26].

Место производства - Германия.

Установка очистки нефтесодержащих вод RWO OWS -COM рассчитана на очистку нефтесодержащих и льяльных вод из машинных отделений, и прекращения их сброса при превышении уровня нефти 5 мг/л [26].

Установка обеспечивает очистку всех нефтесодержащих вод из машинных помещений независимо от видов используемых на судне нефтепродуктов, включая тяжелые сорта топлива и водонефтяные эмульсии [26].

Льяльные воды подаются из трюма эксцентриковым винтовым насосом через устройство OWS-COM, что позволяет избежать излишнего образования эмульсий при смешивании воды и нефтепродуктов. На первой ступени за счет разности плотностей нефти и воды сепарация происходит непосредственно при стекании смеси через коалесцирующий фильтр с открытыми порами, мельчайшие частицы нефти осаждаются на крайне олеофильной поверхности. Эта технология обеспечивает превосходное качество работы сепараторов. Режим работы контролируется сигнализатором OMD 24. Вторая ступень, в которой элементы адсорбера удаляют все виды углеводородов из воды, активируется в случае превышения заданной степени очистки после первой ступени. Такая система продлевает срок службы адсорбера [26].

На рисунке в Приложении И изображен принцип работы RWO OWS -COM.

На рисунке 2.9 представлен сепаратор нефтесодержащих (льяльных) вод RWO OWS-COM.



Рисунок 2.9. Сепаратор нефтесодержащих (ляльных) вод RWO OWS - COM [26].

На рисунке 2.10 представлен пример установки оборудования RWO OWS-COM в машинном отделении буксировочного судна.



Рисунок 2.10. Пример установки оборудования RWO OWS -COM в машинном отделении буксировочного судна [26].

Преимущества установки RWO:

1. Соответствие требованиям IMO и правил Речного Регистра;
2. Компактность, малый вес и низкое энергопотребление;
3. Отсутствие коррозионных рисков: внутреннее 2-х компонентное эпоксидное покрытие;

4. Возможность исполнения на напряжение 220V или 380V;
5. Поставляется полностью готовой для эксплуатации;
6. Возможность установки силами экипажа, без привлечения сервисных организаций [26].

2.3 Методы и технологии диспергирования

Для расщепления нефтяной пленки и для борьбы с нефтеразливами на поверхности водных объектов применяют диспергенты. Диспергенты нефти – это специально разработанные для борьбы с разливами нефти химические препараты, в состав которых входят используемые в пищевой промышленности или парфюмерии нетоксичные поверхностно-активные вещества. Они многократно ускоряют естественный процесс разрыва нефтяной пленки на множество мелких капель, которые затем переходят в водную толщу [17]. Наибольшая эффективность применения проявляется при температуре окружающей среды более 5°C и в течение 72 часов после нефтеразлива.

В Российской Федерации диспергенты применяются при нефтеразливах более 500 тонн. Данный метод ликвидации нефтепродуктов может быть использован для разливов нефти и меньшего объема в особых условиях: если механический сбор невозможен из-за погодных условий и загрязнители оказывают угрозу особо охраняемым природным территориям.

Диспергенты бывают разного поколения и типа. Так, к первому поколению относятся вещества, созданные в 1960-е годы. В настоящее время их не используют, так как по составу диспергенты были похожи на промышленные средства очистки и оказывают огромный вред окружающей среде.

Диспергенты второго поколения, называемые также диспергентами 1 типа, были разработаны специально для ликвидации разливов нефти в море посредством их распыления с судов. В их состав входит углеводородный растворитель с низким или нулевым содержанием ароматических веществ и,

как правило, 15-25% поверхностно-активных веществ. Они предназначены для нанесения в неразбавленном (чистом) виде, т.к. предварительное разбавление морской водой делает их неэффективными. Данные диспергенты также требуют высокого уровня дозировки: от 1:1 до 1:3 (диспергент: нефть) [27].

В состав диспергентов третьего поколения входит смесь двух или трех поверхностно-активных веществ с гликолем и растворителем дистиллята легкой нефти. Чаще всего используются такие поверхностно -активные вещества, как неионные (сложные эфиры жирной кислоты и этоксилированные сложные эфиры жирной кислоты) и анионные (алкил сульфаминовокислые) вещества. Концентрация поверхностно -активного вещества в растворителе находится в пределах от 25% до 65% и обычно выше, чем у продуктов 1 Типа [27].

К диспергентам третьего поколения относятся диспергенты 2 и 3 Типа. Использование таких веществ предполагает их разбавление в морской воде (10% диспергента). Соотношение диспергента и нефти колеблется от 2:1 до 1:5.

Диспергенты третьего поколения могут быть подразделены на группы диспергентов 2 и 3 Типов. Обе группы представляют концентрированные диспергенты, однако диспергенты 2 Типа обычно разбавляются морской водой до применения, обычно при 10% диспергента. Для достижения необходимого уровня эффективности они требуют высокой дозировки от 2:1 до 1:5 (соотношение смеси диспергента/воды и нефти). В связи с необходимостью разбавления таких диспергентов их применение ограничено распылением с судов. Диспергенты 3 Типа используются в чистом виде и были разработаны прежде всего для обеспечения эффективного распыления с самолета, но могут распыляться и с судов. Дозировка может варьироваться от 1:5 до 1:50 (соотношение чистого диспергента к нефти), оптимальная дозировка определяется после анализа результатов испытаний во время аварийной ситуации. Диспергенты третьего поколения 3 Типа являются на сегодняшний день наиболее используемыми [27].

Когда нефтепродукт попадает в открытое пространство, происходит процесс естественного рассеивания благодаря воздействию волн и ветра. Степень рассеивания зависит от вида разлитой нефти и энергии смещения моря. Нефтепродукты с низкой вязкостью в большей степени подвержены природной дисперсии, чем вязкие нефтепродукты. Как правило, сырая нефть рассеивается больше, чем топливная нефть [27]. Для ускорения естественной дисперсии применяются диспергенты. Они расщепляют образованные связи нефти с водой.

Каждая молекула поверхностно-активного вещества содержит олеофильную часть (притягиваемую к нефти) и гидрофильную часть (притягиваемую к воде). При напылении на нефтяное пятно раст воритель переносит и распределяет молекулы ПАВ, проникая через нефть к сцеплению нефти и воды, где молекулы перестраиваются таким образом, что олеофильная часть находится в нефти, а гидрофильная часть находится в воде. Это ослабляет поверхностную связь сцепления нефти и воды, что под воздействием энергии волн приводит к отрыванию капелек воды от нефтяного пятна [27].

На рисунке в Приложении К изображен процесс химической дисперсии.

Диспергенты распыляются на нефтяные пленки двумя способами: с самолетов и с судов. Первые используют при большом расстоянии от берега. Одновременно в ликвидации могут применяться самолеты, вертолеты, суда.

На рисунках 2.11, 2.12 представлены примеры распыления диспергентов с самолета и суда соответственно.



Рисунок 2.11. Распыление диспергентов с самолета [27].



Рисунок 2.12. Распыление диспергентов с суда [28].

При распылении важной особенностью является то, что капли диспергентов должны быть достаточно большого размера (от 600 до 800 микронов в диаметре). Им необходимо противодействовать погодным условиям (ветру, влажности и т.п.) и расщепить слой нефтепродукта. Наносить вещества рекомендуется нефтяную пленку толщиной более 0,5мм.

В Приложении Л сформулированы преимущества и недостатки применения диспергентов [17].

2.4 Методы и технологии механического сбора и локализации разливов нефти и нефтепродуктов

После разлива нефти и нефтепродуктов на поверхность водных объектов необходимо в кратчайшие сроки остановить распространение загрязнителей и ликвидировать их. Для этого используют оборудования механического сбора: боновые заграждения, нефтесборные устройства - скиммеры. Рассмотрим подробнее каждый из них.

В первую очередь для предотвращения растекания нефти и нефтепродуктов на водной поверхности, для их отведения от уязвимых территорий применяют боновые заграждения. Боновые заграждения – это плавучие средства ограничения распространения загрязнителей по акватории,

изготавливающиеся из специальной прочной ткани, которая не поддается воздействию нефти, нефтепродуктов, кислот и щелочей. В зависимости от ситуаций высота заграждений может быть от 200 мм до 1500 мм.

На рисунке 2.13 представлен пример бонового заграждения.



Рисунок 2.13. Боновое заграждение [29].

Классификация боновых заграждений по целевому назначению:

1-й класс - боны для использования на мелководье, в частности на реках. Бон представляет собой полотнище из синтетической ткани, в верхней части которого находятся цилиндрические поплавки из вспененного пенопласта, а в нижней - балластная цепь, также воспринимающая нагрузки при натяжении ограждения [30].

2-й класс - боны для прибрежной зоны морей и озер, перекрытия входов в гавани, порты, акватории судоремонтных заводов. Это стационарное плавающее ограждение представляет собой полый металлический барьер каплевидного сечения. Барьер имеет внутри горизонтальную продольную перегородку, делящую внутреннюю его полость на две части: верхнюю - непроницаемую, придающую ограждению плавучесть, и нижнюю - проницаемую, которая заполняется водяным балластом и удерживает ограждение в вертикальном положении [30].

3-й класс- боны для использования в открытом море [30].

Боновые заграждения бывают самонадувные (быстро разворачивающиеся на водной поверхности), тяжелые надувные (устанавливаются около танкера), отклоняющиеся (устанавливаются для защиты берега), нестораемые (используют при сжигании разлитых нефти и нефтепродуктов на водных объектах) и сорбционные (при сорбировании нефти и нефтепродуктов).

Составные элементы всех боновых заграждений:

- надувная часть;
- подводная часть – сдерживает нефть около бонов;
- поплавок – благодаря которому боновое заграждение устойчиво на водной поверхности;
- балласт – делает возможным бонам принимать вертикальное положение;
- элемент продольного натяжения – для устойчивости и сохранения формы при любых погодных условиях;
- соединительные узлы – для сборки бонов;
- устройство для буксировки бонов и крепления их к якорям.

На рисунках в Приложении М изображены примеры схем установки бонового заграждения [31].

Следующим этапом ликвидации разливов после того, как специалисты остановили распространение нефти на водной поверхности, является сбора загрязнителей. Эту функцию выполняют нефтесборщики. Важное место среди данного оборудования занимают скиммеры.

Скиммеры используют для удаления нефти и нефтепродуктов с поверхности водных объектов. Принцип действия заключается в заборе отведении нефти через отверстие в насосную систему. Далее она попадает в накопительный бак.

На рисунке 2.14 изображен принцип действия скиммера.

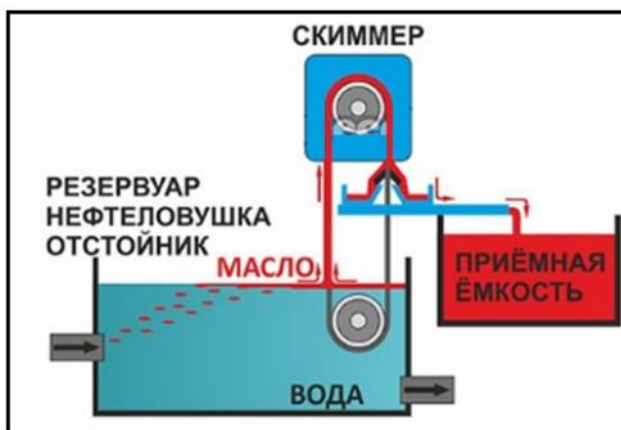


Рисунок 2.14. Принцип действия скиммера [32].

Существует несколько классификаций скиммеров. По способу передвижения или крепления нефтесборные устройства подразделяются на самоходные; устанавливаемые стационарно; буксируемые и переносные на различных плавательных средствах [33].

По принципу действия:

- пороговые – из-за перепада уровня нефть протекает через порог в емкость, откуда откачивается в баки;
- олеофильные – удаляют нефтепродукты на мелководьях и в прудах с густыми зарослями водорослей. Благодаря налипанию нефти происходит её сбор;
- вакуумные – имеют небольшой размер, но отсутствует насосная система. Поэтому необходима вакуумирующие средства;
- гидродинамические – принцип работы основан на отделении нефти и воды при помощи центробежной силы.

На рисунке 2.15 представлен скиммер.



Рисунок 2.15. Скиммер [34].

Для ликвидации нефтеразливов во время движения судов применяются нефтесборные системы. Они состоят из бонового заграждения для концентрирования нефтепродуктов и непосредственно нефтесборные устройства.

По конструктивному исполнению нефтесборные системы подразделяются на:

- буксируемые – состоят из буксира, дополнительных судов, на которых установлены устройства по сбору нефти, и судов для хранения и доставки нефтеводяной смеси;
- навесные - прикрепляются на борт судна.

По функциональному назначению их можно разделить на следующие типы [33]:

- нефтесборщики – самоходные суда, осуществляющие самостоятельный сбор нефти в акватории;
- бонопостановщики – скоростные самоходные суда, обеспечивающие доставку в район разлива нефти боновых заграждений и их установку;
- универсальные – самоходные суда, способные обеспечить большую часть этапов ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов самостоятельно, без дополнительных плавтехсредств [33].

Пример нефтесборной системы изображен на рисунке 2.16.



Рисунок 2.16. Нефтесборная система [35].

3 Оборудование и технические средства предотвращения и ликвидации загрязнения водных экосистем нефтью и нефтепродуктами

Разливы нефти и нефтепродуктов на водных объектах оказывают негативное влияние на все компоненты окружающей среды, приводят к глобальным последствиям. Проанализировав свойства нефти, источники поступления загрязняющих веществ, особенности распространения нефтепродуктов в толще воды, а также основные методы предотвращения и ликвидации загрязнения водных экосистем, необходимо рассмотреть оборудования и технические средства, которые используют на практике для предотвращения и ликвидации загрязнения водных экосистем нефтью и нефтепродуктами.

Мероприятия по локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов включают большое количество действий и методов, обязательных для выполнения, а также специальное оборудование, которые предотвращают распространение загрязнителей в толще воды и устраняют их.

В данной главе будут рассмотрены примеры оборудования и технических средств, которые используют для ликвидации нефтеразливов в настоящее время во всем мире, в частности в России.

3.1 Оборудование и технические средства сбора нефти и нефтепродуктов для открытой воды

В настоящее время в мире существует множество компаний, деятельность которых направлена на производство оборудования для ликвидации нефти и нефтепродуктов с поверхности водных объектов. Особое место в такой специализации занимает финская компания «Lamog».

Компания «Lamog» изготавливает оборудование для ликвидации аварийных нефтеразливов, которое используют более 120 стран во всем мире, в том числе Россия, США, Китай, Испания. Примечательно, их продукцию использует Санкт-Петербургское государственное унитарное предприятие по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти «ПИЛАРН».

Началом деятельности фирмы стало изобретение щеточного нефтесборщика. В ассортимент оборудования «Lamog» входят боновые ограждения, скиммеры, суда, а также насосы, транспортные системы, машины, чистящие береговые линии и многое другое. Некоторые технические средства предназначены для работы в суровых условиях Арктики.

Компания «Lamog» сотрудничает с предприятиями других стран с целью создания техники для ликвидации разливов нефти в разных условиях. Так, например, «Роснефть» и «Lamog» строит совместное предприятие в прошлом закрытом военном городе Росляково под Мурманском.

Разберем более подробно некоторые виды технических средств.

Minimax 50.

Компактный нефтесборщик Minimax 50 – это модульный, прочный скиммер, удобный для транспортировки, сборки и очистки. Алюминиевый корпус устойчив к воздействию нефти и не имеет движущихся частей, что способствует его быстрой очистке [36].

Нефтесборщик оснащен полным гидравлическим приводом с низким энергопотреблением. При желании к базовой модели можно добавить нефтеперекачивающий насос любого размера [36].

Скиммер предназначен для сбора нефти в различных ситуациях, в том числе, во внутренних водоемах, на реках и в прибрежных водах. Переносной нефтесборщик можно использовать в условиях любого рельефа местности и окружающей среды, включая климатические условия Арктики и удаленные местоположения [36].

В Приложении Н представлены технические характеристики Minimax 50.

Возможности и преимущества:

1. Простая транспортировка благодаря небольшому весу;
2. Быстрое разворачивание и ввод в эксплуатацию за счет простого подключения;
3. Малая осадка;
4. Быстрая сборка/разборка для очистки/обслуживания без необходимости использования дополнительных инструментов;
5. Модульная конструкция (щеточный, дисковый, барабанный блок);
6. Подключение к всасывающей/вакуумной системе [36].

На рисунке 3.1 представлен скиммер Minimax 50.



Рисунок 3.1. Скиммер Minimax 50 [36].

Нефтесборщик RockCleaner (Lrc) для очистки береговой линии и пляжей.

Нефтесборщик для очистки твердых поверхностей LRC – это ручная всасывающая насадка со встроенным щеточным колесом для повышения эффективности сбора нефти. Он специально предназначен для использования на каменистых береговых линиях, в гаванях, нефтяных терминалах, на заводах, в аэропортах, на судах, для очистки канав, дорог, т.п [36].

LRC оснащен небольшим щеточным колесом с гидравлическим приводом, которое очищает нефть с камней и отделяет нефть от воды. Собранная нефть направляется в бункер за щеточным колесом, откуда она всасывается отдельным всасывающим насосом. LRC имеет регулируемую

ручку для управления перемещением и ремни для переноски. LRC изготовлен из алюминия и весит всего 6,5 кг [36].

Таблица 3.1. Технические характеристики Нефтесборщика RockCleaner (Lrc) [36].

Поз. ID	226010	
Длина	1500 мм	60 дюймов
Ширина	400 мм	16 дюймов
Вес	6,5 кг	14,3 фунта
Емкость:	9,7 м³/ч*	43 галлона/мин*
Расход гидравлической жидкости	1-3 л/мин**	0,3-0,8 галлона/мин**
Гидравлическое давление	60-100 бар	870-1450 psi
Потребляемая мощность	0,5 кВт	0,7 л.с.

Где *Зависит от выбора насоса;

**Только нефтесборщик.

Возможности и преимущества:

1. Малый вес, компактные размеры;
2. Удобный в использовании;
3. Сбор нефтепродуктов высокой и низкой вязкости;
4. Низкое содержание свободной воды [36].

На рисунке 3.2 изображен Нефтесборщик RockCleaner (Lrc) для очистки береговой линии и пляжей.



Рисунок 3.2. Нефтесборщик RockCleaner (Lrc) для очистки береговой линии и пляжей [36].

Свободноплавающий нефтесборщик LFF 100 — это высокопроизводительный щеточный нефтесборщик, предназначенный для сбора нефти в море при тралении бонами, расположенными в J-образной или U-образной конфигурации. LFF 100 имеет выдающиеся мореходные характеристики и пригоден для использования в любых условиях окружающей среды, включая арктические [36].

Нефтесборщик имеет две 4-рядных олеофильных V-образных щеточных цепи, которые эффективно отделяют нефть от воды и поднимают нефть в специально разработанный щеточный скребок, после чего нефть направляется в нефтеперекачивающий насос [36].

В Приложении П представлены технические характеристики свободноплавающего нефтесборщика LFF 100.

Возможности и преимущества:

1. Возможность сбора нефти любой вязкости, в том числе, подвергшейся атмосферным воздействиям;
2. Повышенное качество сбора нефти за счет вращения щеток в двух направлениях;
3. Улучшенный поток нефти благодаря специальной конфигурации;

4. Подогреваемый скребок для использования в арктических условиях;
5. Превосходные мореходные качества для использования при сильном волнении;
6. Эффективные подруливающие устройства для обеспечения мобильности при использовании, например, в U-образных и J-образных конфигурациях бонов;
7. Прочная и надежная алюминиевая конструкция [36].

На рисунке 3.3 представлен Свободноплавающий нефтесборщик LFF 100.



Рисунок 3.3. Свободноплавающий нефтесборщик LFF 100 [36].

Ковшовый нефтесборщик LRB 150 W идеально подходит для очистки котлованов и ликвидации нефтяных разливов на суше, в море и в арктических условиях. LRB создан на базе хорошо зарекомендовавшей себя технологии жесткощеточного колеса Lamog и автоматически отделяет нефть, эмульсии и нефтезагрязненный мусор от морской воды или почвы [36].

LRB разворачивается в стационарное положение при операциях очистки нефтяных разливов с судового крана, драги, экскаватора. Система LRB сочетает в себе эффективную функцию сбора нефти при помощи скиммера со щеточным колесом и функции сбора и экскавации с по мощью экскаваторного ковша. LRB 150 подходит для эксплуатации при низких температурах благодаря наличию подогреваемого бункера, скребка и ин жекции горячей воды [36].

Технические характеристики ковшового нефтесборщика 150 W представлены в Приложении Р.

Возможности и преимущества:

1. Высокая производительность при сборе нефти;
2. Сбор нефти различной вязкости от низкой до высокой, включая битум;
3. Не подвержен влиянию мусора;
4. Подающие винты насоса;
5. Прочная стальная конструкция;
6. Использование на суше, в море и в арктических условиях;
7. Эксплуатация при арктических операциях;
8. Сертифицированная производительность;
9. Один оператор [36].

Ковшовый нефтесборщик LRB 150 W изображен на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4. Ковшовый нефтесборщик LRB 150 W [36].

Встроенная Судовая Система Сбора Нефти (Lors) при своем разворачивании превращает судно в «систему обработки нефтяного пятна». Система использует поступательное движение судна для того, чтобы направить поверхностную воду и нефть из зоны захвата к зоне непосредственного сбора нефти, образуемой консольной стрелой и направляющим боном. Поток воды

несет нефть в нефтесборный канал, в котором нефть эффективно сепарируется и выводится. Нефтесборный канал обеспечивает рециркуляцию отсепарированной воды через зону сбора нефти перед щетками, что повышает общую эффективность работы системы [36].

Система LORS эффективно работает при скорости судна 4 узла, в плохих погодных и морских условиях, с высоким темпом подачи нефти при содержании свободной воды <5% и не ухудшает маневренные характеристики судна [36].

Встроенная Судовая Система Сбора Нефти (Lors) представлена на рисунке 3.5.

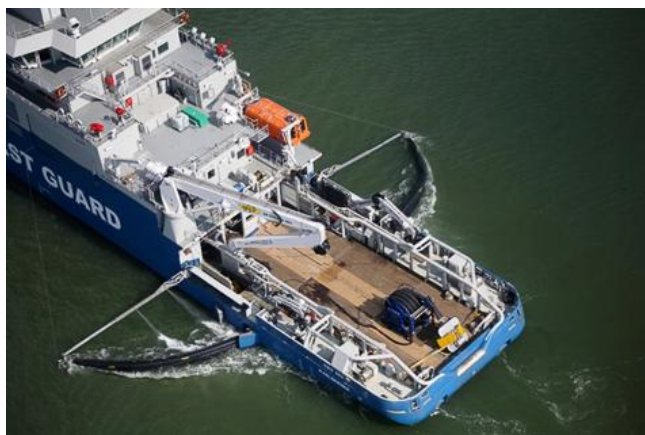


Рисунок 3.5. Встроенная Судовая Система Сбора Нефти (Lors) [36].

Силовой агрегат LPP 6 C75 компании «Lamog» используется в качестве всасывающего насоса и источника питания для нефтесборщиков «Lamog» и не крупного гидравлического оборудования. Силовой агрегат представляет собой компактное, малогабаритное решение по электропитанию гидравлического оборудования, при его эксплуатации в удаленных местах [36].

LPP 6 C75 оснащен одноцилиндровым дизельным двигателем мощностью 54 кВт (7,2 л.с.) с воздушным охлаждением. В стандартной комплектации предусмотрен электрический стартер с ручным стартером в качестве резервного. LPP 6 C75 включает в себя один гидравлический контур [36].

Встроенный самовсасывающий насос Spate C75 имеет конструкцию с двойной диафрагмой и обладает максимальной производительностью 30 м³/ч (132 гал./мин). Насос Spate C75 может перекачивать твердые частицы размером до 6 мм (0.2 дюйма) и может использоваться, например, для операций промывки. LPP 6 C75 установлен на прочном стальном двухколесном шасси со складной ручкой для удобства перемещения и эксплуатации. Кроме того, LPP 6 C75 может быть оснащен дополнительно искрогасителем и/или предохранительным воздушным клапаном Chalwyn [36].

Технические характеристики гидравлического силового агрегата 6 C75 представлены в Приложении С.

Возможности и преимущества:

1. Небольшой вес;
2. Наличие колес для обеспечения мобильности;
3. Универсальный источник питания;
4. Электрический стартер в стандартной комплектации;
5. Ручной стартер в качестве резервного;
6. Одноцилиндровый двигатель с воздушным охлаждением;
7. Прочная стальная рама;
8. Четыре рым-болта в стандартной комплектации [36].

На рисунке 3.6 изображен Гидравлический Силовой Агрегат 6 C75.



Рисунок 3.6. Гидравлический Силовой Агрегат 6 C75[36].

Роторный лопастной перекачивающий насос VX 100 -64Q – это небольшой по весу, переносной объемный насос многоцелевого применения для различных устройств сбора нефти, например, для нескольких типов скиммеров. Также его можно использовать в качестве разгрузочного насоса [36].

Перекачивающий насос имеет производительность 20 м³/ч, может пропускать твердые частицы размером до 19 мм и имеет высоту самовсасывания до 7,62 м. Благодаря компактным размерам и высокой производительности он идеально подходит для перекачки и замусоренной нефти средней вязкости или загрязненных смесей воды с эмульгированной нефтью на месте работ [36].

Надувные легкие нефтеграждающие боны (ILB) — это легкие и прочные наполняемые воздухом боны, удовлетворяющие растущий спрос на конфигурации нефтеграждающих бонов для портового, прибрежного и морского применения, главным образом развертываемые при аварийных разливах нефти и для защиты [36].

В Приложении Т представлены технические характеристики нефтеперекачивающего насоса VX 100 -64Q.

Возможности и преимущества:

1. Небольшой вес и возможность переноски;
 2. Многоцелевое использование для различного оборудования для сбора нефти;
 3. Устойчивый к воздействию морской воды алюминий и алюминиевая рама;
 4. Автоматическое всасывание;
 5. Все типы легкой и тяжелой вязкой нефти и другие жидкости
- [36].

Нефтеперекачивающий Насос VX 100 -64Q представлен на рисунке 3.7.



Рисунок 3.7. Нефтеперекачивающий Насос VX 100-64Q [36].

Боны ILB изготавливаются из хорошо видимой красной плетеной полиэфирной ткани dtex 1100 с покрытием ПВХ-ПУ. Боны имеют отдельные сварные воздушные камеры длиной 4.8 м, оборудованные воздушными клапанами Monsun XG 1. С каждого конца боны имеют соединители ASTM Z, изготовленные в соответствии со стандартом F962 [36].

Балластная цепь – это горячеоцинкованная стальная цепь по стандарту DIN 763, обеспечивающая прочное, надежное и стабильное разворачивание в операциях траления и превосходные мореходные качества. Балластная цепь встроена в основание юбки [36].

Благодаря гибкости и высокой скорости разворачивания боны ILB использовались во множестве операций по локализации разливов нефти по всему миру при тралении, например, в U-образной конфигурации [36].

В Приложение У представлены технические характеристики надувных легких бонов.

Возможности и преимущества:

1. Использование в гаванях, в прибрежной зоне и при тралении в U-образной конфигурации;
2. Широко применяемый воздушный клапан Monsun XG 1 для удобного наполнения воздухом;

3. Простое развертывание;
4. Минимальное техническое обслуживание и удобная очистка [36].

На рисунке 3.8 изображены легкие надувные боны.



Рисунок 3.8. Легкие надувные боны [36].

Рабочая Платформа Seahunter [36].

LamorSeahunter – это универсальная рабочая платформа, которая состоит из соединяемых корпусов. Платформа прекрасно подходит для операций по сбору нефти и очистке прибрежных зон, рек и озер [36].

Корпуса имеют форму катамарана, что обеспечивает остойчивость рабочей платформы при ликвидации нефтяных разливов. Платформы соединяются между собой с помощью быстрозапорных шпилек. Подвесной двигатель оснащен защитой гребного винта. Все палубные поверхности платформы, в том числе, верхняя и носовая, покрыты противоскользким материалом [36].

В настоящее время Lamor предлагает стандартные конфигурации:

1. 384814 — Seahunter 9.9, один корпус;

2. 397843 — Seahunter 9.9, один корпус на трейлере;
3. 397841 — Seahunter 25, один корпус;
4. 384815 — Seahunter 25, двухкорпусная платформа ;
5. 397842 — Seahunter 50, один корпус [36].

Возможности и преимущества:

1. Уникальная специальная конструкция для операций по сбору нефти;
2. Прочная конструкция;
3. Корпус с открытой палубой;
4. Гибкие конфигурации;
5. Универсальное использование;
6. Простая эксплуатация и хранение;
7. Минимальное техническое обслуживание;
8. Малая осадка;
9. Защита гребного винта;
10. Соединение с помощью быстрозакрывающихся шпилек [36].

Такая Рабочая платформа Seahunter представлена на рисунке 3.9.



Рисунок 3.9. Рабочая Платформа Seahunter [36].

Рабочий катер длиной 15 м со встроенной системой сбора нефти (LORS) по обоим бортам предназначен для сбора нефти и мусора вблизи берегов, портах и на реках. LWO 15000 – это универсальное судно, которое можно использовать для постановки бонов, обеспечения и обслуживания, патрулирования, а также других связанных с этим задач [36].

Судно предназначено для автономной работы в течение 48 часов при крейсерской скорости и может хранить более 30 м³ собранной нефти в бортовых танках. Более того, оно может также перевозить палубные грузы весом 4000 кг и оборудовано краном 4 тонно-метра грузоподъемностью 415 кг при 7,7 м [36].

Мягкий складной резервуар Lamog удовлетворяет базовую потребность во временном хранении собранной нефти на месте. Модульные резервуары для хранения подходят для универсального хранения собранной нефти в удаленных местоположениях и средах. Их можно быстро установить для немедленной эксплуатации и компактно сложить для перевозки и хранения [36].

Технические характеристики рабочего катера для сбора нефти 15000 представлены в Приложении Ф.

Возможности и преимущества:

1. Встроенная система сбора нефти с содержанием воды менее 5% в собранной нефти;
2. Многоцелевое судно;
3. 4 водонепроницаемых отсека;
4. Автономность 48 часов при крейсерской скорости;
5. Сертифицированный корпус;
6. Объем для хранения собранной нефти 30 м³;
7. Полностью оборудованная рулевая рубка [36].

На рисунке 3.10 изображен рабочий катер для сбора нефти 15000.

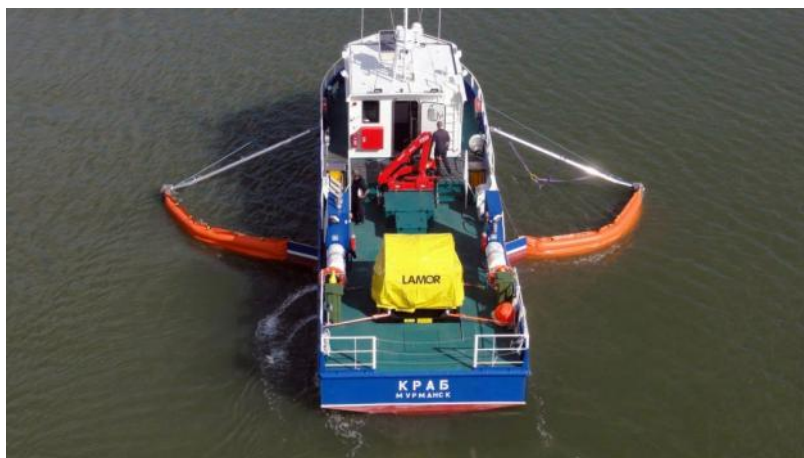


Рисунок 3.10. Рабочий катер для сбора нефти 15000 [36].

В качестве материала для резервуаров используется прочный черный ПВХ-ПУ 1000 г/м² с высокой устойчивостью к углеводородам и ультрафиолету. Каркас резервуара выполнен из полых алюминиевых с тержней, обеспечивающих жесткость резервуара. Каждая вертикальная стойка имеет опорную плиту, поддерживаемую горизонтальной стягивающей секцией [36].

Резервуары поставляются с ПВХ-ПУ полотном для укладки на грунт под резервуар и чехлом для укрытия резервуаров. Для сборки резервуаров не требуются инструменты, их легко чистить [36].

Возможности и преимущества:

1. Компактные размеры при хранении;
2. Простое и быстрое развертывание;
3. Прочная, стойкая к воздействию нефти ПВХ ткань с полиэфирным усилением;
4. Прочная стальная рама [36].

На рисунке 3.11 представлен мягкий складной резервуар.



Рисунок 3.11. Мягкий складной резервуар [36].

В компании «Lamor» представлен широкий спектр оборудования, предназначенных для ликвидации аварийных разливов нефти в разных условиях.

Еще одно предприятие, оборудование которого используют в России для ликвидации нефтеразливов, - ООО «Машиностроительный завод «ВИНЕТА»». Это машиностроительное предприятие, которое начало свою деятельность с производства установок для промышленного выращивания рыбы в условиях открытых акваторий. В настоящее время ВИНЕТА производит технику для судов, разнообразные фильтры: забортной воды, масел и топлива, оборудование топливоподготовки, теплообменное оборудование, оборудование систем водоснабжения, оборудование водоочистки, воздухо- и газоочистки, в том числе установки очистки нефтесодержащих вод и льяльных вод.

При рассмотрении и анализе оборудования для ликвидации нефтеразливов хотелось бы обратить внимание на установку очистки нефтесодержащих вод (УОНСВ).

В основе установки очистки лежит двухступенчатая коалесцентная система отделения льяльной воды от нефтепродуктов. На первой ступени происходит отделение воды от крупных и тяжелых частиц нефти с помощью сепарации. Загрязненная вода поступает в корпус коалесцентной очистки, где твердые включения оседают на дне отстойника, а мелкие капли нефти скапливаются на пластинах. Далее благодаря фильтрации удаляются

оставшиеся, эмульгированные частицы. Отделенные от воды нефтепродукты поступают в специальную ёмкость для сбора загрязнителей.

В Приложении X представлена таблица с техническими параметрами установки очистки нефтесодержащих вод [37].

Преимущества:

1. Непрерывная автоматическая работа;
2. Не требуется внесение флокулянтов и других добавок для удаления нефтепродуктов;
3. Дистанционное управление;
4. Проект выполнен в рамках реализации программы импортозамещения;
5. Одобрение ВП МО РФ [37].

Установка очистки нефтесодержащих вод изображена на рисунке 3.12.



Рисунок 3.12. Установка очистки нефтесодержащих вод [37].

3.2 Оборудование и технические средства для условий сбора нефти и нефтепродуктов в колотом льду

Для того, чтобы более точно проанализировать оборудование для сбора нефти в колотом льду, необходимо разобрать механизм распространения там нефтепродуктов.

Распространение нефти на льду идентично распространению на земле. В условиях низких температур скорость распределения по площади льда уменьшается. Так как поверхность не всегда является ровной, то нефть может удерживаться в бороздах и углублениях. Поэтому толщина пятен больше, а дальнейшее распространение ограничивается. Если разлив нефти происходит подо льдом, то она не распространяется на большие территории, а локализуется около источника загрязнения.

В поведении нефти в арктических условиях существуют преимущества и недостатки. «Плюсами» является повышение вязкости нефти, а, следовательно, толщина пятен увеличивается. Также скорость и площадь распространения, скорость испарения и эмульгирования уменьшаются.

К недостаткам можно отнести сложность обнаружения и доступа к разлитой нефти, она может быстро вмерзнуть в толщу льда. Из-за этого сбор производится в период весеннего таяния. При этом ликвидация разливов механическими способами имеет низкую эффективность.

На рисунке в Приложении Цизображена схема процессов взаимодействия нефти и льда для наглядного представления.

Оборудования для сбора нефти в колотом льду производит также международная компания «Lamog». Разберем их подробнее.

Арктический нефтесборщик LAS 125 – это специальная система сбора нефти, предназначенная для работы в условиях экстремального холода. Это настоящее открытие в области разработки оборудования, которое представляет собой эффективное, практичное решение сбора нефти в арктических льдах [36].

LAS 125 обычно разворачивается при помощи крана или кран-балки, но может также использоваться как свободно плавающий нефтесборщик, использующий, при необходимости, опциональные по плавки. В нефтесборщик входят трубы для отражения льда и вращающиеся щеточные колеса для отделения и сбора нефти. LAS 125 снабжен системой нагнетания горячей воды для облегчения сбора в арктических условиях. Два щеточных колеса собирают и отделяют нефть от воды, а все куски льда размалываются

льдодробильными винтами внутри бункера. Сертифицированная производительность LAS 125 по сбору нефти составляет 125 м³/ч (550 галлонов/мин) [36].

В таблице в Приложение Ч представлены технические характеристики арктического нефтесборщика LAS 125.

Возможности и преимущества:

1. Высокая производительность при сборе нефти;
2. Сбор нефти от легких сортов до тяжелой вязкости/битумной нефти без мусора;
3. Технология вращающихся щеток;
4. Подающие винты насоса;
5. Инжекция горячей воды;
6. Эксплуатация при арктических операциях;
7. Прочность и долговечность;
8. Один оператор [36].

На рисунке 3.14 представлен арктический нефтесборщик LAS 125.



Рисунок 3.13. Арктический нефтесборщик LAS 125 [36].

Ковшовый Нефтесборщик 250 W разворачивается в стационарное положение при операциях очистки нефтяных разливов с судового крана, драги, экскаватора. LRB сочетает в себе эффективную функцию сбора нефти при

помощи скиммера со щеточным колесом и функции сбора и экскавации и с помощью экскаваторного ковша. LRB подходит для эксплуатации при низких температурах благодаря наличию подогреваемого бункера, скребка и инъекции горячей воды [36].

На систему LRB не воздействует плавучий мусор, и содержание воды в собранной нефти составляет не более 2%. Щеточное колесо можно поднять с ковшом для вычерпывания и сброса тяжелого нефтяного шлама и других твердых материалов, например, частиц льда при работе в море [36].

Технические характеристики ковшового нефтесборщика LRB 250 представлены в таблице в Приложении III.

Возможности и преимущества:

1. Высокая производительность при сборе нефти;
2. Сбор нефти различной вязкости от низкой до высокой, включая битум;
3. Не подвержен влиянию мусора;
4. Подающие винты насоса;
5. Прочная стальная конструкция;
6. Использование на суше, в море и в арктических условиях;
7. Эксплуатация при арктических операциях;
8. Сертифицированная производительность;
9. Один оператор [36].

Ковшовый Нефтесборщик 250 W (LRB 250) изображен на рисунке 3.14.



Рисунок 3.14. Ковшовый Нефтесборщик 250 W (LRB 250) [36].

Инновационная система Sternmax представляет собой высокопроизводительный наступательный арктический скиммер, разработанный для отделения нефти от льда с высокой производительностью сбора нефти, составляющей 230 м³/ч (1013 галлонов/мин). Система скиммера с щёточным колесом 28 имеет два нефтеперекачивающих насоса GTA 115 и решётку для разделения льда и нефти, которая собирает нефть с отличной производительностью в жёстких климатических условиях Арктики [36].

Поскольку судно, которое обладает ледокольной способностью, раскалывает лёд, система Sternmax развёртывается с задней части судна. Изоляционная решётка проталкивает крупные куски дрейфующего расколотого льда под водой, отделяя нефть и воду от льда. Решетку можно поднимать и наклонять для удаления из неё ледяного сала и мусора. Щеточный скиммер собирает нефть, отделяя ее от воды, и перемещает далее в бункер, оборудованный двумя насосами GTA 115 [36].

Система Sternmax опирается на А-образную раму, которая служит для снятия скиммера с салазок для хранения и спуска с кормы судна. Это прочная и долговечная, монтируемая на судне система с гидравлическим приводом, в которой используется опробованная Lamog технология для успешного выполнения операций по сбору разлитой нефти в Арктике. Система Sternmax разработана и сертифицирована в соответствии со стандартом DNV 22.2, Подъёмные устройства, и представляет собой зону класса взрывоопасности 1 [36].

В таблице в Приложение Щ представлены технические характеристики нефтесборщика Sternmax.

Возможности и преимущества:

1. Превосходное управление в дробленых и дрейфующих льдах;
2. Макс. толщина льда 1,1 м;
3. Сепарация льда, воды и нефти;
4. Инжекция горячей воды;

5. Сепарирующая решетка с пароподогревом;
6. Легкоуправляемая система с установкой на А-образной раме;
7. Колесо с жесткими щетками 28;
8. Салазки для хранения для удобного обслуживания, очистки и очистки от льда;
9. Два насоса на основе архимедова винта;
10. Съёмная сепарирующая решетка для использования в чисто м море без льда;
11. Пульт ДУ взрывоопасной зоны класса 1;
12. Один оператор [36].

На рисунке 3.15 представлен нефтесборщик Sternmax.



Рисунок 3.15. Нефтесборщик Sternmax [36].

Заключение

Обобщение и анализ рассмотренного материала в отношении методов, технологий и оборудования направленных на предотвращение и ликвидацию последствий разливов нефти и нефтепродуктов, позволяет сформулировать следующие выводы.

1. Физико-химические методы очистки сточных вод весьма эффективны, но должны осуществляться после механической очистки с целью ликвидации оставшихся загрязнителей. Первоначально, загрязненные воды проходят нефтеловушки, после применяются методы коагуляции, флокуляции, флотации и другие для удаления эмульгированных и растворенных нефтепродуктов. Благодаря физико-механическим методам очистки из сточных вод удаляются токсичные вещества.

2. Для ускорения процессов хлопьеобразования при коагуляции, увеличения скорости осаждения хлопьев и повышения качества очистки воды целесообразно применять флокуляцию с помощью специальных флокулянтов органического и неорганического происхождения. Флокуляция является одним из видов коагуляции, во время которой происходит образование быстрооседающих хлопьев из частиц загрязняющего вещества и флокулянтов. Эффективность электрокоагуляции зависит от материала электродов, анодной плотности тока, состава и скорости движения обрабатываемой жидкости в межэлектродном пространстве и от пассивации анодов. Основными преимуществами электрокоагуляции являются следующие: отсутствие химических реагентов-коагулянтов; содержание солей не изменяется; простота оборудования; автоматизация процесса. Недостатки: большое количество потребляемой электроэнергии; образование окисных пленок на электродах; засорение продуктами электрокоагуляции.

3. Широкое использование флотации для очистки масло - и нефтесодержащих сточных вод обусловлено в первую очередь тем, что масла и нефтепродукты являются гидрофобными веществами и легко поддаются флотации. Метод флотации заключается в добавлении в сточные воды диспергированного воздуха, благодаря которому загрязняющие вещества всплывают на поверхность. При удалении из сточных вод нефти и нефтепродуктов добавляют смесь углеводородных газов либо воздух.

4. Для удаления из сточных вод нефти и нефтепродуктов применяют напорную флотацию. Она состоит из напорного резервуара для предварительного насыщения воды воздухом и флотатора, в котором в условиях понижающегося до атмосферного давления образуются и выделяются на поверхность флотоагрегаты. Основные преимущества электрофлотации: высокая степень дисперсности газовых пузырьков и относительная чистота их поверхности, повышающая эффективность прилипания к взвешенным частицам; возможность плавучего регулирования скорости процесса путем изменения степени насыщения жидкости пузырьками газа в широких пределах; отсутствие вращающихся частей в электрофлотационных аппаратах (что гарантирует надежность их работы); простота изготовления электрофлотационного аппарата и несложность его обслуживания.

5. Достаточно перспективными могут являться биологические сепараторы. Для очистки воды используются специальные штаммы бактерий, питающиеся нефтепродуктами. Производители декларируют очень высокую степень очистки. Однако такие сепараторы будут чувствительны к загрязнениям воды химическими веществами, что не очень практично, так как на борту вода систем охлаждения и котлов обрабатывается химией и протечки поступают в льяла.

6. Диспергенты нефти – это специально разработанные для борьбы с разливами нефти химические препараты, в состав которых входят используемые в пищевой промышленности или парфюмерии нетоксичные поверхностно-активные вещества. Они многократно ускоряют естественный

процесс разрыва нефтяной пленки на множество мелких капель, которые затем переходят в водную толщу. Наибольшая эффективность применения проявляется при температуре окружающей среды более 5 °С и в течение 72 часов после нефтеразлива. В Российской Федерации диспергенты применяются при нефтеразливах более 500 тонн. Данный метод ликвидации нефтепродуктов может быть использован для разливов нефти и меньшего объема в особых условиях: если механический сбор невозможен из-за погодных условий и загрязнители оказывают угрозу особо охраняемым природным территориям.

7. Для ликвидации нефтеразливов во время движения судов применяются нефтесборные системы. Они состоят из бонового заграждения для концентрирования нефтепродуктов и непосредственно нефтесборные устройства. По конструктивному исполнению нефтесборные системы подразделяются на: буксируемые – состоят из буксира, дополнительных судов, на которых установлены устройства по сбору нефти, и судов для хранения и доставки нефтеводной смеси; навесные – прикрепляются на борт судна. По функциональному назначению их можно разделить на следующие типы: нефтесборщики – самоходные суда, осуществляющие самостоятельный сбор нефти в акватории; бонопостановщики – скоростные самоходные суда, обеспечивающие доставку в район разлива нефти боновых заграждений и их установку; универсальные – самоходные суда, способные обеспечить большую часть этапов ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов самостоятельно, без дополнительных плавтехсредств.

8. Встроенная судовая система сбора нефти (LORS) превращает судно в «систему обработки нефтяного пятна». Система использует поступательное движение судна для того, чтобы направить поверхностную воду и нефть из зоны захвата к зоне непосредственного сбора нефти, образуемой конусом стрелой и направляющим бонном. Поток воды несет нефть в нефтесборный канал, в котором нефть эффективно сепарируется и выводится. Нефтесборный канал обеспечивает рециркуляцию отсепарированной воды через зону сбора нефти перед щетками, что повышает общую эффективность работы системы.

Система LORS эффективно работает при скорости судна 4 узла, в плохих погодных и морских условиях, с высоким темпом подачи нефти при содержании свободной воды <5% и не ухудшает маневренные характеристики судна.

9. Оборудование для сбора нефти в колотом льду производит в основном международная компания «Lamog». Арктический нефтесборщик LAS 125 – это специальная система сбора нефти, предназначенная для работы в условиях экстремального холода. Это настоящее открытие в области разработки оборудования, которое представляет собой эффективное, практичное решение сбора нефти в арктических льдах. LAS 125 обычно разворачивается при помощи крана или кран-балки, но может также использоваться как свободно плавающий нефтесборщик, использующий, при необходимости, опциональные поплавки. В нефтесборщик входят трубы для отражения льда и вращающиеся щеточные колеса для отделения и сбора нефти. LAS 125 снабжен системой нагнетания горячей воды для облегчения сбора в арктических условиях. Два щеточных колеса собирают и отделяют нефть от воды, а все куски льда размалываются льдодробильными винтами внутри бункера. Сертифицированная производительность LAS 125 по сбору нефти составляет $125 \text{ м}^3/\text{ч}$ (550 галлонов/мин).

Инновационная система «Sternmax» представляет собой высокопроизводительный наступательный арктический скиммер, разработанный для отделения нефти от льда с высокой производительностью сбора нефти, составляющей $230 \text{ м}^3/\text{ч}$ (1013 галлонов/мин). Система скиммера с щеточным колесом 28 имеет два нефтеперекачивающих насоса GTA 115 и решётку для разделения льда и нефти, которая собирает нефть с отличной производительностью в жёстких климатических условиях Арктики.

10. В целом, в мировой практике применяется целый ряд достаточно эффективных методов и технологий предотвращения разливов и сбора разливов нефти и нефтепродуктов. Это справедливо как в отношении стационарного судового оборудования, так и применительно к передвижному модульному

оборудованию и системам. Наиболее сложной проблемой продолжает оставаться сбор нефти и нефтепродуктов в колотом льду, извлечение нефти и нефтепродуктов из-под льда.

Компания «Lamog» является поставщиком оборудования для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на водных объектах во всем мире. В их основе современные технологии, способные справиться с аварийными разливами нефти в различных климатических условиях и решить множество задач. Оборудование соответствует требованиям стандартов ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 и OHSAS 18001:2007. Компания постоянно совершенствует свои технологии и услуги и занимается, главным образом, охраной окружающей среды.

Однако, основное производство оборудования находится в Финляндии. Это, в свою очередь, затрудняет его обслуживание. Оборудование может выходить из строя и устаревать, детали могут ломаться, а транспортировка из страны производителя требует большого количества времени, которое очень дорого в условиях ликвидации нефтеразливов. Таким образом, в странах, которые используют данное оборудование, необходимо создать сервисные центры для ремонта и обслуживания.

Оборудование компании «Lamog» используют 120 стран мира, тем самым являясь лидером в таких технологиях. По моему мнению, в Российской Федерации сосредоточено большое количество ученых и специалистов в данной отрасли. Поэтому нашей стране необходимо разрабатывать аналогичное оборудование, а также его совершенствовать. Таким образом, затраты на покупку импортного оборудования, его транспортировку и обслуживание будут значительно сокращаться.

Список использованной литературы

1. Официальный сайт «Интерфакс».[Электронный ресурс]. Режим доступа: www.interfax.ru/business/644895. Дата обращения: 28.03.19.
2. Официальный сайт «Транснефть». [Электронный ресурс].Режим доступа: www.discoverrussia.interfax.ru/wiki/35/. Дата о бращения: 10.04.19.
3. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде. – М.: Изд-во Росс. ун-та дружбы народов, 2004. – 163 с.
4. НемировскаяИ.А. Нефтяное загрязнение и морей России . Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН.[Электронный ресурс].Режим доступа: [http://mhi-ras.ru/assets/files/lektsia _NemirovskayaIA _KIMR2016.pdf](http://mhi-ras.ru/assets/files/lektsia_NemirovskayaIA_KIMR2016.pdf). Дата обращения: 02.04.19.
5. Официальный сайт «Московский комсомолец». Российские ученые обнаружили на дне Байкала сотни миллионов тонн нефти. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.mk.ru/science/2019/02/13/rossiyskie-uchenye-obnaruzhili-na-dne-baykala-sotni-millionov-tonn-nefti.html. Дата обращения: 03.04.19.
6. Официальный сайт «Компании Аргель». [Электронный ресурс].Режим доступа: [www.vo -da.ru/articles/ochistka-ot-nefteproduktov/metodyi-i-tehnologii](http://www.vo-da.ru/articles/ochistka-ot-nefteproduktov/metodyi-i-tehnologii). Дата обращения: 03.04.19.
7. Бородавкин П.П. Охрана окружающей среды при строительстве и эксплуатации магистральных трубопроводов. – М.: Недра, 1981. – 66 с.
8. Техногенное загрязнение природных вод углев одородами и его экологические последствия. – М.: Наука, 2001. – 123 с.
9. Иванов В.И., Фадин И.М. Инженерная экология и экологический менеджмент. – М.: Логос, 2003. – 527 с.
10. Официальный сайт Международной федерации владельцев танкеров по предотвращению загрязнения «ИТОРФ». [Электронный

ресурс]. Режим доступа: www.itopf.org/ru/knowledge-resources/tekhnicheskie-informacionnye-dokumenty/. Дата обращения: 11.04.19.

11. Официальный сайт «Антъе. Поставка промышленного оборудования». [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.antie-ink.com/proizvoditeli/. Дата обращения: 28.03.19.

12. Перхуткин В.П. Справочник инженера по охране окружающей среды (эколога). М.: «Инфра – Инженария» 2005 г. – 276 с.

13. Гриценко А.И., Аكوпова Г.С., Максимов В.М. Экология. Нефть и газ. – М.: Наука, 1997. – 597 с.

14. Официальный сайт «Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Центральная научная сельскохозяйственная библиотека» (ФГБНУ ЦНСХБ)». [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.cnsnb.ru/AKDIL/0033a/base/k013.shtm. Дата обращения: 28.03.19 .;

15. Гриценко А.И., Аكوпова Г.С., Максимов В.М. Экология. Нефть и газ. – М.: Наука, 1997. – 597 с.

16. Драчев С.М. «Борьба с загрязнением рек, озер и водохранилищ промышленными и бытовыми стоками» М.: Наука, 1964. – 273 с.

17. Семанов Г.Н., Гутник А.Н., Зацепя С.Н. и др. Анализ суммарной экологической выгоды – инструмент принятия решения при ликвидации разливов нефти // Арктика: экология и экономика № 1 (25). 2017. – с. 47 – 58.

18. Официальный сайт «Text.news». [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.texts.news/obschaya-ekologiya/ohrana-vodnyih-resursov-72582.html. Дата обращения: 28.03.19.

19. Бабенков Е.Д. «Очистка воды коагулянтами», М., «Наука», 1977 . – 356 с.

20. Кузубова Л.И., Морозов С.В. «Очистка нефтесодержащих сточных вод». Аналитический обзор. Новосибирск, 1992 . – С. 17 – 25.

21. Официальный сайт «НПЦ Промводочистка». [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.pw-saransk.ru/koag.html. Дата обращения: 22.04.19.
22. Официальный сайт «Oskada.ru. [Электронный ресурс]. Водоснабжение, очистка и качество воды». [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.oskada.ru/obrabotka-i-ochistka-vody/ochistka-vody-pri-pomoshhi-koagulyacii.html. Дата обращения: 22.04.19.
23. Стахов Е.А. «Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов», М.: Недра, 1984 год, стр. 256 ;
24. Официальный сайт «Компания Argel». [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.vo-da.ru/flotators/fdp. Дата обращения: 22.04.19.
25. Официальный сайт «Клуб судовых механиков». [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.mec.novomog.com/eq_ows.html. Дата обращения: 25.04.19.
26. Официальный сайт «Морская техника». [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.marinetec.com/ru/component/search/?searchword=%D0%A1%D0%B5%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80&searchphrase=all&Itemid=986. Дата обращения: 25.04.19.
27. Технический информационный документ «Применение диспергентов для обработки нефтяных разливов» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.itopf.org/ru/knowledge-resources/documents-guides/document/-40b0e2bd77/>. Дата обращения: 29.04.19.
28. Официальный сайт «Cleanupoil». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cleanupoil.com/oil-spill-dispersant-spray-systems/>. Дата обращения: 29.04.19.
29. Официальный сайт «Ярославль - резинотехника». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.yart-main.ru/bonovye-ograzhdenija>. Дата обращения: 01.05.19.

30. Официальный сайт «АНПОО «Учебно – курсовой комбинат». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://npuk.ru/?q=node/225>. Дата обращения: 01.05.19.
31. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 апреля 2018 г. N 169 "Об утверждении Руководства по безопасности "Инструкция по ликвидации возможных аварий на подводных переходах магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71823278/#30000>. Дата обращения: 01.05.19.
32. Официальный сайт «PROECOLOGY». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pro-ecology.ru/ru/products/oil-skimmers/industrial-skimmers-for-sewage-treatment>. Дата обращения: 02.05.19.
33. Официальный сайт «РИА Новости». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ria.ru/20090714/177333106.html>. Дата обращения: 02.05.19.
34. Официальный сайт «Оборудование Cotex-m». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://sotex-m.by/?yclid=2323218396503905018>. Дата обращения: 02.05.19.
35. Официальный сайт «АО «Южный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота». [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://xn--f1aeaqc9bwd.xn--p1ai/technolog01-01.php?id=41&id_cat=14&razd=2. Дата обращения: 02.05.19.
36. Официальный сайт предприятия «Lamor». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://lamor.com/ru/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%8B/>. Дата обращения: 19.05.19.
37. Официальный сайт предприятия «ВИНЕТА». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vineta.ru/catalogue/cat138/>. Дата обращения: 19.05.19.

38. Официальный сайт Greenomak. Экологические проблемы. [Электронный ресурс].Режим доступа: <https://greenomak.ru/rodstvo-s-prirodoj/obrazovanie-i-istoriya-obustrojstva-yaregskogo-mestorozhdeniya-nefti.html>. Дата обращения: 21.05.19.

Приложение

Приложение А.

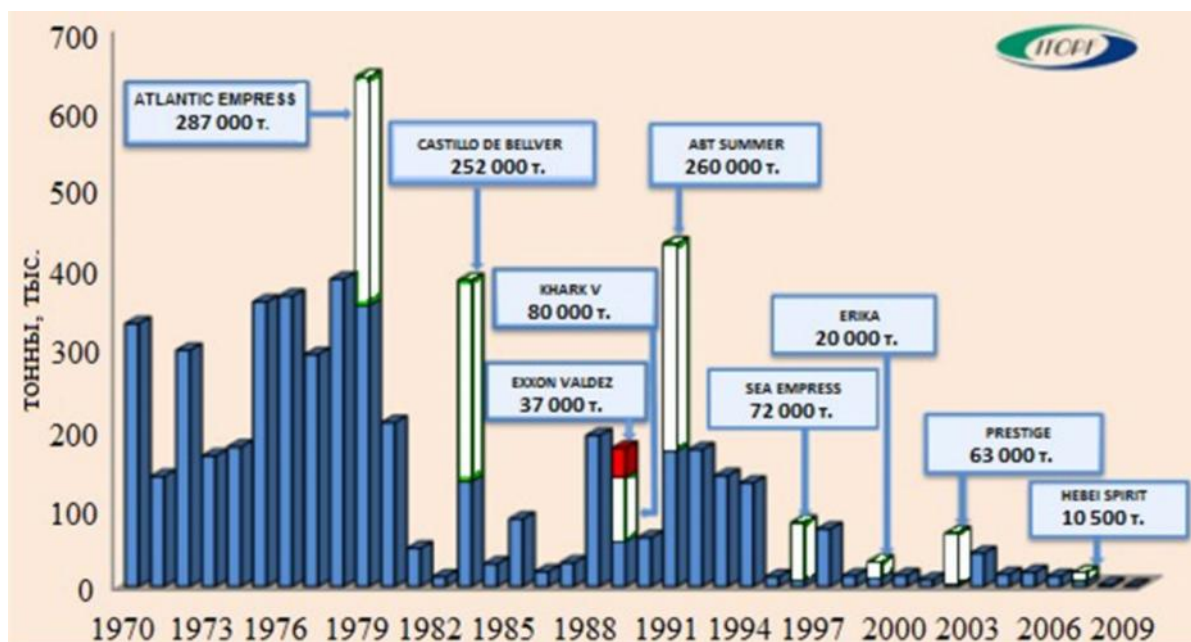


Рисунок А. Крупнейшие катастрофические разливы нефтепродуктов, связанные с авариями судов [10].

Приложение Б.

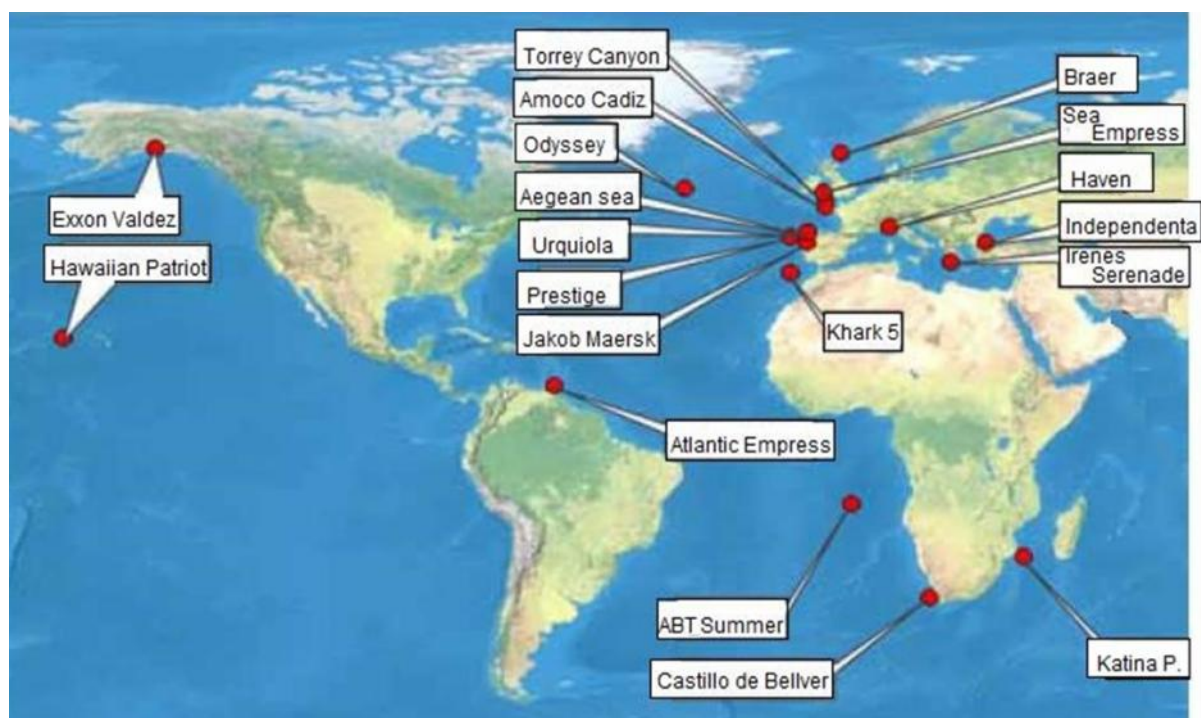


Рисунок Б. Районы наиболее значительных катастроф танкеров [10].

Приложение В.

Таблица В. Классификация нефтяного загрязнения водоемов [12].

Категория загрязнения	Характеристика загрязнения	Содержание нефти, мг/л	
		в грунте	в воде
Слабое	Нефтяная пленка отсутствует, привкус нефти слабый, запах не ощущается. Загрязнение не оказывает влияния на газовый режим, минерализацию, окисляемость и БПК воды. Рыба в водоеме обитает нормально, размножается, но имеет привкус нефтепродуктов. Отрицательное влияние на планктон незначительно, на бентос — не установлено.	Менее 0,1	Менее 1
Среднее	Вода имеет запах и привкус нефти, поверхность покрыта отдельными нефтяными пятнами. Влияние на газовый режим, минерализацию, окисляемость и БПК воды незначительно или не наблюдается. Рыба в водоеме обитает, но имеет привкус нефтепродуктов. Наблюдаются случаи гибели личинок рыб и нарушения нормального развития икры и представителей бентоса и планктона.	0,1 - 0,5	1 - 10
Сильное	Вода имеет запах и привкус нефти, отдельные участки ее поверхности покрыты нефтяной пленкой. Наблюдается изменение газового режима, минерализации, окисляемости и БПК воды. Рыба избегает таких участков водоема. При случайной задержке в этой зоне она погибает. Личинки рыб и икра гибнут. Планктон и бентос отсутствуют.	0,5 - 1	10 - 30
Очень сильное	Вода имеет сильный запах и привкус нефти, поверхность ее покрыта сплошной нефтяной пленкой. Берега и растительность покрыты нефтью или мазутом. Иногда дно покрыто тяжелыми фракциями нефти. Изменяются газовый режим, минерализация, окисляемость и БПК воды. Рыба, планктон и бентос в воде отсутствуют. Вода непригодна для водопользования.	1 - 5	Более 30

Приложение Г.

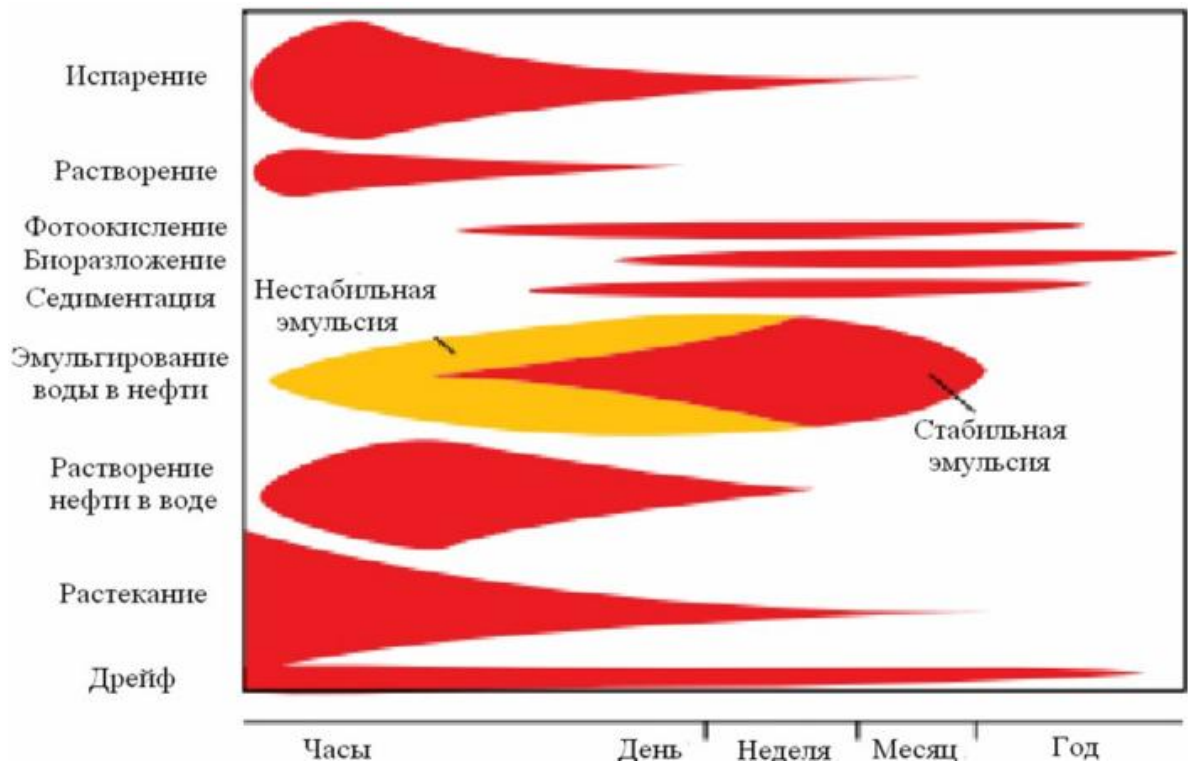


Рисунок Г. Процессы изменения нефтяных пленок со временем [10].

Приложение Д.



Рисунок Д. Схема распространения нефти и нефтепродуктов и процессов, которыми они подвергаются в водных экосистемах [18].

Приложение Е.

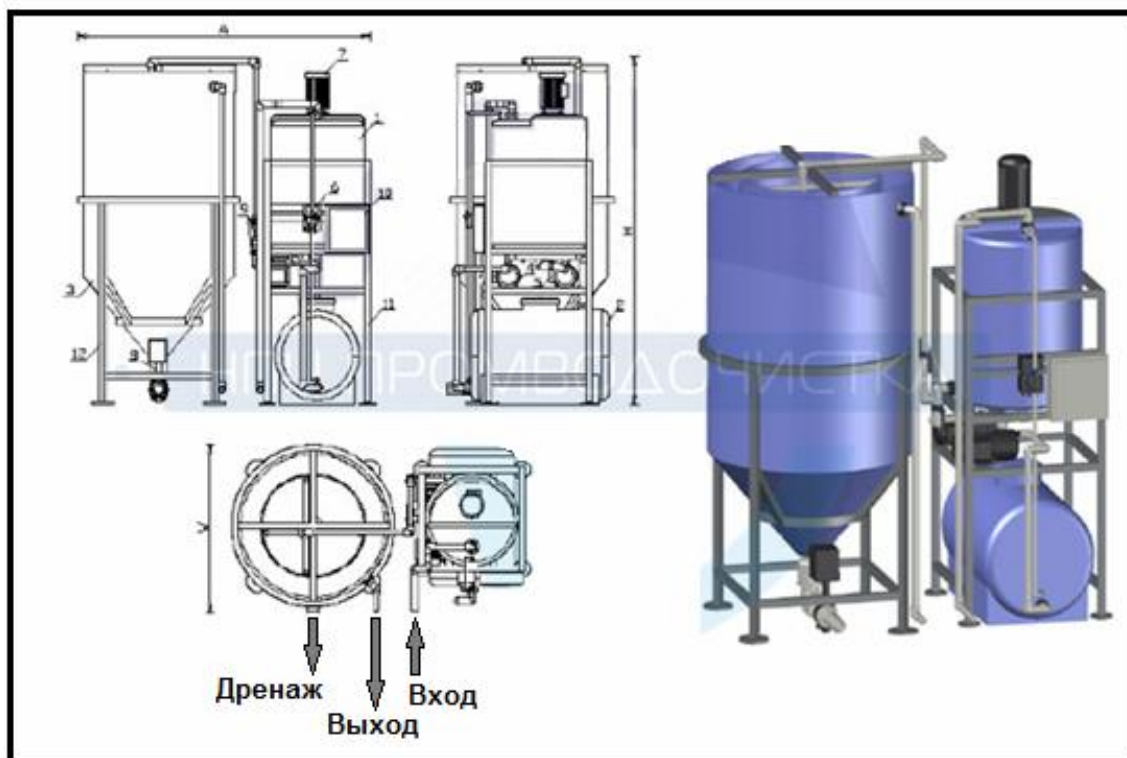


Рисунок Е. Коагуляционная установка [21].

Приложение Ж.

Схема устройства электрофлотатора и его установка.

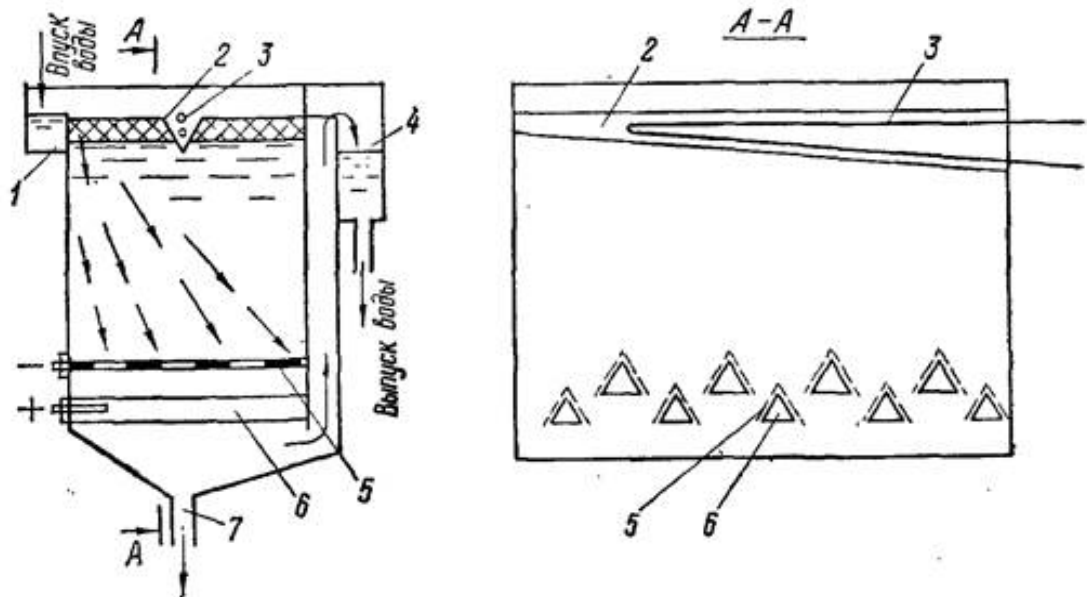


Рисунок Ж.1. Схема устройства электрофлотатора [20].

Где 1 – входная камера, 2 – пеноотводный желоб, 3 – змеевиковый подогреватель пенной массы, 4 – выпускаемая камера, 5 – катод, 6 – анод, 7 – патрубок выпуска осадка и опорожнения [20].

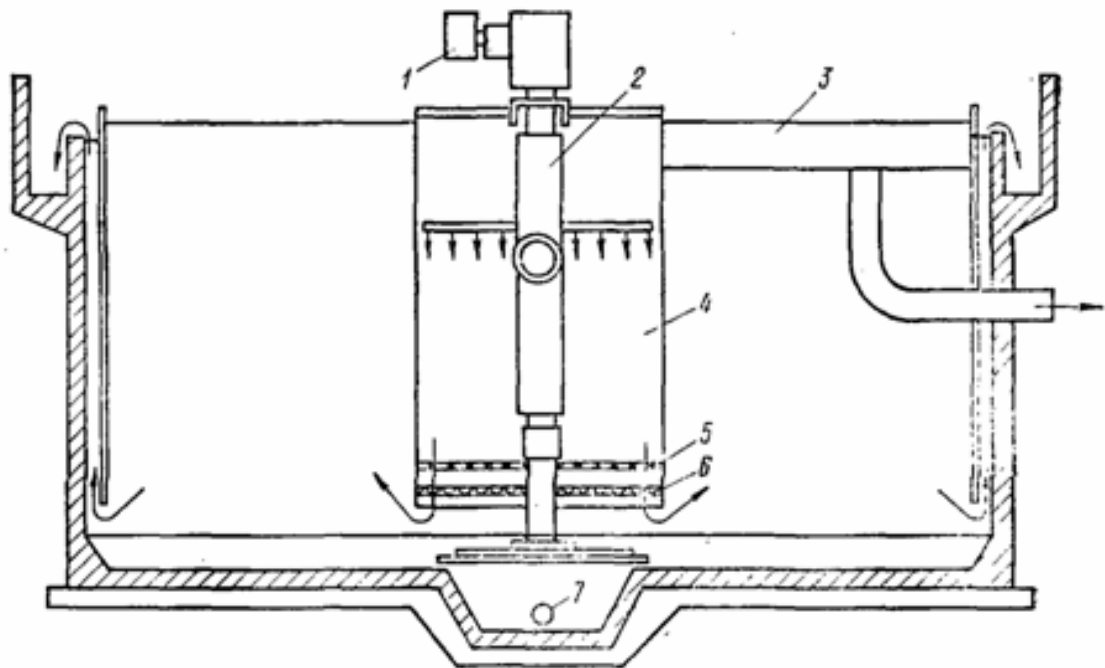


Рисунок Ж.2. Электрофлотационная установка [20].

Где 1 – электродвигатель, 2 – комбинированный механизм для распределения сточной воды, сгребания пены и сброса осадка, 3 – пеносборный лоток, 4 – электрофлотационная камера, 5 – катод, 6 – анод, 7 – труба опорожнения [20].

Приложение И.

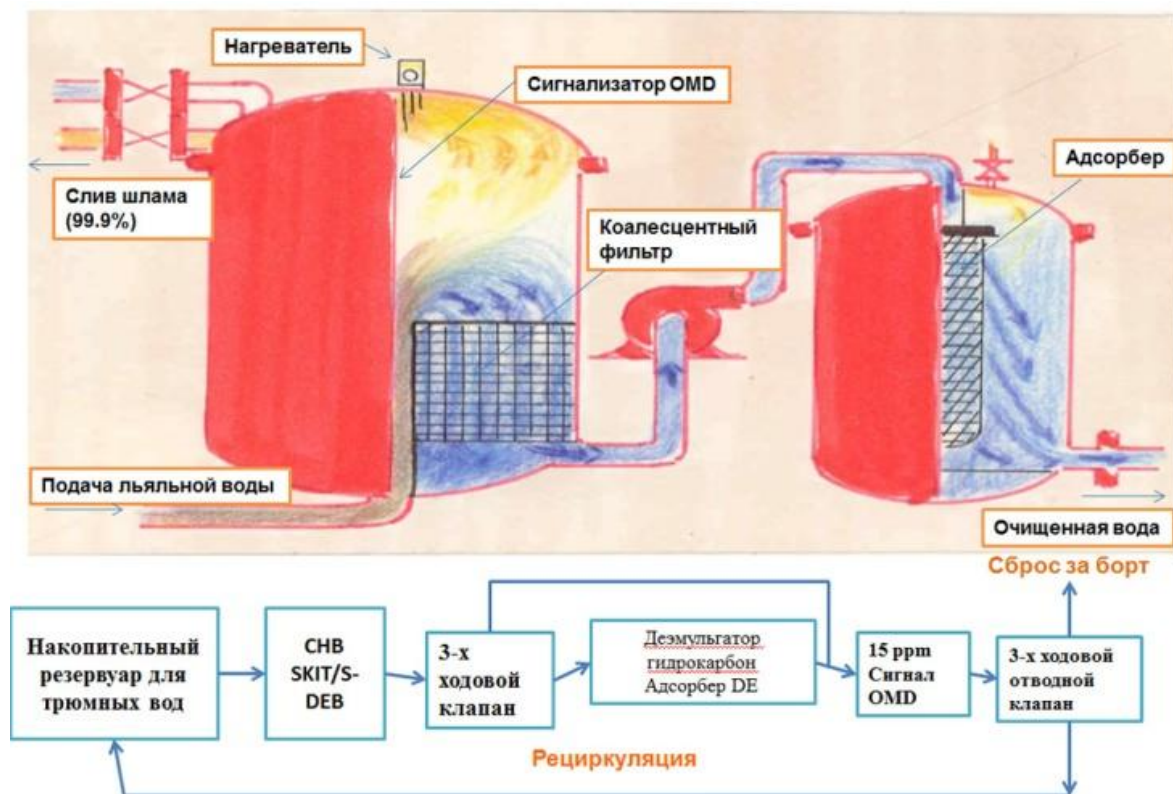


Рисунок И. Принцип работы RWO OWS-COM [26].

Приложение К.

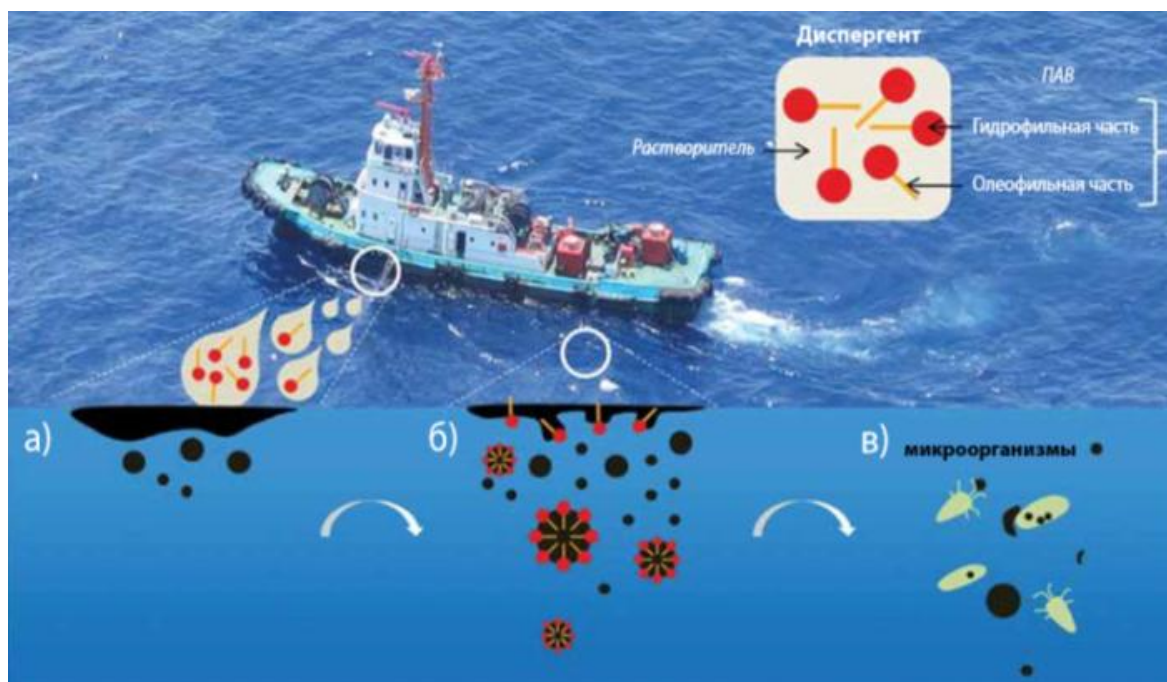


Рисунок К. Процесс химической дисперсии [27].

Где а) диспергент, содержащий поверхностно-активные вещества и растворитель, напыляется на нефть, и растворитель доставляет поверхностно-активные вещества в нефтяное пятно; б) молекулы поверхностно-активного вещества мигрируют к поверхности сцепления нефти и воды и ослабляют связь между ними, позволяя мелким капелькам нефти оторваться от нефтяного пятна; в) капельки диспергируют путем турбулентного смешивания и в конечном итоге разлагаются под действием природных микроорганизмов, таких как бактерии и плесень. Для достижения этой последней стадии могут потребоваться дни или недели [28].

Приложение Л.

Таблица Л. Преимущества и недостатки применения диспергентов [17].

Преимущества перед другими методами ликвидации разливов нефти	Недостатки использования	Возможность нивелирования недостатков
Снижают налипание нефти на перья птиц и покровы морских млекопитающих, тем самым предохраняя их от загрязнения и гибели в нефтяном пятне.	При эмульгировании нефти в воде в ограниченном районе моря наносится вред морским организмам, обитающим в месте нанесения диспергентов (планктону, рыбе, водорослям).	Отказ от применения на мелководье и в замкнутых водоемах с низкой скоростью обмена воды. Проведение анализа суммарной экологической выгоды (АСЭВ).
Снижают вредное воздействие нефти на береговую линию, береговые сооружения, птиц и морского зверя, так как нефть прилипает к твердым поверхностям в небольшом количестве.	Обработанное диспергентом нефтяное пятно трудно собрать механическими средствами.	Обрабатывать диспергентами только те части пятна нефти, которые представляют наибольшую угрозу ООПТ, и в тех случаях, когда механический сбор не планируется
Ускоряют естественные процессы биологического разложения разлитой нефти.	Диспергенты эффективны не для всех типов нефти.	На стадии планирования определяют окно возможности диспергента. Возможна также оценка диспергируемости в реальной ситуации.
Предотвращают образование «шоколадного мусса» — устойчивых агломератов нефти.	В морскую среду вносится от 1% до 10% поверхностно-активных веществ с известными предельно допустимыми концентрациями.	Недостаток неустраним. Диспергенты имеют низкую токсичность.
Могут использоваться при неблагоприятных для других методов реагирования условиях (волнение более 1,5 м, сильные течения, скорость ветра до 15 м/с).	Имеются ограничения по применению диспергентов в зависимости от места и времени, прошедшего с момента разлива (окно возможности).	Проведение АСЭВ и разработка сценариев на стадии подготовки планов ЛРН.
Позволяют быстро обработать нефтяное пятно большой площади на больших акваториях.	-	-
Резко снижают скорость перемещения нефтяного пятна в море.	-	-

Приложение М.

Примеры схем установок бонового заграждения.

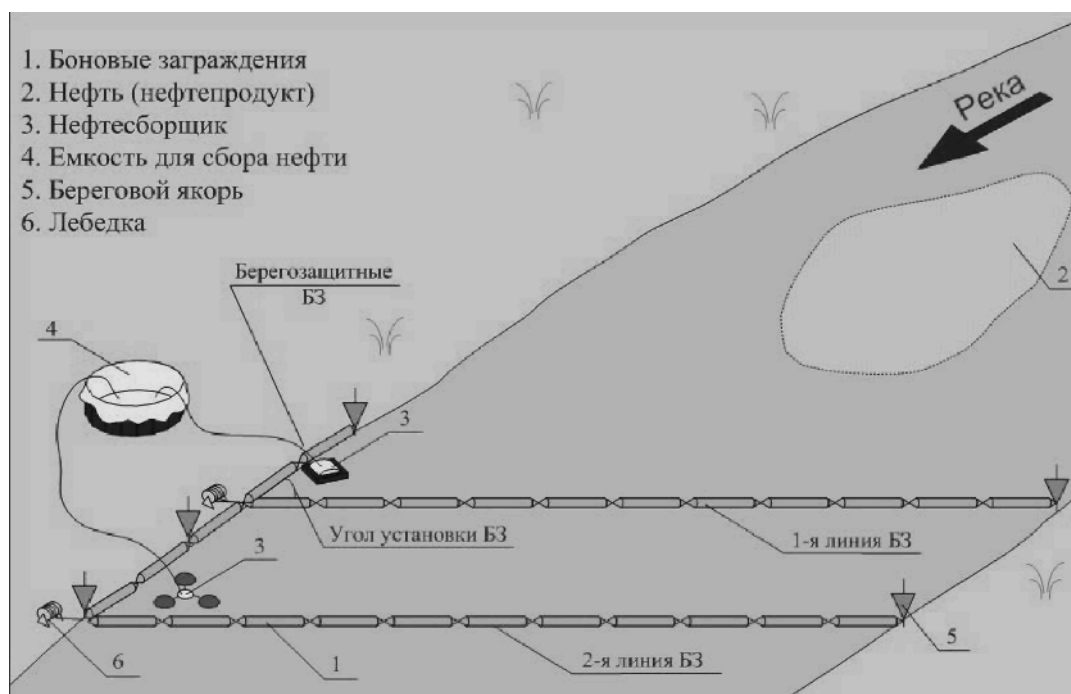
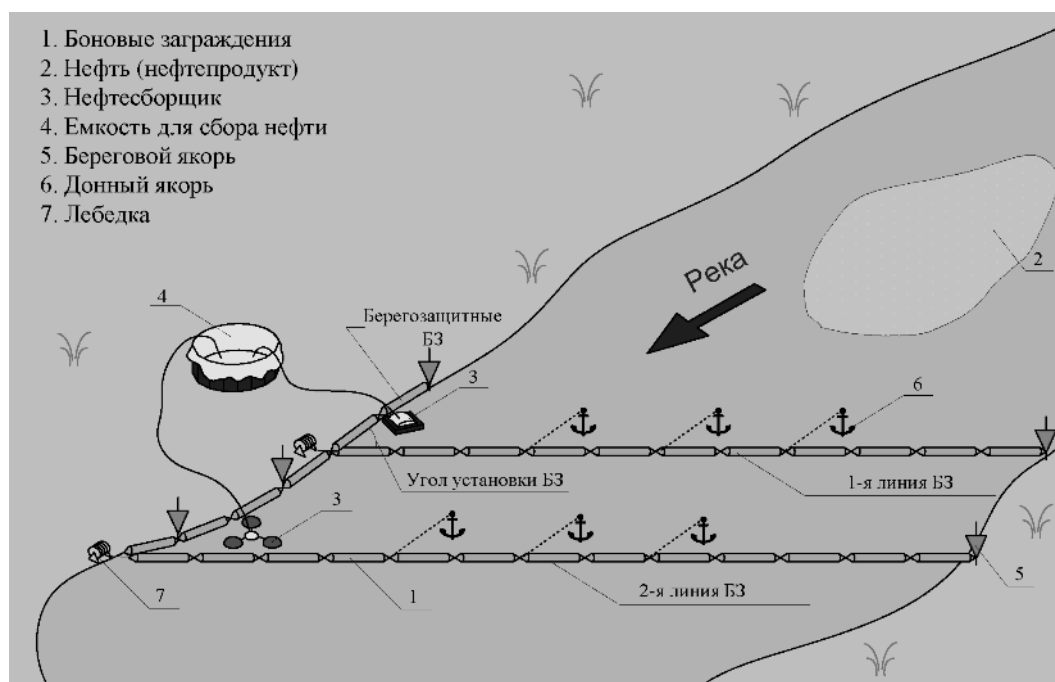


Рисунок М.1. Пример схемы установки бонового заграждения с полным перекрытием русла без донных якорей (длина линии до 100 м) [З 1].



1. Боновые заграждения
 2. Нефть (нефтепродукт)
 3. Нефтьсборщик
 4. Емкость для сбора нефти
 5. Береговой якорь
 6. Донный якорь

Река

1-я направляющая линия БЗ

2-я направляющая линия БЗ

1-я удерживающая линия БЗ

2-я удерживающая линия БЗ

Угол установки БЗ

Не менее 5м

83

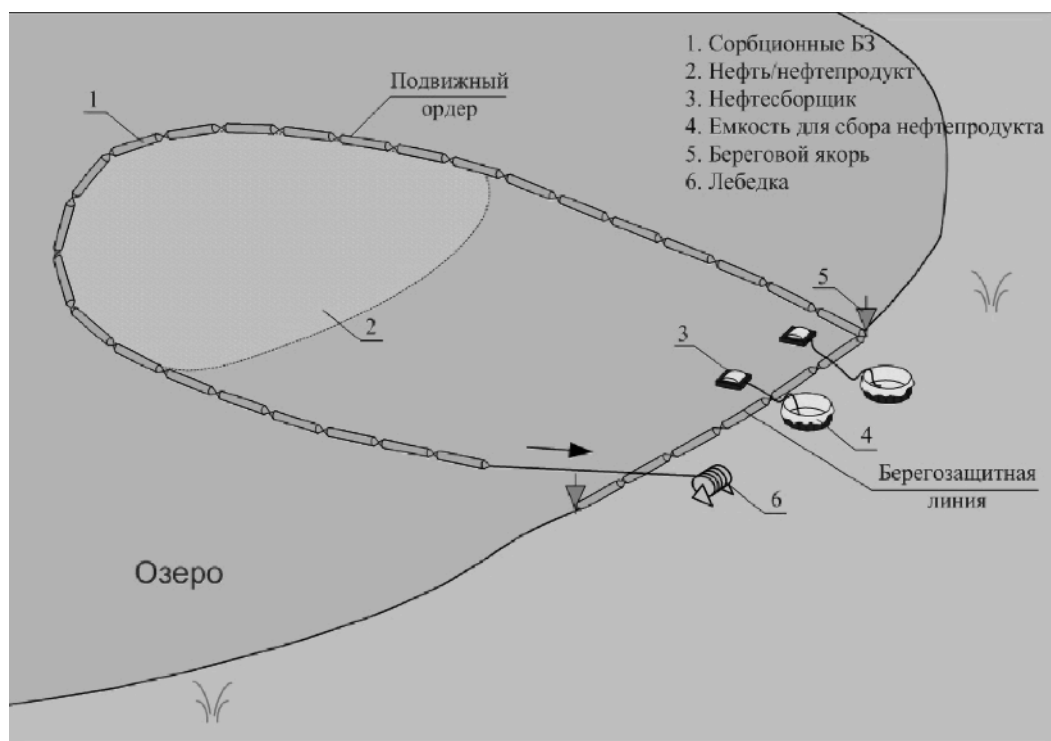


Рисунок М.4. Пример схемы локализации разлива нефти/нефтепродукта с использованием бонового заграждения, установленных с берега, и «кармана» из бонового заграждения, подтягиваемого лебедками [31].

Приложение Н.

Таблица Н. Технические характеристики Minimax 50 [36].

Длина	1010 мм	40 дюймов
Ширина	940 мм	37 дюймов
Высота	560 мм	20 дюймов
Осадка	150 мм	6 дюймов
Вес	55 кг	120 фунтов
Соединение Camlock	64 или 76 мм	2,5 или 3 дюйма
Максимальная производительность	53,6 м ³ /ч*	236 галлонов/мин*
Содержание свободной воды при использовании щеточного модуля	<2%	
Расход гидравлической жидкости	1-40 л/мин	0,3-0,8 галлона/мин
Гидравлическое давление	60-100 бар	970-1450 psi
Потребляемая мощность	< 1 кВт	< 0,7 л.с.

Где *с 2 щеточными блоками;

**всасывающая модель.

Приложение П.

Таблица П. Технические характеристики свободноплавающего нефтесборщика LFF 100 [36].

Поз. ID	395330	
Длина	2290 мм	90 дюймов
Ширина	2250 мм	86 дюймов
Высота	1946 мм	76.6 дюйма
Вес	700 кг*	1540 фунтов*
Осадка	900 мм	35 дюймов
Сертифицированная производительность	111 м ³ /ч**	489 галлонов/мин**
Содержание свободной воды	<5%	
Расход гидравлической жидкости (нефтесборщик)	70 л/мин*	19 галлонов/мин*
Гидравлическое давление	210 бар	3045 Psi
Мощность	25 кВт*	34 л.с.*

Где *За исключением насоса, для справки: вес насоса GTA 115 71 кг Объемный расход 160 л/мин;

**Зависит от выбора насоса

Приложение Р.

Таблица Р. Технические характеристики ковшового нефтесборщика 150 W [36].

Поз. ID	287923	
Длина	1740 мм	68,5 дюйма
Ширина	1800 мм	71 дюйм
Высота	1180 мм	46,5 дюйма
Вес	650 кг	1430 фунтов
Емкость:	115 м³/ч*	506 галлонов/мин*
Содержание свободной воды	<2%	
Расход гидравлической жидкости	30 л/мин**	8 галлонов/мин*
Гидравлическое давление	180 бар	2610 Psi
Мощность	11 кВт	15 л.с.

Где*Производительность зависит от выбора насоса, сертифицирована по ASTM при 200000 сСт;

**Только нефтесборщик.

Приложение С.

Таблица С. Технические характеристики гидравлического силового агрегата 6 С75 [36].

Поз. ID	226153	
Длина	895 мм	35 дюймов
Ширина	900 мм	35 дюймов
Высота	730 мм	29 дюймов
Вес	130 кг	286 фунтов
Расход гидравлической жидкости	3 л/мин	0,79 галлона/мин
Гидравлическое давление	150 бар	2175 psi
Топливный	бак 5 л	1,3 галлона
Напор	30 м	98,4 фута
Высота всасывания	9,1 м	29,8 футов
Мощность	5,4 кВт	7,2 л.с.

Приложение Т.

Таблица Т. Технические характеристики Нефтеперекачивающего насоса VX 100-64Q [36].

Поз. ID	218534	
Длина	473 мм	18,6 дюйма
Ширина	168 мм	6,6 дюйма
Высота	315 мм	12,4 дюйма
Вес	48 кг	105 фунтов
Емкость:	20 м ³ /ч	86 галлонов/мин
Расход гидравлической жидкости (скиммер)	40 л/мин	10,7 галлона/мин
Гидравлическое давление	135 бар	1958 Psi
Давление нагнетания	5 бар	72,5 Psi
Мощность	9 кВт	12 л.с.
Перекачка твердых частиц	19 мм	0,75 дюйма

Приложение У.

Таблица У. Технические характеристики надувных легких бонов [36].

Высота	650-1650 мм
Длина секции	25 m
Надводный борт	230-600 мм
Осадка	270-900 мм
Вес	3,0-8,4 кг/м
Балластная цепь DIN 763	10 или 13 мм
Покрытие / основная ткань	ПВХ/ПУ, 1100 dtex с покрытием ПВХ
Удельный вес ткани	950 г/м2
Предел прочности на разрыв	4000 Н/5 см
Концевой соединитель	ASTM Z, F962 в стандартном комплекте поставки

Приложение Ф.

Таблица Ф. Технические характеристики рабочего катера для сбора нефти 15000 [36].

Поз. ID	226507	
Длина	15000 мм	49 ft
Ширина	5000 мм	16.4 ft
Осадка, макс.	1200 мм	4 ft
Вес судна порожнем	18200 кг	lbs
Производительность	58200 кг	40124 фунта
Экипаж макс.	6 чел.	
Двигатель	410 л.с.	
Скорость	10 уз.	

Приложение Х.

Таблица Х. Технические параметры установки очистки нефтесодержащих вод [37].

Параметры	Значения
Пропускная способность УОНСВ, м ³ /ч, не менее	1,0
Качество очистки НСВ – содержание нефтепродуктов в очищенной воде без ее разбавления на выходе из установки, мг/л (частей на миллион), не более	5 (5)
Вакуумметрическая высота всасывания насоса УОНСВ, м, не более	5
Время срабатывания сигнализатора, то есть время, прошедшее с момента изменения состава пробы воды, поступающей в сигнализатор, и до выдачи им окончательных показаний, с, не более	5
Материал изготовления	08Х18Н10т Гост5632-72
Очищаемая среда	Нефтесодержащие (ляльные) воды
Плотность нефтепродуктов в НСВ, кг/м ³ , не более: - при температуре НСВ 20°С; - с подогревом НСВ до температуры 45°С (опционально)	860 940
Наличие механических примесей в НСВ, г/л, не более	1,7
Фракционный состав механических примесей: - количество частиц размером менее 10 мкм, %, не менее - количество частиц размером 10 мкм и более, %, не более	90 10
Наличие поверхностно-активных веществ в НСВ, г/л, не более	0,5
Содержание нефтепродуктов в НСВ, %, не более	100
Габаритные размеры: длина x ширина x высота, мм, не более	1089 x 1046 x 1220
Масса, кг	515
Электрическое питание частота, Гц напряжение, в	ток трехфазный переменный, один фидер 50 380
Параметры электрооборудования -Потребляемая мощность электрооборудования, квт, не более -Степень защиты электрического	2,5 iP44

оборудования по Гост 14254-96	
-------------------------------	--

Приложение Ц.



Рисунок Ц. Схема процессов взаимодействия нефти и льда [38].

Приложение Ч.

Таблица Ч. Технические характеристики арктического нефтесборщика LAS 125 [36].

Поз. ID	223086	
Длина	1850 мм	73 дюйма
Ширина	1414 мм	56 дюймов
Высота	2182 мм	86 дюймов
Вес	950 кг*	2094 фунта*
Производительность со щеточным колесом	125 м³/ч*	550 галлонов/мин*
Содержание свободной воды	<2%	
Расход гидравлической жидкости	40 л/мин**	10,5 галлона/мин**
Гидравлическое давление	200 бар	2900 psi
Мощность	30 кВт	40 л.с.

Где *Зависит от выбранного насоса;

**Зависит от нефтесборщика.

Приложение Ш.

Таблица Ш. Технические характеристики ковшового нефтесборщика LRB 250 [36].

Поз. ID	365226	
Длина	2480 мм	98 in
Ширина	2900 мм	114 дюймов
Высота	1450 мм	57 дюймов
Вес	1600 кг	3530 фунтов
Емкость	140 м³/ч*	616 галлонов/мин*
Содержание свободной воды	<2%	
Расход гидравлической жидкости	30 л/мин**	8 галлонов/мин**
Гидравлическое давление	210 бар	3045 Psi
Мощность	15 кВт	20 л.с.

Где *Зависит от выбора насоса;

**Только нефтесборщик.

Приложение Щ.

Таблица Щ. Технические характеристики нефтесборщика Sternmax [36].

Поз. ID	369263
Длина (сепарирующая решетка)	9000 мм
Ширина (сепарирующая решетка)	2400 мм
Высота	1060 мм
Вес (полная система)	32 т
Производительность	230 м³/ч*
Расход гидравлической жидкости	240 л/мин
Гидравлическое давление	210 бар
Мощность	110 кВт
Рабочий диапазон	7 м
Нефтеперекачивающий насос	2xGTA115