СЕРИЯ ДОКЛАДОВ IPIECA

5-Й ТОМ

ДИСПЕРГАТОРЫ И ИХ РОЛЬ В ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

2-е издание, ноябрь 2001 г.

IPIECA

Международная ассоциация представителей нефтяной промышленности по охране окружающей среды (IPIECA)

СЕРИЯ ДОКЛАДОВ IPIECA

5-Й ТОМ

ДИСПЕРГАТОРЫ И ИХ РОЛЬ В ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

2-е издание, ноябрь 2001 г.

IPIECA

Международная ассоциация представителей нефтяной промышленности по охране окружающей среды (IPIECA)
Лондон, W2 4UL, Уэстборн Гроув, 87-93, Монмаут Хаус, 2-й этаж.
Телефон: +44 (0)20 7221 2026, факс.: +44 (0)20 7229 4948
E-mail: info@ipieca.org Internet: http://www.ipieca.org

© IPIECA 2000. Перепечатка запрещается. Запрещается воспроизводить, хранить в информационно-поисковой системе или передавать в том или ином виде или с помощью каких-то средств, электронных или механических, ксерокопировать, сохранять или предпринимать иные подобные действия без предварительного согласования с IPIECA.

Данное издание напечатано на бумаге, изготовленной из древесного волокна, полученного из хвойной древесины экологически устойчивых пород и отбеленного без ущерба для окружающей среды.

СОДЕРЖАНИЕ

2 ПРЕДИСЛОВИЕ

3 ВВЕДЕНИЕ

4 ДИСПЕРГАТОРЫ И КАК ОНИ ДЕЙСТВУЮТ

Естественное диспергирование

Образование водонефтяной эмульсии

Воздействие диспергаторов

7 ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ДИСПЕРГАТОРОВ

8 ТИПЫ ИМЕЮЩИХСЯ ДИСПЕРГАТОРОВ

9 ЧТО МОГУТ И ЧЕГО НЕ МОГУТ ДИСПЕРГАТОРЫ

Свойства разлитой нефти

Выветривание нефти

Тип диспергатора, способ применения и скорость обработки

15 ПРИМЕНЕНИЕ ДИСПЕРГАТОРОВ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВА НЕФТИ ИЗ ТАНКЕРА «СИ ЭМПРЕСС»

17 ПРОВЕРКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И ТОКСИЧНОСТИ

19 РАСПЫЛЯТЬ ИЛИ НЕ РАСПЫЛЯТЬ?

Анализ суммарной экологической пользы

Диспергированная нефть в толще воды

Эксперименты в натурных условиях

Экономические соображения

24 ЭКСПЕРИМЕНТ В СИРСПОРТЕ

26 ДИСПЕРГАТОРЫ И ПЛАНИРОВАНИЕ ДЕЙСТВИЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Предварительное разрешение на использование диспергирующих веществ

28 ПРИМЕРЫ СЦЕНАРИЕВ

30 ВАРИАНТЫ ПРИМЕНЕНИЯ

31 ПРИМЕНЕНИЕ ДИСПЕРГАТОРОВ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ

32 ВЫВОДЫ

33 БЛАГОДАРНОСТЬ ЗА СОДЕЙСТВИЕ, ПОЛЕЗНАЯ ЛИТЕРАТУРА И СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный доклад входит в серию докладов, подготовленных по заказу Международной ассоциации представителей нефтяной промышленности по охране окружающей среды (IPECA). Первое издание этого доклада появилось на свет в 1993 году, и в данном втором издании содержится скорректированная информация по важным разработкам в области диспергирующих материалов, применяемых для ликвидации нефтяных разливов. Полная серия докладов представляет собой коллективный вклад членов IPIECA в глобальное обсуждение вопросов, связанных с готовностью и мерами по ликвидации разливов нефти.

При подготовке этих отчетов, - которые выражают единодушное мнение членов ассоциации, - IPIECA руководствовалась принципами, призванными побудить все организации, связанные с морской транспортировкой нефтепродуктов, учитывать следующие моменты при транспортировке, погрузке и хранении нефти и нефтепродуктов:

- Первостепенно важно сосредоточить усилия на задаче предотвращения разливов.
- Несмотря на энергичные усилия со стороны отдельных организаций, разливы будут продолжать иметь место и воздействовать на местную окружающую среду.
- Задачей ликвидации разливов должно стать снижение тяжести экологического и ущерба и способствование восстановлению той и ли иной экосистемы, которой был причинен экологический ущерб.
- Принимая меры по ликвидации экологического ущерба, следует всегда стремиться к тому, чтобы максимально дополнять и использовать силы природы, насколько это возможно.

В практическом смысле это означает то, что методы эксплуатации, используемые при транспортировке, хранении и погрузке нефти и нефтепродуктов, должны учитывать то первостепенное значение, которое придается руководителями мерам профилактического контроля, предназначенным предотвратить разливы нефти. Осознавая неизбежность разливов нефти в будущем, руководители обязаны одновременно уделять первоочередное внимание разработке планов действий в чрезвычайных ситуациях, наличие которых позволит принять оперативные меры по снижению неблагоприятных воздействий любых разливов. Эти планы должны быть достаточно гибкими, чтобы меры по ликвидации соответствовали характеру производства, масштабам разлива и местным географическим и климатическим условиям. Реализация планов должна обеспечиваться организацией людских ресурсов, поддерживаемых в высокой степени готовности, готовности как персонала, так и необходимого вспомогательного оборудования. Необходимо проводить учения и тренировки, направленные на всестороннее ознакомление персонала с мерами по ликвидации разливов нефти и снижению уровня загрязнения. Такие учения станут средством проверки планов действий в чрезвычайной обстановке, и для наибольшего эффекта их необходимо проводить совместно с представителями общественности и частного сектора экономики.

Следует признать потенциальную эффективность кооперативных и совместных предприятий в области мероприятий по ликвидации разливов нефти. Периодические проверки и оценки предприятий подобного рода будут только приветствоваться, ибо они обеспечивают поддержание необходимых требований к потенциалу и эффективности ликвидационных мер.

Тесное сотрудничество между представителями нефтегазовой промышленности и местных администраций при разработке планов действий в чрезвычайных ситуациях обеспечит максимум координации и понимания. Такая совместная работа должна быть направлена на оказание поддержки действиям администраций, принимаемым для сохранения природы в зонах промышленной деятельности.

Признание того, что СМИ и широкая общественность испытывают непосредственный интерес к ведению производства на объектах нефтяной промышленности, особенно в районах нефтяных разливов, должно сопровождаться необходимой работой со средствами массовой информацией и общественностью, задача которой развеять их опасения. Также желательно, чтобы у них появилась уверенность, что реагирование на чрезвычайные ситуации будет незамедлительным и всесторонним – пусть даже предположительно ограниченным рамками того или иного потенциала противоаварийных возможностей.

Важно, чтобы меры по ликвидации загрязнения проводились с использованием методов, включая методы утилизации отходов, которые бы сводили бы экологический и общественно-бытовой ущерб к минимуму. Важным вкладом со стороны руководителей в работу по ликвидации нефтяных загрязнений будет их стремление наладить изучение и распространение опыта, почерпнутого из исследований и аварийных разливов, в частности в области методов, связанных с профилактикой, локализацией разливов и снижением ущерба, включая механические способы и применение химических средств.

ВВЕДЕНИЕ

Рассмотрим некоторые из наихудших и наиболее огорчительных примеров крупных разливов нефти. Умирающие представители животного мира, покрытые коркой нефти, банки задохнувшихся моллюсков на берегу, мангровые болота, полные нефти и умирающих деревьев. Любой метод ликвидации, который сможет помочь снизить это разрушительное воздействие, будет достоин рассмотрения.

Таким вариантом и являются диспергаторы. Разрывая пленку нефти на воде, они способны ослабить воздействие, связанное с образованием нефтяной корки и лишением доступа к кислороду. Имеются неоспоримые научные свидетельства того, что в некоторых случаях они способны ослабить биологическое воздействие. Однако диспергаторы не являются панацеей. Цель данного доклада – представить сбалансированное мнение относительно того, когда их уместно применять и когда нет, обращая особое внимание на экологические аспекты.

Используется любая возможность привлечения примеров из «реальной жизни», относящихся к разливам и экспериментам в натурных условиях, а рассматриваемый здесь вариант применения диспергаторов необходимо учитывать при составлении планов действий в кризисных ситуациях.

Дженифер М. Бейкер

ДИСПЕРГАТОРЫ И ИХ РОЛЬ В ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

Общеизвестно, что нефть и вода плохо смешиваются. В условиях штиля нефть, разлитая на воду, плавает на поверхности моря. Под воздействием волн, которые перемешивают нефть и воду, они могут соединяться следующими двумя способами:

- ***Естественное диспергирование:*** Волны разрывают нефтяное пятно и образуют нефтяные капельки, которые временно находятся в подвешенном состоянии в воде. Подавляющее большинство этих нефтяных капелек будут достаточно большими, чтобы быстро всплыть на поверхность и вновь образовать нефтяное пятно. Однако какая-то небольшая часть нефти будет продолжать оставаться в виде мелких капелек, которые будут обладать почти нейтральной плавучестью. Эти крошечные нефтяные капельки будут продолжать оставаться в рассеянном, или диспергированном, состоянии в воде практически неопределенное время, так как, всплывая кверху, они вновь опускаются вниз в толщу воды, испытывая непрекращающееся воздействие волн.

- ***Образование водонефтяной эмульсии:*** Перемешивающее воздействие волн может также привести к тому, что капельки воды, будут сливаться с нефтью, образуя водонефтяную эмульсию, которую нередко называют «шоколадным муссом». Эта эмульсия будет более вязкой, чем нефть, из которой она образована. Объем эмульсии может в конечном счете превысить объем разлитой нефти в четыре раза, потому что эмульсии как правило содержат в себе до 75 процентов воды по объему.

В то время как эмульсии, которые отличаются вязкостью, устойчивостью, могут создать серьезные проблемы по очистке побережья, нефть в дисперсном, или диспергированном состоянии может разбавиться в море до уровня чрезвычайно низких концентраций, которые будут гораздо ниже концентраций, способных оказать воздействие на морскую флору и фауну.

Побудительной силой как естественного процесса диспергирования и водонефтяного эмульгирования остается волновая энергия. В условиях бурного моря сырая нефть, отличающаяся низкой вязкостью, в значительной степени диспергирует естественным образом, но штормовые условия на море могут одновременно способствовать ускоренному эмульгированию. Повышение вязкости, вызываемое испарением наиболее летучих компонентов нефти, способно снизить воздействие волн, при котором нефтяная пленка разбивается на мелкие капельки. Такое возрастание вязкости также способствует образованию эмульсии, так как капельки воды дренируют медленнее из нефти, отличающейся более высокой вязкостью. Стойкие эмульсии образуются при осаждении асфальтенов из нефти. Асфальтены представляют собой тяжелые, смолистые вещества, процент которых присутствует во всех сырых нефтях. Они не находятся в истинном растворе, но удерживаются в микроскопическом подвешенном состоянии

другими материалами в нефти. Асфальтены претерпевают процесс осаждения по мере того, как состав разлитой нефти меняется под воздействием испарения более летучих компонентов. Асфальтеновые осаждения образуют упругий, стабилизирующий слой вокруг капелек воды и не позволяют им коалесцировать и осаждаться.

Относительные темпы естественного диспергирования и эмульгирования зависят от морской обстановки и состава нефти. Более легкие, недавно разлитые на воду нефти на начальном этапе стремятся к естественному эмульгированию, однако темпы диспергирования резко снижаются по мере эмульгирования нефти. Выветрившиеся нефти с высоким содержанием асфальтенов склонны скорее образовывать эмульсии.

Воздействие диспергаторов

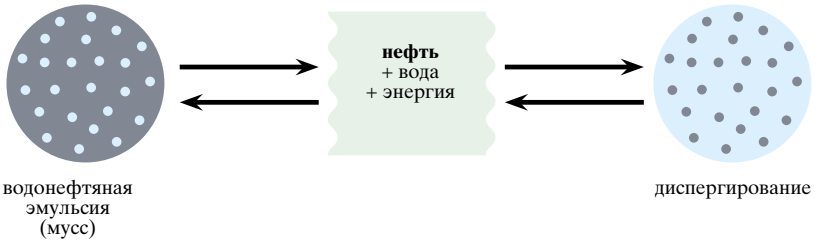
Диспергаторы изменяют баланс между естественными процессами диспергирования и эмульгирования, резко меняя баланс резко в пользу диспергирования и снижая роль эмульгирования.

Активные ингредиенты в диспергаторах, – поверхностно-активные вещества, или ПАВ (см. стр. 6), – меняют свойства поверхности раздела вода-нефть так, что то же самое количество волновой энергии ведет к резкому возрастанию доли мельчайших нефтяных капелек и одновременному подавлению процесса эмульгирования.

Применение диспергирующих веществ при ликвидации разлива нефти позволяет замедлить процесс эмульгирования, одновременно способствуя переходу нефти в дисперсное состояние.

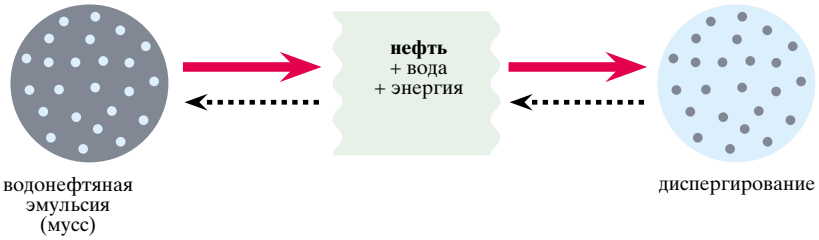
Диспергирование и эмульгирование нефти в воде – без диспергаторов и с диспергаторами

1. *Без диспергаторов плавающая на поверхности воды нефть может либо естественным образом перейти в дисперсное состояние либо образовать водонефтяную эмульсию.*



2. *Внесение диспергаторов способствует диспергированию нефтяных капелек в воде и подавляет эмульгирование*

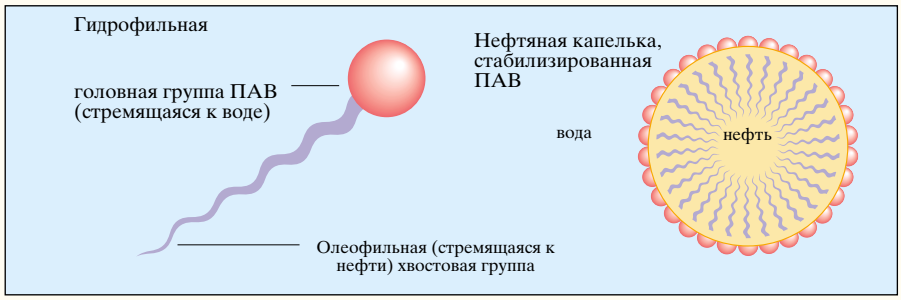
С ДИСПЕРГАТОРОМ



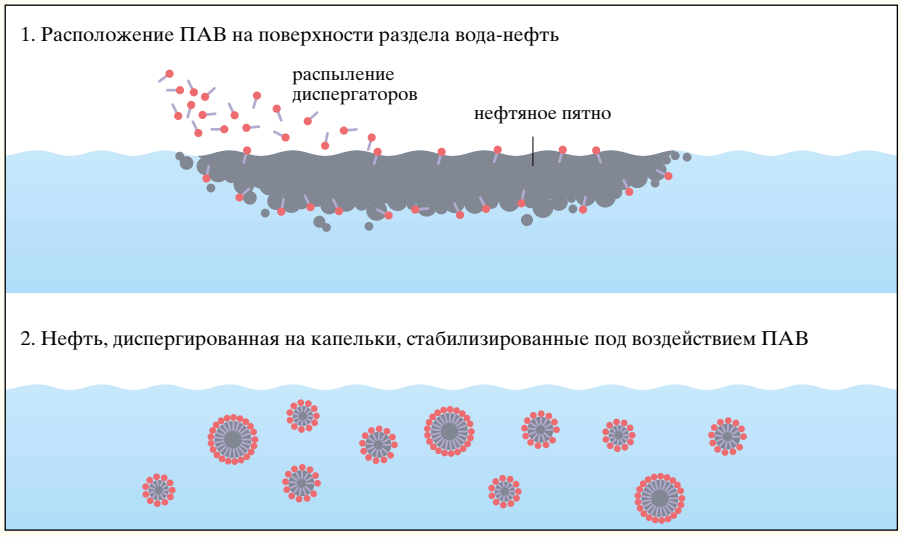
ДИСПЕРГАТОРЫ – АКТИВНЫЕ ИНГРЕДИЕНТЫ

Диспергаторы способствуют образованию многочисленных крошечных нефтяных капелек и замедляют коалесцирование капелек в нефтяную пленку в силу того, что они содержат ПАВ (поверхностно-активные вещества), которые снижают поверхностное натяжение между нефтью и водой. Молекулы ПАВ имеют гидрофильные (стремящиеся к воде) головные группы, которые соединяются с молекулами воды, и олеофильные (стремящиеся к нефти) «хвосты», которые соединяются с нефтью. Это помогает достичь скорого разбавления под воздействием движения воды.

ПАВ состоят из двух частей: гидрофильной головной группы, стремящейся к воде, и стремящейся к нефти хвостовой группы. Это позволяет им стабилизировать нефтяные капельки.



На рисунке показано положение ПАВ на поверхности раздела вода-нефть (1) и нефть, диспергировавшаяся на капельки, стабилизированные ПАВ (2).



ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ДИСПЕРГАТОРОВ

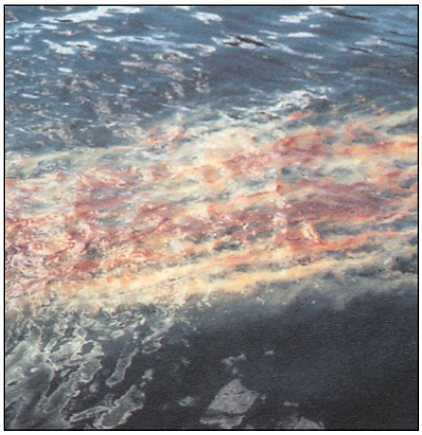
Диспергирование нефти имеет следующие преимущества:

- Удаление нефти с поверхности моря благоприятно сказывается на животном мире, в частности морских птицах и морских млекопитающих, и ареалах обитания, оказавшихся под угрозой загрязнения от разлитой нефти.
- Образование мириадов крошечных нефтяных капелек повышает вероятность биологического распада нефти, расширяя поверхностную площадь нефти и, таким образом, увеличивая воздействие на нефть природных бактерий и кислорода.
- Нефть, диспергированная в толще воды, более не дрейфует под воздействием ветра, попадая под влияние только течений и приливов. Диспергирование может быть хорошим способом защиты побережья или уязвимых ресурсов, расположенных по ветру от разлива нефти.
- Применение диспергаторов может осуществляться с помощью авиации, поэтому могут быть быстро обработаны большие площади в отличие от альтернативных методов ликвидации.
- Дисперсные нефтяные капельки, образовавшиеся под воздействием естественных процессов или химических реагентов, могут соединяться с взвешенными частицами, когда концентрации осадочных взвесей достигают высокого уровня (в зоне прибоя или в некоторых эстуариях). Плавучесть нефти и плотность таких взвесей могут привести к образованию нейтральной плавучей «агрегатной массы». Такие агрегатные скопления могут переноситься на большие расстояния даже слабыми течениями, и тогда нефть будет распространяться диффузным способом на обширных площадях при очень низких концентрациях.

Главным потенциальным недостатком диспергирования нефти является локализованное и временное повышение водонефтяной концентрации, которая способна оказывать воздействие на морскую флору и фауну в непосредственной близости от места применения диспергирующих веществ.

Взвешивание преимуществ и недостатков этих и других аспектов использования диспергаторов является чрезвычайно важным моментом, который рассматривается в последующих разделах этого доклада.

ТИПЫ ИМЕЮЩИХСЯ ДИСПЕРГАТОРОВ



Нефть, обрабатываемая диспергаторами, разбивается на облака капелек.

В начале 1970-х годов были разработаны низкотоксичные диспергаторы. Они были известны под названием диспергаторов «на углеводородном основании», «классических» диспергаторов или же диспергаторов 1-го типа (классификация, принятая в Великобритании). В качестве растворителя применялся керосин с очень незначительным содержанием ароматических веществ, и в них также содержались низкие концентрации ПАВ. Это было необходимо для того, чтобы можно было распылять диспергирующие реагенты из оборудования, установленного на вспомогательных судах. Хотя они и были малотоксичны, эти первые диспергаторы (некоторых из них все еще применяются сегодня) отличались низкой эффективностью, и при обработке загрязненных участков их приходилось применять в весьма больших количествах: одна часть диспергаторов приходилась на две или три части нефти. Судам приходилось часто возвращаться в порты для пополнения запасов диспергирующих реагентов. Была необходимость в более эффективных диспергаторах. Более эффективными были бы диспергаторы с более высоким содержанием ПАВ, однако это приводило к повышенной вязкости диспергирующих материалов, что затрудняло их распыление с помощью имеющихся технических средств. Эта проблема решалась путем использования морской воды в качестве частичного заменителя растворителя. Для распыления к морской воде добавлялись растворимые в воде диспергаторы, или диспергаторы 2-го типа (классификация, принятая в Великобритании).

Были разработаны более эффективные диспергаторы на основе использования смесей разных типов ПАВ. Они были известны под названием «концентрированных» диспергаторов или диспергаторов «3-го поколения». Первые концентрированные диспергаторы были созданы в 1972 году, и вплоть до 1980-х и 1990-х годов продолжалась работа по совершенствованию их рецептуры. Для современных концентрированных диспергаторов характерно более высокое содержание ПАВ по сравнению с прежними диспергаторами (отсюда и название «концентрированные»). Их можно распылять неразбавленными (подобно диспергаторам 3-го типа согласно классификации, принятой в Великобритании) или разбавленными в воде (подобно диспергаторам 2-го типа согласно классификации, принятой в Великобритании). При распылении в неразбавленном виде с помощью авиации (самолетов или вертолетов) или с морских судов рекомендуемое соотношение при обработке составляет одну часть диспергаторов на 20-30 частей нефти. Это наиболее эффективный способ применения современных диспергаторов.

Самые современные диспергаторы можно также распылять с морских судов, смешивая их с морской водой. Достигается это исключительно с помощью соответствующего разбрызгивающего оборудования, в котором обеспечивается правильное соотношение диспергаторов (10 процентов по объему), смешиваемых с морской водой (90 процентов по объему). При таком распылении рекомендуется применять 1 часть такой смеси на 2-3 части разлитой нефти. Этот метод распыления больше подходит для диспергирования легких и средних нефтей, и его не рекомендуется применять при разливах тяжелых нефтей или же нефтей, которые пробыли в море уже какое-то время, потому что растворимый в воде диспергатор легко смывается под воздействием волн, прежде чем он может оказать требуемое воздействие.

ЧТО МОГУТ И ЧЕГО НЕ МОГУТ ДИСПЕРГАТОРЫ

Диспергаторы функционируют за счет резкого повышения степени естественной дисперсии под воздействием волн. Они становятся более эффективными под воздействием прибоя, чем в условиях штиля. Диспергаторы эффективны в отношении большинства сырых нефтей, но и у них есть определенные ограничения.

Диспергирующие реагенты оказывают максимально эффективное воздействие, если их применяют сразу же после разлива нефти. Изменения в составе нефти и ее физических свойствах, связанные с потерей летучих компонентов нефти в связи с процессами испарения и эмульгирования (в целом известными как «выветривание» нефти) в нарастающей степени снижают эффективность диспергаторов. Скорость этих изменений зависит

Местонахождение судна и место разлива	Наблюдения
1979 г.: «Бетельгейзе», юго-запад Ирландии	По оценкам, в течение 12 дней было успешно обработано около 100 тонн нефти. Разлив нефти произошел в результате утечки около побережья, применение диспергаторов с воздуха позволило эффективно локализовать и обработать наиболее угрожающие нефтяные пятна на море.
1983: «Сайвэнд», восточная Англия	По оценкам, химические диспергенты вносились в пропорции от одной шестой до одной трети от количества нефти. В связи с тем, что разлив произошел в районе эстуария, часть нефти быстро вынесло на берег, прежде чем ее удалось очистить.
1989: «Филипс», Оклахома, восточная Англия	Количество нефти, разлитой в 7 морских милях от берега, составило 800 тонн. Применение диспергаторов с воздуха началось через три с половиной часа после аварийного события и продолжалось более двух дней. Нефть не достигла береговой линии: важную роль сыграло внесение диспергирующих реагентов, однако какая-то ее часть также была потеряна в результате сжигания, испарения и естественной дисперсии.
1990 г.: «Роузбей», юго-западная Англия	По расчетам, с поверхности моря было удалено около 75 процентов из 1100 тонн разлитой нефти за счет сочетания испарения, химического и естественного диспергирования – причем важную роль сыграло именно внесение диспергаторов. Если бы этого не было сделано, то образовались бы гораздо большие объемы водонефтяной эмульсии, которая загрязнила бы все побережье.
1999: «Блю-Мастер», Мексиканский залив, США	Разлито было 45 тонн флотского мазута IFO -180. Разлив, который произошел в результате столкновения, был полностью диспергирован за счет внесения 2.3 тонн современных концентрированных реагентов. Это был первый ставший известным опыт удачного применения диспергаторов на практике при разливе флотского мазута.

В данной таблице сведена информация по эффективности диспергаторов, примененных при выборочно взятых аварийных разливах. В целом оценки основаны на визуальных наблюдениях, а не на количественных анализах.

от состава нефти и преобладающей температуры, скорости ветра и морской обстановки. Временной промежуток, в течение которого применение диспергаторов может оставаться эффективным, то есть «окно благоприятной возможности», тесным образом связано со скоростью «выветривания» нефти. Оно может быть коротким, скажем, максимум один час для тяжелых нефтей или же длинным – минимум несколько дней для легких нефтей.

Испытания в морских условиях у побережья Габона, Западная Африка. Диспергирующие вещества вносятся с вспомогательного судна с целью ликвидации разлива легкой нефти, норма применения составляет 5-10 процентов.

В различных районах мира были проведены полевые испытания, задача которых была определить условия, при которых диспергаторы оказывают максимально эффективное действие. После 80-х годов в ряде стран были проведены полевые испытания, которые были тщательно задокументированы, в том числе в Канаде, Франции, Норвегии, США и Великобритании. После опрыскивания диспергаторами пробных нефтяных разливов для замера концентраций диспергированной нефти в воде вокруг разливов и под ними был применен метод ультрафиолетовой фторометрии (UVF). Эти комплексные замеры в сочетании с отбором проб с поверхности и широким использованием дистанционного обследования с использованием авиации позволили провести количественную оценку количества нефти, перешедшей со временем в дисперсное состояние. Эти полевые испытания однозначно продемонстрировали, что применение диспергирующих веществ может быть очень эффективным, то есть то, что в результате этих испытаний удалось быстро удалить большую часть объема определенных типов нефти с поверхности моря, даже в тех случаях, когда нефть находилась в море уже несколько дней.

Во многих случаях диспергирующие вещества успешно применялись при реальных нефтяных разливах. Действие диспергаторов зачастую становится видимым, так как под их воздействием образуется светло-коричневый шлейф, или «облако» диспергированной нефти в толще воды. Такие наблюдения лучше всего проводить с борта самолета. Обработанная диспергаторами нефть обычно быстро переходит в дисперсное состояние, оставляя за собой лишь тонкую пленку нефти, видимую на поверхности. Хотя в ряде случаях действие распыленных диспергаторов наблюдать довольно просто, порой плохая видимость затрудняет ведение наблюдений. В условиях плохой видимости наблюдение диспергированной нефти в воде может оказаться невозможным. И тогда будет трудно оценить действие диспергаторов.

Визуальные наблюдения могут помочь получить качественное свидетельство диспергирования нефти, но оценка степени эффективности воздействия диспергирующих веществ при реальном разливе нефти может оказаться более трудным делом. Точно оценить, какое количество разлитой нефти перешло в дисперсное состояние всегда будет нелегко, даже когда проводится мониторинг UVF, так как точное количество нефти, разлитой на поверхность моря в тот или иной момент, может быть неизвестным. К тому же, чрезвычайно трудно проводить комплексные замеры концентрации нефти под водой, когда имеешь дело с очень большими разливами нефти. Нелегко также провести установить, какая часть нефти диспергировалась за счет естественной дисперсии, а какая за счет действия диспергаторов. Результаты замеров методом UVF, показывающие значительное возрастание концентрации дисперсной нефти на глубинах от 2 до 5 метров ниже нефти, обработанной диспергаторами, являются хорошим показателем того, что диспергирование срабатывает успешно.

Оценивая результативность диспергаторов, их следует сравнивать с физическими методами борьбы с разливами, применение которых в большей степени, чем применение диспергаторов, может быть ограничено штормовой обстановкой. При необходимости, да и в большинстве случаев, результатом применения диспергаторов может стать удаление значительно бóльших количеств с поверхности моря, чем если бы применялись физические методы.

ВЯЗКОСТЬ

Вязкость представляет собой гидравлическое сопротивление флюида. Вязкость нефти – это показатель того, насколько высока текучесть нефти или насколько легко она перемещается под воздействием сил, таких, как волны прибоя. Некоторые жидкости, такие, как вода, отличаются низкой вязкостью, в то время как другие жидкости, например, сироп, отличаются высокой вязкостью. Вязкость нефти возрастает с понижением температуры. Однако степень изменения вязкости под воздействием температур меняется с типом нефти.

Значение вязкости нефти можно измерить и выразить несколькими способами:

- **Динамическая (или абсолютная) вязкость**
  Динамическая вязкость измеряется с помощью определенных аналитических способов, таких как вращающиеся шпиндельные вискозиметры. Единицы динамической вязкости – это ньютоновские секунды на квадратный метр или паскаль-секунды (Pa.s) в единицах СИ (SI). Значения в миллипаскалях-секундах (mPa.s) имеют то же цифровое значение, как и сентипуазы (cP), измеряемые в прежней метрической системе.

- **Кинематическая вязкость**
  Кинематическая вязкость измеряется другими методами, такими, как капиллярные вискозиметры. Кинематическая вязкость измеряется в стоксах (St) или, что более распространено, в сантистоксах (cSt). 1 сантистокс равен одному миллиметру в квадрате на секунду (1 сантистокс = 1 мм^2/сек). Кинематическая вязкость – это динамическая вязкость, деленная на плотность жидкости (при температуре замера вязкости).

  $$\text{Кинематическая вязкость (cSt)} = \frac{\text{Динамическая вязкость (mPa.s)}}{\text{Плотность (g/ml)}}$$

- **Другие шкалы вязкости**
  Для измерения и характеристики вязкости нефти были изобретены различные простые способы. В их числе замер времени, в течение которого нефть протекает через отверстие типового размера калиброванного устройства. Применяются следующие единицы измерения:

  Градус Энглера, или вязкость по Энглеру (евр.)
  Секунды по Редвуду (евр.)
  Секунды Сейболта (США)

  Эти единицы постепенно выходят из употребления. Имеются переводные коэффициенты и таблицы.

Потенциальные возможности естественной дисперсии легкой нефти были особенно зрелищно продемонстрированы, когда судно «Браэр» село на мель в плохую погоду в районе Шетландских островов, Шотландия, в январе 1993 года, когда в море попали все 85 тыс. тонн транспортируемой нефти. Для борьбы с разливом с помощью авиации были сброшено примерно 120 тонн диспергирующих веществ, однако причинами диспергирования нефти были в основном плохие погодные условия и характер разлитой нефти.

Однако диспергаторы не оказывают эффективного действия при всех обстоятельствах. Например, распыление диспергаторов оказалось неэффективным при разливе тяжелой топливной нефти из судна «Виста Белла» в Карибском море в 1991 году. Специфический характер физико-химических связей, определяющих эффективность применения диспергаторов, еще только предстоит понять полностью. Многие из них взаимосвязаны, и их трудно разделить, однако данные, полученные в результате полевых и лабораторных исследований, свидетельствуют о важности факторов, рассматриваемых в нижеследующих разделах.

Свойства разлитой нефти

Большинство нефтей, попавших в воду, могут диспергировать при условии, что распыление диспергаторов произошло вскоре после разлива. В дисперсное состояние легко переходят типы нефти от слабовязкой до средневязкой (когда вязкость не превышает 1000 mPa.s при преобладающей температуре моря). Нефти с повышенной вязкостью менее подвержены диспергированию, так как повышение вязкости нефти приводит к замедлению процесса дисперсии, происходящего под преобладающим воздействием волн. Нефти, температура застывания которых значительно выше температуры окружающего моря, не поддаются диспергированию в силу своей твердости. Некоторые нефти с повышенным парафиновым содержанием могут также с трудом диспергироваться, несмотря на то, что их вязкость относительно невысока.

Неэффективное применение диспергаторов при разливе выветрившейся тяжелой нефти: нефть остается видимой на поверхности, и белый шлейф означает только попадание диспергирующих веществ в воду.

Уже немало лет известно, что гораздо труднее добиться диспергирования нефти с высокой вязкостью, чем нефти с низкой или средней вязкостью. Лабораторные исследования показали, что эффективность диспергирующих веществ связана с вязкостью нефти, и она максимальна, когда вязкость нефти составляет от 1000 до 2000 mPa.s, и затем она снижается до низкого уровня при вязкости нефти 10 000 mPa.s. В связи с этим был сделан вывод, что для всех нефтей можно было бы установить какой-то общий применимый предел вязкости, например, от 2000 до 5000 mPa.s. Недавние исследования показали, что дело отнюдь не в этом. Современные диспергаторы, применяемые для ликвидации разливов нефти, в целом сохраняют свою эффективность при вязкости нефти, достигающей 5000 mPa.s или выше, и их результативность постепенно снижается с повышением вязкости нефти. Нефти же с вязкостью, превышающей 10000 mPa.s, в большинстве случаев не поддаются диспергированию. Однако не менее важным, чем вязкость, представляется компонентный состав нефти. Это лишь два из целого ряда факторов, которые влияют на результативность диспергирующих веществ. Другими не менее

важными факторами являются количество волновой энергии, тип диспергирующих материалов и скорость обработки диспергаторами. Для многих тяжелых нефтей характерны комплексные реологические свойства при температурах, встречаемых в море. Простое значение вязкости не всегда является хорошим показателем реологических свойств этих нефтей при низких температурах морской среды.

Возможно диспергирование более легких сортов промежуточных топливных фракций (IFO), таких, как IFO-30 и IFO-80. Диспергирование можно также проводить в отношении некоторых сортов нефтяного топлива средней плотности (MFO, IFO-180 или нефтяное топливо No. 4), особенно в теплых водах и при бурном море. Некоторые виды тяжелого дизельного топлива (HFO, IFO-380, бункерное топливо С высокой вязкости (флотский мазут), нефтяное топливо No. 6) могут переходить в дисперсное состояние при соблюдении некоторых условий, встречающихся в тропических морях, при условии, что распыление диспергаторов произошло сразу же после факта разлива. Их диспергирование маловероятно в холодных водах. Виды тяжелого топочного мазута, такого, например, который разлился из «Эрики», невозможно диспергировать, так как их вязкость слишком высока, и потом они плавают на поверхности моря в виде толстых «блинов», слишком толстых, чтобы их можно было обработать с помощью диспергаторов. Однако сортность нефтяного топлива (которая определяется вязкостью нефти при температуре 50°С или 100°С) это всего лишь примерный показатель вязкости и диспергируемости нефти при температуре морской воды. Максимально допустимая температура застывания для сортов нефтяного топлива средней и высокой плотности составляет +30°С. Такая высокая температура застывания характерна не для всех видов нефтяного топлива, но тех из них, для которых она характерна, затвердевают ниже этой температуры, и поэтому не диспергируются.

В широком смысле начальная вязкость любой нефти может служить показателем вероятной результативности диспергирующих веществ. Применение диспергаторов для ликвидации разливов большинства нефтей, вероятно, будет успешным при условии, что диспергаторы будут распылены еще до того, как нефть в значительной степени «выветрится». То, каким образом меняются состав и физической свойства по мере «выветривания» нефти является главной характеристикой, определяющей способность нефти к диспергированию. Легкие нефтепродукты, такие как керосин, дизельное топливо и бензин, на практике не пригодны для обработки диспергирующими веществами в силу своей высокой летучести и того, что, расползаясь быстро по поверхности моря, образуют тонкую пленку, которую минуют капельки диспергаторов.

Выветривание нефти

По мере того как все больше летучих компонентов нефти испаряются и нефть сливается с каплями воды, образуя водонефтяную эмульсию, происходят изменения в физических свойствах и составе разлитой нефти. Деформирование и сжимание эмульгированной нефти, происходящие под воздействием волн, уменьшают средний размер водяных капелек внутри нефти. Это приводит к продолжающемуся нарастанию вязкости эмульсии, даже в тех случаях, когда водосодержание достигает своего максимума, то есть обычно 75% объема. Асфальтеновые компоненты осаждаются из нефти, образуя стабилизирующий слой вокруг капелек воды, и со временем эмульсия становится все прочнее. Все эти процессы приводят к повышению вязкости и стабильности эмульгированной нефти, и со временем применение диспергентов становится все менее эффективным. Скорость прохождения этих процессов зависит от состава нефти и преобладающей температуры, скорости ветров и волновой обстановки.

Агентство морской и береговой охраны Великобритании располагает средствами применения диспергаторов с воздуха и соответствующим самолетом наблюдения. В 1996 году при разливе нефти из «Си Эмпресс» широко применялась стратегия ликвидации разливов с помощью диспергаторов.

Снижение эффективности диспергаторов вызвано отчасти повышением вязкости, но оно также связано со стабильностью эмульсии. Некоторые недавно разработанные диспергаторы обладают способностью «взламывать» эмульсию (вызывая обратное превращение в нефтяную и водную фазы), особенно в тех случаях, когда эмульсия только что образовалась и еще не полностью стабилизировалась. Некоторые «свежие» эмульсии диспергируются. Было установлено, что двойная обработка диспергаторами, например, в пропорции 1:60 на первом этапе, за которой примерно через час следует вторая обработка при более высоком соотношении диспергаторов к нефти, например, 1:20, может быть эффективной. Однако по мере того, как процесс выветривания эмульгированной нефти продолжается, эмульсия становится все более стабильной и результативность диспергаторов снижается. Отсюда, необходимо обеспечить оперативное распыление диспергирующих агентов, даже если некоторые современные диспергаторы способны расширить «окно благоприятной возможности» больше, чем другие аналогичные материалы.

Тип диспергаторов, способ применения и скорость обработки

Хотя многие диспергаторы способны обеспечить минимальный уровень результативности, определенный национальными нормативными требованиями, не все диспергаторы одинаковы. В частности, важно осознавать ту значительную разницу в результативности между более старыми «классическими» диспергаторами или диспергаторами «на углеводородной основе», с одной стороны, и более эффективными «концентрированными» диспергаторами, доступными в наши дни. Диспергаторы «на углеводородной основе» гораздо менее эффективны, чем «концентрированные» диспергаторы, появившиеся сегодня, даже когда их вносят в пропорциях, превышающих обычные пропорции в десять раз. Даже между самыми последними из них, появившимися на рынке, существуют значительные различия в том, что касается их возможностей. Некоторые диспергаторы более эффективны при ликвидации каких-то нефтей, чем другие диспергаторы. Испытания тех или иных диспергаторов в процессе составления планов действий на случай чрезвычайных ситуации поможет установить наиболее эффективные диспергаторы для той или иной нефти и состояния выветривания.

Результативность диспергаторов зависит от преобладающих условий в море. В условиях штормовой обстановки применение диспергаторов способствует более быстрому диспергированию. Есть какой-то предел морской обстановки, выше которого распыление диспергаторов становится нецелесообразным, потому что разлитая нефть будет постоянно накрываться волнами. Диспергаторы можно распылять в условиях полного штиля, если в течение нескольких часов прогнозируется штормовая обстановка. Диспергирующие вещества останутся с нефтью и приведут к быстрому диспергированию, когда волновое воздействие станет достаточным. Следовательно, диспергаторы можно быстро вносить и применять в таких условиях на море, когда сбор нефти будет нереальным.

Диспергаторы необходимо распылять равномерно и аккуратно по всей площади разлитой нефти. Рекомендуемая пропорция внесения современных диспергирующих веществ в неразбавленном виде составляет 1 часть диспергаторов к 20 или 30 частей нефти. Более низкие пропорции могут принести хорошие результаты при свежем разливе легкой нефти. Обеспечить внесение диспергаторов именно в той пропорции, которая рекомендуется, всегда трудно, так как мощность слоя нефтяного разлива может сильно колебаться по площади. Распылять неразбавленные диспергаторы рекомендуется со специальных судов или средств авиации, хотя при внесении их с морских судов можно разбавлять их морской водой, если имеется соответствующее оборудование. Необходимо помнить, что применение реагентов, разбавленных морской водой, эффективно только в отношении нефти, обладающей малой вязкостью. В тех случаях, когда вязкость нефти превышает 1000 mPa.s, необходимо применять диспергаторы в чистом и неразбавленном виде.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСПЕРГАТОРОВ ПРИ РАЗЛИВЕ НЕФТИ С ТАНКЕРА «СИ ЭМПРЕСС»

15 февраля 1996 года вскоре после 8 часов вечера нефтяной танкер «Си Эмпресс» с грузом 131 тыс. тонн нефти Forties blend на борту подходил к Милфорд-Хейвен, в Пемброукшире, одной из самых больших и посещаемых естественных гаваней Великобритании. Последующие дни стали свидетелями разлива на воду примерно 72 тыс. тонн легкой нефти Forties и 480 тонн нефтетоплива, в результате чего было загрязнено около 200 километров береговой линии, прежде чем в результате сложной аварийно-спасательной операции удалось установить контроль над утечкой нефти из танкера. Загрязненная полоса побережья прежде изобиловала представителями животного мира и славилась своей красотой. Только в среду 21 февраля в период прилива удалось снять судно с мели и отбуксировать его к пристани, где была откачана оставшаяся в цистернах трюма нефть.

Разлив с участием «Си Эмпресс» повлек за собой гибель многих тысяч морских птиц, однако популяции этих видов пострадали не сильно, и каких-либо свидетельств воздействия произошедшего на воспроизводство пернатых обнаружено не было. Популяция наиболее пострадавшей морской птицы, обыкновенного турпана, восстановилась в течение двух лет. Погибло множество морских организмов в результате попадания свежеразлитой нефти на берег (например, моллюски под названием блюдечко и усоногие раки) или когда повышенное содержание углеводородов в толще воды стало оказывать губительное воздействие на двустворчатых моллюсков и других существ, обитающих на осадочных отложениях. Из некоторых районов разлива исчезли популяции ракообразных, а на других участках их численность резко сократилась. Восстановление этих популяций происходило медленно. Похоже, что млекопитающие избежали воздействия. Хотя концентрации нефтяных компонентов в ткани некоторых видов рыб временно возросли, большая часть рыбных запасов пострадала лишь незначительно, если вообще пострадала, и очень немногие из рыб погибли. В целом рыбные запасы не пострадали. Запрет на рыбную ловлю повлек за собой трудности для семи сотен рыбаков местной рыбной промышленности, зарабатывающей 20 ф. ст. в год, пока не были урегулированы последовавшие иски о выплате компенсаций. Через два года рыболовство возобновилось в прежних масштабах.

Представляется, что, несмотря на то, что в очень чувствительном районе было разлито очень много нефти, воздействие оказалось намного меньше того, что ожидалось многими людьми. Это было связано с целым рядом факторов, в частности, временем года, типом нефти, погодными условиями на день аварийного разлива, мерами по ликвидации загрязнения и природной устойчивостью многих видов морской фауны. Если бы этот инцидент произошел на несколько недель позже, если бы ветер дул с другого направления в дни, последовавшие после разлива, или если бы нефть была более

(продолжение следует)

Дата (февраль 1996 г.)	Время (по Гринвичу)	Расчетные цифры разлива (тонны)	Примененные диспергаторы (тонны)
15	20:00–22:00	2000	
16			2
17	20:00–23:00	5000	2
18	10:00–13:00	2000	29
18	21:00–24:00	5000	
19	10:00–13:00	8000	57
19	22:00–01:00	20 000	
20	10:00–13:00	15 000	110
21	00:00–02:00	10 000	179
21	11:00–14:00	5000	
22	–	–	67
Итого		**72 000**	**446**

Таблица из материала «Суммарная экологическая польза» в итоге успешного применения диспергаторов при ликвидации разлива нефти из танкера «Си Эмпресс», представленная на Международной конференции по разливам нефти (IOSC) в 1997г.

…Применение диспергаторов при разливе нефти из «Си Эмпресс» (продолжение)

тяжелого типа, то животный мир и экономика юго-западного Уэллса пострадали бы намного больше.

С 16 по 22 февраля, группа из семи самолетов DC-3, предназначенных для распыления диспергаторов, а также самолет «Геркулес», оснащенный системой авиационной доставки диспергаторов (ADDS), направляемые самолетом, оснащенным средствами дистанционного обследования, участвовали в борьбе с нефтяным разливом в море, сбросив в море в общей сложности 446 тонн диспергирующих веществ. Каждый день приносил свежий выброс нефти на побережье в результате отлива. После 22 февраля распыление диспергаторов было прекращено, так как нефть, оставшаяся на поверхности, разделилась на пятна, слишком малые, чтобы их можно было эффективно обработать или же перешла в эмульсионное состояние и выветрилась настолько, что уже ее невозможно было обработать с помощью диспергаторов.

Хотя оперативное и широкомасштабное применение диспергаторов в отношении разлива нефти, вероятно, привело к увеличению воздействия нефтепродуктов на морскую фауну на дне моря, и, возможно, способствовало гибели двустворчатых моллюсков и других существ и сокращению популяции ракообразных на других участках, похоже, что в целом оно было полезным, снизив общее воздействие разлива. По расчетам, примерно от половины до двух третей из 37 тысяч разлившейся нефти было успешно обработано и диспергировано. От 20 тысяч до 25 тысяч тонн нефти, диспергированных таким образом, превратилось в 100 тыс. тонн эмульгированной нефти. Часть ее определенно оказала бы воздействие на побережье и причинила бы экологический ущерб, что повлекло бы за собой неимоверные затраты, связанные с ее удалением. Применение диспергаторов несомненно снизило расходы на ликвидацию и в целом уменьшило общее экологическое воздействие.

Резюме по заключительному отчету Комиссии по оценке экологических последствий, связанных с разливом из «Си Эмпресс» (SEEEC) под названием «Экологическое воздействие на море в результате разлива нефти из танкера «Си Эмпресс».

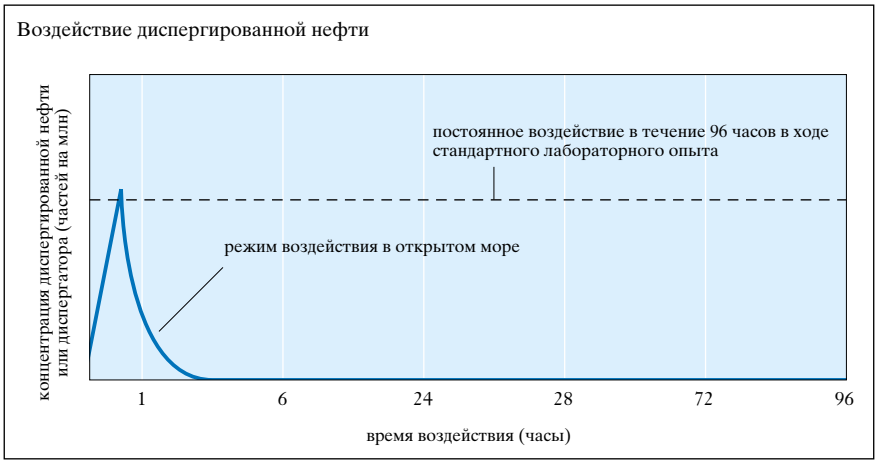
ПРОВЕРКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И ТОКСИЧНОСТИ

До тех пор, пока нефть полностью не исчезнет с поверхности воды вскоре после распыления диспергирующих агентов при реальном разливе, расчет степени эффективности может стать нелегким делом. Об эффективности диспергаторов обычно судят по внешнему виду их действия, и сделать на основании этого вывод о фактических концентрациях диспергированной нефти в толще воды трудно. Уровень нефти в воде оценивается на основании лабораторных анализов проб воды, взятых во время многих исследований и фактических разливов, и получаемые данные свидетельствуют о том, что концентрации нефти после диспергирования невысоки. В верхних нескольких метрах толщи воды они редко превышают 100-200 частей на миллион (ppm), и в течение короткого периода они обычно колеблются пределах от 20 до 60 частей на миллион. Уровни, замеренные при разливе нефти на «Си Эмпресс», не превышали в среднем 10 частей на миллион. В последнее десятилетие начали прибегать к методу ультрафиолетовой фторометрии (UVF), которая дает возможность постоянного мониторинга содержания нефти в воде. Однако, этот метод позволяет получить только количественную оценку эффективности. Его главное достоинство в том, что он подтверждает то, что диспергаторы приносят положительный эффект.

В ходе широкомасштабных опытных исследований были получены удовлетворительные материальные балансы. Был проведен также ряд лабораторных исследований меньшего масштаба, результаты которых дают возможность оценить эффективность диспергаторов. Назначение этих исследований в том, чтобы сравнить эффективность действия различных диспергаторов. В процессе таких исследований диспергаторы добавляются к нефти в определенном соотношении к ней и перемешиваются различными способами, например, посредством воздушного потока, вращения, кручения, перемешивания и т. д. Результаты таких исследований в большой степени являются функцией величины энергии перемешивания и других параметров опытных исследований. Эффективность замеряется с использованием таких критериев, как количество нефти, диспергировавшейся в воде, размеры капелек и стабильность. Эти исследования полезны в том смысле, что они позволяют классифицировать различные продукты по их эффективности, но они не дают точного прогноза о том, что произойдет, когда диспергаторы будут применены при разливе на море.

Аналогичным образом, имеется немало различных лабораторных методик для исследования токсичности. Полученные результаты полезны для проведения разграничения между высоко- и низкотоксичными продуктами или смесями, но их нельзя надежно использовать для прогнозирования экологических последствий при разливах нефти. Отчасти это связано с теми различными экспериментальными условиями, в которых проходили лабораторные опыты, и различными способами оценки фактического воздействия на организм со стороны нефти, диспергаторов и диспергированной нефти. Еще важнее тот факт, что в ходе стандартных лабораторных исследований время воздействия обычно принимается протяженным, 48-96 часов, а воздействие неослабевающим, в то время как в процессе диспергирования нефти в открытом море морские организмы подвергаются воздействиям в течение более короткого периода, и причем интенсивность этих воздействий быстро снижается. Поэтому разработанные

Воздействие постоянной концентрации диспергированной нефти в течение длительного периода, сопровождающее большинство стандартных лабораторных опытов, намного выше, чем реальное временное воздействие, испытываемое морскими организмами.



новые научно-исследовательские методики, имитирующие реальные экологические условия, кратковременные, снижающиеся воздействия, продемонстрировали, что диспергированная нефть может быть в 100 раз менее токсичной, чем в описаниях, составленных на основе применения стандартных методик исследования, предусматривающих неослабевающее воздействие.

Лабораторные и полевые исследования показали, что в вопросах токсичности следует обращать больше внимания на потенциальные экологические последствия, связанные с диспергированной нефтью, а не диспергаторами. В некоторых странах, включая США, токсичность диспергаторов замеряется в лабораториях, но она не используется в качестве нормативного критерия. Современные диспергаторы гораздо менее токсичны, чем диспергированная нефть, поэтому при поиске экологически оптимального решения нужно взвешивать воздействие диспергированной нефти на водные организмы по сравнению с потенциальными воздействиями той же нефти, остающейся на поверхности и/или оседающей на берегу.

РАСПЫЛЯТЬ ИЛИ НЕ РАСПЫЛЯТЬ?

Анализ суммарной экологической пользы

Оценка преимуществ и недостатков распыления диспергаторов является вопросом первостепенной важности в процессе принятия решений. Более того, даже если присутствуют явные потенциальные недостатки, их нужно оценивать, исходя из того, что произошло бы, если бы диспергаторы не применялись. В ходе такого анализа суммарной экологической пользы учитывается множество факторов, например:

- ожидаемые концентрации диспергированной нефти в результате обработки нефтяного пятна диспергаторами и потенциал разбавления в различных водных резервуарах
- токсичность вероятных концентраций диспергированной нефти по отношению к местной флоре и фауне
- распределение и конечное превращение диспергированной нефти в воде, осаждения и организмы
- распределение, конечное превращение и биологические последствия, связанные с нефтью, которые наступили бы, если бы нефть не была обработана диспергаторами, - например, был бы причинен вред береговым популяциям или животному миру
- в случае гибели представителей животного мира, насколько велика вероятность восстановления пострадавших популяций.

Рассматривая эти вопросы, полезно ознакомиться с уже существующими свидетельствами примеров и экспериментов, связанных с предыдущими разливами. Целый ряд таких свидетельств обобщается ниже.

Диспергированная нефть в толще воды

Как уже отмечалось, источниками информации о концентрациях нефти ниже уровней разливов, обработанных диспергаторами, являются в основном натурные эксперименты в открытом море. В научной литературе содержатся данные о результатах обширных экспериментов, проводившихся во Франции, Великобритании, Норвегии, США и Канаде. Замеренные концентрации нефти находятся в диапазоне от менее 1 части на миллион до более чем 100 частей на миллион. Однако большая часть данных указывают на содержание менее 60 частей на миллион. Со временем и глубиной концентрация быстро падает. Обычно максимальные концентрации встречаются в верхнем метровом слое воды в течение одного часа после обработки (см. графики на следующей странице).

Каков ущерб от таких воздействий для морской флоры и фауны? В ходе детального изучения этого вопроса Национальным исследовательским советом (1989 г.) был сделан вывод о том, что «воздействия, оказываемые в толще воды в естественных условиях как необработанной, так и химически диспергированной нефтью, как правило меньше воздействий, при которых наступает гибель или страдает поведение большого числа живых существ при различных жизненных циклах. Этот вывод подкреплен множеством лабораторных исследований. Кроме того, в силу того, что диспергаторы вносятся в малых пропорциях (3-5 процентов) от присутствующей нефти, по

всеобщему мнению, потенциальное токсическое воздействие может иметь место в основном в результате воздействия высоких концентраций диспергированной нефти, а не воздействия диспергирующих веществ.

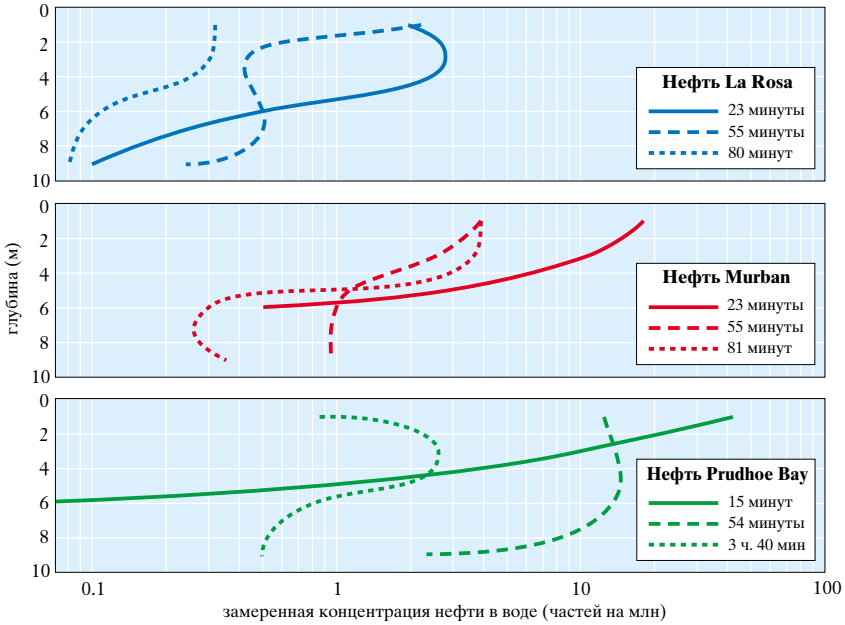
Особую озабоченность нередко вызывают прибрежные участки, где мелководье ограничивает процесс разбавления. Информация по прибрежным участкам была получена в результате экспериментов Сирспорте, TROPICS (эксперимент по изучению воздействия диспергированной нефти, проведенный в Панаме) и BIOS (опытная ликвидация разлива нефти в районе о-ва Баффин) (более подробно описаны на страницах 22, 24 и 25), в ходе которых на мелководных участках вносились заранее смешанные нефтепродукты и диспергаторы. В ходе эксперимента в Сирспорте, концентрации в 10 см над дном моря (3 метра глубина максимум) достигали максимума 20 и 40 частей на миллион и снижались до фоновых концентраций в течение двух приливных циклов. Какие-то свидетельства неблагоприятных биологических последствий отсутствовали.

В целях рассмотрения сценария «наихудшего варианта» был проведен эксперимент TROPICS, при средней глубине воды, не превышающей 1 м, и концентрациях диспергированной нефти до 222 частей на миллион. Хотя мангровые заросли только выиграли от диспергирования, эксперимент отрицательно отразился на численности кораллов и других рифовых организмов, скорость роста одного вида кораллов замедлилась, и не было или почти не было отмечено воздействия на морские водоросли. Максимальная концентрация, зафиксированная в ходе эксперимента BIOS, составила 160 частей на миллион на глубине 10 м, однако в этом случае контролируемый выброс приготовленной смеси нефти и диспергаторов происходил под водой. Были отмечены существенные поведенческие последствия для части морской фауны, находящейся ниже приливно-отливной зоны, однако массовой гибели не наблюдалось.

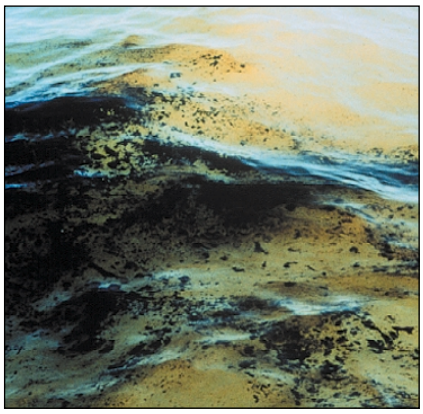
Во время разлива нефти на танкере «Си Эмпресс» мониторинг концентраций нефтепродуктов на разных глубинах проводился методом ультрафиолетовой фторометрии (UVF). Концентрации нефтепродуктов ниже уровня

На графиках показаны кривые изменения концентраций в зависимости от глубины для трех типов нефти после обработки диспергаторами. Данные были получены в результате опытов в условиях моря у побережья штатов Нью-Джерси и Калифорнии, которые показали уменьшение концентраций диспергированной нефти во времени и с глубиной, и на глубине, приближающейся к 10 метрам, они как правило не превышают концентрации 1 часть на млн.

Кривые изменения концентраций трех типов нефти после обработки диспергаторами



необработанной нефти составляли 3 части на миллион на глубине одного метра и менее 0.4 частей на миллион на глубине 4 метров под водой. После распыления диспергирующих веществ, концентрации нефтепродуктов поднялись до 10 частей на миллион на глубине одного метра, до 3 частей на миллион на глубине 4 метров и 3 частей на миллион на глубине 15 метров. Концентрации нефтепродуктов на всех глубинах снизились до 1 части на миллион в течение двух дней. Несмотря на то, что в воду попали большие объемы нефти, это не отразилось на поголовье рыб, не было также получено четких свидетельств о том, что хозяйственным рыбным запасам, в том числе съедобным моллюскам и ракообразным, был причинен какой-то ущерб. И то воздействие на эти последние виды, которое было отмечено (главным образом двустворчатые моллюски), едва ли можно было отнести за счет примененных диспергаторов.



В некоторых обстоятельствах вполне возможно успешно применить диспергаторы в отношении выветрившейся нефти. На фото показано опытное диспергирование нефти Alaskan North Slope в 1997 году в условиях моря. Нефть обрабатывалась по технологии Администрации по атомной энергии (AEA) после 55 часов выветривания при вязкости 15000–20 000 mPas. На фото ясно видно облако диспергированной нефти.

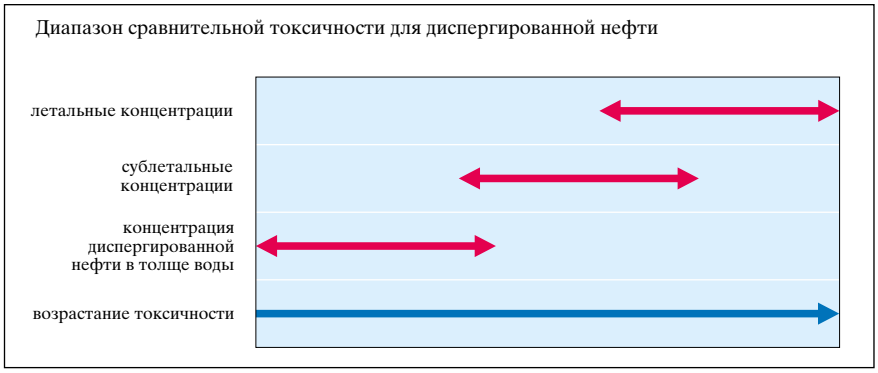
Использование диспергаторов в водоемах пресных вод обычно не рекомендуется. Тем не менее их использование может быть оправдано, если аварийный случай произошел, например, в широкой реке с быстрым течением, особенно в случаях, когда неприменение этих реагентов может привести к прямому загрязнению нефтью, например, заболоченных берегов.

Полевые эксперименты, задача которых сравнить экологические последствия применения и неприменения диспергаторов

Хотя в некоторых случаях диспергирование нефти может повлечь за собой неблагоприятные последствия, возникает необходимость сравнить их с последствиями, возникающими, если нефть ничем не обработана. Был проведен целый ряд натурных экспериментов, когда сравнивалось воздействие обработанной химическими реагентами нефти и воздействие необработанной нефти, и результаты представляют особый интерес для составителей планов действий в чрезвычайных ситуациях.

Существует весьма скудная сравнительная информация по птицам и млекопитающим. Ясно одно – непосредственный контакт птиц и защищенных шкурой млекопитающих, таких, как каланы, с нефтепродуктами может оказаться губительным для них, и очевидно, что перевод нефтяных пятен на воде в дисперсное состояние должен оказать благотворное воздействие, так как он снижает риск такого загрязнения. Более того, диспергирование снижает риск того, что нефтепродукты могут попасть внутрь организма птиц.

В целом, несмотря на различную чувствительность разных видов к диспергированной нефти, сравнение между результатами исследования на токсичность и фактические наблюдения в полевых условиях показывают, что концентрации нефтепродуктов, замеренные в море после применения диспергаторов, в целом гораздо ниже летальных концентраций, зарегистрированных в процессе лабораторных исследований.



Диапазон сравнительной токсичности диспергированной нефти: в условиях надлежащего применения, в силу процесса «разбавления», фактическая токсичность диспергированной нефти обычно намного ниже летальной.

В таблице суммируется опубликованная информация, в которой проводится сравнение между воздействием диспергированной и необработанной нефтью (масштабные эксперименты в естественных условиях)

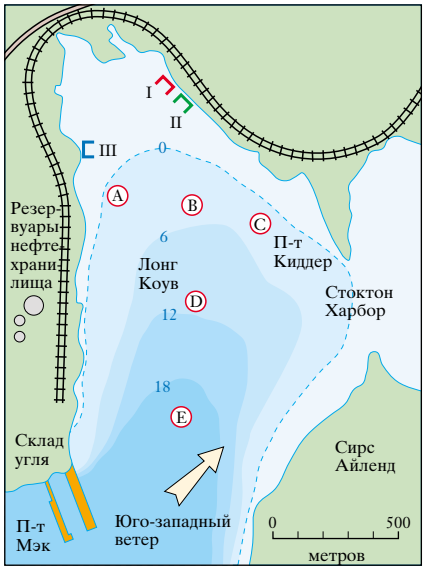
Среда обитания/место/ссылки	Выводы
Мангровые заросли, Малайзия, Лаи и Фэн (1985 г.)	По отношению с молодым мангровым зарослям не обработанная диспергаторами нефть оказалась более токсичной, чем диспергированная нефть. Процесс выветривания и нейтрализации необработанной нефти занял гораздо больше времени, чем аналогичный процесс в отношении обработанной диспергаторами нефти.
Мангровые заросли / коралловые рифы/водоросли, эксперимент TROPICS, Панама, Баллу и др. (1989 г.)	Свежеразлитая необработанная нефть оказала сильные долговременные последствия на жизнедеятельность мангровых зарослей и соответствующей фауны. Обработанная в воде диспергирующими химикатами нефть оказала незначительное воздействие на мангровые заросли, но от нее пострадали кораллы и водоросли. (Более подробно этот эксперимент описан в отчете IPIECA «Биологическое воздействие нефтяного загрязнения: коралловые рифы».)
Коралловые рифы, Остров Жураид, Саудовская Аравия, Ле-Кор и др. (1989 г.)	Один год наблюдений не зафиксировал никаких видимых последствий для кораллов со стороны нефти, плавающей на поверхности (0.25 мм толщина слоя), или только диспергаторов (внесенных в пропорции 5% от объема нефти). Опыт показал отсутствие какого-то воздействия со стороны диспергированной нефти в течение 24 часов после внесения реагентов и незначительное воздействие после 5 дней воздействия. Эти последствия включили в себя выцветание и потерю способности переносить зимний период для 5% всех кораллов.
Отложения в зоне прилива, Сирспорт, шт. Мэйн, США, Пейдж и др. (1983 г.), Джилфиллэн и др. (1983 и 1984 гг.)	Был произведен выброс нефти, обработанной диспергаторами, и нефти, не обработанной диспергаторами. Какие-либо свидетельства неблагоприятного воздействия со стороны диспергированной нефти на фауну приливных отложений отсутствовали. Выброс необработанной нефти возымел явные последствия, вызвав в том числе гибель коммерчески ценных двухстворчатых моллюсков. Более подробно об этом эксперименте смотри на стр. 24-25.
Приливные и мелководные участки в зоне Арктики, о-в Баффин, эксперимент BIOS, Канада, Серджи и Блэколл (1987 г.)	Был произведен контролируемый выброс необработанной нефти на испытательном участке, окруженном боновым заграждением, которая под контролем попала на побережье. С помощью диффузного распылителя, установленного ниже приливной зоны у побережья, посредством выброса смеси нефти/ диспергаторов/морской воды было создано нефтяное дисперсное облако. «Несмотря на необычно суровые условия воздействия химически диспергированной нефти, воздействие на типичную бентическую среду мелководья было незначительным в экологическом отношении.» Организмы приливной зоны быстро аккумулировали дисперсную нефть, но большая ее часть разложилась или очистилась в течение одного года. Остатки необработанной нефти оставались на побережье еще два года, какая-то часть была перенесена на соседние приливные отложения.
Каменистая приливная зона, осадочные берега, солончаки, Великобритания, Бейкер и др. (1984 г.)	В целях активизации очистки берега загрязненные нефтью участки были обработаны диспергаторами. В целом, диспергаторы не привели к увеличению биологического ущерба, причиненного нефтью, но эффективность очистки была ограничена. На некоторых участках отложений концентрации обработанных нефтепродуктов были более высокими, чем концентрации необработанной нефти.
Мезокосмовые эксперименты со смоделированным разливом нефти в зоне побережья (COSS) в шт. Техас, 1999 г., Фуллер и др. (1999 г.)	Для оценки летальных и сублетальных воздействий диспергированной и необработанной нефти на прибрежную морскую фауну, были проведены масштабные мезокосмовые эксперименты. Результаты показывают, что перевод нефти в дисперсное состояние не приводит к повышению токсичности по сравнению с необработанной нефтью, но ускоряет уход нефти из береговых участков.

Результаты исследований, проведенных Национальным исследовательским советом в 1989 году, показывают, что применение диспергаторов в качестве «шампуней» при экспериментах по очистке от загрязнения нефтью повышает смачиваемость шкуры и перьев животных и птиц, что может привести к смерти от гипотермии. Это позволяет предположить, что непосредственное противоаварийное распыление неразбавленных диспергаторов может причинить вред живой природе. Был сделан вывод, что необходимо тщательно следить за тем, чтобы распыление происходило как можно дальше от пернатых и млекопитающих.

Экономические аспекты

Экономические факторы неизбежно играют важную роль при принятии решений относительно того, распылять или не распылять диспергаторы. Например, туристский пляж или пристань для яхт могут приносить неплохой доход местной экономике (по крайней мере, сезонный), и поэтому они будут приоритетами при защите от разлива нефти, при необходимости, будут применяться диспергаторы в отдалении от берега. Другие районы могут иметь развитую промышленность с водозаборами для систем охлаждения, опреснительных установок или аквариумов. В таких случаях, меры по ликвидации должны будут снизить пагубный эффект для промышленного производства, возможно, использование вблизи водозаборов будет не лучшим вариантом. Экономические и биологические соображения могут совпадать: например, мангровые болота могут иметь значение как с экологической, так и экономической точки зрения и поэтому могут потребовать приоритетных мер по защите, что некоторых случаях может включать в себя распыление реагентов у побережья. Экономические соображения вошли в некоторые из гипотетических сценариев в разделе «Диспергаторы и планирование действий в кризисных ситуациях» на стр. 26.

ЭКСПЕРИМЕНТ В СИРСПОРТЕ

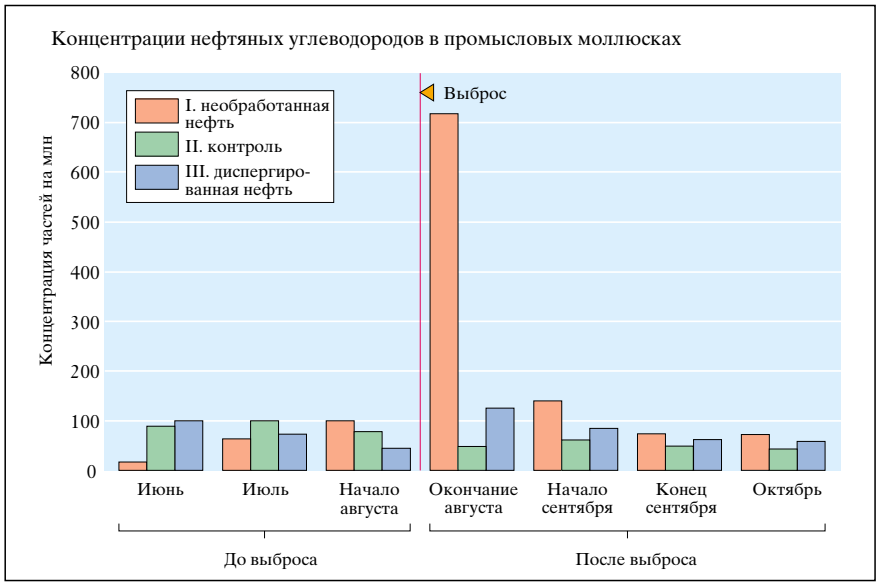


Карта эксперимента в Сирспорте. На ней указаны опытные участки приливной зоны (I-III) и пункты отбора проб в приливной зоне (A-E). На участке 1 проводилось опытное воздействие необработанной нефти, участок II выполнял роль эталонного участка, на котором не проводилось воздействие, и на участке III испытывалось воздействие нефти плюс диспергаторов.

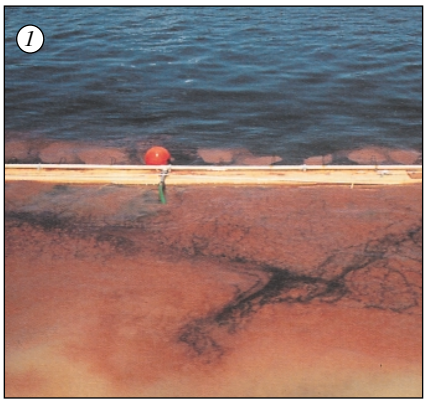
Задача этого эксперимента, проводившегося в натурных условиях, была получить количественную информацию по конечному превращению и воздействию диспергированной и необработанной нефти в прибрежной зоне. В мелководной зоне (глубина менее 4 м), на опытных участках в районе Сирспорта, штат Мэн, в августе 1981 года было произведено два контролируемых выброса по 250 галлонов нефти Murban, первый – необработанная нефть и второй – диспергированная нефть. В течение одного года исследований исходного состояния до начала эксперимента, а также после эксперимента с разливом отбирались пробы воды, осадочных отложений и морских организмов.

Были сделаны следующие важные заключения:

- диффузия капелек химически диспергированной нефти вниз привела к потере летучих углеводородов
- нефть лишь в незначительной степени инкорпорировалась отложениями, оказавшимися под воздействиями облака дисперсной нефти
- необработанная нефть в значительной степени инкорпорировалась отложениями, оказавшимися под воздействиями этой нефти, причем бóльшая часть ее оказалась в верхних слоях береговых пород
- были получены значительные доказательства того, что фауна зоны отложений не пострадала от воздействия диспергированной нефти
- были получены явные доказательства того, что фауна зоны отложений серьезно пострадала от воздействия необработанной нефти.

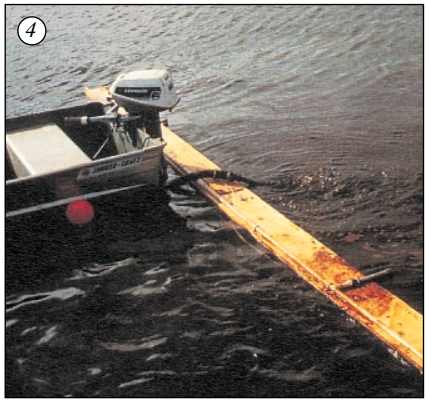


Концентрация нефтяных углеводородов (ароматических) в промысловых моллюсках, эксперимент в Сирспорте. Высокие концентрации в моллюсках приливной зоны на 1-м участке (необработанная нефть); незначительные концентрации в моллюсках 3-го участка. Аналогичные результаты были получены по алифатическим углеводородам и мидиям.



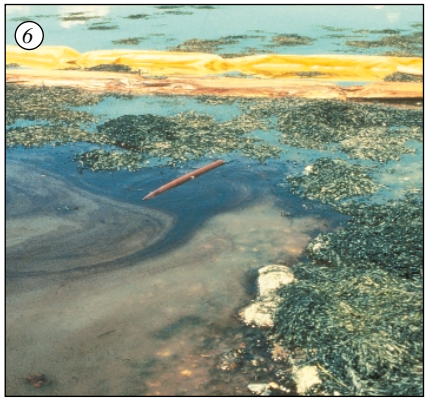
1. Выброс в воду диспергированной нефти

2. Перемешивание диспергированной нефти с водными массами



3. Вид сверху на диспергированную нефть

4. Выброс в воду необработанной нефти



5. Вид сверху на контакт с берегом разлитой необработанной нефти

6. Необработанная нефть на побережье

7. Судно для отбора проб воды

8. Отбор проб моллюсков

ДИСПЕРГАТОРЫ И ПЛАНИРОВАНИЕ ДЕЙСТВИЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Получение предварительного разрешения на применение диспергаторов

«Окно благоприятной возможности» эффективного применения диспергаторов после разлива начинается сразу же после того, как произошел сам разлив нефти на море. Во время многих крупных разливах нефти происходили последовательные выбросы нефти при разломах корпуса судна или выхода нефти во время прилива. У каждого очередного разлива нефти есть свое «окно благоприятной возможности», продолжительность которого зависит от ряда факторов. В случаях разлива легкой нефти «окно благоприятной возможности» может длиться до одной недели или более того. В случаях разлива тяжелой нефти «окно благоприятной возможности» может быть настолько коротким, что его практически не увидишь. Обычно такой разлив не продолжается более двух-трех дней, поэтому так важно приступить к распылению диспергаторов как можно скорее. А для этого существенно важно заручиться предварительным разрешением на вариант диспергаторов.

Прежде всего, необходимо получить согласие в принципе с возможностью внесения диспергаторов на конкретных участках при определенных условиях. Это потребует учета таких факторов, как относительная важность ресурсов, подвергаемых риску, глубина воды, течения, характеристика волнового режима и энергия перемешивания, и расстояние от уязвимых ресурсов. Наличие информации экологического характера, предпочтительно представленной на картах уязвимых участков, становится существенным фактором для любого района, в отношении которого существует план действий в кризисных ситуациях в связи с разливом нефти. Такую информацию можно использовать в сочетании с предыдущими примерами и данными, полученными в ходе экспериментов (подобными тем, которые обобщены в этом докладе), с тем чтобы определить, где применение диспергаторов будет обоснованным выбором.

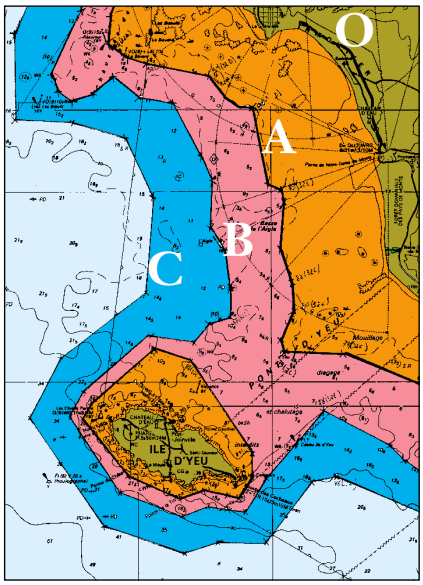
Во-вторых, в отношении указанных материалов необходимо получить разрешение, и их следует хранить в определенных местах готовыми к использованию. Выдаче разрешения на применение диспергирующих материалов обычно предшествует проверка их эффективности и токсичности. Следует учесть местные условия (например, засоленность, ключевые виды местной флоры и фауны).

В-третьих, существуют организационно-технические потребности, такие как разрешение в принципе на применение авиации в определенных районах, которое должно сопровождаться контролем со стороны авиадиспетчерской службы и возможностями дозаправки и погрузки.

Процесс предварительного согласования должен разрабатываться потенциальными ликвидаторами во взаимодействии со всеми необходимыми организациями (государственными структурами, природоохранными организациями, исследовательскими институтами), и он должен включать в себя:

- определение типов нефти, сценариев и географических зон, в которых применение диспергаторов является обоснованным с организационно-технической точки зрения;
- анализ суммарной экологической пользы – учет преимуществ и недостатков применения диспергаторов по сравнению с преимуществами и недостатками других вариантов борьбы с разливами нефти, и
- в свете вышесказанного: выявление участков и ситуаций, при которых в отношении использования диспергаторов может быть получено предварительное разрешение или оно может быть не получено; все ограничения должны быть четко показаны на картах экологически чувствительных зон

В некоторых странах четко обозначаются зоны вдоль линии побережья, где использование диспергирующих веществ может быть ограничено. Такие зоны могут определяться либо глубиной дна, либо расстоянием от берега, либо тем и другим. За пределами таких зон диспергаторы могут применяться при оказании минимального воздействия на окружающую среду. Распыление диспергаторов в границах этих зон может быть запрещено или потребует специального предварительного разрешения от местных властей.



Пример использования диспергаторов во Франции зоны ограничения:

O: береговая линия

A: лимит диспергирования до 10 тонн нефти

B: лимит диспергирования до 100 тонн нефти

C: лимит диспергирования до 1000 тонн

На рисунке показаны географические рамки, указанные в таблице слева.

Определение географических рамок использования диспергаторов у побережья Франции

Объем загрязнения, подлежащего диспергированию	*Минимальная глубина*	*Минимальное требуемое расстояние до берега*
До 10 тонн нефти	5 м	0.5 морской мили
До 100 тонн нефти	10 м	1 морская миля
До 10000 тонн нефти	15 м	2.5 морской мили

Эти зоны могут быть расширены, особенно если затронуты чувствительные ресурсы, такие, как близлежащие морские фермы, морские резерваты, рыбоводные пруды или эстуарии. Причиной этого могут стать также сезонное присутствие мигрирующих видов, сезон гнездования или нереста. Наличие течений, которые способны переносить диспергированную нефть в сторону чувствительных ресурсов также может привести к пересмотру размеров таких зон.

Ключевые вопросы, касающиеся использования диспергаторов:

Вопросы, требующие ответа	*Информация, необходимая для ответа на вопрос*
Возможно ли диспергирование?	Тип нефти Вязкость нефти Характеристики выветривания нефти
Приемлемо ли диспергирование?	Место разлива Чувствительные ресурсы Географические рамки
Осуществимо ли диспергирование?	Количество нефти Имеющиеся диспергаторы Имеющиеся системы распыления

ПРИМЕРЫ СЦЕНАРИЕВ

Ниже рассматривается ряд гипотетических сценариев, предусматривающих вариант применения диспергаторов с учетом экологических соображений. В каждом случае предполагается, что разлитая нефть принадлежит к типу диспергируемых нефтей и что их применение возможно с организационно-технической точки зрения.

Сценарий: открытое море, нефтяное пятно быстро перемещается в направлении рыбопромыслового района и островов с многочисленными птичьими колониями

Имеющиеся признаки свидетельствуют, что диспергированная нефть будет разбавлена в морской воде до концентраций, которые скорее всего не причинят вреда рыбным запасам. Кроме того, направление ветра исключает движение диспергированной нефти в направлении берега. Икра и личинки рыб более подвержены воздействию, чем взрослые особи, но они как правило сосредоточены в прибрежной воде, а популяции рыб, вероятно, быстро оправятся после кратковременного локализованного воздействия со стороны нефти в дисперсном состоянии. Химическое диспергирование – это хороший способ обеспечить охрану зоны рыбного промысла и побережье, так как оно снижает количество нефти, дрейфующей в направлении этих уязвимых в экологическом отношении районов.

Необработанная нефть, вероятно, приведет к гибели множества птиц. При невозможности локализовать ее физически наиболее желательным способом будет распыление диспергаторов по возможности в отдалении от островов, чтобы избежать прямого контакта между распыленными диспергаторами и пернатыми. Однако возможны сезонные вариации особенно в период гнездования и больших скопления птиц и их рассредоточения в другие времена года. В таких случаях распыление диспергаторов в периоды размножения может принести бóльшую экологическую пользу.

Сценарий: большая река

Локализация разливов при сильных течениях достигается с трудом. Применение диспергирующих веществ может быть оправдано в случае большой реки с быстрым течением, если неприменение диспергаторов подвергает заболоченные берега реки, уязвимые в экологическом отношении, риску нефтяного загрязнения. Разумеется, прежде чем использовать их в условиях реки, необходимо убедиться в том, что вниз по течению отсутствуют какие-нибудь чувствительные ресурсы, например, рыбные хозяйства, водозаборы и т. д. При выборе диспергаторов необходимо учитывать их действие в пресной воде. В связи с отсутствием волновой энергии в реках, необходимо продумать о перемешивании (обычно с помощью водоструйных устройств) чтобы обеспечить диспергирование, в то время как желательно, чтобы течение было достаточно турбулентным, чтобы удержать диспергированную нефть в толще воды (обычно более 0.4 м/сек).

Сценарий: прибрежная зона моря, нефтяное пятно движется через мелководье с коралловыми рифами в направлении мангровых зарослей
Диспергированная нефть, вероятно, причинит ущерб некоторым организмам, обитающим на коралловом рифе, однако необработанная нефть может оказать губительное воздействие на мангровые заросли. Более того, такая нефть, если она задержится в мангровых зарослях, может вымываться еще долгое время в прибрежные воды, являясь источником хронического загрязнения, негативно воздействующего на коралловые рифы. Если есть возможность собрать нефть с поверхности воды, не прибегая к диспергаторам, или защитить мангровые заросли с помощью какого-то физического барьера, то тогда использование диспергаторов было бы оправданным, – как можно скорее и предпочтительно в более глубоководном месте. (Более подробно подобный сценарий описывается в докладе IPIECA «Биологическое воздействие нефтяного загрязнения: коралловые рифы».)

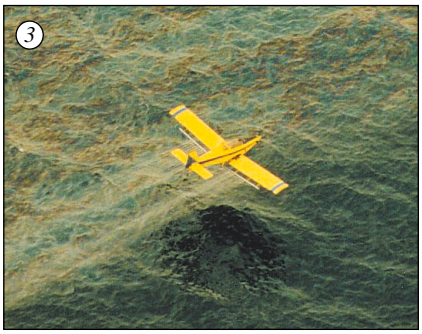
Сценарий: прибрежная зона моря, нефтяное пятно движется через мелководье с коралловыми рифами в направлении песчаного берега
Диспергированная нефть, вероятно, причинит ущерб некоторым организмам, обитающим на коралловом рифе. Песчаный берег, вероятно, относительно непродуктивен с биологической точки зрения и легко поддается очистке от загрязнения. В связи с этим наилучшим решением будет воздержаться от применения диспергаторов, и затем очистить берег от нефти вручную.

Сценарий: прибрежная зона моря, нефтяное пятно движется в направлении промышленного водозабора или гавани
В дисперсном состоянии нефть свободно может пройти под защитным боновым ограждением и, таким образом, попасть в зону водозабора и отрицательно воздействовать на производственные процессы, если водоприемники не будут закрыты на то время, пока дисперсный шлейф нефти не пройдет мимо них. Желательно воздержаться от применения диспергаторов, чтобы нефтяное пятно можно было отвести в сторону, локализовать и собрать. Физически сбор нефти осуществить довольно легко в условиях спокойной воды в портовой гавани.

Сценарий: прибрежная зона моря, нефтяное пятно движется через мелководье с множеством моллюсков в направлении туристской курортной зоны
Применение диспергирующих средств в условиях мелководья может привести к тому, что моллюски, обитающие в приливной зоне, могут начать накапливать в себе нефтепродукты. Массовая гибель маловероятна, и в конечном счете моллюски очистятся от нефтепродуктов, однако на какое-то время они потеряют товарную стоимость. Применение диспергирующих агентов должно снизить до минимума загрязнение нефтепродуктами мест отдыха. Если будет принято решение не использовать диспергаторы, то моллюски и ракообразные пострадают меньше и нефть, которая попадет на сушу, может быть убрана – но на какой-то период времени можно ожидать, что доходы от туристского бизнеса упадут. В этом случае применение диспергаторов будет определяться в основном экономическими соображениями. Вопрос, на который предстоит получить ответ, заключается в том, какой из ресурсов имеет наибольшее экономическое значение. К ответу на этот вопрос могут иметь отношение сезонные колебания.

Сценарий: каменистый берег с ресурсами, представленными морепродуктами приливной зоны (например, лангусты) рядом с берегом
Ликвидация загрязнения на берегу с помощью диспергаторов способна повлечь за собой попадание нефти в прибрежные воды и повысить вероятность накопления морскими организмами нефти. Если же нефть оставить на берегу, то она в любом случае постепенно будет смыта в прибрежные воды. Желательным вариантом в данном случае будет ликвидация загрязнения на берегу физическими методами или же применение очищающих средств, которые позволят удалить нефть с поверхности воды. Однако всякие энергичные усилия по очистке линии берега от нефти могут привести к попаданию нефти обратно в прибрежные воды с соответствующими последствиями.

ВАРИАНТЫ ПРИМЕНЕНИЯ



Идеальные системы распыления распыляют диспергаторы равномерно по площади нефтяного пятна, чтобы обеспечить максимальное перемешивание диспергаторов и нефти и уменьшить снос под воздействием ветра. Размер распыляемых капелек – это ключевая переменная, влияющая на эффективность диспергаторов, скажем, очень маленькие капельки подвержены чрезмерному ветровому сносу. Различные системы применения диспергирующих веществ обладают своими собственными преимуществами и недостатками, описанными вкратце ниже.

- Системы распыления, устанавливаемые на судах, относительно дешевы и могут быть смонтированы на многих типах судов, но скорость сближения с нефтью, которую они обеспечивают, сравнительно низкая. Исследования, проведенные в последнее десятилетие, показали, что скорость сближения с судна можно увеличить, применив пожарную распылительную систему для внесения диспергаторов в тех случаях, когда отсутствует соответствующее устройство распыления диспергаторов. Однако в этом случае диспергатор разводится водой и таким образом теряет свою эффективность, по сравнению с системами, предназначенными для внесения чистого или неразбавленного диспергатора. В силу того, что нефтяные пятна неоднородны по толщине, судам необходимо получать информацию о более мощных зонах нефти от самолета-корректировщика. Конструкция устаревших систем предусматривает распыление в морскую воду классических диспергаторов или предварительного разбавленного концентрата, в то время как более современные системы способны применять концентрированные материалы в чистом виде, иногда регулируя дозировку.
- Использование систем, установленных на летательных аппаратах, позволяет обеспечить оперативное реагирование и высокие темпы обработки разлива нефти. Невысокая полезная нагрузка, характерная для малой авиации, компенсируется гибкостью ее применения, так как у таких самолетов невысокие требования к логистике, и они могут взлетать с примитивных взлетных полос. Однако такие самолеты могут не быть в наличии. Более крупные самолеты, специально предназначенные для ликвидации разливов, или самолеты, в грузовых отсеках которых устанавливаются вместительные контейнеры, способны обеспечить применение диспергирующих материалов в больших количествах, но они дороги и требуют значительного оперативного обеспечения.
- Системы, установленные на вертолетах, могут применяться с баз, расположенных вблизи места разлива, и в условиях ограниченного пространства или отсутствия свободного доступа. Вертолеты – это легкодоступные средства авиации, а распылительные бадьи имеются повсюду. Однако темпы обработки в этом случае как правило ниже, чем при использовании самолетов с неподвижным крылом.

1. *Носовые системы распыления, показанные на этих французских морских судах, являются эффективными средствами применения диспергаторов.*
2. *ADDSPACK (бортовая система доставки диспергаторов) – это система распыления, не требующая стационарной установки на крыле самолета штанг с распыляющими насадками*
3. *Самолет, приспособленный для распыления диспергаторов при ликвидации аварийных разливов нефти*
4. *Вертолет, демонстрирующий бадью для распыления диспергаторов*

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСПЕРГАТОРОВ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ

Применение диспергирующих веществ в береговой зоне требует тщательного учета рисков и выгод.

В целом, применение диспергаторов не следует рассматривать как рядовой метод очистки побережья от загрязнения. Иногда для очистки лучше применить технику или ручные инструменты, используя промывание водой и чистящие средства для очистки побережья.

В противоположность применению диспергаторов в условиях моря, в данном случае присутствует риск подвергнуть морские организмы, обитающие в прибрежных водах и на берегу, воздействию высоких концентраций диспергаторов или диспергированной нефти. В ряде случаев, когда диспергаторами опылялись заводи на скалистом берегу, это влекло за собой серьезные, хотя и локализованные последствия для морских организмов. Если применять диспергаторы в чистом виде, то морские существа, обитающие вблизи берега, могут оказаться под воздействием высоких концентраций диспергаторов и диспергированной нефти в течение длительного периода времени.

Применение диспергаторов не следует рассматривать как рядовой метод очистки побережья

Существует также опасность того, что в условиях определенных типов побережья использование диспергаторов позволит нефтепродуктам просочиться и пропитать берег. Это может произойти при дрейфе нефтяной эмульсии в сторону берега. Толстые подушки высоковязкой эмульсии не смогут просочиться в побережье. Распыление диспергаторов может «разбить» эмульсию, и тогда освобожденная нефть, которая теперь уже будет содержать в себе диспергаторы и иметь пониженную вязкость, сможет просочиться в берег.

Именно поэтому так необходимо удалить основную массу нефтепродуктов, прежде чем рассматривать вопрос о применении диспергаторов. В некоторых обстоятельствах может стать оправданным использование диспергаторов для ликвидации нефтяного загрязнения в приливной зоне, прежде нефтепродукты будут рассеяны наступившим приливом. Эта ситуация может наступить, если берег представляет собой пляж, посещаемый туристами, который должен выглядеть чистым по эстетическим и коммерческим соображениям. Если предстоит использовать диспергаторы для очистки загрязненных нефтепродуктами каменистых участков или искусственных сооружений на культурно-бытовой территории, то тогда диспергаторы следует смешать с нефтепродуктами, используя скребковые щетки. Задача этого – обеспечить хорошее перемешивание нефтепродуктов и диспергаторов, для того, чтобы потом смыть эту смесь морской водой. Однако необходимо учесть последствия диспергирования нефти на мелководных участках. Концентрации диспергированных нефтепродуктов на короткое время могут резко возрасти и причинить вред чувствительным морским организмам, попав внутрь фильтрующих моллюсков и ракообразных, хотя, вероятнее всего, они уже пострадали от первоначального разлива нефти.

В настоящее время широко доступны специальные чистящие средства для очистки берегов. Их особая рецептура предусматривает разрыхление и уборку нефти с поверхности берегов без диспергирования. Нефть, отведенная с берега, может затем быть локализована с помощью боновых заграждений и собрана. Применению этих чистящих средств следует отдавать предпочтение по сравнению с диспергаторами.

ВЫВОДЫ

В данном докладе упоминаются различные преимущества и недостатки диспергаторов, которые можно обобщить следующим образом. Их положительная сторона заключается в том, что они позволяют предпринять оперативные меры ликвидационного характера при самых разных погодных и морских условиях, и это наиболее существенное их преимущество по сравнению с другими вариантами реагирования. Перевод нефтепродуктов в дисперсное состояние способен уменьшить ущерб тем из морских организмов, которые болезненно реагируют на нефтяную корку или ограничение доступа к воздуху (например, птицы, морские выдры и мангровые заросли). Образование пены и загрязнение берега можно снизить, притом, что биологический распад интенсифицируется.

Отрицательная сторона диспергаторов, даже самых современных типов, заключается в том, что диспергаторы не отличаются универсальностью действия в отношении всех нефтепродуктов и при всех условиях. «Окно благоприятной возможности» их применения, хотя и возросшее по сравнению с более ранними типами диспергаторов, в некоторых случаях может быть все еще относительно коротким в силу естественных процессов выветривания, которые постепенно снижают способность нефти к диспергированию. Ограничения логистики могут не позволить обработать всю разлитую нефть, прежде чем закончится «окно благоприятной возможности». При удачном диспергировании происходит перераспределение нефти в толще воды, в то время как в некоторых случаях при недостаточной степени разведения в воде, диспергирующие агенты могут навредить морским организмам, например, рифовым организмам, или же на какой-то период они могут аккумулироваться в морских организмах.

В процессе планирования действий в чрезвычайных ситуациях эти преимущества и недостатки нужно рассматривать с учетом местных условий. Принятие решений – это не чисто научный процесс, он включает в себя учет целого ряда интересов. В большинстве регионов, вероятнее всего, вариант применения диспергаторов в итоге принесет суммарную экологическую пользу при некоторых сценариях нефтяного разлива.

БЛАГОДАРНОСТЬ ЗА СОДЕЙСТВИЕ, ПОЛЕЗНАЯ ЛИТЕРАТУРА И СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Благодарность за содействие
Д-р Дженифер Бейкер подготовила первое издание этого доклада к выпуску из печати в 1993 году. Мы с признательностью отмечаем полезный вклад Х. Эстон, С. Хорн, А. Ладусс, Д. Лессард и П. Шэрт, а также содействие со стороны Э. Джилфиллэн, П. Тейлор и конструктивные замечания и некоторые фотографии, предоставленные Международной Федерацией владельцев танкеров и вопросов загрязнения (ITOPF). Материалы для рисунков и схем на страницах 6, 20 и 24 соответственно были почерпнуты из Каневари/NRC (1989 г.), NRC (1989 г.), Маколифф и др. (1980 и 1981 гг.) и Джилфиллэн и др. (1984 г.). Мы с признательны за фотографии, представленные для 2-го издания AEA Technology, Австралийским Центром ликвидации нефтяных разливов на море (AMOSC), Центром документации исследований и опытов в области аварийных разливов на воде (CEDRE), Oil Spill Response Limited (OSRL) и Агентством морской и береговой охраны Великобритании (MCA).

Работа по редактированию данного 2-го издания (2001 г.) проводилась главным образом Ф. Мерлин (CEDRE) и А. Люис (консультант по разливам нефти). Группа по рецензированию в составе Рабочей группы по вопросам разливов нефти IPIECA включала в себя М. Аль-Зайер («Арамко», Саудовская Аравия), Д. Лессард («Экссон-Мобил»), Д. О'Донован (Корпорация ликвидации разливов на море), А. Саид (Кувейтская нефтяная корпорация-Кувейтская нефтяная компания), П. Тэйлор (OSRL), Д. Торнборо («Бритиш Петролеум», BP) и С. Седдон-Браун (IPIECA), которые представили полезные замечания и консультации. Кроме того, ценный вклад в общую работу внесли Х. Паркер (ITOPF), Т. Брейчер («Шеврон-Тексако»), Р. Холтен («Шеврон-Тексако), А. Мирнс (Национальная океанографическая и атмосферная администрация, NOAA), Т. Льюнел (AEA Technology) и Д. Блэкмор (AMOSC).

Полезная литература и справочные материалы

Методические рекомендации, вышедшие из печати
Имеются следующие рекомендации и руководства по использованию диспергаторов:

CEDRE and French Institute of Petroleum: *Use of Dispersants for Controlling Offshore Oil Slicks: Field Guide for the treatment of slicks by boat* (*Использование диспергаторов при борьбе с разливами нефти на море: руководство по обработке разливов с использованием морских судов*)

DEFRA (Department of the Environment, Fisheries and Rural Affairs), formerly MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food) Publications, London, UK: *The approval and use of oil dispersants in the UK* (*Разрешение на применение и использование диспергаторов в Соединенном Королевстве Великобритании*)

ExxonMobil Research & Engineering Company (2000), *ExxonMobil Dispersant Guidelines* (*Рекомендации по диспергаторам компании* «Экссон-Мобил»), Fairfax, NJ.

IMO/UNEP *Guidelines on Oil Spill Dispersant Application, including Environmental Considerations* (*Рекомендации IMO/UNEP по применению диспергирующих веществ при ликвидации нефтяными разливами*); 1995 edition, International Maritime Organization, London, UK

Institute of Petroleum (2001), *Planning for the Use of Oil Spill Dispersants* (*Планирование использования диспергаторов при ликвидации нефтяных разливов*), London, UK

Научные работы

В различных изданиях было опубликовано большое число научных докладов по диспергаторам. Доклады по конкретным темам, упоминаемые в данном документе, содержатся в следующих источниках.

Aurand, D. *et al*. (2001) Ten years of research by the US Oil Industry to evaluate the ecological issues of dispersant use: an overview of the past decade, (Десять лет исследований, проведенных нефтяной промышленностью США в целях анализа экологических аспектов применения диспергаторов: обзор последних десяти лет), *Proceedings of the 2001 International Oil Spill Conference*, API, Washington, DC.

Aurand, D. *et al*. (2001) Goals, Objectives and the Sponsors' Perspective on the Accomplishments of the Chemical Response to oil Spills: Ecological Effects Research Forum (CROSERF), (Цели, задачи и точка зрения спонсоров на эффективность ликвидации разливов нефти с помощью химических реагентов: Форум исследования экологических последствий (CROSERF), *Proceedings of the 2001 International Oil Spill Conference*, API, Washington, DC.

Aurand, D. *et al*. (2001) Ecological risk assessment principles applied to oil spill response planning (Принципы оценки экологического риска в применении к планированию мер по ликвидации нефтяных разливов), *Proceedings of the 2001 International Oil Spill Conference*), API, Washington, DC.

Baker, J. M. *et al*. (1984) Comparison of the fate and ecological effects of dispersed and non-dispersed oil in a variety of inter-tidal habitats. In *Oil Spill Chemical Dispersants: Research, Experience and Recommendations* (Сравнительный анализ конечного преобразования и экологических последствий диспергированной и недиспергированной нефти в различных приливных средах обитания. «Химические диспергаторы, применяемые при разливах нефти: исследования, опыт и рекомендации»), STP 840. T. E. Allen, ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, p 239–279.

Ballou, T. G. *et al*. (1989) Effects of untreated and chemically dispersed oil on tropical marine communities: a long-term field experiment (Последствия от необработанной нефти и нефти, диспергированной химическими реагентами в условиях тропических морей: длительный эксперимент в натурных условиях). *Proceedings 1989 Oil Spill Conference*, API Publication Number 4479, American Petroleum Institute, Washington, DC, p 447–454.

Bonn Agreement (1988) *Position Paper on Dispersants* (*Докладная записка по диспергирующим материалам*). Bonn Agreement, New Court, 48 Carey Street, London WC2A 2JE.

Etkin, D.S. (1999) Oil Spill Dispersants: From Technology to Policy (Диспергаторы для нефтяных разливов: от технологии к политике), Cutter Information Corp., Arlington, MA.

Fuller, C. and Bonner, J. S. (2001) Comparative toxicity of oil, dispersant and dispersed oil to Texas marine species (Сравнительная токсичность нефти, диспергаторов и диспергированной нефти для морских видов, обитающих у побережья штата Техас), *Proceedings of the 2001 International Oil Spill Conference*, API, Washington, DC.

Fuller, C. *et al*. (1999) Comparative toxicity of simulated beach sediments impacted with both whole and chemical dispersions of weathered Arabian medium crude oil (Моделирование сравнительной токсичности береговых осадочных отложений, оказавшихся под воздействием выветрившейся аравийской нефти средней плотности и той же нефти, обработанной химреагентами). *Proceedings of the 22nd Arctic and Marine Oil Spill Programme Technical Seminar*, Calgary, Alberta, Canada, p 659–670.

Gilfillan, E. S. *et al*. (1983) Effect of spills of dispersed and non-dispersed oil on inter-tidal infaunal community structure (Последствия разливов обработанной и не обработанной диспергаторами нефти для структуры приливных сообществ). *Proceedings 1983 Oil Spill Conference*, API Publication Number 4356. American Petroleum Institute, Washington, DC, p 457–463.

Gilfillan, E. S. *et al*. (1984) Effects of test spills of chemically dispersed and non-dispersed oil on the activity of aspartate amino-transferase and glucose-6-phosphate dehydrogenase in two inter-tidal bivalves (Последствия опытных разливов химически диспергированной и недиспергированной нефти для деятельности аспартат-аминотрансферазы и глюкозы-6-фосфат дегидрогеназы в двустворчатых моллюсках приливной зоны), *Mya arenaria* and *Mytilus edulis*. In *Oil Spill Chemical Dispersants: Research, Experience and Recommendations*, STP 840. T. E. Allen, Ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, p 299–313.

IPIECA (1992) Biological Impacts of Oil Pollution: Coral Reefs (*Биологические воздействия нефтяного загрязнения: коралловые рифы*). IPIECA Report Series, Volume 3. International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, London.

IPIECA (2000) *Choosing Spill Response Options to Minimize Damage—Net Environmental Benefit Analysis* (*Выбор между вариантами ликвидации разлива с целью снижения ущерба – Анализ суммарной экологической пользы*). IPIECA Report Series, Volume 10. International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, London.

ITOPF (1987) *Response to Marine Oil Spills* (*Ликвидация морских разливов нефти*). International Tanker Owners Pollution Federation Ltd., London. Pub. Witherby and Co., London (ISBN 0 948691 51 4).

Lai, H. C. and Feng, M. C. (1985) Field and laboratory studies on the toxicity of oils to mangroves (Полевые и лабораторные исследования вопросов токсичности нефти в отношении мангровых зарослей). *Proceedings 1985 Oil Spill Conference*, API Publication No. 4385, American Petroleum Institute, Washington, DC, p 539–546.

LeGore, S. *et al.* (1989) Effect of chemically dispersed oil on Arabian Gulf corals: a field experiment (Воздействие химически диспергированной нефти на коралловые рифы Персидского залива). *Proceedings 1989 Oil Spill Conference,* API Publication No. 4479, American Petroleum Institute, Washington, DC, p 375–380.

Lessard, R.R. and DeMarco, G. (2000) The Significance of Oil Spill Dispersants (Значение диспергаторов при ликвидации нефтяного разлива), *Spill Science and Technology Bulletin*, Vol. 6, No.1, pp 59–68, Elsevier Science Ltd., UK.

Lewis, A. and Aurand, D. (1997) *Putting Dispersants to Work: Overcoming Obstacles* (*Применение диспергирующих веществ: преодоление препятствий*), API Publication Number 4562A, Washington, DC.

Lunel, T. *et al*. (1997) The net environmental benefit of a successful dispersant operation at the *Sea Empress* incident (Суммарная экологическая польза от успешного применения диспергирующих веществ при разливе нефти из танкера «Си Эмпресс»), *Proceedings of the 1997 International Oil Spill Conference*, API, Washington, DC.

Lunel T. and Lewis A. Optimisation of Oil Spill Dispersant Use (Оптимизация использования диспергирующих веществ при ликвидации разливов нефти). *Proceedings of the 1999 International Oil Spill Conference*, Seattle, 187–193, 1999.

Merlin, F. *et al*. (1989) Optimization of dispersant application especially by ship (Оптимизация применения диспергаторов с морских судов). *Proceedings of the 1989 International Oil Spill Conference*, API, Washington, DC.

Merlin, F. *et al*. (1991) Towards a French Approval Procedure for the Use of Dispersants in Inland Waters (Навстречу процедуре выдаче разрешений во Франции на использование диспергаторов во внутренних водах). *Proceedings of the 1991 International Oil Spill Conference*, API, Washington, DC.

McAuliffe, C. D. *et al*. (1980) Dispersion and weathering of chemically treated crude oils on the ocean (Диспергирование и выветривание химически обработанных сырых нефтей в океане). *Environ. Sci. Technol*. 14, p 1509–1518.

McAuliffe, C. D.*et al*. (1981) The 1979 southern California dispersant treated research oil spills (Опытно-исследовательская обработка диспергаторами нефтяных разливов в районе Южной Калифорнии в 1979 г.). *Proceedings 1981 Oil Spill Conference*, American Petroleum Institute, Washington, DC, p 269–282.

National Research Council (1989) *Using Oil Spill Dispersants on the Sea* (*Использование диспергаторов при разливах нефти на море*). National Academy Press, Washington, DC.

Page, D. S. *et al*. (1983) Long-term fate of dispersed and undispersed crude oil in two nearshore test spills (Процесс долговременного конечного преобразования диспергированной и недиспергированной нефти в ходе двух опытных разливов в районе побережья). *Proceedings 1983 Oil Spill Conference*, API Publication No. 4356, American Petroleum Institute, Washington, DC, p 465–471.

Singer, M. M. *et al*. (2001) Acute effects of fresh versus weathered oil to marine organisms: Californian findings (Сильное воздействие свежеразлитой в противоположность выветрившейся нефти на морские организмы: калифорнийские выводы), *Proceedings of the 2001 International Oil Spill Conference*, API, Washington, DC.

SEEEC (1998) *The Environmental Impact of the* Sea Empress *Oil Spill* (*Экологическое воздействие в результате разлива нефти из танкера «Си Эмпресс»*). The Stationery Office, London.

Sergy, G. A. and Blackall, P. J. (1987) Design and conclusions of the Baffin Island oil spill project (План и выводы из проекта разлива нефти в районе острова Баффин). *Arctic* Vol. 40, Supplement 1, p 1-9.

В Международной ассоциации представителей нефтяной промышленности по охране окружающей среды (IPECA) представлены нефтяные компании и ассоциации со всего мира. Основанная в 1974 году, вслед за организацией Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (UNEP), IPIECA играет роль главного канала связи с ООН для нефтяной промышленности. IPIECA является единственной глобальной организацией, представляющей интересы нефтяной промышленности в ключевых экологических вопросах, в том числе: готовность и ликвидация нефтяных разливов, глобальные изменения в климате, управление качеством городского воздуха и разнообразие форм жизни.

Через Форум оценки стратегических проблем IPIECA также помогает своим членам выявлять новые глобальные экологические проблемы и оценивает их потенциальное воздействие на нефтяную промышленность. В программе IPIECA полностью учитываются мировые тенденции, влияющие на эти проблемы, и она играет роль форума для обсуждения и сотрудничества с участием представителей нефтяной промышленности и международных организаций.

Представители компаний

«Амерада Хесс» (Amerada Hess)

«Би-Эйч-Пи Биллитон» (BHP Billiton)

«Байтор» (Bitor)

«Бритиш Петролеум» (BP)

«Бритиш Гэс» (British Gas)

«Шеврон-Тексако» (ChevronTexaco)

«Коноко» (Conoco)

ЭНИ (ENI)

«Энтерпрайз Ойл» (Enterprise Oil)

«Экссон-Мобил» (Exxon Mobil)

Нефтяная Корпорация Кувейта (Kuwait Petroleum Corporation)

«Маэрск Оли ог Гас А/С» (Maersk Olie og Gas A/S)

«Марафон Ойл Ю.К.» (Marathon Oil UK)

«Метасурс Пропрайетари Лимитед» (Metasource Pty Ltd)

«Вудсайд» (Woodside)

«Нексен» (Nexen)

«Пертамина» (Pertamina)

«Петролеум Девелопмент оф Оман» (Petroleum Development of Oman)

«Петронас» (Petronas)

«Сауди Арамко» (Saudi Aramco)

«Шелл» (Shell)

«Статойл» (STATOIL)

«ТоталФинАэлф» (TOTALFINAELF)

«Юнокал» (Unocal)

Члены Ассоциации

Американский нефтяной институт

Австралийский институт нефти

Канадская Ассоциация производителей нефти

Канадский Институт нефтепродуктов

CONCAWE

Ассоциация европейской нефтяной промышленности

Организация взаимопомощи нефтяных компаний Мексиканского залива

Французский институт нефти

Международная Ассоциация производителей нефти и газа

Международный морской форум нефтяных компаний

Нефтяная ассоциация Японии

Региональная ассоциация компаний, добывающих нефть и природный газ в Латинской Америке и Карибском бассейне

Южно-Африканский Комитет представителей нефтяной промышленности по вопросам окружающей среды

Международная ассоциация представителей нефтяной промышленности по охране окружающей среды (IPECA)
Лондон, W2 4UL, Уэстборн Гроув, 87-93, Монмаут Хаус, 2-й этаж.
Телефон: +44 (0)20 7221 2026, факс.: +44 (0)20 7229 4948
E-mail: info@ipieca.org Internet: http://www.ipieca.org