

# ОЧИСТКА БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ ОТ НЕФТИ

ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ДОКУМЕНТ

7



## Введение

Согласно статистике ИТОПФ, большинство разливов нефти с морских судов происходит недалеко от берега. Поскольку мероприятия по очистке от плавающей нефти обычно ограничены временными рамками, погодой и другими факторами, меры по предотвращению выброса нефти на береговую линию могут иметь лишь частичный успех. При попадании нефти на береговую линию могут потребоваться значительные усилия по очистке загрязненной территории, поэтому важно, чтобы планы ликвидации аварийной ситуации включали исчерпывающие и хорошо отработанные мероприятия по очистке.

Методы, применяемые для очистки береговой линии, относительно просты и обычно не требуют специализированного оборудования. Тем не менее, неприемлемые методы работы и неудовлетворительная организация операций могут усугубить вред, наносимый нефтью.

В настоящем документе описаны традиционные методы очистки береговой линии, а также представлены рекомендации по наилучшим методам работы для каждого этапа операций при очистке различных типов береговых линий.

## Общая стратегия

Выбор оптимального метода очистки требует быстрой оценки степени и типа загрязнения вместе с определением длины, характера и доступности затронутой загрязнением береговой линии. При определении первоочередных действий необходимо рассмотреть противоречивые требования, предъявляемые загрязненной морской средой. Например, при использовании береговой линии для отдыха могут потребоваться быстрые и эффективные методы устранения нефти, но это может быть несовместимо с экологическими соображениями, которые требуют применения менее агрессивных и более медленных методов работы. В таких ситуациях должен быть соблюден баланс между потенциально противоречащими интересами как для всей операции в целом, так и для каждой отдельной территории.

Операции по очистке часто рассматриваются как три отдельные стадии:

- **Стадия 1 – Критический этап:** Сбор нефти, плавающей вблизи береговой линии, и луж разлитой нефти на берегу;
- **Стадия 2 – Проектный этап:** Устранение выброшенной нефти и нефтесодержащих материалов на береговой линии;
- **Стадия 3 – Этап доочистки:** Окончательная очистка от легкого загрязнения и, при необходимости, удаление масляных пятен.

В ходе первой стадии необходимо без промедления мобилизовать ресурсы для максимально быстрого, насколько это возможно, реагирования, например, для снижения способности нефти перемещаться вдоль береговой линии и наносить дополнительный ущерб или причинять вред дикой природе. При переходе ко второй стадии может быть возможно более неторопливое привлечение ресурсов и, возможно, объявление тендеров на проведение работ. Стадия 2 обозначается термином “Проектная фаза” и часто является самой продолжительной частью операции по очистке береговой линии. Тем не менее, данная стадия должна рассматриваться как одна из составляющих общего реагирования на аварийную ситуацию, вызванную разливом нефти, а не как долгосрочное ведение проекта.

В некоторых ситуациях может не потребоваться прохождение



▲ *Рис. 1: Ручной сбор основного объема разлитой нефти. Применение ручного труда для избирательного сбора нефти с береговой линии снижает количество собранного незагрязненного материала.*

всех трех стадий. В некоторых случаях вся операция может быть проведена в течение одной стадии, тогда как в других Стадии 1 и 2 могут быть объединены. Во многих ситуациях после завершения Стадии 2 может быть целесообразнее предоставить оставшейся нефти возможность для естественного выветривания и разложения. В каждом случае приоритетом является максимально быстрый, насколько возможно, сбор плавающей у берега нефти для предотвращения ее перемещения на ранее не загрязненные или уже очищенные участки (Рис. 1). То же самое относится к крупным скоплениям выброшенной на берег нефти, которые могут снова прийти в движение при последующих приливно-отливных циклах. В процессе сбора нефти возможно использование бонов для удерживания нефти у берега. С другой стороны, эта стратегия может быть не применима на экологически уязвимых береговых линиях, где может быть предпочтительнее позволить нефти переместиться на менее уязвимую территорию или туда, где нефть будет более доступна для очистки.

После сбора потенциально мобильной нефти может потребоваться компромиссное решение между ожиданием прибытия на берег всей оставшейся в море нефти, чтобы не проводить очистку одной и той же территории более одного раза, и немедленным началом второй стадии операций, хотя нефть может быть занесена грунтом во время последующих приливов, особенно на песчаных пляжах. Часто принимается решение не заканчивать данную стадию работ немедленно, а очищать участки с самым толстым слоем нефти на наиболее доступных территориях.

Опыт многочисленных аварийных ситуаций показывает, что самым дорогостоящим и трудоемким аспектом ликвидации нефтяного разлива является обработка и утилизация собранных отходов. В этой связи при отсутствии каких-либо других преобладающих факторов должен быть выбран такой метод очистки, который приводит к минимальному количеству собранных отходов. Дополнительное преимущество такого подхода состоит в снижении количества материала для последующего хранения, вывоза и окончательной обработки и утилизации, а также минимизации эрозии береговой линии.

Для многих типов береговой линии удаление всех следов нефти труднодостижимо или нецелесообразно. В этой связи не всегда очевидно, на каком этапе береговая линия или конкретная рабочая территория достаточно очищена, и можно прекратить работы. Важнейшим фактором является «полезность» пораженного участка с точки зрения его относительной важности из экологических, социальных и экономических соображений. Сезонные вариации значимости и экологической уязвимости территории, а также вероятность естественной очистки являются дополнительными важными факторами, как и фактор затрат. С уменьшением количества нефти, остающейся на берегу, фактор затрат становится все более важным, поскольку усилия и затраты на дальнейшую очистку непропорционально возрастают относительно количества удаленной нефти. По этой причине последняя стадия доочистки, при которой удаляются все следы и нефтяные пятна, обычно требуется только для мест отдыха во время туристического сезона или непосредственно перед его наступлением.

Определяющие факторы прекращения мероприятий по очистке обычно обсуждаются совместно и согласуются в результате инспекций, проводимых группой из представителей различных организаций, участвующих в ликвидации аварии (Рис. 2). Для достижения требуемого консенсуса важно осознавать ограниченные возможности используемых методов очистки и установить



▲ Рис. 2: Обследования, проводимые совместно сторонами-участниками ликвидации, позволяют достичь соглашения по наилучшим методам очистки, а также стадии, на которой операции очистки могут быть прекращены.

практически достижимые и согласованные цели очистки на ранней стадии, желательно до начала мероприятий. Участие в работе членов инспекционной группы желательно на протяжении всего инцидента с целью сопоставления хода мероприятий по очистке с исходным положением после разлива.

## Методы очистки

Для очистки пораженных нефтяным разливом береговых линий применяется ряд методов. Данные методы применимы для нескольких стадий ликвидации разлива. В частности, на первой или третьей стадиях могут использоваться некоторые методы, применяемые на второй стадии, поэтому методы группируются как методы первой и второй или второй и третьей стадии.

## Сбор основного объема нефти и обработка нефтесодержащих отходов на пляжах (Стадии 1 и 2)

### Насосы, вакуумные машины и скиммеры

Плавающая нефть, скапливающаяся в относительно спокойных водах у береговых линий с доступом для дорожных транспортных средств обычно может быть собрана с помощью насосов, вакуумных машин или, при достаточной глубине воды, с помощью скиммеров. Эффективность вакуумных машин варьируется в зависимости от вида и количества разлитой нефти, а также от производительности насоса и вместимости цистерны, но стандартной является производительность сбора на уровне 20 м<sup>3</sup> нефти в день. Эффективность может быть повышена путем снижения количества забираемой с нефтью воды с помощью водосливного скиммера, прикрепленного к отсасывающему рукаву, и с помощью бона для сосредоточения нефти недалеко от берега (Рис. 3).

При сильном загрязнении приливных песчаных и мелкогалечных пляжей нефть можно смывать или сметать в траншеи, прорытые параллельно краю воды (траншейный метод). Нефть, собранная в траншее, может удаляться с помощью насосов, вакуумных машин или наливных судов (Рис. 4). Траншеи обычно смываются первым приливом, и если они перед этим не были опорожнены и очищены, то оставшаяся нефть может перемешаться с грунтом. Расположение траншей должно быть тщательно продумано, чтобы



▲ Рис. 3: Удаление жидкой разлитой нефти с береговой линии с помощью скиммера по типу швабры и вакуумных насосов.



▲ Рис. 4: Вакуумные машины сельскохозяйственного применения собирают нефть, которая была отодвинута и заведена в траншею.



▲ Рис. 5: Строительные машины, применяемые для сбора нефти на территории порта. В данном случае температура воды была ниже температуры застывания нефти, в результате чего нефть приобрела полутвердое состояние, исключающее применение скиммеров.



▲ Рис. 6: Использование машин на загрязненных нефтью береговых линиях может привести к дополнительному загрязнению. В данном случае тракторы, проехавшие по нефти, задавили нефть вглубь пляжа.

было возможно их повторное использование при последующих отливах, а также для окончательной очистки траншей на последующих стадиях ликвидации разлива.

Если на ближайшее время предвидятся спокойные погодные условия, то траншеи могут выкапываться до уровня чуть ниже линии прилива, чтобы действовать как водослив для сбора нефти. При высоком приливе или повышении уровня воды под действием ветра нефть, скопившаяся на кромке воды, потечет в траншею и останется там после отступления воды, после чего она может быть откачана в накопительный бак.

Нефть, собранная насосами и скиммерами, потребует перекачки на временное хранение, например, в бочки или мобильные цистерны, которые могут быть опорожнены в вакуумные машины или автоцистерны. Для оптимизации транспортной логистики и соблюдения местных нормативных требований собранная вместе с нефтью вода должна быть отстояна и сцежена с последующим вывозом с территории.

### Механический сбор

Высоковязкие нефтепродукты, тяжелые эмульсии или полутвердые продукты при температуре ниже точки застывания могут сниматься непосредственно с морской поверхности с помощью экскаваторных ковшей или черпаков в грузовые автомобили или скипы (Рис. 5). Для минимального забора воды необходим хорошо обученный персонал. При работе оборудования в воде и отсутствии исчерпывающей информации о приливно-отливных явлениях и характере морского дна должны соблюдаться меры предосторожности. На заболоченных береговых линиях необходимо найти баланс между необходимостью собрать разлитую нефть для предотвращения ее распространения на другие участки и возможным дополнительным повреждением грунта от использования тяжелого оборудования, которое потребует длительного периода для естественного восстановления.

На легкодоступных открытых береговых линиях, особенно на песчаных пляжах, для сбора и удаления вынесенной нефти и загрязненного материала может использоваться разнообразная неспециализированная строительная техника: грейдеры, фронтальные одноковшовые погрузчики и экскаваторы. Например, с помощью грейдеров можно собирать нефть при ее незначительном проникновении в поверхностный слой на уплотненных песчаных пляжах. Нож грейдера регулируется так, чтобы снимать верхний слой пляжа, при этом нефть с песком размещаются по линиям, параллельным береговой линии, для сбора фронтальными одноковшовыми погрузчиками. Фронтальные погрузчики или бульдозеры могли бы также использоваться для снятия верхнего слоя пляжа, хотя при этом будет неизбежно собираться гораздо большее количество нижележащего незагрязненного песка. Помимо этого, должна соблюдаться дополнительная предосторожность, т. к. тяжелое оборудование может примешать нефть к ранее незагрязненным слоям грунта (Рис. 6).

Тяжелое машинное оборудование может собрать примерно 400–800 м<sup>3</sup> отходов за день. Однако лишь 25% этого объема будет приходиться на нефть и нефтесодержащие отходы, а оставшиеся 75% будут представлять собой незагрязненные отходы. После сбора они будут перемешаны с получением большого объема нефтесодержащих отходов (Рис. 7). Для сравнения, рабочий обычно собирает от 1 до 2 м<sup>3</sup> нефтесодержащего песка в день при минимальном количестве сбора незагрязненного песка. Содержание нефти в собранных отходах варьируется – при механическом сборе на пляже оно обычно составляет 1–2% нефти, в то время как при ручном сборе – 5–10%.

Обычно для сбора нефтесодержащих отходов на пляжах предпочтительно сочетание тяжелого оборудования и ручного сбора. Нефтесодержащий песок, морские водоросли и другие отходы,



▲ Рис. 7: Сбор отходов тяжелым оборудованием привел к высокому содержанию незагрязненного грунта и к очень низкой концентрации нефти в отходах.



▲ Рис. 8: Ручной сбор нефти и замасленных морских водорослей в телескопический ковш. Такой метод позволяет собирать загрязненные нефтью отходы в предпочтении чистому материалу, что снижает количество отходов.



▲ Рис. 9: Участок вынесенной на берег нефти, которая собирается вручную лопатами и перекладывается в мешки.



▲ Рис. 10: Небольшие мешки с отходами объединяются в более крупные мешки вместимостью в 1 т. для простоты вывоза на утилизацию.

собираемые вручную, могут укладываться в кучи, помещаться в мешки или другие контейнеры, расположенные с некоторыми интервалами по территории пляжа. Затем собранные отходы вывозятся фронтальными одноковшовыми погрузчиками на временное хранение, например, наверху пляжа. Нефтепродукты также могут сразу грузиться в ковш погрузчика (Рис. 8). Для предотвращения распространения нефти по пляжу территория должна быть разделена на чистый и грязный участки, и тяжелая техника должна двигаться с чистого участка на грязный.

## Ручной сбор

Использование ручного труда для сбора нефти и сильно загрязненного нефтью материала на береговой линии возможно для всех типов береговой линии, но особенно полезно на экологически уязвимых территориях и участках, трудно достижимых для транспортных средств. Рабочие, использующие ручные инструменты, могут быть более избирательными, чем машинное оборудование, так как при ручном сборе количество незагрязненных собираемых отходов может быть минимизировано. Хотя ручная очистка может быть трудоемкой, очищенные вручную береговые линии обычно восстанавливаются быстрее благодаря меньшему повреждению грунта.

Высоковязкая нефть или эмульсия, плавающая у кромки

воды, может собираться с помощью скребков и совков с просверленными отверстиями для слива излишней воды и грузиться в подходящие контейнеры для последующего вывоза с береговой линии. Сильно эмульгированные, высоковязкие или смешанные с песком нефтепродукты, выброшенные на берег, могут непосредственно грузиться лопатами в полиэтиленовые мешки (Рис. 9). Последующая ручная перегрузка мешков будет незатруднительна, если их вес не будет превышать 10-15 кг. Для удерживания такого веса мешки должны быть изготовлены из материала сортаментом минимум 500 (>125 мк); идеальными являются мешки, применяемые для щебня или удобрений. Для снижения вероятности разрыва может быть целесообразным применение двухслойных мешков, т.е. когда один мешок помещается внутри другого. Более тонкие мешки разрушаются быстрее, будучи оставлены на солнечном свете, что приводит к вытеканию их содержимого и вторичному загрязнению. Тканые полипропиленовые мешки, подобные пакетам для перевозки сахара и риса, также могут использоваться, но нефть может просачиваться через них под действием солнечного света или высоких температур.

Для предотвращения смывания мешков и вытекания их содержимого они должны быть перемещены от береговой линии к месту промежуточного хранения наверху пляжа или к временному хранилищу. Мешки или другие контейнеры могут



▲ Рис. 11: Мешки меньшего размера с замасленными отходами собираются в более крупные мешки вместимостью в 1 т. и погружаются на десантные катера для удаления от изолированной береговой линии.



▲ Рис. 12: Нефть счищается с плотной поверхности песчаного пляжа вдоль береговой линии для сбора в траншеях и затем собирается вакуумными машинами для вывоза на утилизацию.



▲ Рис. 13: Собранная на скалистой береговой линии нефть помещается на временное хранение в большие контейнеры с открытым верхом. Для перекачки этой нефти на верх отвесной скалы и затем в вакуумные машины потребовались насосы.

погружаться в ковшовые фронтальные погрузчики или на грузовики, квадрациклы, трейлеры, десантные катера и т.п. При наличии механических подъемно-транспортных средств заполненные мешки меньшего размера могут объединяться в более крупные мешки вместимостью в 1 тонну (известные как промышленная, тон-пак или крупногабаритная упаковка) (Рис. 10 и 11). Мешки вместимостью в 1 тонну также могут использоваться непосредственно для хранения загрязненного нефтью сорбента и других нефтесодержащих отходов. Заполненные мешки должны помещаться на пластиковые листы для снижения вторичного загрязнения нефтью, которая может просачиваться или разливаться во время хранения.

Жидкие нефтепродукты на плотном песчаном берегу могут с помощью скребков загоняться в траншеи для последующего сбора (Рис. 12). На других берегах мусорные баки, 200-литровые бочки и цистерны с открытым верхом или открытые крупнообъемные (1 м<sup>3</sup>) канистры (IBC) могут заполняться с помощью совков, ведер или насосов. И в этом случае контейнеры должны размещаться выше линии прилива. Ручное перемещение заполненных контейнеров затруднительно, поэтому они должны использоваться только при наличии механизированных подъемно-транспортных средств или при возможности перекачки их содержимого в другую емкость (Рис. 13). В альтернативном варианте может быть предпочтительнее использование людской цепочки для передачи нефти в ведрах от кромки воды в место временного хранилища (Рис. 14 и 15).

Если могут быть обеспечены безопасные условия работы, то барабаны или другие контейнеры могут перевозиться на малых катерах в места хранения собранной нефти вблизи береговой линии. Опасения, высказанные выше в связи с перемещением заполненных контейнеров с открытым верхом еще более уместны в таких ситуациях.

В исключительных обстоятельствах жидкие нефтепродукты могут смешиваться с сорбентами или другими материалами для облегчения их перемещения в виде твердых материалов. Ввиду невозможности откачки полученной смеси сорбента, материала и нефти она собирается вилами и скребками. При таком подходе значительно увеличивается объем образующихся отходов и потенциально возникают дополнительные затраты на приобретение сорбентов и других материалов. Синтетические сорбенты обычно значительно дороже, чем местные натуральные материалы, такие как маты из соломы, кокоса или риса, сухие измельченные волокна сахарного тростника или измельченная кора, которые могут использоваться в качестве альтернативы. Ввиду увеличения количества отходов другие методы, например, рытье траншей, могут быть предпочтительнее, и возможность их применения должна быть рассмотрена до того, как будет произведено смешивание материалов.

### Смывание

При смывании используется большое количество воды низкого давления для смывания вынесенной на берег или занесенной песком нефти. Два наиболее часто применимых метода – это устранение нефти, захваченной в грунте, и удаление нефти с экологически уязвимых участков береговой линии.

### Удаление нефти, захваченной в грунте

Нефть может смешиваться с грунтом (песком, галькой, гравием и т.п.) в результате естественного процесса просачивания, погружения под незагрязненный грунт, наносимый приливами или последующими штормами, или в результате работ по очистке. Во многих случаях смывание может составить предпочтительную альтернативу удалению загрязненных отходов, поскольку снижает их объем.

Морская вода закачивается переносными водяными насосами (центробежными, самоналивными, 30–60 м<sup>3</sup>/час) через входные фильтры или сетки и подается по шлангам к брандспойтам или соплам. Идеальными в качестве брандспойтов для ручного смывания являются пластмассовые трубы длиной в один метр. Для высвобождения заглубленной нефти вода закачивается в грунт с целью его встряхивания, и нефть выносится на поверхность. Для булыжниковых и галечных пляжей иногда подается дополнительная вода вдоль верхней линии пляжа для затопления береговой линии, способствующего движению нефти (Рис. 16).

При смывании над уровнем воды высвобожденная нефть может направляться в существующие естественные водоемы или запруды, в специально прорытые для этой цели ямы или траншеи. При спокойных условиях может быть возможно смыть нефть в море, где она может удерживаться короткими легкими загрязжающими или сорбирующими болами, последние из которых, возможно, также послужат сбору нефти. В альтернативном варианте и в зависимости от количества нефти, легкости доступа и характера береговой линии, нефть может собираться скиммерами, насосами или передвижными вакуумными установками. В случае смывания, проводимого ниже уровня воды, высвобожденная нефть может быть собрана сразу же при ее всплывании.

#### Удаление нефти с экологически уязвимых или труднодоступных участков

Затопление береговой линии водой может также использоваться для смывания жидких нефтепродуктов и нефтесодержащего мусора на экологически уязвимых участках береговой линии, таких как заболоченные низины и мангровые заросли. Смывание при низком давлении снижает вероятность механического повреждения береговой линии и связанного с этим ущерба для флоры и фауны по сравнению с другими, более инвазивными методами. Эти типы береговой линии обычно расположены у спокойных вод, поэтому вытесненная нефть обычно собирается с поверхности воды вблизи берега с помощью сорбирующих бонов или загрязжающих бонов и скиммеров.

Смывание может также применяться при сборе нефти на труднодоступных площадях, например, на скалистых участках (Рис. 17), в районе морских укреплений, таких как тетраподы или каменные наброски, и из-под причалов или пристаней, опирающихся на сваи или колонны. Вода может подаваться шлангами с суши или со стороны моря из пожарных рукавов или гидромониторов, устанавливаемых на судах. Для создания течения внутри конструкций или под ними и для вытекания нефти к месту сбора могут использоваться судовые винты.

#### Прибойная промывка

Прибойная промывка использует естественные процессы очистки и обычно применяется на открытых песчаных, щебеночных, галечных и булыжниковых береговых линиях. Энергия волн в приливной зоне удаляет нефть из загрязненных материалов на пляже и рассеивает ее в толще воды. Прибойная промывка в принципе подобна смыванию, но основана на природной энергии прилива для достижения эффекта смывания гораздо большим объемом воды, чем объем, которые может подаваться насосами. Сопутствующее взбалтывание и трение между частицами грунта помогает высвободить нефть и разбивает ее на капельки, которые скреплены очень мелкими частицами песка и ила - процесс, известный как "флокуляция ил-нефть" или "агрегация нефть-минерал". Такие хлопья и скопления обладают близкой к нейтральной плавучести и распространяются на большие расстояния в морской акватории.

Описанные выше методы должны использоваться прежде всего для удаления луж нефти на береговой линии. Далее нефтесодержащие отходы со степенью загрязнения от малой



▲ Рис. 14: Цепочка из рабочих, передающих ведра с нефтью и заполненные мешки, позволяет быстро удалять значительное количество отходов с береговой линии.



▲ Рис. 15: Цепочка рабочих, опорожняющих ведра с нефтью и замасленным материалом пляжа в skip, используемый для временного хранения.



▲ Рис. 16: Нефть, погруженная в песчаный пляж, смывается водой под низким давлением, подаваемой по шлангам и перфорированным трубам. Нижний слой также взбалтывается вручную, чтобы вызвать отделение нефти от песка. После этого нефть собирается сорбирующим боном, окружающим рабочий участок.



▲ Рис. 17: Вода низкого давления используется для вымывания нефти из промежутков между скальными породами, чтобы быть собранной сорбентом на береговой линии.



▲ Рис. 18: Легкозагрязненный песок перемещается в волноприбойную зону для смывания при последующих приливах.



▲ Рис. 19: Сгруппированный в кучи песок смывается поступающим приливом для отделения перемешанной с песком нефти (Источник: Bernard Fichaut, Britannia-Brest University).



▲ Рис. 20: Загрязненный булыжник смещается в зону прибоя для промывки.

до средней перемещаются во время отлива с верхней части берега в прибойную зону вручную или с помощью машинного оборудования (Рис. 18). Поступающий прилив приводит в движение и перераспределяет нефтесодержащий грунт с параллельным высвобождением нефти (Рис. 19). Если первоначальная промывка недостаточна для снижения загрязнения до необходимого уровня, то этот процесс может быть при необходимости повторен.

Некоторая часть высвобожденной нефти может переместиться к верхней границе прилива, где она может быть собрана вручную. Переместившаяся нефть может быть собрана с помощью сорбентов, в частности силков или частых сеток, которые используются в строительной промышленности для удерживания пыли и мусора вокруг строительных лесов. Практика показывает, что сетки наиболее эффективны, если один конец закрепить на береговой линии, а другому позволить свободно перемещаться в воде.

Прибойная промывка полезна в частности для решения проблем занесенной грунтом нефти без необходимости крупномасштабного вывоза отходов с территории. Тем не менее, для восстановления пляжного ландшафта может потребоваться несколько приливо-отливных циклов, т.к. для выброса крупных камней назад на пляж потребуются энергичное действие волн (Рис. 20). По этой причине до перемещения нефтесодержащего грунта в зону прибоя следует принять во внимание опасность долгосрочной эрозии.

## Методы, используемые на двух последних стадиях очистки береговой линии (Стадии 2 и 3)

После удаления или переработки луж разлитой нефти и сильнозагрязненных нефтесодержащих отходов может быть начата работа по очистке остающихся загрязненных участков с использованием одного или нескольких из описанных ниже методов.

### Промывка под высоким давлением

Промывка под высоким давлением может использоваться для большинства плотных грунтов и поверхностей, но обычно применяется, если естественной очистки не достаточно, или она происходит медленнее, чем это необходимо в зонах отдыха или на эстетически ценных территориях, а также на хорошо различимых с моря участках береговой линии (Рис. 21). Этот метод часто используется для устранения нефти со стен причалов на участках коммерческого значения. Для промывки, в зависимости от имеющегося оборудования и вида нефти, может использоваться как горячая, так и холодная вода; для удаления более вязких нефтепродуктов требуется более высокая температура воды.

Это агрессивный метод, и хотя промывка холодной водой под высоким давлением (ВД/ХВ) может нанести меньше повреждений, чем промывка горячей водой (ВД/ГВ), в любом случае неизбежно разрушение значительной части морской флоры и фауны, обитающей на твердых поверхностях, например, улиток или лишайника. Некоторое повреждение самой поверхности также может иметь место, особенно при использовании экстремального давления для очистки старых бетонных блоков, кирпичной кладки или рыхлых пород.

Для промывки ВД/ГВ рекомендуется рабочая температура в диапазоне 70–95°C. Более высокие температуры нецелесообразны, так как пар не столь эффективен, как подаваемая под давлением вода. Рекомендуемое давление лежит в диапазоне 50–150 бар, расход воды составляет 10–20 литров/мин. В зависимости от вида нефти, степени выветривания и толщины нефтяного слоя, один рабочий с брандспойтом очищает гладкую плоскую поверхность, например, бетонную стену, со средней производительностью в 1-3 м<sup>2</sup>/час. Для неровных поверхностей и участков с затрудненным доступом время очистки может быть значительно больше.

С точки зрения логистики проще использовать соленую воду, а не пресную. С другой стороны, морская вода вызывает быстрый выход из строя внутренних уплотнений и поршней, что потребует частого техобслуживания и ремонта оборудования. Вариант работы с использованием морской воды должен рассматриваться только в том случае, если под рукой есть необходимый комплект запасных частей, и на всем протяжении мероприятий на территории присутствует квалифицированный механик. Кроме того, для подачи воды к оборудованию потребуется погружной насос с фильтром или сеткой от забивания системы морским мусором. Где это возможно, между водяным насосом и установкой для промывки под давлением в качестве буфера должен быть размещен бак для временного хранения воды (Рис. 22). При легкой доступности пресной воды операции проходят с меньшим числом поломок и перерывов. Если машины берутся в аренду, то применение соленой воды может составить нарушение условий аренды, если только не будет согласовано заранее.

Нефть, высвобождаемая при промывке под давлением, может собираться с помощью сорбентных листов, помещаемых у основания очищаемой поверхности и служащих также для снижения обратного разбрызгивания на соседние, уже очищенные поверхности. В некоторых случаях высвобожденная нефть может мигрировать к краю воды, где она может быть задержана бонами и собрана. Для направления высвобождающейся нефти на участки сбора может использоваться смывание. Нефтяные пятна, остающиеся на некоторых поверхностях после промывки под давлением, обычно бледнеют под действием времени и погодных условий. Тем не менее, в зонах отдыха может потребоваться дополнительная очистка, особенно во время туристического сезона. Это может быть достигнуто путем повторной промывки под давлением и/или целенаправленным применением чистящих химических веществ (Рис. 23). В тропическом и субтропическом климате промывка горячей водой может быть менее эффективной, чем в условиях умеренного климата, поскольку воздействие солнца может приводить к прилипанию нефти к скалистым породам.

#### **Промывка под давлением в сочетании с применением химических веществ**

В некоторых случаях эффективность очистки под высоким давлением может быть повышена путем предварительной обработки нефтяных пятен специальными химическими веществами.



▲ Рис. 21: Промывка под давлением фронтальной поверхности отвесной скалы над общественным пляжем. Нефть была выброшена высоко на отвесную скалу во время шторма и, вероятно, осталась бы там в течение долгого времени.



▲ Рис. 22: Очистка под давлением уступа скальной породы на отдаленной территории. Морская вода была закачана в резервуар временного хранения для последующего использования расположенными поблизости нагнетательными машинами высокого давления.



▲ Figure 23: Нанесение химического чистящего вещества на нефтяное пятно с последующей промывкой под высоким давлением.

**Вещества для очистки береговой линии** специально разработаны для удаления нефти с твердых поверхностей без ее дисперсии, что позволяет собрать высвободившуюся нефть. При этом должны соблюдаться рекомендации изготовителя по расходам нанесения химреагентов, и получаемая смесь должна смываться - желательнее, холодной водой при умеренном давлении. Должны использоваться только те продукты, которые разрешены государственными регулирующими органами.

Энергичное нанесение **диспергента** щеткой на нефтяной слой создает смесь, которая затем может быть смыта, обычно холодной водой при умеренном давлении. Необходимая дозировка нанесения может быть рассчитана путем оценки толщины нефтяного слоя и применения соотношения концентрированного диспергента к нефти 1:20. Например, нефтяной слой толщиной в один миллиметр приравнивается к одному литру нефти на один квадратный метр, что требует применения приблизительно одного литра диспергента на каждые 20 м<sup>2</sup> загрязненной поверхности.

В случае многих нефтепродуктов образующаяся смесь рассеивается в близлежащей воде, что делает сбор невозможным. Применение сорбирующих материалов на диспергированной нефти обычно неэффективно, однако, в некоторых случаях, особенно при вязких нефтепродуктах, диспергент действует только для высвобождения нефти с поверхности и не создает дисперсию. В этой связи для предотвращения повторного загрязнения необходимо проводить сбор высвобождаемой нефти.

Многие организмы в приливно-отливной и прибрежной зоне уязвимы по отношению к диспергированной нефти, поэтому применение диспергентов на береговых линиях должно быть ограничено участками, на которых перемещение воды достаточно интенсивно для быстрого разбавления диспергированной нефти. Применение диспергентов может быть запрещено законодательством, но когда оно допускается, должны использоваться только разрешенные продукты.

Пескоструйная обработка используется лишь в исключительных обстоятельствах на ограниченных и четко очерченных зонах, где требуется удаление всех следов нефти. Для снижения абразивности этого метода вместо воздуха в качестве несущей среды используется вода. Тем не менее, этот метод может приводить к сильному повреждению поверхностей.

### Промывка гальки/булыжника

Галька и булыжник могут успешно промываться во вращающихся барабанах автобетоносмесителей или в специальных установках. С использованием бетоносмесителей с вместимостью цистерны 7,5–10 м<sup>3</sup> можно достичь обработки партии в 5–6 тонн за час. Загрязненные нефтью камни загружаются в мешалку вместе с растворителем, таким как не имеющий запаха керосин или реагент для смыва поверхностного слоя, и предварительно перемешиваются перед введением воды. В качестве руководства используется соотношение количества растворителя и загрязненного нефтью материала 1:50, но точная пропорция определяется степенью загрязнения. После быстрого перемешивания в течение примерно 5 минут вращение смесительного барабана замедляется, и он полностью заполняется водой. После короткого перемешивания при очень медленном вращении производится долив воды, при этом высвободившаяся нефть сливается из мешалки в передвижные резервуары и после отстаивания удаляется (Рис. 24). Как можно большее количество воды должно быть использовано повторно для промывки последующих партий материала.

Промывки в течение 30–60 минут обычно бывает достаточно для высвобождения почти всей нефти из конкретной партии материала. Даже при изначально легком загрязнении гальки после промывки она может оставаться несколько маслянистой на ощупь, и эта



▲ Рис. 24: Выпускная струя из арузовика для перевозки бетонной смеси после промывки гальки и небольших обломков породы.

проблема может быть устранена естественной очисткой в прибойной зоне. При наличии достаточного числа автобетоносмесителей может быть организован "пункт очистки" с сосредоточением всего необходимого оборудования в одном месте, включая погрузчики, насосы и накопительные резервуары. Это позволяет оптимизировать процесс одновременной обработки нескольких партий материала - например, пока загружается один смеситель, в другом проводится промывка и слив высвободившейся нефти, а из третьего выгружаются очищенные камни.

Опыт показал, что после пропускания нескольких партий в барабане мешалки может скапливаться мелкий сор, в основном состоящий из мелкого песка и глины, отделившихся от гальки и булыжника. В связи с загрязненностью сора его может быть невозможно вернуть на береговую линию, и может потребоваться альтернативный вариант его утилизации. Кроме того, необходимо найти способ утилизации загрязненной воды. До принятия решения о промывке булыжника необходимо провести тщательный анализ экономической эффективности и логистической обеспеченности этой операции.

Варианты промывки булыжника включают помещение загрязненной нефтью гальки и булыжника в открытые резервуары или ванны с горячей водой. Это аналогичный процесс, в течение которого перемешивание обеспечивается экскаваторным ковшом. Для малых партий замасленного булыжника, особенно на труднодоступных участках, такого же результата можно достичь посредством ручного перемешивания с применением соответствующих контейнеров, например, распиленных пополам бочек для нефтепродуктов.

### Вспашка/боронование

После удаления разлитой нефти и очистки от сильного загрязнения песчаных или галечных пляжей обычно остается некоторое небольшое загрязнение, например, когда нефть оказалась замешанной в грунт в результате движения транспортных средств по пляжу. На этой стадии мероприятий грунт обычно является маслянистым, и

применение сельскохозяйственных машин для повторной вспашки или боронования легко загрязненных седиментов во время отлива может способствовать удалению оставшейся нефти с приливных пляжей (Рис. 25). Разрыхление замасленного грунта увеличивает площадь поверхности нефти, подвергающейся процессам выветривания, а также способствует образованию хлопьев “глина-нефть” или агрегированию “нефть-минералы” и обеспечивает насыщение грунта кислородом. Это позволяет природным бактериям и другим микроорганизмам производить ускоренное разложение нефти. Небольшое количества нефти может высвободиться во время приливо-отливного цикла и удаляться с помощью сорбентов во время прилива или с поверхности пляжа во время отлива. Такая обработка грунта на береговой линии может оказывать негативное воздействие на организмы, проживающие в грунте, но, тем не менее, является полезной в случаях, когда приборная промывка нецелесообразна.

### Машины для просеивания песка/очистки пляжей

Загрязнение, остающееся после очистки песчаных пляжей, обычно имеет форму смолистых шариков или маленьких комочков замасленного песка диаметром 50 мм или меньше. Машины, предназначенные для рутинной очистки пляжей от осевшего, плавающего на поверхности и тонущего мусора, могут использоваться для сбора нефтесодержащего мусора, более крупных комков загрязненного нефтью песка и смолистых шариков. Обычно машины приводятся в движение или буксируются вдоль пляжа со снятием поверхностного слоя на заданную глубину и пропусканием собранного материала через вибрирующее или вращающееся сито (Рис. 26). В зависимости от размера отверстий сита собранный материал пропускается в бункер для хранения, установленный на транспортном средстве, в то время как чистый песок снова опускается на поверхность пляжа. Эти машины могут быть неэффективными при сборе более мелких смолистых шариков или свежих, менее вязких нефтепродуктов, когда комочки нефти и песка разбиваются вибрирующим ситом и проходят через него.

Устройства с ситами меньшего размера, как механические так и ручные, могут использоваться для удаления из слабо загрязненного собранного вручную песка нефтесодержащие остатки и смолистые шарики (Рис. 27). Такой подход является трудоемким и может, вероятно, найти применение только для пляжей высокой ценности, где нет недостатка в трудовых ресурсах, и где минимальный объем собранных отходов имеет первостепенное значение. Отдельные смолистые шарики и небольшие комочки замасленного песка иногда также собираются вручную с помощью ручных садовых сит, но даже на пляжах самой высокой ценности такой подход вряд ли будет экономически целесообразным.

### Ручное вытирание

В ситуациях, когда затрудненный доступ к скалистым или булыжниковым береговым линиям препятствует применению средств промывки под давлением или другого оборудования, единственным вариантом активного удаления нефти может быть ручное вытирание. Скопления нефти малой и средней степени могут удаляться путем вытирания (Рис. 28). Применение ветоши обычно обходится дешевле, чем использование синтетических сорбентов. После применения замасленные текстильные материалы должны складываться в мешки для их вывоза на утилизацию. При наличии официального разрешения может быть уместно применение очищающих химических веществ, хотя это может снизить эффективность сорбентов. Ручное вытирание более распространено в странах с избытком рабочей силы. Необходим строгий контроль для обеспечения систематического продвижения вдоль береговой линии и снижения вероятности вторичного загрязнения.



▲ Рис. 25: Загрязненный пляжный грунт выводится на поверхность вспашкой. После этого нефть высвобождается из грунта при последующем приливе, и ее можно собрать у кромки воды.



▲ Рис. 26: Машина для сбора смолистых шариков буксируется по пляжу трактором.



▲ Рис. 27: Импровизированное сито для сбора смолистых шариков.



▲ Рис. 28: Волонтеры вытирают замасленные скальные породы ветошью.

## Биологическая очистка нефтяных разливов

Биоочистка - термин, используемый для описания ряда процессов, которые могут использоваться для ускорения естественного биологического разложения нефти на простые элементы: углекислый газ, воду и биомассу. Более конкретно, различают биостимуляцию (внесение питательных веществ) и биоинтенсификацию или обсеменение (введение микробов, специально подобранных для разложения нефти).

Естественное биоразложение может быть эффективно ускорено при проведении биостимуляции на почве, например, на пахотных площадях. В этом случае физические, химические и биологические факторы, влияющие на биоочистку, могут контролироваться для достижения оптимальных условий для биологического разложения. Применение данного процесса на береговых линиях рекомендуется редко ввиду трудности поддержания контроля его хода в морской среде.

## Естественная очистка

С течением времени по мере выветривания и разложения нефти большинство береговых линий очищается естественным образом. Главными процессами естественного устранения нефти являются абразивное действие, "флокуляция глина-нефть" или "агрегация минералы-нефть", а также фотоокисление и биоразложение. На открытых береговых линиях с высокой энергией волн основное количество нефти обычно устраняется в течение одного сезонного цикла. За исключением пятен, расположенных выше линии прилива, большинство следов нефти исчезает за два-три года. Однако в случаях, когда нефть проникает в грунт или в мелкодисперсный анаэробный ил, разложение происходит очень медленно, и нефть может сохраняться в течение многих лет, например, в форме "асфальтовых мостовых".

При многих разливах после завершения Стадий 1 и 2 мероприятий по очистке окончательная очистка осуществляется естественными процессами, т.к. это представляет собой самое эффективное и экономически целесообразное решение, особенно в случае приближения сезонного штормового периода (Рис. 29). Если позволяют обстоятельства, то для снижения вреда, наносимого очистными работами, естественная очистка составляет предпочтительное решение для ряда экологически уязвимых типов береговых линий, например, для мангровых зарослей и болот. Обследования береговой линии полезнее всего проводить после окончания сезона зимних или тропических штормов для оценки результатов естественной очистки и принятия решения о необходимости проведения дополнительной очистки.

## Типы береговых линий

В данном разделе описаны методы очистки для семи типов береговых линий.

### Порты, гавани и прочие объекты

Стены и другие вертикальные конструкции могут нести на себе полосу нефти, характеризующую амплитуду прилива, которая может удаляться промывкой под давлением с катеров или плотов (Рис. 30). Нефть, которая переместилась под причалы, пристани и другие конструкции на сваях или колоннах, может трудно поддаваться удалению, особенно при ограниченном пространстве над головой (Рис. 31). Струя, подаваемая судовым винтом, может способствовать удалению основного объема нефти, однако, окончательная очистка может быть невозможна, и тогда нефть приходится предоставить действию естественных процессов. Деревянные конструкции, особенно те, в которых проходит процесс гниения, могут быть повреждены в результате использования более агрессивных методов очистки. Очистка участков береговой линии коммерческого назначения описана более подробно в отдельном документе "Последствия нефтяного загрязнения для социальной и экономической деятельности".



▲ Рис. 29: Во многих случаях окончательная очистка береговой линии может быть предоставлена естественным процессам.



▲ Рис. 30: Замасленные сваи и причалы в доках промываются под давлением с небольшого плота. Высвобожденная нефть собирается сорбирующим бонном.



▲ Рис. 31: Доступ в пространство под пристанями может быть затруднен и опасен для персонала ввиду ограниченного пространства над головой и отсутствия вентиляции.



▲ Рис. 32: Очистка каменной наброски промывкой под высоким давлением.



▲ Рис. 33: Очистка замасленных тетраподов затруднительна ввиду трудности доступа к нефти внутри конструкции.

## Морские берегозащитные сооружения

Различные конструкции морских берегозащитных сооружений особенно сложно очистить от нефтяного загрязнения. Нефть способна глубоко проникать в конструкцию через пространства между скалами или бетонными тетраподами, где она защищена от воздействия волн и где процессы выветривания проходят очень медленно. Помимо этого, открытые формы каменной наброски (Рис. 32) и тетраподы (Рис. 33) собирают значительное количество мусора, который действует как нефтяной сорбент, еще более затрудняя удаление нефти. Если разлив произошел зимой, то нефть остается захваченной в конструкции до наступления летних месяцев, когда она станет более текучей и начнет вытекать из-под конструкции. Кроме того, морские берегозащитные сооружения находятся непосредственно в открытом море и могут быть опасным местом для проведения работ.

При благоприятных погодных условиях плавающая нефть может собираться с катеров у основания морских берегозащитных сооружений. Рабочие, проводящие очистку на поверхности сооружения и, в некоторой степени, внутри него (насколько это позволяют соображения безопасности), могут удалять замасленный мусор и очищать валуны и тетраподы посредством промывки под давлением или вручную с использованием ветоши и сорбентов. Пассивная очистка, при которой сорбенты наносятся на лицевую поверхность береговых сооружений, позволяет удалить нефть,

вымываемую под действием приливов, морской зыби и наката волн. В некоторых обстоятельствах этот естественный процесс может быть интенсифицирован путем закачивания воды в сооружение для вымывания нефти.

Морские берегозащитные сооружения		
	Доступные	Недоступные
Стадия 1	Скиммеры/насосы Передвижные вакуумные установки Промывка	Вручную Вручную с использованием сорбентов
Стадия 2	Промывка под давлением Пассивная очистка Демонтаж (редко) Естественная очистка	Естественная очистка Ручное вытирание
Стадия 3	Ручное вытирание Естественная очистка	Естественная очистка

▲ Таблица 1: Методы, применимые для очистки различных типов морских берегозащитных сооружений

В крайне редких обстоятельствах морские сооружения могут быть демонтированы с целью удаления нефтесодержащего мусора и производства промывки под давлением отдельных валунов и тетраподов. Это может потребоваться, если вытекающая из-под конструкции нефть представляет опасность загрязнения общественного пляжа или объектов морского фермерства, но даже в этом случае необходимо найти золотую середину между угрозой загрязнения и затратами на демонтаж и повторное сооружение морских берегозащитных конструкций. Вероятно, что решение может быть принято в пользу демонтажа сооружений только в случае рутинного проведения таких работ, например, для обслуживания береговых сооружений, и если необходимое оборудование и инфраструктура уже имеются в наличии.

## Скалы и валуны

Твердые поверхности скал и валунов часто покрываются слоем нефти под действием приливных явлений; при этом нефть и нефтесодержащий мусор скапливаются в лужах и расщелинах между скальными породами (Рис. 34). На открытых берегах нефть обычно не остается в статичном состоянии, а приводится в движение вдоль берега и в конце концов выбрасывается на берег на защищенных территориях. Доступ к скалистым берегам иногда затруднителен, и должно уделяться особое внимание обеспечению безопасности рабочих при работе на скользких поверхностях, а также при опасном воздействии волн и приливов. Если доступ иным способом, например, с моря, невозможен, то возможно построение временных пешеходных настилов для улучшения условий работы (Рис. 35).

На участках с высокой концентрацией флоры и фауны, где осело значительное количество нефти, на замасленные скальные породы сорбирующее вещество может быть напылено, а иногда внесено на нефть щеткой - сорбент будет действовать как защитная маска для снижения загрязнения меха и перьев животных и птиц. В некоторых странах отдается предпочтение применению измельченной коры, тогда как в других использовались гранулированные минеральные сорбенты. Такой метод использовался, например, для защиты котиков и пингвинов на известных местах лежки. Смесь сорбента и нефти обычно не собирается, а постепенно устраняется под воздействием моря и рассеивается по широкой территории акватории с получением возможности для разложения. Однако, этот метод должен использоваться с осторожностью ввиду возможности вторичного загрязнения от дрейфующей смеси сорбента и нефти и потенциально высокой стоимости сорбента.

Скалы и валуны		
	Доступные	Недоступные
Стадия 1	Скиммеры/насосы Передвижные вакуумные установки Промывка	Вручную Вручную с использованием сорбентов
Стадия 2	Промывка под давлением Сорбирующие вещества Естественная очистка	Естественная очистка Ручное вытирание
Стадия 3	Естественная очистка Промывка под давлением Пескоструйная обработка (редко)	Естественная очистка

▲ Таблица 2: Методы, применяемые для очистки скал и валунов

## Булыжник, галька и щебень

Береговые линии этого типа труднее всего поддаются успешной очистке, так как нефть проникает в пространство между камнями и заглубляется в толщу песка. Плохая способность таких береговых линий выдерживать нагрузку мешает перемещению транспортных средств и персонала, так что удаление большого объема сильно загрязненных камней может быть затруднительно. В дополнение к этому, имеются ограничения по утилизации сильно загрязненного булыжника по сравнению с утилизацией нефтесодержащего песка и щебня. Тем не менее, удаление сильно загрязненного щебня на защищенных береговых линиях может быть необходимым для предотвращения образования стойких "асфальтовых мостовых" (Рис. 36). Где это возможно, нужно производить промывку замасленных камней на территории для снижения количества отходов, которые нужно будет вывезти транспортными средствами. Методы смывания и прибойной промывки также особенно полезны в этих условиях.

Булыжник, галька и щебень		
	Доступные	Недоступные
Стадия 1	Скиммеры/насосы Передвижные вакуумные установки Смывание	Вручную Вручную с использованием сорбентов
Стадия 2	Смывание Прибойная промывка булыжника Механическая Естественная очистка	Естественная очистка Ручное вытирание
Стадия 3	Естественная очистка Прибойная промывка булыжника Пескоструйная обработка (редко)	Естественная очистка

▲ Таблица 3: Методы, применяемые для грунта средней группы



▲ Рис. 34: Нефть и нефтесодержащий мусор могут собираться в лужах и расщелинах между скальными породами, требуя значительных усилий по ручной очистке.



▲ Рис. 35: Для снижения опасности для рабочих на скалистых береговых линиях могут строиться временные пешеходные настилы.



▲ Рис. 36: Сбор замасленного щебня в мешки.

## Песчаные пляжи

Песчаные пляжи часто оцениваются как ресурсы высокой эстетической и рекреационной ценности, и их очистке придается приоритетное значение (Рис. 37). Пляжи, используемые для отдыха, обычно имеют хороший доступ и ввиду ограниченного проникновения в глубину пляжа многих нефтепродуктов они обычно рассматриваются как тип береговой линии, легче всего поддающийся очистке (Рис. 38). Тем не менее, нефть может оказаться заглубленной в песок под действием последующих приливов, и маловязкие нефтепродукты проникнут в крупнозернистый песок. Проблема заглубленной нефти может быть решена методами смывания, прибойной промывки и боронования.

Возможно построение временных подъездных путей для доступа на пляж тяжелого оборудования, например, для предотвращения нанесения вреда уязвимой среде обитания дюн. Колеса и гусеницы транспортных средств, работающих на пляжах с рыхлым или крупнозернистым песком, подвергаются риску погружения в песок (Рис. 39), что может приводить к еще более глубокому проникновению нефти в песок. Грузовики и другие автотранспортные средства, работающие на пляже, могут застревать на пляже после загрузки.

Часто выражается озабоченность, что чрезмерное удаление песка может привести к эрозии пляжа. Для большинства открытых пляжей сезонные циклы эрозии и нарастания настолько велики, что количество материала, удаленного во время мероприятий очистки, обычно является сравнительно незначительным и будет пополнено в ходе природных процессов. Тем не менее, для возвращения пляжа к его первоначальному назначению в кратчайшие возможные сроки иногда выдвигаются предложения о ввозе незагрязненного песка с других пляжей. При таком подходе важно, чтобы незагрязненный песок был в максимально возможной степени приближен к исходному материалу по плотности и крупности зерна с тем, чтобы его поведение было таким же. Например, если для замены будет использован более мелкозернистый песок, существует риск его смывания.

При достаточном времени предупреждения до того, как разлив достигнет пляжа, может быть возможным переместить песок на участок, лежащий выше линии прилива. После проведения мероприятий очистки пляжа этот материал может быть возвращен на место. Плавающий и утопленный мусор может быть также удален до прибытия нефти, что значительно сократит количество нефтесодержащего мусора, подлежащего вывозу с пляжа.



▲ Рис. 37: Очистка песчаных пляжей может составлять приоритетную задачу во время туристического сезона.



▲ Рис. 38: Ручной сбор эмульгированной топливной нефти на крупнозернистом песчаном пляже.

Песчаные пляжи		
	Доступные	Недоступные
Стадия 1	Скиммеры/насосы Передвижные вакуумные установки Ручная/механическая Рытье траншей Смывание	Вручную Вручную с использованием сорбентов
Стадия 2	Смывание Прибойная промывка Ручная/механическая	Естественная очистка Вручную
Стадия 3	Естественная очистка Прибойная промывка Вспашка и боронование Машины для очистки пляжей Просеивание песка	Естественная очистка

▲ Таблица 4: Методы, применяемые для очистки песчаных пляжей

## Илистые берега

При попадании загрязнения на береговую линию такого типа желательно позволить нефти пройти процесс естественного выветривания, особенно если она была выброшена на растительность. Практика показывает, что во многих случаях работы по устранению загрязнения наносили больший вред, чем сама нефть из-за вытаптывания и эрозии почвы (Рис. 40 и 41).

В условиях умеренного климата болотная растительность обычно выживает однократное загрязнение нефтью, и во многих случаях новые растения прорастают сквозь нефтяной слой. Ущерб, наносимый мангровым зарослям в тропических регионах, труднее поддается прогнозированию и зависит от произрастающих видов, характера нефтепродуктов (легкие нефтепродукты токсичнее тяжелых топливных нефтепродуктов) и пористости почвы. Известно, что мангровые заросли на крупнозернистых почвах менее уязвимы, чем растущие на мелкозернистых илистых почвах.

Когда удаление нефти чрезвычайно важно для предотвращения ее повторного перемещения вдоль береговой линии, нефть может смываться в воду, где она может сдерживаться для последующего сбора. Лучше всего это достигается приближением к береговой линии со стороны воды на мелкоосидающих катерах или со стороны суши с помощью временных пешеходных настилов. В альтернативном варианте, при использовании ручного сбора он должен проводиться под строгим контролем для снижения дополнительного повреждения корневой структуры и побегов растений (Рис. 42).

При угрозе для птиц и других представителей фауны может быть рассмотрено срезание и удаление нефтесодержащей болотной растительности, но такое решение должно быть принято с учетом риска долгосрочного повреждения от вытаптывания. Срезания мангровых зарослей следует избегать, так как их восстановление требует длительного времени.



▲ Рис. 39: Загруженные транспортные средства могут оседать в мягких нижних слоях. Это может приводить к дополнительному ущербу и перемешиванию нефти с ранее незагрязненным грунтом.

Илистые берега		
	Доступные	Недоступные
Стадия 1	Скиммеры/насосы Передвижные вакуумные установки Смывание	Вручную Вручную с использованием сорбентов
Стадия 2	Смывание Вручную	Естественная очистка Вручную
Стадия 3	Естественная очистка	Естественная очистка

▲ Таблица 5: Методы, применяемые для очистки илистых берегов

## Кораллы

Вероятность загрязнения нефтью растущих кораллов невелика, поскольку они редко выступают над поверхностью моря. Если же загрязнение достигло обнаженных кораллов, то лучше их не затрагивать и позволить восстановиться естественным путем. Можно ускорить естественную очистку коралловых платформ, обнажающихся и высыхающих при низком уровне воды, методом смывания морской водой под низким давлением для снижения воздействия нефти на рифовые комплексы.

При необходимости сбора нефти, например, для предотвращения ее повторного перемещения, эта операция должна проводиться с осторожностью для снижения риска повреждения легко разрушаемых структур.

## Управление и организация

Эффективное управление ресурсами, привлеченными к очистке береговой линии, существенно важно для успеха мероприятий. Ответственность за управление реагированием на аварийную ситуацию может быть возложена на группу, составленную из представителей ряда разных организаций или учреждений или на одно государственное учреждение. В каждом случае их функция состоит в сопровождении мероприятий персонала на береговой линии и в решении каждодневных оперативных вопросов,

вопросов логистики, будущего планирования, общения со СМИ и финансирования операций.

При определении используемых методов очистки управленческая группа должна принимать во внимание интересы всех сторон, имеющих различную заинтересованность в местной морской среде. Обычно эти интересы включают рекреационную деятельность, туризм, рыбное хозяйство, промышленность и вопросы экологии. Методы решения данных вопросов в разных странах отличаются согласно программам ликвидации аварийных ситуаций. Часто управленческая группа включает консультантов, представляющих каждый из этих аспектов реагирования на аварийную ситуацию. В частности, в состав многих групп входят консультанты-экологи, чтобы операции по очистке не принесли больше вреда, чем пользы из-за отсутствия надлежащего понимания вопросов экологической уязвимости.

Правильная организация действий рабочей силы на береговой линии также является чрезвычайно важной (Рис. 43). Можно разделить затронутую разливом береговую линию на участки меньшего размера, часто в соответствии с естественным разделением береговых линий. Должен быть назначен бригадир или смотритель пляжа, который возьмет на себя ответственность за команду персонала на каждом участке. В случае использования ручных методов очистки персонал может быть далее разделен на группы с назначением лидера и выделением конкретного участка береговой линии для очистки. Поставленные задачи должны быть выполнимы за реалистичный период времени, например, полдня. Удовлетворение от выполнения задачи и достижение реального прогресса может помочь в мотивировании рабочих в, возможно, тяжелых условиях. В то же время береговая линия должна очищаться систематически, секция за секцией. Группы обычно состоят из 5–10 рабочих (Рис. 44), и бригадир или смотритель пляжа должен отвечать за работу не более 100 человек, т.е. примерно за 10 групп на участке. Рабочие должны пройти базовую подготовку для обеспечения упорядоченного и эффективного проведения мероприятий и понимания всех аспектов гигиены труда и техники безопасности. Вблизи рабочей территории должны быть организованы пункты питания и санузлы для рабочих групп (Рис. 45).

Потенциальную производительность рабочей силы трудно оценить до тех пор, пока работа не начнется и не продлится некоторое время. В этой связи определить требуемое число рабочих на береговой линии легче всего посредством организации мероприятий небольшого масштаба на показательной секции береговой линии и последующего укрупнения этого подхода с расчетом необходимой рабочей силы на других участках после оптимизации методов работы. Необходимое число рабочих определяется в соответствии с требованиями применяемого метода очистки и количеством материала, которое может, с разумными основаниями, быть обработано за один день. В то же время, на качество работы также влияют подготовка, мотивация и руководство рабочего коллектива, а также тип и доступность береговой линии, погодные условия и уровень загрязнения. Желательно привлечение рабочего коллектива местной организации с действующей управленческой структурой, установившимися линиями подчинения и рабочими взаимоотношениями. В то время как военные структуры командного управления удовлетворяют этим критериям и могут представляться пригодными для мероприятий такого типа, они могут приводить к слишком многочисленным рабочим группам с необходимостью внесения некоторых изменений в структуру. Более подробная информация по этому вопросу приводится в документе "Лидерство, командование и управление при разливах нефти".

Не менее важна организация работы оборудования и транспортных средств на береговой линии. Разделение рабочей территории на чистую и загрязненную зоны, ограничение количества транспортных средств в загрязненной зоне и их перемещения в пределах границ



▲ Рис. 40: Активная очистка болотистой местности от нефтяного загрязнения привела к дополнительному более значительному нанесению ущерба, чем от самого загрязнения.



▲ Рис. 41: Использование тяжелого машинного оборудования на экологически уязвимых участках береговой линии может нанести значительный дополнительный ущерб. В этом случае приоритетной задачей являлась необходимость быстрого сбора плавающей на поверхности нефти.



▲ Рис. 42: Необходимость удаления нефти в мангровых зарослях должна быть тщательно рассмотрена, для того чтобы снизить дополнительное загрязнение структур с высокой экологической уязвимостью.



▲ Рис. 43: Рабочие должны быть четко проинструктированы, с тем чтобы хорошо понимать цели операции и методы достижения этих целей.



▲ Рис. 44: Оптимальный состав группы по очистке береговой линии включает 10 рабочих - это позволяет эффективно управлять работой группы и выполнять поставленные задачи.



▲ Рис. 45: Временные сооружения, расположенные поблизости от рабочей территории, предназначены для организации питания и санузлов для персонала.

этой зоны помогает снизить риск вторичного загрязнения. Грузовики с высокой грузоподъемностью, например, используемые для вывоза собранного материала на площадки хранения или утилизации, должны находиться вне пляжа для сохранения границы между загрязненным и чистым участком. Это также помогает снизить количество нефти, попадающей на поверхность дорог. Выбираемые типы автотранспортных средств должны быть пригодны для транспортировки конкретных отходов для обеспечения надежного закрепления груза и предотвращения утечки нефти.

Должно быть обеспечено регулирование движения автотранспорта вблизи территории проведения работ, чтобы не препятствовать въезду и выезду грузовиков на рабочий участок. Может также потребоваться закрыть пляж в интересах безопасности населения, особенно при использовании тяжелых транспортных средств.

На приливно-отливных берегах работа должна быть организована в соответствии со временем приливов, с перерывами на отдых и питание, назначенными, желательно, на время прилива. Работа в темное время суток может проводиться в порту, где предоставлено необходимое освещение, но на других территориях, таких как открытые береговые линии, работа в темное время суток неэффективна и потенциально небезопасна даже при наличии освещения.

Ведение учета количества собранной нефти и мусора в течение каждого дня облегчает задачу командного центра по мониторингу хода работ, от площадки к площадке. В дополнение к письменным отчетам, статус каждой рабочей площадки и размещение рабочей силы и оборудования могут обозначаться и контролироваться по картам большого масштаба.

Ежедневные сводки по численности рабочих, оборудованию и материалам на каждом участке проведения работ также важны для предъявления последующего иска о возмещении ущерба. Дополнительная информация по этому аспекту реагирования на аварийные ситуации приводится в отдельном документе "Подготовка и предъявление исков о возмещении ущерба от нефтяного загрязнения".

## Планирование ликвидации аварийной ситуации

Планы ликвидации аварийной ситуации по очистке береговой линии требуют высокой степени информированности о местных особенностях, и поэтому географический охват таких планов обычно ограничивается рамками одного административного подразделения по береговой линии. Важно, чтобы планы разрабатывались теми учреждениями и организациями, которые несут непосредственную ответственность за очистку от нефти береговой линии в рамках определенной протяженности побережья. Персонал этих организаций с большей вероятностью владеет информацией о местных условиях, что также помогает в составлении реалистичных и выполнимых планов. Смотрители пляжей обычно выбираются из местных сотрудников и хорошо знакомы с особенностями береговой линии. Тем не менее, они будут нуждаться в обучении по методам очистки, управлению рабочей силой и обеспечению ее безопасности. Для контроля за доступом на загрязненные территории и предоставления иной необходимой помощи в реагировании на нефтяной разлив может потребоваться привлечь полицию и другие государственные учреждения.

Необходимо установить центральный пункт или ряд таких пунктов, из которых будет осуществляться управление мероприятиями по очистке. В пунктах должно обеспечиваться размещение управленческой группы и наличие необходимых систем связи.

Надежная связь между членами управленческой группы и отдельными бригадами по береговой линии облегчает координацию мероприятий реагирования на аварийную ситуацию. При необходимости должны быть закуплены системы связи, пригодные для ожидаемых сценариев ликвидационных мероприятий.

В ходе разработки плана подготовки к аварийной ситуации также должны быть учтены вопросы хранения, вывоза и утилизации собранных нефтесодержащих отходов, так как данный аспект работ может в большой степени повлиять на эффективность операции по очистке. В плане должны быть указаны источники рабочей силы, оборудования и материалов вместе с контактной информацией этих источников. Должны быть определены подрядчики, которые могут предоставить передвижные вакуумные установки, ковшовые фронтальные погрузчики, скипы и другие контейнеры для временного хранения, системы промывки горячей водой и прочее оборудование; условия найма данного оборудования желательно согласовать с подрядчиками до наступления нефтяного разлива.

Карты экологической уязвимости береговой линии особенно полезны на ранних стадиях разлива и могут составляться в ходе общего процесса планирования с внесением информации в Географическую информационную систему (ГИС). Такие карты должны отражать местоположение экологически уязвимых ресурсов и приоритетных мест отдыха людей, а также должны содержать данные о сезонных изменениях. На картах могут отмечаться и другие особенности, такие как типы береговых линий, пункты подъезда автотранспортных средств, пляжи, способные выдерживать тяжелое оборудование, и участки береговой линии, на которых запрещено применение диспергентов.

Необходимо проведение практических учений по плану действий в аварийных ситуациях - не только для проверки организационных аспектов, но и для установления фактического наличия оборудования, указанного в плане. Дальнейшая информация по планированию ликвидации аварийной ситуации приводится в отдельном документе "Разработка планов ликвидации аварий для морских разливов нефти".

## Основные выводы:

- Успешная очистка береговой линии зависит от своевременного наличия персонала, оборудования и материалов, а также от качества организации, созданной для проведения мероприятий и управления.
- Цели и конечные результаты очистки береговой линии желательно определить и согласовать до начала операций.
- Следует заранее рассмотреть вопросы хранения, вывоза и утилизации отходов, т.к. это в большой степени определяет исход мероприятий.
- Наиболее эффективный метод очистки в значительной степени определяется типом береговой линии.
- Мобильная нефть должна быть собрана в максимально короткий срок для предотвращения ее перемещения на незагрязненную территорию.
- В то время как пляжи могут быть быстро очищены с использованием тяжелого оборудования, при этом также возможно удаление значительного объема незагрязненного грунта, что влечет за собой необходимость дополнительного вывоза и утилизации, а также потенциальную эрозию почвы. В этой связи занимающие более длительное время методы ручной очистки часто приводят к более высоким результатам.
- Экологически уязвимые береговые линии, такие как болота, защищенные низины, мангровые заросли и кораллы, часто бывает предпочтительнее не очищать и предоставить воздействию естественных процессов очистки.
- Для участков, не представляющих рекреационной ценности, после проведения Стадий 1 и 2 мероприятий по ликвидации можно предоставить любой оставшейся нефти возможность природного выветривания и разложения.
- В плане ликвидации аварийной ситуации должны быть определены источники рабочей силы и оборудования, а также предусмотрена их регулярная мобилизация в ходе практических учений для проверки их эффективности.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДОКУМЕНТЫ

- 1 Воздушное наблюдение морских разливов нефти
- 2 Поведение морских разливов нефти
- 3 Применение боновых заграждений при ликвидации разливов нефти
- 4 Применение диспергентов для обработки нефтяных разливов
- 5 Применение скиммеров при ликвидации разливов нефти
- 6 Установление наличия нефти на береговой линии
- 7 Очистка береговой линии от нефти
- 8 Применение сорбентов при ликвидации разливов нефти
- 9 Избавление от нефти и мусора
- 10 Лидерство, командование и управление при разливах нефти
- 11 Последствия нефтяного загрязнения для рыбного промысла и морского фермерства
- 12 Последствия нефтяного загрязнения для социальной и экономической деятельности
- 13 Последствия нефтяного загрязнения для окружающей среды
- 14 Отбор проб и мониторинг морских разливов нефти
- 15 Подготовка и предъявление исков о возмещении ущерба от нефтяного загрязнения
- 16 Разработка планов ликвидации аварий для морских разливов нефти
- 17 Ликвидация морских разливов химических продуктов

ИТОПФ - некоммерческая организация, созданная владельцами мирового танкерного флота и их страховщиками для эффективной ликвидации морских разливов нефти, химических продуктов и других вредных веществ. Технические услуги организации включают реагирование на аварийные ситуации, предоставление консультаций по методам очистки от загрязнения, оценку нанесенного ущерба, помощь в составлении планов ликвидации разливов и предоставление обучения. ИТОПФ является источником исчерпывающей информации о нефтяном загрязнении морской среды, и данный технический документ является одним из серии, документирующей опыт технического персонала ИТОПФ. Информация из данного документа может быть воспроизведена с предварительно полученного согласия ИТОПФ. Для получения дополнительной информации, пожалуйста, свяжитесь с нашей организацией.



### ИТОПФ Ltd

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

Тел.: +44 (0)20 7566 6999

Факс: +44 (0)20 7566 6950

Круглосуточная связь:

+44 (0)20 7566 6998

E-mail: [central@itopf.org](mailto:central@itopf.org)

Веб-сайт: [www.itopf.org](http://www.itopf.org)