

ПРИМЕНЕНИЕ БОНОВЫХ ЗАГРАЖДЕНИЙ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ДОКУМЕНТ

3



Введение

Боновые заграждения применяются в качестве стандартной практики для ограждения и ограничения распространения разлитой в море нефти, а также для изменения направления ее перемещения в сторону от уязвимых природных ресурсов или по направлению к пункту сбора нефти. Успех операций с применением бонов может быть ограничен быстрым распространением плавающей нефти и воздействием течений, приливов-отливов, ветра и волн. Эффективная конструкция бона и хорошо спланированное и координируемое реагирование на разлив могут минимизировать эти проблемы, хотя в некоторых обстоятельствах применение бона может быть нецелесообразным.

В настоящем документе описаны принципы конструкции бонов и два основных режима их функционирования, а именно, буксирование судном в море и постановка на якорь на мелководье или в прибрежных водах.

Принципы конструкции

Боны представляют собой плавающие заграждения, предназначенные для выполнения одной или нескольких из следующих функций:

- **Сдерживание и локализация нефти:** окружение плавающей нефти для предотвращения ее распространения по водной поверхности и повышение толщины ее слоя для облегчения сбора;
- **Изменение направления движения:** перенаправление нефти в соответствующий пункт сбора на береговой линии для ее последующего устранения, например, с помощью автоцистерн с вакуумным насосом, иных насосов и других методов сбора;
- **Защита:** отведение нефти от важных экономических или экологически уязвимых участков, таких как входы в гавань, водозаборные сооружения охлаждающей воды для электростанций, объекты морского фермерства и заповедные зоны.

Предлагается широкий ассортимент бонов различных размеров и конструкций из разных материалов для удовлетворения потребностей в различных ситуациях и условиях окружающей среды. Это и недорогие, легкие по весу модели малого размера для развертывания в гаванях вручную (Рис. 1), и крупногабаритные, дорогостоящие и высокопрочные установки для применения в открытом море, требующие использования катушек, кранов и судов значительного размера для их перевозки. Длина бонов варьируется; конструкция включает оконечные соединительные узлы для скрепления секций для получения требуемой общей длины заграждения. Соединительные узлы также служат для буксировки и постановки на якорь. В дополнение к катушкам может потребоваться разнообразное вспомогательное оборудование, такое как бридели для буксировки бонов, воздуходувки и якоря.

Самой важной характеристикой бона является его способность сдерживать или отводить нефть, определяемая его перемещением по отношению к перемещению воды. Для улучшения данной функции все боны обычно имеют следующие особенности:

- надводный борт для предотвращения или минимизации расплескивания нефти;
- подводная юбка для предотвращения или минимизации утечки нефти под бонем;
- обеспечение плавучести с использованием воздуха, пены или другого плавучего материала;
- элемент продольного натяжения (цепь или провод) для выдерживания сил ветра, волн и течений;



▲ Рис. 1: Бон-ограждение, отводящий нефть от причалов.

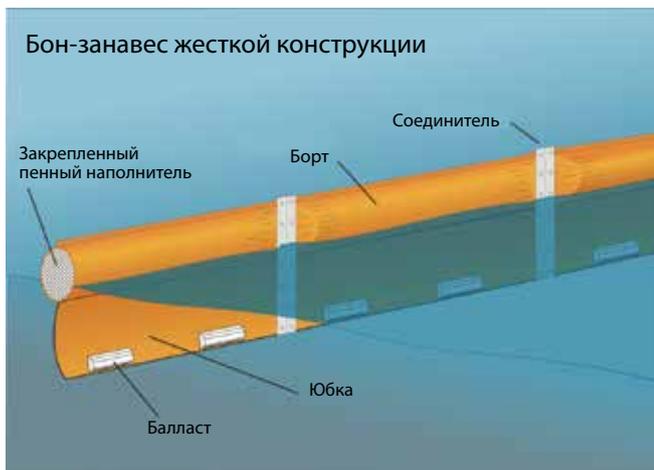
- балласт для поддержания вертикальной ориентации бона.

Большинство конструкций бонов подразделяются на две широкие категории:

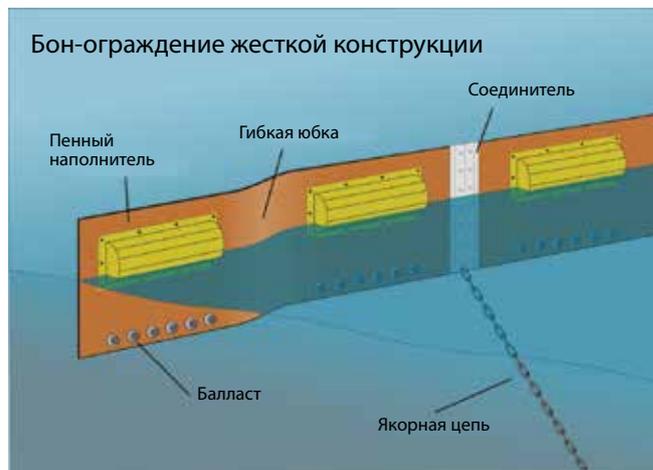
Боны-занавесы – имеют неразрывную подводную юбку или гибкий экран, поддерживаемый воздухом или флотационной камерой с пеным наполнителем, обычно круглого поперечного сечения (Рис. 2а и 2в).

Боны-ограждения – обычно плоского поперечного сечения, удерживаемые в толще воды вертикально за счет собственной плавучести или внешних средств обеспечения плавучести, балласта и подкосов (Рис. 2б).

Предлагаются также боны, изолирующие береговую линию или пляжи, – в этом случае юбка заменяется водонаполненными камерами, обеспечивающими посадку бонов на побережье вовремя



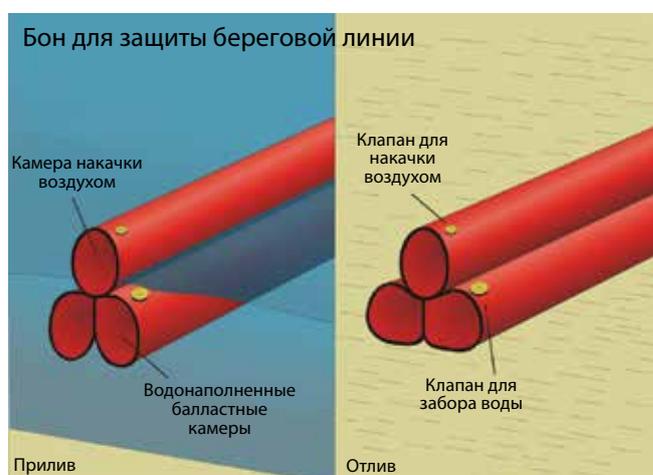
▲ Рис. 2а: Бон-занавес жесткой конструкции с внешним балластом.



▲ Рис. 2б: Бон-ограждение жесткой конструкции с внешними элементами флотации и балластом. Точки якорного крепления расположены с интервалами по его нижней длине.



▲ Рис. 2в: Надувной бон-занавес с объединенным балластом и натяжной цепью, помещенными в общем кармане, прикрепленном к нижней части юбки.



▲ Рис. 2г: Бон для межприливной защиты береговой линии. Верхняя камера накачки воздуха обеспечивает плавучесть; нижние заполняемые водой камеры служат балластом для обеспечения хорошего экранирования нижнего слоя грунта при низкой воде.

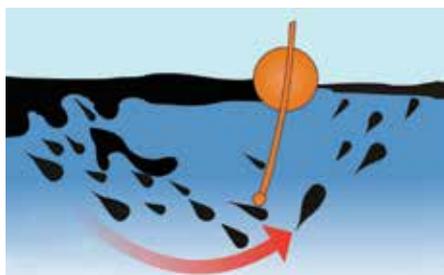
отлива (Рис. 2г). Огнеупорный бон специально сконструирован так, чтобы выдерживать высокие температуры, имеющие место при горении нефти, и может иметь конструкцию занавеса или ограждения с сопутствующими плюсами и минусами этих двух конструкций в отношении сдерживания распространяемой нефти.

Боны должны быть достаточно гибкими, чтобы следовать перемещению волн, и достаточно жесткими, чтобы удерживать как можно больше нефти. Некоторые конструкции бонов-ограждений и бонов-занавесов с жесткой конструкцией имеют плохую способность следовать волновому движению, в результате чего надводный борт бона уходит под воду, или же юбка едет по гребням волн, давая нефти возможность выходить за ограждение. Следовательно, боны такой конструкции следует применять только на тихой воде.

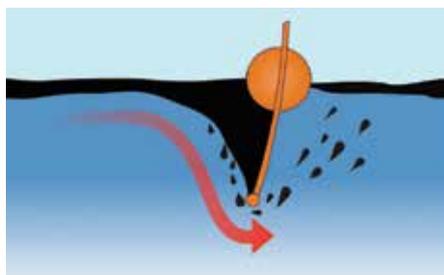
Хотя и были разработаны боновые системы для применения при быстром течении воды, а также боны для буксировки на относительно высокой скорости, традиционные конструкции бонов не способны сдерживать нефть при скорости воды, значительно превышающей 0,5 м/с (1 узел), набегающей на них под прямым углом. Скорость, при которой происходит утечка нефти, для большинства бонов на практике вне зависимости от высоты юбки составляет приблизительно 0,35 м/с (0,7 узла). Характер

утечки нефти и зависимость от скорости воды в равной степени определяются видом нефти и конструкцией бона. Маловязкая нефть утекает при более низкой скорости, чем вязкая нефть. При сборе маловязкой нефти турбулентность в боковой волне, вызываемая сильным течением, отрезает капельки от нижней поверхности нефтяного слоя, которые затем выносятся из-под бона - процесс, называемый засасыванием (Рис. 3а). Для сбора маловязкой нефти также характерна утечка (Рис. 3б), при которой сильное течение вызывает отрывание капелек от скопления нефти на лицевой поверхности бона и их протекание вертикально вниз и под юбку. Более вязкая нефть в меньшей степени уносится с водой и образует довольно толстые слои на лицевой поверхности бона. При определенной максимальной толщине скопления нефть засасывается под бон (Рис. 3в).

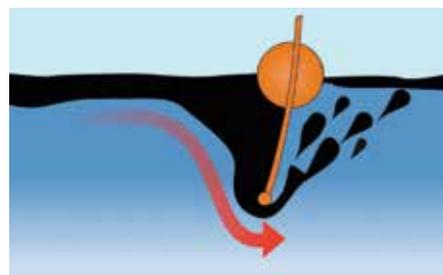
Помимо речных и приливно-отливных течений, ветер и волны также могут вызывать движение воды со скоростью выше скорости утечки, что вызывает разбрызгивание удержанной нефти (Рис. 3г). Очень сильное течение может вызвать погружение бона, особенно если не обеспечена его достаточная плавучесть (Рис. 3д), или глиссирование, позволяя нефти протекать мимо бона (Рис. 3е и 4). Утечка нефти может также вызываться турбулентностью вдоль бона, и таким образом желательно установить сплошную поверхность бона без выступающих частей. Важными параметрами



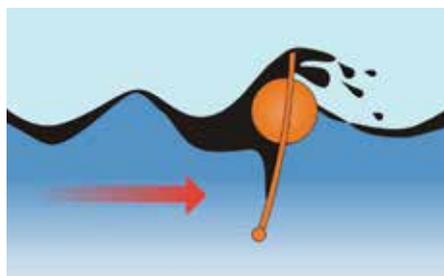
▲ Рис. 3а: Засасывание



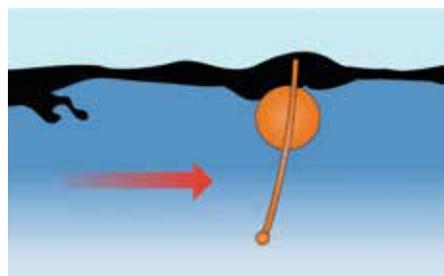
▲ Рис. 3б: Протекание



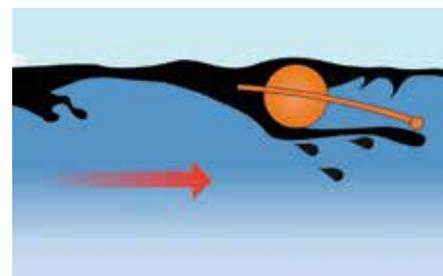
▲ Рис. 3в: Скопление



▲ Рис. 3г: Разбрызгивание



▲ Рис. 3д: Погружение



▲ Рис. 3е: Глиссирование

▲ Рис. 3: Сбой в работе бонов. Стрелками показано направление течения. (Источник: Oil Spill Science and Technology, любезно предоставлено Merv Fingas).

являются размер и длина секций бона. Оптимальный размер бона в значительной степени зависит от волнения моря, при котором он будет использоваться. Как правило, должна быть выбрана минимальная высота надводного борта, обеспечивающая предотвращение разбрызгивания нефти. Высота юбки должна быть сравнимого размера. Слишком высокий надводный борт может вызывать сопротивление воздуха, действуя как парус. Увеличение высоты юбки может способствовать утечке нефти в связи с повышением скорости воды, проходящей под бонем. Отдельные секции бона могут быть просты в обращении и повышают общую функциональность бона в случае повреждения одной из секций, но эти преимущества должны быть сопоставлены с неудобством и трудностью надежного скрепления секций. Соединительные узлы прерывают поверхность бона и поэтому, где это только возможно, их расположение не должно совпадать с местами наибольшего скопления нефти. Конструкция соединительных узлов должна обеспечивать их легкое скрепление и раскрепление во время развертывания бонового ограждения и при нахождении бона в воде.

Фирмы-производители предлагают широкий ассортимент различных соединительных узлов. Широкое распространение стандартных соединительных узлов от Unicon и Американского общества по испытанию материалов (ASTM) повлекло за собой сужение ассортимента, тем не менее, разнообразие предлагаемых конструкций может создавать трудности при скреплении бонов, поставляемых из разных источников, и при заказе бонов у разных поставщиков на это следует обращать тщательное внимание.

Другими важными характеристиками являются предел прочности на разрыв, простота и скорость развертывания, надежность, вес и стоимость (Таблица 1). Важно, чтобы бон был достаточно прочным и долговечным в соответствии со своим целевым назначением, поскольку часто необходимо выдерживать нагрузки от неумелого обращения, перекручивания, воздействия крупного и тяжелого плавающего твердого мусора и абразивного воздействия от скал, стен причалов или кораллов (Рис. 5). Бон должен иметь конструктивную прочность, чтобы выдерживать силы воздействия воды и ветра, а также буксировку или постановку на якорь. Простота и скорость развертывания в сочетании с надежностью несомненно

являются чрезвычайно важными в быстро изменяющейся ситуации и также могут влиять на выбор бонов.

Некоторые модели недорогих бонов разрабатываются для одноразового использования, после чего они сжигаются или возвращаются изготовителю для утилизации. Более дорогостоящие высокопрочные боны при условии правильного развертывания и обслуживания могут использоваться многократно. Боны обычно требуют очистки после использования, и для некоторых конструкций этот процесс может быть затруднительным (Рис. 6). Обычно применяется очистка паром или растворителями; при использовании последних важна совместимость материалов бона с используемыми химическими веществами. Правильное



▲ Рис. 4: Сильное течение вызвало глиссирование бона, что привело к протеканию нефти под юбкой.

Вид бона	Метод флотации	Хранение	Следование волнам	Якорь или буксир?	Простота очистки	Относит. стоимость	Предпочтительное использование
бон-занавес	Надувной	Компактный, когда спущен	Хорошее	И то, и другое	Простая	Высокая	У берега и в море
	Твердая пена	Громоздкий	Удовлетворительное	Якорь	Легкая / Простая	Средняя - низкая	Под укрытием в прибрежных водах (например, гавани)
бон-ограждение	Внешние пенные поплавки	Громоздкий	Плохое	Якорь	Трудно/ средняя трудн.; нефть уносится за внешний поплавок/ в стыки камер	Низкая	Защищенные от волнения воды (напр., порты, пристани)
Бон экранирования береговой линии	Надувная верхняя камера, водонаполненные нижние камеры	Компактный в сдутом виде	Хорошая	Якорь	Средняя трудн.; нефть уносится в стыки камер	Высокая	У защищенной приливной зоны (без волнорезов)

▲ Таблица 1: Характеристики стандартных бонов

свертывание, техобслуживание и хранение важны для продления срока службы бона и обеспечения его постоянной готовности к использованию по первому требованию. Некоторые боны, в частности самонадувные модели, предрасположены к повреждению от истирания в случае ненадлежащего извлечения. Для устранения мелких повреждений необходимо иметь в наличии комплекты для экстренного ремонта, иначе отдельная секция или даже вся длина бона может стать не пригодной к использованию. Крупное повреждение материала бона зачастую трудно поддается ремонту и может потребовать замены целой секции. Правильное

хранение бонов важно для минимизации разрушения материала в долгосрочном периоде под действием высоких температур, ультрафиолетового света или плесени, хотя это не имеет столь большого значения при использовании более современных материалов, таких как полиуретан и неопрен. Боны с воздушной флотацией занимают лишь малую площадь для хранения в спущенном состоянии, в то время как боны с жесткой конструкцией занимают много места при хранении, что должно учитываться при транспортировке бонов к месту использования и при ограниченности места для хранения, например, на борту судна.



▲ Рис. 5: Бон может быть легко поврежден после развертывания. Необходимо постоянное наблюдение для поддержания эффективности бона на протяжении всего приливо-отливного цикла.



▲ Рис. 6: Нефть, захваченная за внешними поплавками бона-ограждения, может особенно трудно поддаваться очистке.

Силы, действующие на боны

Для расчета приблизительной силы F (кг), действующей на бон с площадью подводной поверхности A (м²) при скорости течения V (м/с), может быть использована следующая формула:

$$F = 100 \times A \times V^2$$

Таким образом, приблизительное значение силы, действующей по длине бона в 100 метров с юбкой в 0,6 метров при скорости течения в 0,25 м/с (0,5 узла), будет составлять:

$$F = 100 \times (0,6 \times 100) \times (0,25)^2 \approx 375 \text{ кг (сила)}$$

Из графика на Рис. 7 очевидно, что удвоение скорости течения приведет к четырехкратному увеличению нагрузки. Приблизительная сила воздействия ветра непосредственно на надводный борт бона также может быть значительной. Вышеприведенная формула может использоваться применительно к расчету силы воздействия ветра с допущением того, что примерные эквивалентные давления создаются течением воды и скоростью ветра, превышающей скорость течения в 40 раз. Например, приблизительное значение силы по длине бона в 100 метров с надводным бортом в 0,5 метра при скорости ветра в 7,5 м/с (15 узлов) будет составлять:

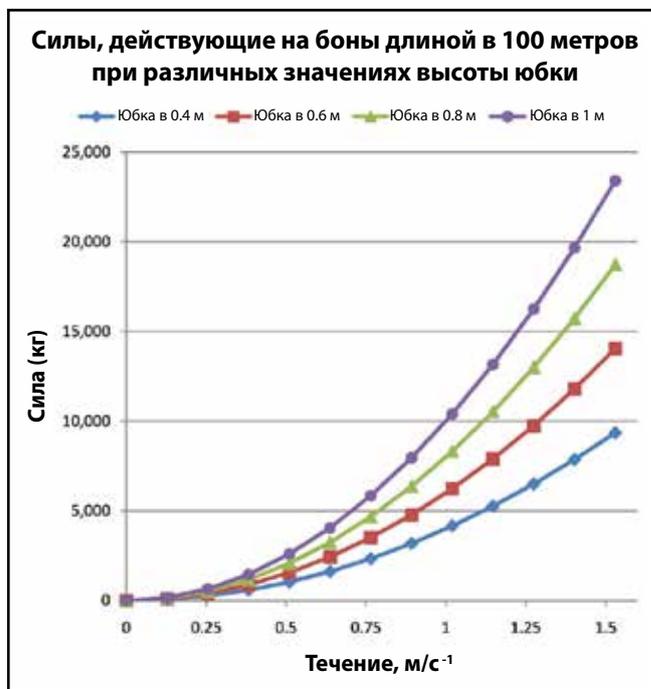
$$F = 100 \times (0,5 \times 100) \times (7,5/40)^2 \approx 175 \text{ кг (сила)}$$

В вышеприведенном примере совместные силы течения и ветра, если они будут направлены в одном и том же направлении на жесткий барьер, составят приблизительно 550 кг. На практике бон располагается под некоторым углом к потоку с образованием кривизны, что приводит к изменению абсолютной величины и направления сил (см. также Таблицу 2 на стр. 9). Тем не менее, эти расчеты дают приблизительное значение действующих сил и помогают в выборе варианта постановки на якорь или буксировки. При буксировании бона его скорость хода должна заменить V в формуле, приведенной в начале данного раздела.

Силы, действующие на боны от неразрывных волн или от наката ветровых волн, обычно незначительные. При условии, что бон обладает необходимой гибкостью, он может следовать поверхностному движению воды без особых последствий. Однако когда волна разбивается о бон, результирующая мгновенная нагрузка может привести к разрыву бона в случае недостаточной прочности материала и низкого сопротивления натяжению бона.

Развертывание бонов

Развертывание бонов может быть трудной и потенциально опасной операцией. Плохая погода и сильное волнение на море накладывают ограничения на использование бонов, и обращение с влажным и замасленным оборудованием на судах при килевой и бортовой качке предъявляет высокие требования и может быть рискованным для экипажа. Даже в идеальных условиях при тихой воде важно, чтобы мероприятия были тщательно продуманы и контролировались с целью снижения рисков и потенциальной возможности повреждения бона. Соответствующая стратегия проведения мероприятия должна быть разработана в рамках плана подготовки к аварийной ситуации. Местные условия, площадки развертывания бона, конструкция и длина имеющихся в распоряжении бонов, соответствие конфигурации бона и наличие рабочих судов и других ресурсов должны быть приняты во внимание до наступления инцидента. Кроме того, где это уместно, в плане подготовки к аварийной ситуации должна быть описана установка мертвых якорей с указанием их позиций. Такое планирование



▲ Рис. 7: Силы, действующие на бон 100-метровой длины при различных значениях высоты юбки. Показано увеличение значения с повышением скорости течения.

особенно целесообразно для базовых нефтехранилищ и других аналогичных объектов, где могут быть предсказаны источник и наиболее вероятный размер разлива. Необходимо проводить регулярные учения по развертыванию бона для ознакомления персонала ликвидации аварий с правилами эксплуатации бонов.

Буксируемые боны

Быстрое распространение нефти по большой территории представляет сложности для успешного проведения мероприятий по сдерживанию распространения нефтяного разлива и сбору нефти. При проведении мероприятий по предотвращению распространения и сдерживанию нефти для повышения скорости обработки пятна скиммерами можно применять буксировку длинных бонов U-образной, V-образной или J-образной конфигурации с помощью двух судов (Рис. 8). Например, 300-метровый буксируемый бон может обеспечивать ширину захвата до 100 метров. Подходящие устройства для сбора нефти и достаточные возможности для ее хранения на борту играют критическую роль для общего успеха операции. Скиммеры могут быть доставлены и разгружены с одного из буксировочных судов или с третьего судна позади бона (Рис. 9). Комбинированные системы сдерживания нефтяного разлива со скиммерами, помещенными на лицевой стороне бона, в настоящее время используются редко по причине сложности конструкции и пригодности для сбора лишь ограниченного диапазона видов нефти. Применение скиммеров более подробно описано в отдельном документе.

Нефть быстрее вытекает из-под жестких соединений между секциями бона. По этой причине для снижения утечки нефти во время буксирования бона U-, V- или J-образной конфигурации важно обеспечить отсутствие соединителей в центральной части бона. В случае использования U-образной конфигурации эту проблему можно устранить посредством применения нечетного количества секций. Во избежание резкого натяжения или рывков боны не должны прикрепляться непосредственно к буксировочному судну. Вместо этого между концами бона и буксировочными судами необходимо использовать буксировочные тросы достаточной длины (для буксировки бона длиной в 300 метров обычно используется трос длиной в 50 метров или более).



▲ Рис. 8: Надувной бон, развернутый по U-образной конфигурации между двумя судами для сдерживания тяжелой нефти. Заключительным этапом успешной операции будет сбор нефти.

Качество работы бона лучше всего оценивается путем наблюдения. Нефть, протекающая под бонем, принимает форму поднимающихся позади бона шариков или капелек. Даже при хорошей работе бона может образовываться нефтяная пленка; наличие вихревого движения позади бона означает, что он буксируется слишком быстро.

Для достижения оптимальных результатов суда должны одновременно поддерживать правильную конфигурацию буксируемого бона и необходимую минимальную скорость относительно скорости воды, а именно, скорость ниже той, при которой наступает утечка нефти. Это означает, что каждому из двух буксировочных судов потребуется как минимум половина общей мощности, необходимой для буксировки бона при максимальной скорости, удовлетворительной для удерживания нефти, при сохранении способности к достаточному маневрированию при низких скоростях. В качестве ориентира, каждая лошадиная сила расчетной мощности бортового двигателя соответствует способности обеспечить тянущее усилие в 20 кг. Полезно наличие силовой группы с двумя двигателями, носового и кормового подруливающих устройств и винтов изменяемого шага. Кроме



▲ Рис. 10: Одно судовая система сбора, применяющая короткий бон-занавес, разворачиваемый с катамарана для сбора нефти в сильно эмульгированном пятне.



▲ Рис. 9: Бон-занавес, развернутый по V-образной конфигурации двумя буксирными судами, с отдельным нефтесобирающим судном в центре.

того, при работе с тяжелыми и громоздкими бонами необходима открытая низко расположенная рабочая площадка на кормовой части палубы с лебедкой, подъемным механизмом или барабаном. С другой стороны, из практики известно, что в штормовых условиях открытая палуба на таких судах может сделать работу экипажа опасной.

Идеальное положение буксировочного крюка на борту судна выявляется экспериментальным путем и может при необходимости потребовать переноса в зависимости от курса судна и направления ветра. Например, буксировка кормовой частью одновинтового судна создает трудности при маневрировании, и в этом случае предпочтительна буксировка носовой частью судна. Обязательным является поддержание своевременной связи между двумя буксирными судами, с тем чтобы оба судна двигались с одинаковой скоростью управляемым и координируемым образом. Для координации движения, действий судов и направления их к участкам разлива с наибольшим количеством нефти также могут использоваться самолеты, оснащенные оборудованием для связи "воздух-море".



▲ Рис. 11: Достаточно гибкий для следования движению волн, бон поднялся из воды, где он прикрепляется к корпусу судна, что может привести к протеканию нефти.



▲ Рис. 12: Надувной бон, поставленный на якорь вокруг полузатонувшего судна для сдерживания возможной утечки бункерного топлива.

Одно судно может выполнять несколько функций: сдерживание распространения нефти, сбор, разделение и хранение нефти. Гибкий бон, прикрепленный к выносному кронштейну (Рис. 10) или лопасть с большим охватом разлива могут использоваться для сдерживания разлива и сбора нефти. Если все системы сдерживания и сбора нефти размещены на судне, то при волнении на море нефть может вытекать из-за жестко прикрепленного к судну бона (Рис. 11). Одно судовые системы более универсальны, чем комплексные системы с несколькими судами, хотя их ширина или полоса охвата нефтяного пятна ограничена шириной судна. Если полоса слишком широкая, настройка бона для работы может быть трудоемкой и склонной к повреждению в штормовых условиях. Это ограничение по ширине охвата может быть менее значимым, если плавающая нефть располагается в виде узких полос.

Ограниченные возможности боновых заграждений в сочетании с ограничениями при применении скиммеров означают, что операции по сдерживанию и сбору нефти будут в большинстве случаев лишь отчасти успешными.

Заякориваемые боны

В редких случаях может быть целесообразным ставить боны на якорь для удерживания разлитой нефти вблизи источника, например, вблизи имеющего течь судна (Рис. 12). В открытом море в условиях сильного течения может быть сложно достичь эффективности заякоренных бонов, к тому же, постановка на якорь на глубоководном участке может быть затруднительной. Помимо этого, размещение бонов вблизи источника утечки может создавать угрозу возникновения пожара и мешать попыткам сдерживать поток нефти или спасти судно. Даже в спокойных условиях большие одновременные выпуски нефти могут легко затопить бон, сделав его неэффективным. Это особенно относится к нефти легких фракций, которая обычно более эффективно рассеивается естественным путем без применения боновых заграждений.

Боны часто разворачиваются вблизи берега для защиты таких уязвимых природных ресурсов, как устья рек, прибрежные болота, мангровые заросли, зоны отдыха и водозаборные сооружения (Рис. 13). На практике может оказаться невозможным обеспечить защиту всех таких ресурсов, поэтому важно тщательное планирование и выявление тех участков, которые действительно поддаются эффективной защите бонами, а затем размещение бонов в порядке очередности.

Для определения участков, потенциально пригодных для использования бонов, включая точки доступа, может быть полезна



▲ Рис. 13: Бон-занавес, развернутый перед водозаборным сооружением охлаждающей воды для электростанции.

воздушная разведка. При выборе места и метода разворачивания бона может быть необходимо пойти на компромисс между противоречащими друг другу требованиями. Например, может быть желательно защитить всю реку, но если ее дельта слишком широка или течения слишком сильны, то это может быть недостижимо, особенно при ощутимом приливно-отливном воздействии. Сильное речное течение или течение в дельте реки может снять необходимость в разворачивании бонов против движения нефти, приближающейся с моря.

При необходимости может потребоваться найти более пригодное место выше по реке с учетом необходимости доступа для разворачивания бона и удаления собранной нефти. Если нефть не будет удаляться со скоростью, равной скорости ее прибытия в прибойную зону, она будет скапливаться и перемещаться к середине реки, где более сильное течение может увлечь нефть под бон.

Вот относительно спокойной воде часто бывает более целесообразным использовать боны для направления движения нефти туда (Рис. 14), где ее будет легче собрать, чем удерживать от распространения. Как показано в Таблице 2, можно изменить направление движения плавающей нефти даже при скорости течения в 1,5 м/с (3 узла) при том, что расположенный под прямыми углами к потоку бон не сможет удерживать нефть. Следуя этому принципу, река может быть защищена путем помещения бона под острым углом к направлению потока. Для защиты судоходного русла или для отведения нефти от одной стороны реки к другой с целью облегчения ее сбора две секции бона могут быть расположены с уступами от противоположных берегов с учетом изменений, связанных с приливно-отливным потоком.

Правильная постановка бона на якорь критически важна, т.к. его работа зависит от угла отклонения, соответствующего преобладающей силе течения. Для сохранения такого угла и предотвращения образования карманов в боне, которые будут улавливать нефть, может потребоваться несколько якорных точек, хотя многоточечная постановка на якорь может быть непрактичной в условиях чрезвычайной ситуации. Формула для определения действующих сил на стр. 6 может использоваться вместе с Таблицами 2 и 3 в качестве руководства для вычисления минимального размера и числа точек швартовки, необходимых для удержания бона в условиях течения известной силы с принятием во внимание вероятного максимального воздействия ветра. В то время как якорь Данфорта или якорь с поворотом лапы эффективны на песчаном и грязевом грунте (Рис. 15), рыбацкий



▲ Рис. 14: Бон, используемый как ветка для перенаправления нефти к берегу для сбора (© Norwegian Coastal Administration).

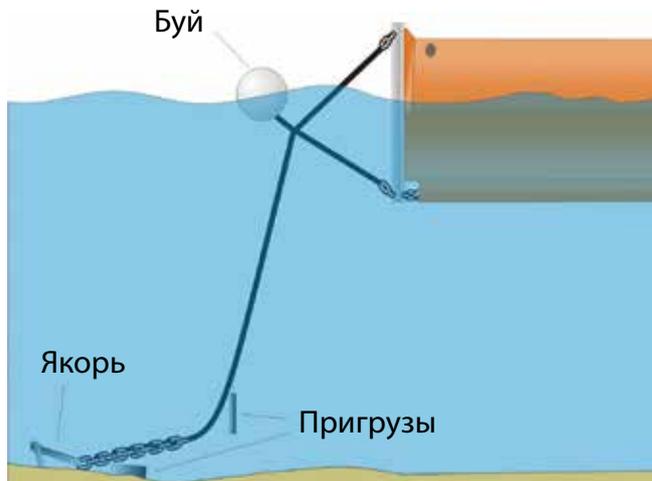
или крючковой якорь более пригодны на каменистом дне. При наличии достаточного времени для получения надежных якорных точек могут сбрасываться бетонные блоки, но их вес на воздухе должен как минимум в три раза превышать ожидаемую нагрузку для компенсации их плавучести в морской воде. Для тяжелой швартовки необходимо использование вспомогательного судна с подъемным механизмом.

Вне зависимости от используемого типа постановки на якорь, важно выбрать такую длину якорных оттяжек, которая соответствует ожидаемой глубине, амплитуде волнения моря и прилива (Рис. 16). При слишком коротких оттяжках бон не будет хорошо перемещаться по воде, и разрывные напряжения, вызываемые в оттяжках волнами, могут сдвинуть якоря или повредить бон. С другой стороны, при слишком длинных оттяжках трудно контролировать схему расстановки. Размещение отрезка тяжелой цепи между якорем и стяжкой значительно повысит держащую силу якоря, а размещение промежуточного поплавка между бонем и якорем поможет избежать погружения в воду одного из концов бона. Таким же образом, свисающий с якорных оттяжек груз не даст им свободно плавать на поверхности при слабом натяжении.

Магнитные якорные крепления позволяют крепить бон непосредственно к борту судна. Постановка на якорь со скольжением допускает вертикальные перемещения бона на протяжении всего приливно-отливного цикла при креплении к заранее определенной точке, например, ко входу в гавань.

Сила течения		Макс. угол (градусы)
(узлы)	(м/с)	
0,7	0,35	90
1,0	0,5	45
1,5	0,75	28
2,0	1,0	20
2,5	1,25	16
3,0	1,5	13

▲ Таблица 2: Максимальные углы развертывания относительно направления потока при разных силах течения для бонов для предотвращения утечки нефти с нижним элементом продольного натяжения. Расчеты основаны на скорости утечки в 0,7 узла (0,35 м/с) при угле в 90°.



▲ Рис. 15: Стандартная схема постановки бона на якорь. Заякоривание по той же схеме производится через регулярные промежутки по длине бона.

При развертывании бона с береговой линии часто возможно использование стационарных объектов на берегу, например, деревьев или скал. На береговой линии, лишенной таких объектов, несколько стоек (Рис. 17) или погруженный объект, например, бревно, представляют отличную точку для швартовки. Балластные боны для защиты пляжа или побережья наиболее пригодны для развертывания в этой среде, поскольку их конструкция обеспечивает изоляцию нефти во время приливно-отливного цикла. При позиционировании таких бонов перед их балластировкой должна соблюдаться осторожность, поскольку на суше с ними трудно управляться вручную после их заполнения (Рис. 18). Такие боны часто используют вместе с бонем-занавесом.

Результаты анализа вышеописанных факторов могут быть сведены в конкретизированный план боновой защиты объекта, в котором указываются точки постановки на якорь, точки сбора нефти, подъездные дороги, длина и вид бона для определенной зоны. До включения таких планов в местные планы подготовки к аварийной ситуации они должны пройти контрольные испытания при различных приливно-отливных условиях, с тем, чтобы убедиться, что намеченные схемы действуют согласно ожиданиям.

С изменением ветра, течений и приливно-отливных условий должна изменяться и конфигурация бона. Необходимы частые проверки и корректировки точек постановки на якорь, локализованная нефть и твердый мусор должны быстро устраняться, так как в противном случае эффективность от использования бона существенно снижается. В условиях высокой температуры воздуха в дневное время и низкой температуры ночью важно принять во внимание расширение и сжатие воздуха в надувных бонах. Для этого может потребоваться спускать воздух в течение дня и снова надувать бон ночью. Боны могут быть легко повреждены проходящими судами,

Вес якоря (кг)	Держащая сила якоря (кг силы)		
	Грязь	Песок	Глина
15	200	250	300
25	350	400	500
35	600	700	700

▲ Таблица 3: Держащая сила якорей Данфортона в неплотной грязи, песке или гравии и глине.



▲ Рис. 16: Применение недостаточной длины якорной оттяжки привело к подвешиванию бона при низкой воде, что позволило нефти протекать под бонем. Необходима регулярная корректировка длины оттяжек для поддержания эффективного положения бона на протяжении всего приливно-отливного цикла. В данном примере скользящая постановка на якорь была бы более эффективной.

особенно в ночное время, и для предотвращения повреждений могут быть полезны определенные меры предосторожности, такие как уведомление моряков и опознавательная маркировка бонов световой сигнализацией. Боны ярких цветов лучше различимы в дневное время и легче опознаются при ночном освещении.

Помимо использования бонов для локализации или изменения направления движения нефти, они могут применяться на закрытых территориях, где нефть скапливается естественным путем, для предотвращения ее перемещения в случае изменения условий (Рис. 19). Это не только снижает степень загрязнения, но также дает возможность контролируемого сбора локализованной нефти. Боны также могут быть полезны при очистке береговой линии для удерживания нефти, смывой с пляжей и скал, например, посредством смыывания или промывки под давлением. При затягивании бона нефть может быть сосредоточена в центре и смещена к нефтесборным установкам. В некоторых условиях могут применяться одноразовые сорбирующие боны для сбора тонких нефтяных пленок, хотя их использование должно строго контролироваться. Использование сорбентов рассматривается в отдельном документе.



▲ Рис. 18: Бон для экранирования береговой линии, развертываемый в устье реки. Балластные камеры низкого уровня воды позволяют дну сесть на берег при самом низком уровне отлива. В этом примере бон для экранирования береговой линии соединен с секциями надувного бона-занавеса.



▲ Рис. 17: Якорные стойки для удерживания бона на месте на береговой линии, не имеющей деревьев или других объектов, пригодных для крепления бона.

Альтернативные системы

Для защиты гаваней, где течение незначительное и где применение плавучих бонов может помешать движению судов, применяются пузырьковые барьеры, установленные на постоянной основе. При закачке воздуха в перфорированную трубу, помещенную на морское дно, образуется восходящая завеса из воздушных пузырьков. Пузырьки создают на поверхности встречное течение, которое удерживает нефть против течения воды скоростью до 0,35 м/с (0,7 узла). Эффективность пузырьковых барьеров ограничена применением для тонких слоев нефти в спокойных условиях, так как даже слабый ветер может вызвать утечку нефти. Даже простые системы требуют достаточного мощных компрессоров для получения необходимого количества воздуха. Чрезвычайно важны регулярные проверки таких систем – необходимо следить за тем, чтобы отверстия для воздуха в перфорированных трубах не забивались илом или морскими организмами.

При отсутствии специализированного оборудования нефть может локализовываться или собираться с помощью импровизированных



▲ Рис. 19: Для облегчения сбора полутвердая нефть удерживается у береговой линии секцией надувного бона.



▲ Рис. 20: Импровизированный бон, собранный из сетки и соломы. Такой бон вряд ли продержится дольше одного приливо-отливного цикла, тем не менее, он снизит загрязнение береговой линии от поступающей плавающей нефти.



▲ Рис. 21: Барьер, построенный из устричных раковин и удерживаемый стойками и сеткой.

систем, выполненных из доступных подручных материалов. Альтернативные заякориваемые боны можно сконструировать из дерева, бочек для нефтепродуктов, надуваемых пожарных шлангов, резиновых шин или рыболовных сетей, заполненных соломой (Рис. 20). На мелководье в морское дно могут забиваться стойки для поддержки экранов или матов, изготовленных из мешковины, тростника, бамбука или других подобных материалов (Рис. 21). В этих случаях бон или барьер также могут действовать как сорбент, помогая сбору нефти.

На длинных песчаных пляжах с помощью бульдозеров возможна пристройка песчаных валов с выходом на мелководье для перехвата нефти, перемещающейся вдоль береговой линии, или для предотвращения входа нефти в узкие устья или лагуны. Однако такие меры должны применяться с осторожностью, поскольку они требуют значительных затрат труда. Помимо этого, валы могут быть быстро размыты течением или последовательными приливами-отливами, а также привести к повреждению устройства пляжа или нанесению ущерба экологии.

Основные выводы:

- Определить приоритетные требующие защиты объекты для использования имеющихся бонов с максимальной эффективностью.
- Решить, могут ли выбранные участки быть защищены посредством буксируемых или заякориваемых бонов.
- Получить максимально возможный объем информации по течениям, приливам-отливам и ветрам.
- Рассчитать силы, которые, вероятно, будут действовать на боны.
- Произвести анализ имеющихся конструкций бонов и выбрать оптимальную конструкцию для предполагаемых условий использования.
- Проанализировать аспекты надежности, простоты в применении, скорости развертывания, оптимального хранения, техобслуживания и ремонта.
- Выбрать подходящие суда для буксировки и рассмотреть необходимые вопросы логистики для сопровождения операций в море.
- Определить точки успешного развертывания бонов, а также разработать и проверить на практике планы включения этих работ в национальные или местные планы ликвидации аварийной ситуации.
- Провести комплексное обучение персонала и поддерживать уровень квалификации посредством проведения практических учений.
- Принять во внимание ограниченные возможности бонов по локализации нефти и подготовиться к необходимости импровизационных мер, если потребуется.

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.



ITOPF 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

Веб-сайт: www.itopf.org