

УДК 627.372

И.С. Дубинова, e-mail: dubinovasi@mail.ru; **И.А. Мерициди**, к.т.н., РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ В АКВАТОРИИ ВБЛИЗИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВ

В нефтегазовой отрасли достаточно объектов, представляющих потенциальную опасность загрязнения внутренних водоемов (рек, озер) разливами нефти. Это подводные, береговые участки нефтепроводов, скважины, элементы системы сбора и замера добытой продукции, расположенные на насыпных основаниях и берегу водоемов.

Обустройство промысла, расположенного вблизи объектов приоритетной защиты (заповедников, систем водозабора, рекреационных зон и т.д.) требует особого подхода с точки зрения экологической безопасности этих самых объектов. Именно здесь очень актуальна фраза «Время – деньги!». Стоит замешкаться, и штрафы за загрязнение окружающей природной среды, выставленные предприятию, в ведении которого находится аварийный объект, откровенно не порадуют.

Фактор времени играет решающую роль при локализации разлива на водных акваториях, так как влияет на стратегию ликвидации и, соответственно, на затраты материальных, технических, трудовых и финансовых ресурсов.

В настоящее время наиболее распространенным методом локализации является установка боновых заграждений. Затраты времени на реагирование при использовании данного способа складываются из времени, необходимого на:

- 1) принятие и обработку сигнала о разливе;
- 2) погрузку оборудования и подготовку опергруппы;

- 3) доставку к аварийному объекту;
- 4) выгрузку, монтаж и развертывание оборудования.

В зависимости от конкретных условий эти составляющие могут иметь значительную величину, особенно если сигнал о разливе поступил в неблагоприятных погодных условиях и/или в темное время суток, но не превышать 4 часов согласно нормативам, установленным Правительством РФ [2], для локализации на водных акваториях.

В ходе анализа технологий, позволяющих сократить время реагирования на разливы нефти и нефтепродуктов на акваториях, эффективность применения которых была подтверждена опытом ликвидации крупнейших разливов, обусловленных разрушением танкеров, технологических трубопроводов и оборудования, применяемых для разработки морских месторождений, а также технологий, применяемых для пассивной защиты морских портов – нефтяных терминалов [1], были выделены два способа из метода локализации – ограждения, которые позволяют существенно сократить время реагирования:

- использование всплывающих боновых заграждений [6];

- использование барьера на основе пневмогидравлического эффекта (далее – пневматический барьер) [1, 3, 4, 5].

Принцип действия всплывающих боновых заграждений аналогичен традиционным самонадувным боновым заграждениям. Отличие всплывающие боновые заграждения состоит в принципе срабатывания. Всплывающие боновые заграждения устанавливаются заранее в том месте, где выделяется контрольный рубеж реагирования (на выходе из бухт, гаваней). При этом в нерабочем состоянии из всплывающих боновых заграждений выпущен воздух, они ложатся на дно и не мешают судоходству. При получении сигнала о разливе в боновое заграждение с наземной станции дистанционно подается воздух, бонны всплывают на поверхность и приобретают заданную форму. В России данный тип заграждения был опробован для защиты выхода из Увекской бухты на Саратовском НПЗ, ТНК-ВР.

Принцип действия пневматического барьера основан на подаче с некоторой глубины струй сжатого воздуха из отверстий, расположенных особым образом в теле трубопровода. Один из

концов трубопровода соединен с компрессором, который подает в него сжатый воздух. Ряд струй в водной толще образует в теле водоема водовоздушную завесу. При выходе на поверхность струи меняют вертикальное направление распространения на горизонтальное, тем самым образуя на поверхности водоема течение, $V_{пб}$. При превышении значения скорости образуемого течения над скоростью распространения нефти в водоеме $V_{н}$, – разлив локализуется, $V_{пб} > V_{н}$ (рис. 1).

ОСНОВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ УСТАНОВКИ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО БАРЬЕРА ЯВЛЯЮТСЯ:

- рабочий перфорированный трубопровод;
 - компрессор;
 - соединительный трубопровод;
 - дополнительные элементы (при необходимости): предохранительные и обратные клапана, насадки и т.д.
- По сведениям, представленным на сайте одной из компаний – производителей подобных устройств, в настоящее время в мире установлено их уже более

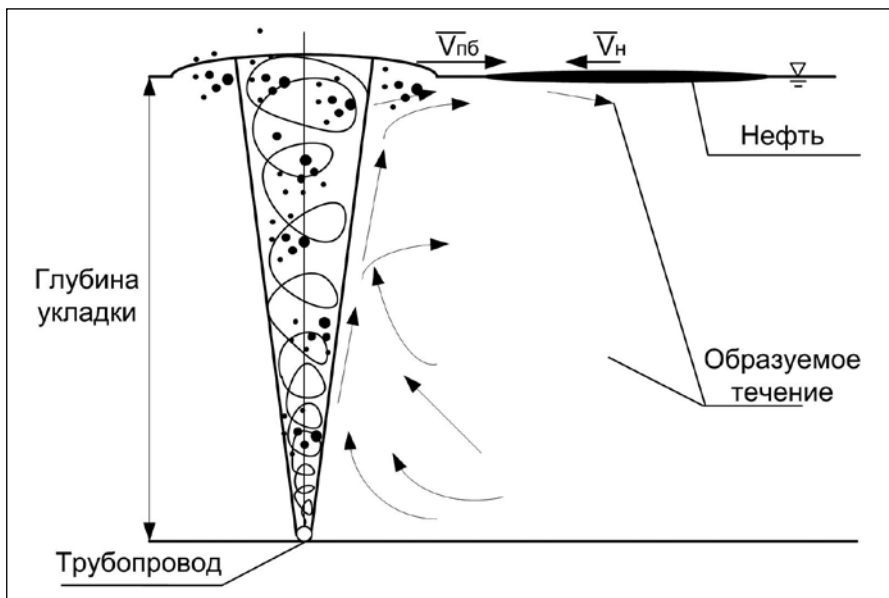


Рис. 1. Принцип действия пневматического барьера

180 [4]. В основном пневматический барьер используется для защиты акваторий на выходе из портов, гаваней, яхтных стоянок – т.е. там, где присутствует риск возникновения разлива и поэтому ограждение должно работать постоянно, но при этом не создавать помех движению плавсредств.

Данный тип заграждений может быть использован как превентивное средство защиты акваторий (т.е. работать постоянно, независимо от того, произошел разлив или нет) или как оперативное средство реагирования (устройство включается в работу при получении соответствующего сигнала).

Таблица 1. Сравнение параметров эффективности применения пневмогидравлического барьера и всплывающих боновых заграждений при локализации разлива на акваториях

Параметр	Пневматический барьер	Боновое заграждение
Установка	На этапе строительства или эксплуатации защищаемого объекта. Устанавливается заранее	Развертывается заранее, в нерабочем состоянии в спущенном виде находится на дне водоема
Приведение в действие	Дистанционно. Необходимо привести в действие компрессор. При необходимости возможно автоматическое управление	Дистанционно. Необходимо привести в действие компрессор. При необходимости возможно автоматическое управление
Возможность применения в зимних условиях	Локализует разлив подо льдом. Имеет дополнительное преимущество: способствует образованию незамерзающей майны, которая является местом естественного скопления разлива. Концентрированный разлив из майны затем удаляется известными способами. Не требуется проведение ледорезных работ.	Нет сведений о возможности применения всплывающих БЗ в ледовой обстановке. При наличии льда используются специальные конструкции БЗ, однако они требуют изготовления прорезей во льду
Возможность применения при возгорании разлива	Локализует горящий разлив без применения дополнительных средств	Нет сведений о возможности применения всплывающих БЗ для локализации горячей нефти. При возгорании требуются специальные огнестойкие конструкции БЗ
Локализация разливов тяжелой нефти	За счет создания в водной толще пузырьковой завесы частицы тяжелой нефти не подныривают и не уносятся в незагрязненную область	При использовании обычной конструкции бонового заграждения возможно подныривание и унос частичек нефти в незагрязненную область. Требуется установка конструкций с удлиненной нижней частью (юбкой)
Влияние на окружающую среду	Благоприятное. Аэрирование водоема. Препятствует образованию осадка (актуально для портов). В местах впадения рек в моря разделяет области соленой и пресной воды – предотвращает интрузию	Нет дополнительных функций
Критическая скорость течения в водоеме, м/с	0,5 [1]	В зависимости от конструкции и способа установки, обычно 0,5, [1]

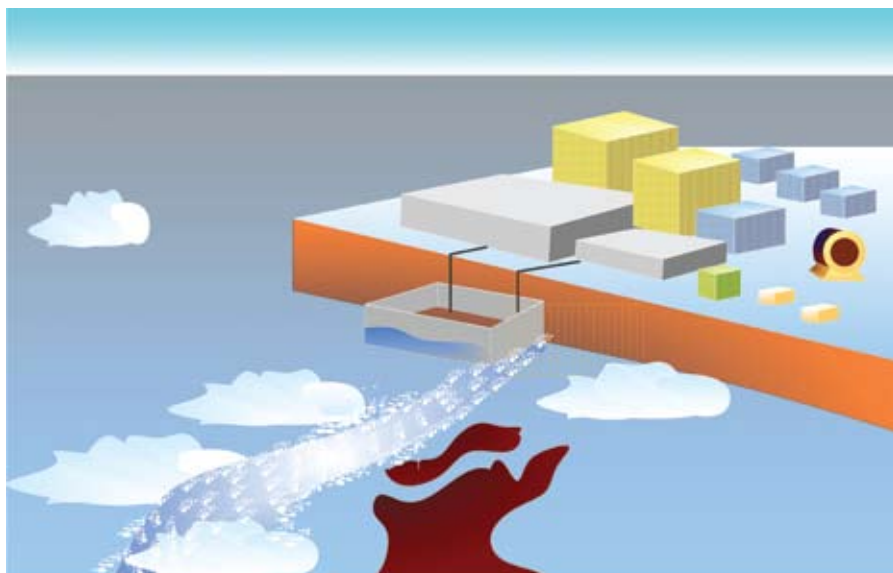


Рис. 2. Использование пневматического барьера для локализации разлива в зимних условиях

Было проведено сравнение параметров эффективности применения пневмогидравлического барьера и всплывающих боновых заграждений при локализации разлива на акваториях (табл. 1). Как видно из данных таблицы 1, пневматический барьер имеет дополнительные

по сравнению с всплывающими боновыми заграждениями возможности. Рассмотрим их подробнее.

1. Использование в зимний период времени, которое может осуществляться в следующих случаях. Первый – там, где нежелательно становление льда

в зимний период. В этом случае постоянно работающее устройство благодаря поднятию с глубинных слоев потоков смеси воды и воздуха более высокой температуры, чем у поверхности, и, кроме того, благодаря образуемому поверхностному течению препятствует образованию льда. Второй – при наличии льда данное заграждение способствует разделению загрязненной и незагрязненной нефтью областей. Испытания на предмет использования его в условиях битого льда (для второго описанного выше случая) были проведены компанией ExxonMobil в 2003 г (ExxonMobil 2003 in OSRI 2004) [1]. Принципиальная схема предложенного ExxonMobil метода представлена на рисунке 2.

2. Использование для ограничения распространения нефти с плотностью, близкой плотности воды, находящейся ниже поверхности воды [3] (рис. 3). При ограничении распространения разлива нефти/нефтепродуктов с плотностью, близкой к плотности воды ($\rho_n \approx \rho_v$), существует проблема удержания пятна разлива в заданной области на некоторой глубине в водоеме. Пятно нефтяного разлива с нулевой плавучестью опускается ниже водной поверхности и уносится подводным течением. Т.е. пятно разлива, огражденное на поверхности, в толще воды продолжает загрязнять водоем.

Перфорированный трубопровод пневматического барьера, уложенный на дно, создавая водовоздушную завесу от дна водоема до его поверхности, препятствует перемещению нефти в его толще. Однако при этом не исключается оседание нефтяных капель на дно и образование донного осадка.

3. Ограничение распространения горячей нефти (инженерные средства борьбы с огневодными заграждениями) и гашение ударных волн, формирующихся при взрывах подводных взрывных устройств.

Пневматическому барьеру, так же как и всплывающим боновым заграждениям, присущи следующие недостатки: **1)** область применения пневматического барьера – водоемы со скоростью течения 0,5 м/с (см. табл. 1). При ее превышении удерживающая способность его резко снижается;

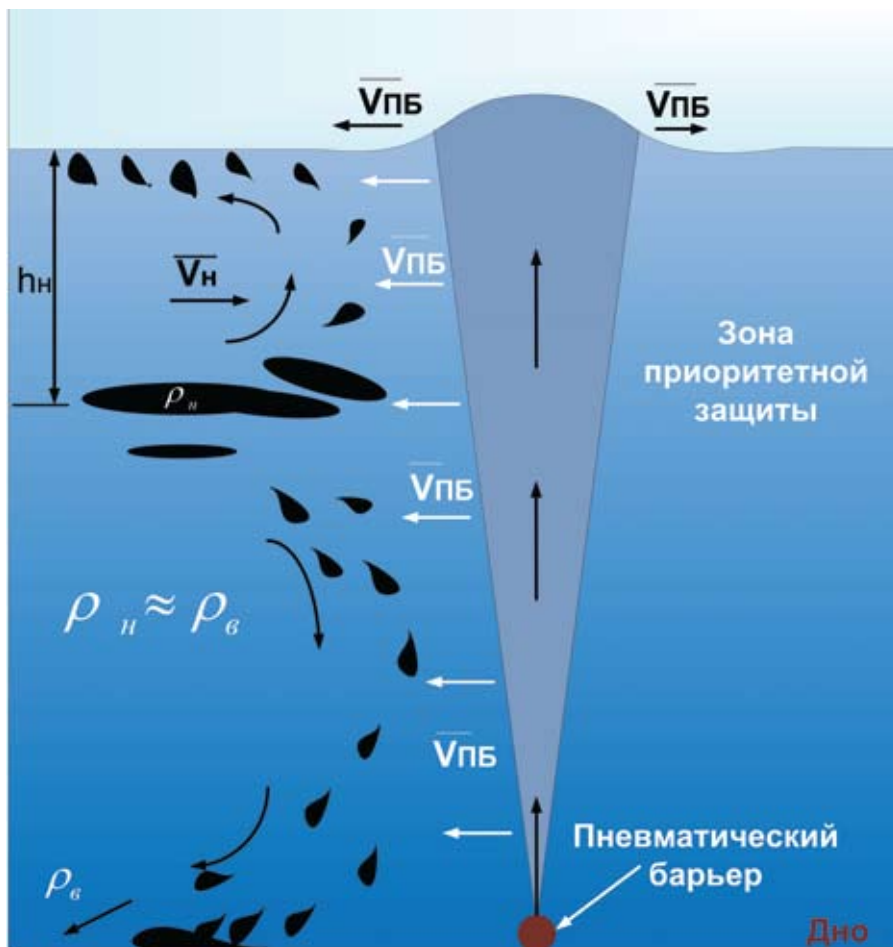


Рис. 3. Схема принципа ограничения распространения нефти с нулевой плавучестью

2) при ограничении распространения разлива с нулевой плавучестью пневматический барьер ограничивает его распространение, но не предотвращает осаждения.

Для преодоления недостатков, присутствующих пневматическому барьеру, сотрудниками Кафедры машин и оборудования нефтяной и газовой промышленности Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина предложен комбинированный способ.

Данный способ подразумевает совмещение преимуществ пневматического барьера как метода ограждения и сорбционного метода.

Сорбционный метод, как известно [1], позволяет предотвратить эмульгирование, осаждение и уменьшить испарение. Он основан на применении специальных сорбентов, удерживающих нефть на поверхности воды в течение промежутка времени, достаточного для проведения операций по механическому сбору.

Залогом успешной локализации в случае применения совмещенного метода служит адекватный выбор сорбента. Выработаны критерии к выбору сорбента, который может быть использован в комплексном способе:

- плавучесть в течение продолжительного времени;
- высокая гидрофобность;
- нетоксичность;
- пожаростойкость;
- экономичность;
- наличие технологий производства, сбора, регенерации или утилизации сорбента;
- высокая скорость всплытия сорбента.

В результате патентного поиска устройств и технологий на основе со-

вмещенных пневмогидравлического и сорбционного методов, проведенного по следующим критериям: материал и конструкция перфорированного трубопровода; конструкции и формы отверстий и насадок в перфорированном трубопроводе; крепление и удержание перфорированного трубопровода на требуемом уровне; возможность совместной подачи с воздухом какого-либо реагента – можно сделать вывод, что наиболее предпочтительным материалом для изготовления трубопровода служит пластик или каучук. Во многих случаях это обусловлено особенностями формы отверстий, высокой коррозионной стойкостью, особенно в морской воде, а также гибкостью конструкции.

Отверстия в трубопроводе и в клапане насадки на трубопровод чаще всего изготовлены методом прокола или прожига. В результате они в нерабочем состоянии сомкнуты, благодаря чему механические частицы не проникают внутрь и не забивают отверстия.

Что касается совместной подачи какого-либо реагента совместно с потоком воздуха, конструкций подобных устройств не предлагаются.

Предлагаются направления потока под некоторым углом для задания требуемых параметров течения, наиболее эффективно направляющего или ограждающего разлив, вариант подачи потоков воздуха из двух трубопроводов, расположенных друг над другом на разной глубине, совместной подачи с воздухом реагентов. Однако не рассматриваются устройства, обеспечивающие подачу сорбента в область нефтяного пятна.

На основе анализа литературы и патентов по тематике локализации пнев-

могидравлическим, сорбционным и совмещенным методами можно сделать следующие выводы:

1. Технологии на основе пневмогидравлического эффекта находят применение в морской, речной (волноломы, устройства для предотвращения интрузии, ледостава), военной (огневодные заграждения), нефтяной, транспортной (устройства для локализации разливов) инженерии.

2. Пневмогидравлический метод в качестве средства ограничения растекания, как и всплывающие боновые заграждения, позволяет дистанционно руководить процессом оконтуривания разлива нефти/нефтепродуктов на акватории.

3. В отличие от всплывающих боновых заграждений пневмогидравлический метод позволяет эффективно ограничивать растекание подледных разливов, разливов тяжелых, а также горящих нефти/нефтепродуктов.

4. Совмещение пневмогидравлического и сорбционного методов позволяет не только оконтуривать разлив, но и предотвращать испарение, осаждение, эмульгирование (преимущества сорбционного метода), а также связывать разлитый продукт и тем самым предотвращать загрязнение береговой линии.

5. Анализ патентов не выявил конструкции, которая бы обеспечивала эффективный процесс подачи сорбента с воздухом.

В настоящий момент на Кафедре машин и оборудования нефтяной и газовой промышленности РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина разработана математическая модель комплексного метода и ведутся работы по изготовлению лабораторной установки.

Литература:

1. Техника и технологии локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов: Справ. / И.А. Мерициди, В.Н. Ивановский, А.Н. Прохоров и др. Под ред. И.А. Мерициди. – СПб.: НПО «Профессионал», 2008.
2. Постановление Правительства РФ № 613 от 21.08.2000 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов».
3. Heavy-duty oil containment system. Pneumatic barrier system. Report №714102/A/004. Oil containment division of Wilson industries, Inc. Houston, Texas. 01.1971. p. 579. Reproduced by National technical information service.
4. <http://www.agoberlin.de>.
5. <http://www.hydrotechnik-luebeck.de>.
6. <http://www.northsea.ru>.

Ключевые слова: разливы нефти, локализация, боновое заграждение, пневматический барьер, сорбционный метод.