SECTION III. TECHNICAL SCIENCE

Сальников А.В.

Проблемы ликвидации аварийных разливов нефти на арктическом шельфе*Ухтинский государственный технический университет
(Россия, Ухта)**doi 10.18411/gq-30-11-2017-05**idsp 000001:gq-30-11-2017-05***Аннотация**

В статье рассмотрены проблемы распространения нефтяных пятен в морских акваториях в ледовой обстановке и современные методы их обнаружения. Приводится обзор существующих методов локализации и ликвидации разливов нефти в арктических морях. Дается анализ их различий, а также достоинства и недостатков с точки зрения применимости в условиях пониженных температур воздуха и воды, а также ледовой обстановки. Отмечены основные факторы, снижающие эффективность применения каждого метода и даны рекомендации по выбору оптимального способа ликвидации нефтяных разливов в арктических морях.

Ключевые слова: аварийные разливы нефти, арктические моря, ледовая обстановка, боновые заграждения, сжигание, скиммеры, диспергенты

Abstract

The article deals with the problem of the spread of oil spills in the offshore ice conditions and the modern methods of detection. The review of existing methods of containment and oil spill response in the Arctic seas. The analysis of their differences as well as advantages and disadvantages in terms of applicability in conditions of low temperatures of air and water as well as ice conditions. It noted the main factors that reduce the effectiveness of each method, and advice on selecting the optimal method of oil spill response in the Arctic seas.

Keywords: oil spills, Arctic seas, ice conditions, booms, burning, skimmers, dispersants

Аварийные разливы нефти, имеющие место на объектах нефтедобывающей, транспортирующей и нефтеперерабатывающей промышленности, наносят ощутимый вред экосистемам, нарушая многие естественные процессы и существенно изменяя условия обитания всех видов живых организмов, приводят к негативным экономическим и социальным последствиям.

В связи с тенденцией переноса добычи трудноизвлекаемых углеводородов на Арктический шельф данная проблема приобретает особую актуальность, а снижение возможных негативных последствий в суровых условиях Арктики и Крайнего Севера, характеризующихся сложновосстанавливаемыми и ранимыми экосистемами, становится одной из первостепенных задач нефтяной индустрии. [1]

Аварийные разливы на водных бассейнах охватывают значительные площади. Если нефтяное пятно от одной тонны разлитой нефти на суше может занимать до 0,1 км², то площадь слика того же объема на спокойной воде достигает 12 км². Волнение и ветер усугубляют ситуацию. Также нужно отметить, что площадь нефтяного разлива в ледовой обстановке, характерной для арктических морей, при высоком волнении, скорости ветра и течения, сложно поддается оценке.

Для оперативной локализации и ликвидации разлива необходимы данные о динамике распространения нефтяного пятна: как прогнозируемые, основанные на различных математических моделях, так и данные натурных наблюдений.

Современные технологии космической радиолокации с применением локаторов с синтезированной апертурой вывели дистанционное зондирование арктических акваторий на качественно новый уровень. [2] Однако, основной проблемой их использования в ледовых морях Арктики является сложность, а в ряде случаев и невозможность прямого обнаружения и точной оценки параметров нефтяных разливов при наличии ледяного покрова различной сплошности. [3].

Несмотря на этот существенный недостаток спутникового мониторинга, накопление и анализ полученных с его помощью данных крайне полезен для создания банка исходных данных, применимых при математическом моделировании распространения нефтяного разлива в ледовых морях, в частности для случая разгерметизации морского нефтепровода под сплошным льдом. [4]

Таким образом, данные, полученные в результате редких натурных наблюдений, снимков со спутников и математического моделирования, дополняют друг друга и, с большой долей вероятности, могут предсказать растекание и миграцию нефтяного пятна в течение времени. Все это способствует повышению качества составляемых планов по ликвидации аварийных разливов нефти и более точному определению требуемых сил и средств на их реализацию.

Локализация разлива традиционно осуществляется установкой боновых заграждений. [5] Однако их эффективное использование осложняется погодными условиями и ледовой обстановкой арктических широт. Волнение и дополнительные ледовые нагрузки на боны вызывают унос и подныривание нефти, а также повышают требования прочности и надежности к самим конструкциям бон и их соединениям.

Основными методами ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН) в морских акваториях на сегодняшний день являются термический, механический и химический.

В последнее время особую популярность приобретает метод бактериологического разрушения за счет использования различных микроорганизмов-олеофагов. В условиях низких температур арктического шельфа, когда окислительные процессы значительно заторможены, психрофильные микроорганизмы вносят существенный вклад в разложение нефти. Данный способ ликвидации аварийных разливов нефти в арктических акваториях обладает существенным потенциалом, однако требует значительного объема многовариантных исследований, подтверждающих его эффективность. Поэтому остановимся на традиционно применяемых на акваториях северных широт методах ЛАРН.

Сжигание нефти является одним из самых распространенных методов ЛАРН, применяемым с 1960-х годов. Для сжигания на месте требуется две составляющие: огнеупорные боны и воспламенители.

Основной характеристикой правильного горения является толщина пятна. Если слой нефти достаточно большой, то верхний слой беспрепятственно горит, а нижний является изолятором передачи тепла. Этим достигается сохранение низкой температуры воды. Но если слой утончается, и теплообмен с окружающей средой более активный, это может послужить причиной прекращения горения.

Мировые исследования полагают [6, 7], что этот способ достаточно эффективен, особенно в паковых льдах различной плотности, но его эффективность зависит от первоначальных условий: времени реагирования на разлив, толщины пятна и скорости ветра.

К недостаткам метода можно отнести его пожароопасность, токсичность, малое «временное окно» на открытой воде, особые требования, предъявляемые к конструкции бон и низкую эффективность. Образование канцерогенного нагара после сжигания

составляет до 25% от объема слика, а остаток после сжигания по разным оценкам может достигать до 50% от объема.

При механическом удалении нефти с водной поверхности проводят локализацию нефти боновыми заграждениями и сбор нефтеуловителями (скиммерами). Сначала боновыми заграждениями уменьшают площадь распространения нефтяного пятна, вследствие чего утолщается его слой, что облегчает работу скиммеров. Далее скиммеры собирают нефть, которая поступает в контейнер, расположенный на судне, и после чего утилизируется.

В зависимости от свойств и количества разлившейся нефти, ледовой обстановки и погодных условий, применяются различные типы скиммеров как по конструктивному исполнению, так и по принципу действия. Установлено, что их применение максимально эффективно в случае быстрого реагирования судна с полным комплектом оборудования и в свободной ото льда воде.

Однако испытания скиммеров, санкционированных американским департаментом по охране окружающей среды в 2013 г. различных конструкций в ледовой обстановке, показали их эффективность лишь при значительной (25 мм) толщине пленки и малой концентрации льда (сплоченность составляла 3 балла).

К недостаткам механического метода можно отнести и малые объемы сбора, наличие остаточной пленки, трудоемкость и низкую эффективность в ледовых условиях, на которую оказывает значительное влияние волнение, температура окружающей среды, вязкость собираемого продукта и наличие снежного и ледового покрова различной сплошности, при определенных значениях которой и вовсе исключено применение скиммеров. [7]

В рамках химического метода можно выделить применение сорбентов и диспергентов. Однако сорбционные свойства известных сорбентов серьезно зависят от вязкости собираемой нефти, что в условиях пониженных температур имеет ключевое значение. Кроме того, пропитанный нефтью сорбент подлежит сбору с водной поверхности механическим способом со всеми присущими ему недостатками.

Диспергенты – средства, активизирующие естественное рассеивание глобул нефти в толще воды. Применение данных средств признано в мировой практике экологически приемлемым и при определенных условиях весьма эффективным способом ликвидации аварийных разливов нефти.

Диспергенты незаменимы, когда в результате сильного ветра и неблагоприятных морских условий механический сбор нефти и выжигание на месте становятся небезопасными или неэффективными. Они способствуют разделению нефти на мельчайшие капли, которые быстро разбиваются в воде до безопасной концентрации, что значительно ускоряет естественную биodeградацию нефти, протекающую даже при низких температурах в условиях Арктики.

В условиях ледяного покрова растекание нефти при разливе, ее дрейф и процессы деградации имеют свои особенности. На процесс растекания большое влияние оказывает температура окружающей среды, в зависимости от которой изменяются свойства нефти (вязкость, плотность, поверхностное натяжение), направление, сила течения и ветра.

Нефть, попадая на ограниченную поверхность воды с плавающим льдом, оказывается подо льдом, на поверхности льда и во льду. Нефть освобождается от ледяной оболочки только весной, причем это может произойти за несколько сотен или даже тысяч километров от места утечки. В результате огромная территория океана, бывшая ранее чистой, оказывается загрязнена.

Кроме того, нефть в скоплениях обломков морского льда и под ним остается свежей и диспергируемой в течение более длительного периода времени, чем в других районах из-за пониженной скорости испарения, большей толщины нефтяной пленки и меньшей интенсивности перемешивания, препятствующей эмульгированию нефти.

Совместная миграция диспергента и нефти со льдами потенциально позволяет продолжить диспергирование после их таяния.

К преимуществу использования диспергентов по сравнению с применением механических сборщиков-скиммеров и сжиганием, можно отнести повышение их эффективности при увеличении скорости ветра и высоты волны, характерных для северных акваторий (рис. 1). [7]

Рисунок 1. Зависимость эффективности диспергентов, сжигания и механической уборки нефтяного разлива с водной поверхности морских акваторий от скорости ветра и высоты волн [7]

Таким образом, наиболее приемлемым на сегодня методом борьбы с нефтяными разливами на Арктическом шельфе можно считать химический с применением диспергентов.

Следует отметить, что широкое применение диспергентов сдерживается рядом факторов. Прежде всего — это недостаточная изученность их поведения в ледовых условиях. Рецепт диспергентов, как правило, не является универсальной. Значительное влияние на их эффективность оказывают условия окружающей среды и физико-химические свойства диспергируемых нефтей и нефтепродуктов. Кроме того, ряд исследователей полагает, что использование диспергентов в Арктике с применением существующих технологий распыления затруднительно. [6]

Широкое применение диспергентов ограничивается также и их токсичностью. Так, в США и Канаде диспергенты применяются только для ликвидации аварийных разливов нефти массой более 30 тонн и над глубиной моря свыше 150 м. Однако предварительный анализ существующих диспергентов мировых производителей выявил тенденцию к наметившемуся снижению их токсичности. Так, например, диспергенты второго поколения Corexit 9527, Magnus, Varine ciancez Smilh herdez, гораздо менее токсичны по сравнению со своими предшественниками - Corexit 7664, Corexit 9500, BP 1002 и BP 1001.

Можно предположить, что исключением компонентов, содержащих хлорированные углеводороды, бензолы и фенолы, можно в перспективе получить диспергент, близкий по характеристикам к диспергентам второго поколения и способный эффективно бороться с нефтяными сликами в условиях ледовой обстановки,

а разработка новых рецептов позволит эффективно применять диспергенты в условиях пониженных температур и малой солености.

1. Неимровская И.А. Нефть в океане: загрязнение и природные потоки / под ред. А.П. Лисицина. – М.: Научный мир, 2013. – 428 с.
2. Оперативный мониторинг морских акваторий: новые геоинформационные решения и интернет-технологии / А. Ю. Иванов [и др.]. // Земля из космоса. – 2014. – № 2(18). – С. 28 – 36.
3. Поведение и мониторинг разливов нефти в водах арктических морей (на примере Баренцева моря) / А. Ю. Иванов, Н.В. Терлеева, Д.В. Ивонин, А.А. Кучейко. // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2015. – № 5. – С. 5 – 15.
4. Особенности распространения нефтяного разлива в ледовой обстановке арктических акваторий // А.В. Сальников, Г.Г. Грибов. // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2015. - №3 (23). – С. 11-15
5. Мансуров М.Н., Сурков Г.А., Журавель В.И., Маричев А.В. Ликвидация аварийных разливов нефти в ледовых морях / Под общ. ред. М.Н. Мансурова. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2004. – 423 с.
6. Разливы нефти: проблемы, связанные с ликвидацией последствий разливов нефти в арктических морях – М.: Издательство WWF. – 33 с.
7. Ликвидация разливов нефти на арктическом шельфе / С. Поттер [и др.]. – М.: Shell Exploration & Production Services, 2013 – 140 с.

Vrzhashch E.E.

High-temperature carbonitriding of steel in an electrostatic field

*Irkutsk State Agrarian University
(Russia, Irkutsk)*

doi 10.18411/gq-30-11-2017-06

idsp 000001:gq-30-11-2017-06

Abstract

This scientific article is considered the physical bases and technology of the process of high-temperature carbonitriding (nitrocarburizing, nitrocarburization, nitro-cementation) of steel in an electrostatic field. It is established that an electrostatic field makes it possible to intensify the process of steel nitro-cementation by 1.5 – 2 times. According to the experimental data the diffusion layer formed in an electrostatic field shows higher efficiency of the physical, mechanical and operational properties.

Keywords: carbonitriding (nitrocarburizing, nitrocarburization, nitro-cementation), electrostatic field, physical, mechanical and operational properties, diffusion, mathematical design of experiment.

The development of science and engineering demands the creation of new materials and improvement of quality of existing materials. In this scientific problem the very important role belongs to electro-physical methods of superficial hardening in gas environment. Electro-physical methods of chemical-thermal processing allow not only possible to intensify technological process but also appreciably to raise quality of diffusion layer in a sample [1-5].

This research article considers process of carbonitriding (steel nitro-cementation) in electrostatic field with initial concentration of carbon in a sample at 0.20% (low-carbon steel). Carbonitriding (nitrocarburizing, nitro-cementation) is process of saturation of metals by carbon and nitrogen from gas environment. In our case gas environment was a mix of propane-butane and ammonia.

For the comparative analysis two processes of steel nitro-cementation were chosen: usual and under an electrostatic field at identical gas-dynamic, temperature and other technological parameters, which were chosen by us on the basis of mathematical design of experiment [6,7]. The researches have shown that at the chosen test facility (Fig.1) the