

УДК 544.723

**ПРИМЕНЕНИЕ АДСОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ  
ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ В АРКТИКЕ**

В.П. Пивнов, ст. преп. кафедры НПОиГС

А.А. Куликова, студентка группы ММ-15-12, IV курс

К.А. Прудникова, студентка группы ТН-15-02, IV курс

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

г. Москва

В последнее время наблюдается активное освоение арктических территорий. В дальнейшем эта тенденция будет только усиливаться. С одной стороны, это связано с добычей полезных ископаемых, таких как нефть и природный газ, с другой стороны осваивается северный морской путь. Освоение Арктики влечет за собой риски нарушения хрупкого экологического баланса данных территорий. Серьезную опасность для окружающей среды Арктики представляет возможные разливы нефти или нефтепродуктов. К сожалению, аварии и инциденты происходят. Прежде всего, при освоении арктических территорий, необходимо предпринимать все возможные мероприятия по недопущению аварий и инцидентов. В противном случае необходимо в кратчайшие сроки свести к минимуму вред, наносимый окружающей среде.

Характерные особенности, свойственные водам Арктики это низкие значения температур и солености, а также активное образование и движение льда.

Существуют четыре варианта распространения нефти в Арктических водах: разлив нефти в паковом льду, разлив нефти на поверхности льда и снега, нефтяной разлив в водяной толще, разлив нефти под сплошным льдом.

С одной стороны, наличие морского льда затрудняет доступ к месту разлива, с другой стороны это препятствует распространению нефти. Когда сплоченность льда менее 3-х баллов из 10-ти, дрейфующий лед не оказывает значительного влияния на распространение нефтяного пятна. В результате остывания нефти, при контакте со льдом, её вязкость и плотность увеличивается, в дальнейшем при достижении теплового баланса нефть налипает на поверхность льда и начинает дрейфовать вместе с ним. Когда сплоченность льда более 5-ти баллов распространение нефти ограничено пространством между льдами. Например, при 6-7 баллах льдины соприкасаются, тем самым увеличивая естественную локализацию разлива. Большая толщина пятна, низкая скорость распространения, а также снижение выветривания, свойственны разливам нефти в плотном паковом льду.

Распространение нефти на сплошном льду схоже с ее разливом на земле. Прежде всего скорость распространения зависит от вязкости нефти, в следствии чего при низкой температуре замедляется её распространение. Площадь загрязнения зависит от неровности поверхности льда. Дискретные деформации

льда, такие как образование ледяных валунов и торосов, напластование, могут привести к увеличению неровностей, возвышающихся на десятки метров над уровнем моря. При этом, важно отметить что нефть, разлитая на неровной поверхности, может полностью удерживаться в закрытом объеме, ограниченном ледяными заторами и торосами. В таких случаях нефтяные пятна на льду, как правило, толще, а порядок их распространения значительно меньше, чем у пятен, разлитых в открытом море. Снег, покрывающий лед, абсорбирует разлитую нефть, тем самым снижая ее распространение. Нефть, разлитая на снежной покров, стекает вниз ко льду, далее она плавно распространяется по его поверхности под снегом.

При разливах нефти в водяной толще может наблюдаться естественное рассеивание, при этом энергии от ветра и волн хватает для преодоления поверхностного натяжения на границе между водой и нефтью, при этом нефтяная пленка рассеивается на капли разных размеров. Крупные нефтяные капли, всплывая на поверхность воды снова сформируют пленку, при этом небольшие капли остаются во взвешенном состоянии в воде, где они в конечном итоге подвергаются естественному биологическому разложению. Существуют различные химические и физические диспергенты, используемые для увеличения темпов естественного рассеивания нефти за счет снижения поверхностного натяжения на границе раздела нефти и воды, что обеспечивает образование мелких нефтяных капель под воздействием волн.

Для нефтяных пятен, находящихся под ледяным покровом характерно распространение на небольшие расстояния от источника разлива. Изменение толщины льда в совокупности с образованием ледяных торосов, валунов способствуют созданию естественных резервуаров, в которых локализуется нефть, разлитая подо льдом. Серьезное влияние на динамику нефтяного разлива оказывает критическая скорость течения воды относительно льда. Если скорости льда ниже критической величины, разлив нефти будет дрейфовать со льдом. По достижении критической скорости, нефть начнет движение со льдом и водой. При скорости течения подо льдом до 5 м/с – отсутствует движение нефти относительно льда, 5-16 м/с – нефть сдвигается вблизи шероховатой поверхности льда, более 16 м/с – глобулы нефти отрываются от нижней кромки льда под воздействием турбулентного режима движения жидкости. Критическая скорость зависит от плотности нефти, поверхностного натяжения на границе между нефтью и водой, толщины пятна нефти, шероховатости поверхности льда. Если скорость течения ниже критического значения нефть вмерзает в лед, а новый ледовый слой полностью покрывает нефтяной. Нефть остается в этом состоянии до момента таяния льда. Повышение температуры заставляет солевой раствор между кристаллами льда стекать вниз, образуя вертикальные каналы, по которым нефть поднимается на поверхность. Оказавшись на поверхности льда, нефть либо плавает в проталинах, либо остается на тающих льдинах после стекания воды с поверхности. Нефть под воздействием ветра формирует пятна по краям отдельно взятых проталин.

Для устранения последствий нефтезагрязнения применяются сорбенты. Сорбенты – это твердые тела или жидкости, сорбирующие (избирательно поглощающие) пары, газы или растворенные вещества из окружающей среды. Сорбенты подразделяют на адсорбенты (поверхностное поглощение веществом) и абсорбенты (впитывание по всему объему вещества).

Сорбент должен взаимодействовать с нефтью, отталкивая воду, т.е. нефть смачивает материал, распространяется по его поверхности в предпочтение воде. Осуществляя данное требование, критический коэффициент поверхностного натяжения твердого вещества(сорбента) должен быть меньше коэффициента поверхностного натяжения воды, но больше коэффициента поверхностного натяжения нефти. Эффективное сорбирующие действие достигается в случае высокого отношения площади поверхности к объему. Использование сорбентов считается эффективным на береговой линии или вблизи нее, для удаления небольших луж нефти, только когда невозможно применить другие методы. Ликвидация разливов нефти в открытом море с применением сорбентов малоэффективна, в следствии отсутствия контроля за колоссальными объемами нефтесодержащих отходов, которые требуют утилизации.

В зависимости от материала сорбенты, классифицируют на органические, неорганические, синтетические.

Основные органические сорбенты представлены торфом, макулатурой, опилками, шерстью, злаковыми культурами. Наиболее эффективные органо-минеральные сорбенты производятся на основе сфагнового торфа.

Шерсть – это один из лучших сорбентов, встречающихся в природе. Она поглощает до 8-10 тонн нефти на тонну собственной массы, кроме того за счет природной упругости шерсти большую часть легких фракций нефти можно отжать из данного сорбента. Спустя нескольких отжимов шерсть сваливается в битумизированный войлок и ее дальнейшее использование становится невозможным. Довольно высокая цена шерсти, ограниченность ее объемов и жесткие требования к хранению не позволяет рассматривать ее в качестве перспективного нефтяного сорбента.

Неорганические сорбенты представлены: диатомитовыми породами, различными видами глин, песков, пемз, туфов, перлитов и т. п. Большая часть товара на рынке сорбентов является диатомиты и глина, благодаря невысокой стоимости, а также возможности производства в больших масштабах, кроме того широкое применение получил песок, которым засыпают небольшие участки разливов нефти и нефтепродуктов. С точки зрения экологии низкое качество неорганических сорбентов объясняется невысокой емкостью (70-150% по нефти), они не удерживают светлые нефтепродукты. Во время работ по ликвидации разливов нефтепродуктов в воде вместе с нефтью оседают и неорганические сорбенты, при этом проблема очистки воды от загрязнений остается не решенной. Наиболее приемлемым способом утилизации этих сорбентов является их выжигание и промывки водой с ПАВ или экстрагентами.

В странах с высоким уровнем развития нефтехимической промышленности чаще всего используют синтетические сорбенты. Они производятся из полипропиленовых волокон, из которых в дальнейшем формируются нетканые полотна. Успешно применяется формованный полиэтилен с полимерными наполнителями, полиуретан в гранулированном или губчатом виде. Важно отметить что использование синтетических материалов в виде тонких порошков, для повышения эффективности, по мнению специалистов недопустимо из-за риска канцерогенных заболеваний. Использование синтетических материалов вызывает трудности при их утилизации, так как они не подвергаются биоразложению, единственным приемлемым способом утилизации является их сжигание.

Сорбенты, в зависимости от состава и предназначения бывают: рассыпные, заключенные в оболочку, сплошные, волокнистые сорбенты.

Рассыпной несвязанный сорбент, часто в форме отдельных частиц включает в себя материалы: органические (кора, опилки, бумажная масса, куриное перо, солома, шерсть, человеческие волосы), неорганические (вермикулит, пемза), синтетические (полипропилен). Среди достоинств данной формы: доступность, низкая цена, защита животного мира. Среди недостатков можно выделить: затруднительный контроль и сбор, смесь нефти и сорбента трудно поддается прокачке, сложность утилизации вместе с нефтью.

Заключенные в оболочку сорбенты представляют собой рассыпные сорбенты, заключенные в оболочку из ткани или сетчатого материала, принимающие форму бона, подушки. Из преимуществ можно отметить: простое размещение и сбор, высокое отношение площади поверхности к объему. Недостатки: конструктивная прочность определена прочностью оболочки, быстрое насыщение нефтью и уход под воду, ограниченное удерживание нефти.

Основу сплошных сорбентов составляют синтетические материалы (полипропилен, полиуретан, нейлон), заключенные в оболочку в форме бона. Достоинства: долгосрочное хранение, простое выкладывание и сбор, высокая степень сбора нефти при использовании полной сорбционной способности. Недостатки: трудность разложения, утилизации, низкое отношение площади к объему, поэтому нефть не проникает в сердцевину бона (исключение плоские сорбенты в форме листов, рулонов, подушек).

Достоинство волокнистых сорбентов - это эффективность применения на выветрелых и более вязких нефтепродуктах. Волокнистые сорбенты мало эффективны на свежеразлитых нефтепродуктах малой и средней вязкости.

Ликвидации разливов нефти в арктических водах связана с задачами быстрого обнаружения подледных скоплений нефти и обеспечением безопасной работы персонала на льду. Ликвидации таких разливов направлена на вскрытие ледяного покрова и применение физических методов сбора нефти. Чтобы предотвратить вмерзание нефти в лед, необходимо действовать незамедлительно, наиболее действенным способом является вскрытие ледяного покрова и применение сорбентов. Самыми результативными будут показатели у

рассыпных сорбентов, остальные типы, ввиду своих размеров, не смогут сделать это с той же тщательностью между льдинами. Одним из возможных вариантов является использование алюмосиликатного порошка сорбента ВД-1. Нефть, обработанная сорбентом ВД-1, находится на поверхности воды в течение длительного срока, при этом ликвидация разливов нефти становится полностью подконтрольна человеку, что даёт возможность подготовиться и осуществить сбор сорбированной массы. В дальнейшем если локализовать и произвести сбор плавающей нефти не представляется возможным необходимо использовать метод выжигания. С помощью сорбента ВД-1 можно выжечь даже тонкий слой нефти. При волнении моря ускоряется взаимодействие сорбента и нефти. Сорбирующая способность ВД-1 3-5 л нефти на 1 кг сорбента. Сорбент экологически безвреден для людей и окружающей среды. Другой вариант – применение сорбента UPUB, изготовленный из полипропиленового волокна. Сорбционная способность 1 кг сорбента составляет 8 - 10 л жидкости. При ликвидации загрязнения, используется значительно меньше сорбента UPUB, чем классического сыпучего сорбента. Это позволяет снизить расходы на хранение и утилизацию использованного сорбента. В качестве органического рассыпного сорбента можно использовать верхние слои торфа с малой степенью разложения. Сорбционная способность составляет 11-12 л нефти на 1 кг торфа. Имеет ряд преимуществ по сравнению с синтетическими сорбентами: обладает способностью биологического разложения поглощенных углеводов при хранении отсорбированной массы снижая ее степень загрязнения; не имеет повторного загрязнения; по окончании срока годности его можно использовать в сельском хозяйстве, садоводстве, огородничестве.

Наиболее эффективным способом локализации и ликвидации разливов нефти в арктических водах является применение органических сорбентов.

#### **Список литературы:**

1. 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.
2. ГОСТ Р 53389-2009 Защита морской среды от загрязнения нефтью. Термины и определения
3. Bergstrom R. Lessons Learned the Godafoss Accident Feb2011. Interspill, London 2012.
4. Arctic Oil Spill Response Technology Joint Industry Programme (HP) – Режим доступа: <http://www.arcticresponsetechnology.org>
5. Guide to Oil Spill Response in Snow and Icicle Conditions. Arctic Council, EPPR, 2015
6. Журавель В. И. и др. Моделирование поведения возможных разливов нефти при эксплуатации МЛСП «Приразломная». Оценка возможности ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с разливами нефти. НМЦ «Информатика риска», 2014