

УДК 504.05

## ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ СО ДНА ВОДОЕМОВ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР ЯКУТИИ

© 2011 С.Н. Попов, Л.Я. Морова, А.И. Герасимов

Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск

Поступила в редакцию 02.03.2011

Разливы нефти и нефтепродуктов на этапе транспортировки представляют значительную угрозу окружающей среде. Анализ выпускаемого отечественной промышленностью оборудования для локализации и сбора аварийных разливов нефти из нефтепровода проложенного по дну реки показал, что для применения в зимних условиях Якутии эффективные технические и технологические решения отсутствуют. Показана перспективность использования в технологиях по локализации и сбору разливов нефти отечественного сорбента «ЭКОСОРБ», с применением которого разработано технологическое оборудование.

Ключевые слова: *магистральный нефтепровод, аварийный разлив нефти, способы ликвидации аварии, охрана окружающей среды, нефтесорбент, низкие температуры, ледовая обстановка*

Действующим планом по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти в зоне подводных переходов через реки, принятым ООО «Востокнефтепровод», предусмотрено применение заградительных бонов для локализации и последующего сбора нефти с поверхности воды по традиционным технологиям, когда нефтесборщик оснащен электропарогенератором для подогрева и разжижения застывшей нефти или исключения ледообразования в майнах. Работоспособность оборудования при температурах ниже минус 40°C ни одним предприятием не изучалась. Такой подход может быть достаточно эффективным для малых рек со скоростью течения не более 1,5 м/с. Ширина перехода р. Лена в районе нефтепровода составляет 1328 м, скорость течения достигает 3 м/с. В периоды ледохода и ледостава в течение практически 3 месяцев установка заградительных бонов невозможна. При существующем положении на наш взгляд одним из перспективных путей снижения уровня загрязнения воды нефтью при проколах или разрывах магистрального нефтепровода может являться установка защитного сорбирующего покрытия, размещенного на дне реки непосредственно над траншеей.

Общим недостатком многих технических решений по ликвидации аварийного разлива нефти и нефтепродуктов является то, что устройства

монтируются после утечки нефти из аварийного объекта. Основным критерий при разработке предлагаемых устройств – немедленное действие при прорыве нефтепровода проложенного по дну реки. Повышение эффективности локализации и сбора обеспечивается при использовании нефтесорбентов. Проанализированы 16 типов сорбентов [1], основные характеристики и эффективность некоторых рекомендуемых к применению сорбентов приведены в табл. 1.

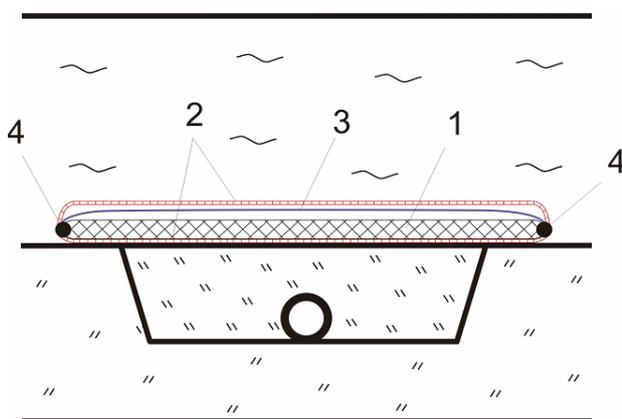
Принимая за основной показатель функционирование в подледных условиях, решено остановиться на нефтесорбенте «Экосорб», выпускаемого промышленностью в виде нетканого волокнистого полотна больших габаритных размеров. Материал «Экосорб», разработанный в ОАО «Научно-исследовательский институт нетканых материалов», изготавливается иглопробивным способом из полипропиленовых волокон по ТУ 8397-230-00302327-01. Положительной особенностью материала является возможность 5-10-кратного использования после отжима в специальных устройствах. По своим эксплуатационным характеристикам «Экосорб» соответствует лучшим зарубежным образцам и имеет значительные преимущества в цене.

Конструкция защитного покрытия (рис. 1) [2] содержит «Экосорб» 1, размещенный в несколько слоев внутри гибкого сетчатого чехла 2, в верхней части которого между сеткой и сорбентом прокладывается нефтенепроницаемая полимерная пленка 3. Для прижатия покрытия ко дну к сетчатому кожуху прикрепляются грузы – металлические цепи 4.

*Попов Савва Николаевич, доктор технических наук, заместитель директора по науке. E-mail: innt@yusn.ru*  
*Морова Лилия Ягьяевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник. E-mail: tenseit@mail.ru*  
*Герасимов Александр Иннокентьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник. E-mail: Gerasimov2509@rambler.ru*

**Таблица 1.** Технические характеристики и эффективность нефтяных сорбентов

Характеристика сорбента	СТРГ	Лессорб	Эколан	Супер-сорбент	Экосорб
основа	окисленный графит	мох	органоминеральный	пенополиуретан	полипропилен
внешний вид	порошок	крошка	порошок	гранулы	полотно
плотность, кг/м <sup>3</sup>	10-12	177	150-200	20	40
сорбирующая способность, кг/кг	40-60	10-12	3-5	46	22
утилизация	сжигание, регенерация	отжим, сжигание	биоразложение, сжигание	сжигание	сжигание
стоимость сорбента, у.е./кг	12,0	3,0		4,0	12,7
экономическая эффективность, у.е./кг нефти	0,20	0,30		0,09	0,58



**Рис. 1.** Способ защиты водоемов при аварийных разливах нефти

Монтаж защитного покрытия над траншеей может осуществляться протягиванием тросов лебедкой или судном. Ширина покрытия должна быть не менее ширины траншеи. Соотношения между объемом сорбента и весом грузов определяются с учетом увеличения плавучести покрытия при вытеснении в нем воды нефтью. Удельный вес смеси нефти различных месторождений, транспортируемых по трубопроводу ВСТО, прогнозируется на уровне 0,84 г/см<sup>3</sup>. Удельный вес полипропилена, из которого изготавливается сорбент, составляет 0,94-0,96 г/см<sup>3</sup>. С учетом удельного веса полиэтиленовой пленки, близкой к удельному весу воды, несложные вычисления показывают, что для удержания защитного покрытия на дне водоема общий вес грузов должен быть не менее 160 кг на один кубометр сорбента.

При разрыве нефтепровода расчетное количество разлива нефти для перехода через р. Лену составляет около 800 т. Для полного поглощения такого количества нефти необходимо, чтобы объем защитного покрытия составлял 1000 м<sup>3</sup>. При ширине 10 м и длине

1000 м толщина сорбента должна составлять 10 см. Общий расчетный вес груза при этом будет равен 160 т. Использование грузов меньшего веса может привести к преждевременному всплытию защитного покрытия и уровень очищения воды от загрязнения будет соответственно ослаблен. Так как высокие гидрофобные свойства и гигроскопические характеристики материала «Экосорб» существенно замедляют его насыщение водой, его заблаговременно до монтажа защитного покрытия следует поместить в воду, чтобы вес используемых грузов был достаточен для его затопления и исключения возможности всплытия.

При разрыве нефтепровода с учетом фильтрации нефти через грунт с глубины более 5 м от верха трубы скорость ее поступления в сорбент будет существенно замедляться, поэтому с учетом расширения нефтяного пятна по мере прохождения через грунт и прослойку воды между защитным покрытием и дном большая часть нефти будет задержана сорбентом. Для облегчения выемки насыщенного нефтью защитного покрытия вес используемых грузов должен быть несколько меньше 160 кг на один кубометр сорбента. В этом случае при практически полном приближении к нефтенасыщению покрытие всплывет и может быть задержано и удалено из воды через майны заранее установленными ниже по течению стропами, снабженными крюками. Малая толщина и донное размещение покрытия способствуют минимизации воздействия потока воды. Разрушение покрытия возможно только в процессе ледохода, поэтому рекомендуется размещать его на глубинах, исключая взаимодействие со льдом, а также осуществлять ежегодную летнюю проверку технического состояния и при необходимости производить его ремонт или замену.

Испытания покрытия проведены на макете, представленном на рис. 2. На дне емкости, заполненной водой, размещается полоса сорбирующего материала шириной 20 см, поджатая грузами. Сорбент выдерживается до полного насыщения водой, остатки воздушных пузырей отчетливо регистрируются визуально. После водонасыщения под полосу сорбента подается нефть в количестве 100 г и выдерживается в течение одного месяца. Как показали эксперименты, при контактировании нефти с сорбентом вода из него вытесняется. Нефть в сорбенте удерживается и по мере насыщения сорбента пятно распространяется вдоль полосы. Даже при отсутствии нефтенепроницаемой пленки на поверхности сорбента в воду нефть практически не проникает (рис. 3).



Рис. 2. Общий вид макета траншейного перехода нефтепровода



Рис. 3. Распределение нефти в сорбенте через месяц после введения

Следующее устройство представляет собой перфорированную трубу 1 [3], проложенную по дну 2 водного объекта поверх траншеи 3, в которую заложен нефтепровод 4. Труба 1 заполняется

«Экосорбом» 5, который наматывается на трос 6, проходящий по всей длине трубы 1. Закрепление нефтесорбента 5 на тросе 6 осуществляется обтяжкой через определенные промежутки при помощи хомутов 7 (рис. 4). С обоих концов троса на берегу 8 устанавливаются лебедки 9. Трос 6 с намотанным на него нетканым сорбентом 5 должен иметь дополнительный запас на одном или обоих берегах 8 с длиной, равной ширине реки. Запас предназначен для замены и отжима отработанного сорбента 5. Отжатый сорбент повторно затягивается в перфорированную трубу.

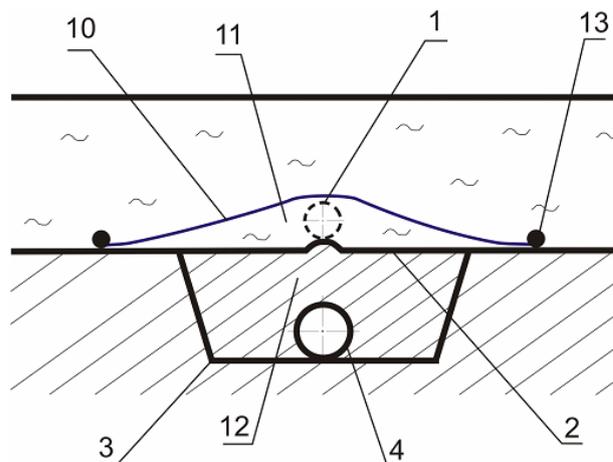


Рис. 4. Способ сбора разлива нефти в зоне траншейного подводного перехода магистрального нефтепровода

По ширине превышающей ширину траншеи 3 и по всей ее длине с выходом на оба берега 8 поверх перфорированной трубы 1 накладывается водо- и нефтенепроницаемое полотно 10, химически инертное к нефтепродуктам, предназначенное для удержания их в придонном слое воды 11. Полотно 10 с краев должно быть плотно прижато к грунту 12 грузилами 13, либо находится под ним для исключения просачивания нефти в водную среду (рис. 6).

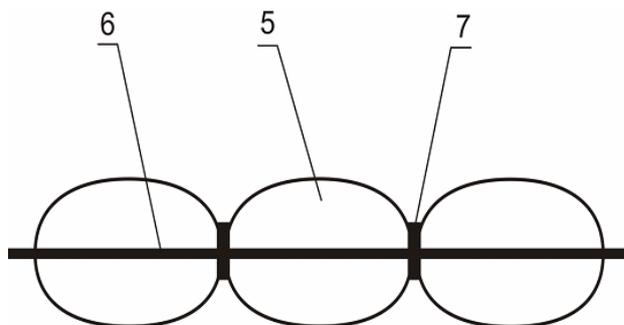


Рис. 5. Схема закрепления нефтесорбента на тросе

Таким образом, при аварийном прорыве нефтепровода нефть постепенно просачиваясь через грунт 12, будет попадать в ограниченное пространство под непроницаемым полотном 10 с последующей сорбцией нетканым сорбирующим материалом 5, находящимся в перфорированной трубе 1. При достижении предела нефтеемкости сорбент 5, намотанный на трос 6, вытягивается на поверхность при помощи лебедки 9 и отжимается. Вместо извлеченного сорбента 5 одновременно с противоположного берега вводится запасной сорбент, который также с исчерпанием запаса нефтеемкости извлекается для отжима. Процесс может длиться столько, сколько позволяет ресурс по числу отжимов сорбента, после чего сорбент заменяется.

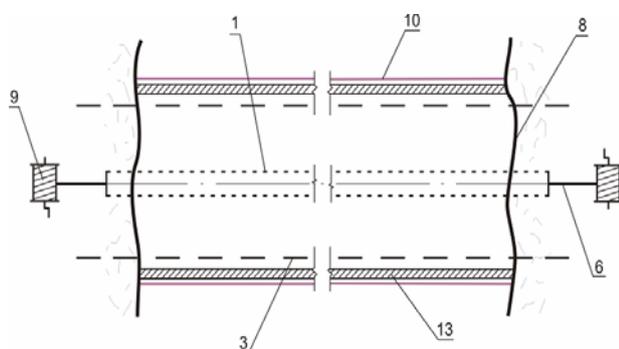


Рис. 6. Продольный разрез устройства

Все монтажные работы по введению устройства в работу проводятся разово и в дальнейшем сводятся лишь к периодическому контролю. Кроме того, достоинством способа является возможность использовать его в периоды ледостава и ледохода, когда обычные способы практически не применимы. Во всех представленных технических решениях результат, достигаемый при решении поставленной цели, заключается в локализации нефти и ее сборе в ограниченном пространстве непосредственно вблизи аварийного объекта, что позволяет минимизировать или даже исключить, при благоприятном течении дел, вред, наносимый окружающей среде.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Мерициди, И.А.* Критерии выбора нефтяного сорбента для локализации аварийных разливов нефти на поверхности водоемов / *И.А. Мерициди, А.В. Шлапаков* // Производственная необходимость. – М.: УКАНГ, 2007. С. 52-57.
2. *Попов, С.Н.* Способ защиты водоемов при аварийных разливах нефти / *С.Н. Попов, А.И. Герасимов, Л.Я. Морова, С.Е. Ефимов.* Заявка на изобретение № 2010123277 от 07.06.2010.
3. *Попов, С.Н.* Способ сбора разлива нефти в зоне траншейного подводного перехода магистрального нефтепровода / *С.Н. Попов, А.И. Герасимов, С.Е. Ефимов, Л.Я. Морова.* Заявка на изобретение № 2010127708 от 05.07. 2010.

## LIQUIDATION THE OIL EMERGENCY FLOODS FROM THE BOTTOM OF RESERVOIRS IN THE CONDITIONS OF LOW TEMPERATURES IN YAKUTIA

© 2011 S.N. Popov, L.Ya. Morova, A.I. Gerasimov

Institute for Oil and Gas Problems SB RAS, Yakutsk

Floods of oil and oil products at a transportation stage pose considerable threat to the environment. The analysis of the equipment let out by the domestic industry for localization and gathering the oil emergency floods from the oil pipeline laid on a river bed has shown that for application in winter conditions of Yakutia effective technical and technological decisions are absent. Perspectivity of use in technologies on localization and gathering of oil floods a domestic sorbent «ECOSORB» with which application the process equipment is developed is shown.

Key words: *main oil pipeline, oil emergency flood, ways of failure liquidation, environment protection, petrosorbent, low temperatures, ice conditions*

*Savva Popov, Doctor of Technical Sciences, Deputy Director on Science. E-mail: inm@ysn.ru*

*Liliya Morova, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow. E-mail: menseit@mail.ru*

*Alexander Gerasimov, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow. E-mail: Gerasimov2509@rambler.ru*