УДК 502.2:504.5:504.5:665.61.7

СТАЦИОНАРНЫЕ РУБЕЖИ УДЕРЖАНИЯ РАЗЛИВШЕЙСЯ НЕФТИ НА РЕКАХ

–––––––

FIXED BORDERS OF CONFINEMENT OF SPILLED OIL ON RIVERS

Липский Владимир Константинович
доктор технических наук, профессор,
Полоцкий государственный университет
v.lipski@mail.ru

Спиридёнок Людмила Михайловна
кандидат технических наук, доцент,
Полоцкий государственный университет
spiridenok@list.ru

Аннотация. В статье рассматривается важная задача при эксплуатации магистрального трубопроводного транспорта – защита водных объектов при аварийных разливах нефти. Стационарные рубежи локализации и сбора нефти рассматриваются как один из эффективных вариантов защиты реки в случае возникновения аварийной ситуации. Представлены подходы по выбору места расположения стационарных рубежей, разработанные на кафедре трубопроводного транспорта Полоцкого университета. Представлена классификация стационарных рубежей, которая зависит от комплектации сооружений и оборудования на них.

Ключевые слова: нефть, аварийные разливы, стационарные рубежи, факторы, локализация нефти, оборудование, ландшафтные характеристики.

Lipsky Vladimir Konstantinovich
Doctor of technical science, Professor,
Polotsk state university
v.lipski@mail.ru

Spiridyonok Lyudmila Mikhailovna
Candidate of technical sciences,
Associate professor,
Polotsk state university
spiridenok@list.ru

Annotation. The article deals with an important task in the operation of main pipeline transport – protection of water objects in case of oil spills emergency. Fixed borders of localization and gathering of oil are considered as one of the most effective options for river protection in case emergency accidents. Approaches for selecting locations of fixed borders are developed by the Department of Pipeline Transport of Polotsk State University. The classification of fixed borders, which depends on the configuration of the buildings and equipment on them, is represented.

Keywords: oil, emergency spills, fixed borders, factors, oil localization, equipment, landscape characteristics.

Вступление

В режиме штатного функционирования трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов[1] является наиболее эффективным и экологически чистым видом магистрального транспорта. В то же время при аварийных ситуациях на магистральных нефтепроводах в определенных случаях возникают серьезные экологические угрозы, которые могут привести к тяжелым последствиям. Действие двух этих обстоятельств создает противоречие, суть которого состоит в высокой потребности использования этого вида транспорта, с одной стороны, и с его высокой потенциальной экологической опасностью, с другой стороны. Это противоречие порождает потенциальную проблему, которая сопровождает эксплуатацию магистральных нефтепроводов (далее – МНП) и состоит в высокой экологической опасности, которая возникает при авариях на МНП [2, 3].

Высокие экологические угрозы при эксплуатации МНП возникают при аварийной разгерметизации тела трубы на линейном участке трубопровода или корпуса нефтяного резервуара на головных станциях и конечных пунктах нефтепроводов, а также на базах хранения и распределения светлых нефтепродуктов. Эти угрозы состоят в том, что разлившаяся нефть вступает в прямое взаимодействие с объектами окружающей природной среды, нанося ущерб всем ее компонентам [4].

Особенно тяжелые последствия, вплоть до катастрофических, сопровождают аварийные разливы нефти (далее АРН), при которых она попадает в трансграничные реки и переносится на большие расстояния, включая территории соседних государств и морские акватории.

Поскольку по инженерно-технологическим и экономическим соображениям отказ от магистрального трубопроводного транспорта нефти невозможен, также как невозможно создание абсолютно надежных технических систем, обеспечивающих их полную безаварийность, т.е. риски аварийных разливов на МНП существуют всегда, то решение указанной проблемы может быть достигнута только путем обеспечения комплексной системы защиты окружающей среды от загрязнения при аварийных разливах нефти, которая бы обеспечивала эффективную ликвидацию аварийных разливов нефти и минимизацию их экологических последствий [5].

Одним из элементов такой системы защиты окружающей среды от загрязнения при АРН на подводных переходах является сооружение стационарных рубежей локализации и сбора нефти на

[1]Здесь и далее термин «нефть», согласно международной конвенции МАРПОЛ 73/78 [1], включает: нефть и нефтепродукты. В соответствии с этим в данной работе термин «магистральный нефтепровод» включает магистральные нефте- и продуктопроводы.

водотоках, которые представляют собой спланированную территорию на берегу и часть акватории водотока, оборудованные стационарными сооружениями и объектами инженерной инфраструктуры. Их использование предусмотрено в случаях, когда в силу разных причин не удается перекрыть движение разлившейся нефти по поперечным водотокам (притокам) главной реки, или когда нефть из трубопровода сразу попадает непосредственно в русло главной реки [6].

Назначение стационарных рубежей предполагает выбор определенных береговых территорий рек, характеристики которых благоприятны для проведения работ по локализации и сбору разливов нефти.

В статье приведены анализ факторов влияния, учет которых необходим при решении вопроса об обосновании целесообразности включения стационарных рубежей удержания разлившейся нефти на водотоках в действующую комплексную систему защиты окружающей среды и классификация рубежей удержания.

Факторы, влияющие на распространение нефтепродуктов по руслу реки

Для того чтобы установить все факторы, оказывающие влияние на характер аварийного разлива нефти, нужно исходить из того, что функционирование магистрального трубопроводного транспорта нефти происходит в условиях глубокого взаимодействия объектов техносферы, т.е. собственно МНП и технических элементов его инфраструктуры, и объектов природной среды на территории, по которой проходит трасса МНП [7,8].

Одним из важнейших факторов, определяющих характеристики возможного АРН, является количество нефти, разлившейся в результате аварии. Оно, в свою очередь, зависит от размеров аварийного отверстия в теле трубы, прогноз которых не возможен, диаметра трубопровода и давления в аварийном сечении трубопровода, которое зависит от пропускной способности МНА, местоположения этого сечения на трассе и профиля трассы в районе аварии.

Наряду с количеством разлившейся нефти другим важным фактором, определяющим характеристику возможного АРН, являются условия местности, на которой расположен аварийный участок МНП. Здесь нужно указать две принципиально разных ситуации:

а) авария на подземном участке МНП, при которой разлившаяся нефть поступает на сухопутную часть трассы;

б) авария на подводном участке трассы (подводный переход), при которой вся разлившаяся нефть поступает в водный объект (водоток или водоем).

Сухопутные участки трассы МНМ могут иметь разнообразный профиль и очень широкий спектр характеристик земли и растительности, что будет оказывать влияние на развитие АРН и его экологические последствия. Нужно отметить, что одним из возможных сценариев развития АРН на сухопутном участке трассы является миграция разлившейся нефти по профилю местности в направлении расположенного в этом районе водного объекта (водотока, водоема) и загрязнение его разлившейся нефтью. Перечень возможных сценариев поведения разлившейся нефти при АРН на сухопутных участках трассы чрезвычайно широк, но в целом экологические последствия таких разливов менее тяжелые, чем при АРН на подводных переходах, а условия организации и проведения работ по защите объектов окружающей среды и ликвидации экологических последствий более благоприятны, чем при авариях на участках подводных переходов МНП.

Характерной особенностью аварий на участках подводных переходов является то, что вся разлившаяся нефть сразу попадает в водную среду и дальнейшее ее поведение определяется типом загрязняемого водного объекта. Водные объекты могут быть представлены водоемами, в которых практически отсутствует течение жидкости и водотоками, для которых характерно наличие устойчивого течения по их руслам.

Таким образом, факторы, оказывающие влияние на характер аварийного разлива нефти, можно отнести к двум группам. К первой группе относятся факторы, связанные с конструктивными и технологическими параметрами нефтепровода; ко второй группе – факторы, связанные с ландшафтными характеристиками территории, на которой произошел АРН.

В каждую группу входит достаточно широкий перечень факторов влияния. Для АРН, происходящих на участках подводных переходов, можно указать основные, наиболее значимые факторы.

В первой группе такими факторами являются:

- пропускная способность трубопровода и размер его внутреннего диаметра;
- величина давления в полости нефтепровода в сечении, где произошла его разгерметизация;
- физические свойства перекачиваемой нефти (плотность, вязкость);
- вид сжатого профиля трассы, на участке примыкающему к месту аварии;
- наличие запорной арматуры, отсекающий аварийный участок трубопровода.

Во второй группе такими факторами являются:

- гидрологические характеристики водотока ниже подводного перехода (средняя скорость потока, поверхностная скорость потока, продольный уклон водотока);
- характеристика русла водотока ниже подводного перехода (данные о ширине и глубине русла, тип руслового процесса, данные о максимальных подъемах уровней воды реки.)

● характеристика береговой части водотока (наличие участков берега с ровной поверхностью на берегу, без резких перепадов высот и с прочным грунтовым покрытием, наличие подъездных дорог к береговой линии, возможный размыв береговой линии).

Выбор береговой территории на реке для обустройства стационарного рубежа осуществляется с учетом приведенных факторов [9, 10].

По перечисленным гидрологическим факторам участки рек для обустройства стационарных рубежей подразделяются на благоприятные, неблагоприятные и весьма неблагоприятные:

● благоприятными являются участки реки, на которых переформирования русла составляют менее 1 м в год (ленточно-грядовый, осередковый, побочневый тип руслового процесса), нет размыва береговой линии, берег с ровной поверхностью, с минимальной шириной реки;

● неблагоприятными являются участки реки, на которых плановые переформирования русла могут достигать от 1 до 10 м в год (ограниченное, незаверенное и свободное меандрирование, пойменная многорукавность), минимальный размыв береговой линии;

● весьма неблагоприятными для устройства стационарного рубежа являются участки реки с ярко выраженным неустойчивым руслом, плановые переформирования русла могут достигать от 10 до 100 м в год. На таких участках не рекомендуется обустраивать стационарный рубеж.

Полученные данные о скорости течения реки необходимы для определения угла установки боновых заграждений.

От гидрологических и ландшафтных характеристик выбранного участка территории будет зависеть вид стационарного рубежа.

Технические средства локализации аварийных разливов на рубежах удержания разлившейся нефти

Эффективность использования стационарных рубежей удержания определяется тем, насколько точно был спрогнозирован процесс развития АРН на водотоке и его характеристики в предполагаемом месте расположения рубежа удержания, и тем, насколько выбранные для этого рубежа стационарные сооружения и объекты инженерной инфраструктуры соответствуют характеристикам разлива нефти на данном участке русла водотока – гидрологическим и ландшафтным условиям, существующим на этом участке [11, 12].

На основе прогноза распространения АРН обустройство стационарных рубежей включает основное и дополнительное оборудование.

В состав основных стационарных сооружений рубежей удержания входят следующие элементы:

- технологическая площадка;
- подъездные дороги;
- стационарные береговые якоря.

Кроме основных стационарных сооружений могут быть использованы дополнительные сооружения:

- стационарные береговые якоря с лебедками;
- земляной амбар для собранной нефтеводяной эмульсии;
- спусковые дорожки для спуска на воду маломерных судов.

В состав основного оборудования инженерной инфраструктуры входят:

- боновые заграждения различных видов [13].
- нефтесборные устройства различных видов;
- резервуары для сбора нефтеводяной эмульсии;
- оперативные береговые и донные якоря.

В состав вспомогательного оборудования инженерной инфраструктуры входят:

- маломерные суда (катера, лодки, используемыедля обслуживания боновых заграждений и т.п.);
- грузоподъемные средства;
- автотранспорт (самосвалы, вакуумные автоцистерны и т.п.);
- осветительные установки;
- электростанции;
- передвижные пропарочные установки;
- силовые установки к нефтесборным устройствам;
- насосы для перекачки нефти;
- распылители сорбента;
- оборудование для смыва нефти с берегов;
- переносное (ручное) нефтесборное оборудование;
- оборудование для создания водяных и воздушных завес и т.д.

Классификация стационарных рубежей удержания

Рассмотренные факторы влияния на характер аварийного разлива нефтии перечень стационарных сооружений и технических средств, используемых на рубежах удержания, позволяют сформулировать классификационные признаки, необходимые для классификации видов рубежей удержания.

Основным классификационным признаком стационарных рубежей является вид комплектации рубежей удержания стационарными сооружениями и оборудованием.

По этому признаку рубежи удержания делятся на два вида:

1. На рубежах этого вида уже в первые часы АРН локализация нефти может осуществляться без проведения предварительных работ по подготовке оборудования к работе (установка бона, емкости для хранения водонефтяной эмульсии и т.п.), и прибытия персонала аварийных служб. В состав рубежа включены основные сооружения (технологическая площадка, подъездные дороги, стационарные береговые якоря или стационарные береговые якоря с лебедками); дополнительно рубеж удержания оснащен стационарными металлическими боновыми заграждениями, развернутыми в русле реки, которые в случае подхода пятна нефти при ликвидации АРН или на учебно-тренировочных занятиях начинают работать до приезда аварийной бригады.

2. На рубежах этого вида необходимо проводить предварительные работы по подготовке оборудования к локализации и сбору нефти. Локализация и сбор разлившейся нефти будет происходить только после того, как будет подготовлено оборудование. В состав рубежа включены только основные сооружения (технологическая площадка, подъездные дороги, стационарные береговые якоря или стационарные береговые якоря с лебедками). При локализации нефтяного пятна при ликвидации АРН или проведении учебно-тренировочных занятий боновые заграждения доставляются с мест их постоянного хранения, как и другие единицы основного и вспомогательного оборудования.

Стационарные рубежи 1-го типа обустраиваются только на несудоходных реках на благоприятных участках. Береговая линия должна быть устойчива к размыву и сложена из грунтов повышенной плотности (глина, суглинок). Желательно, чтобы во время половодья и паводка технологическая площадка рубежа не затапливалась водой.

Стационарные рубежи 2-го типа можно обустраивать на судоходных и несудоходных реках, на благоприятных и неблагоприятных участках.

Заключение

Стационарные рубежи, сооружаемые для удержания и локализации нефти при аварийных разливах, сопровождаемых загрязнением крупных водотоков, являются ключевыми, высокоэффективными элементами комплексной системы защиты окружающей природной среды при авариях на магистральных нефтепроводах.

В статье выявлены и сформулированы две группы факторов, оказывающих влияние на характер аварийного разлива нефти и на масштаб сопровождающих его экологических последствий. Это факторы, связанные с:

- конструктивными и технологическими параметрами нефтепровода;
- ландшафтными характеристиками территории, на которой произошел АРН.

В статье также рассмотрен состав рубежей удержания разлившейся нефти, который включает в себя стационарные сооружения и объекты инженерной инфраструктуры.

Анализ факторов влияния и состава рубежей удержания позволил сформулировать признаки, по которым можно провести классификацию стационарных рубежей удержания. В качестве основного классификационного признака определен вид комплектации рубежей удержания стационарными сооружениями и оборудованием, по которому рубежи удержания делятся на два вида. Для каждого вида рубежей указан не только их состав, но и ландшафтные и гидрологические характеристики, в которых целесообразно сооружать рубеж удержания данного вида.

На основе исследований, основные результаты которых изложены в данной статье, разработан и введен в действие технический нормативный правовой акт – Стандарт организации СТП 09100.20001.003-2014 «Стационарные рубежи локализации и сбора нефти на водотоках. Правила размещения, обустройства и эксплуатации».

Литература:

1. Торский В.Г. Марпол 73/78 : Краткий обзор / В.Г. Торский, В.П. Топалов. – Одесса : Астропринт, 2005. – 64 с.
2. Липский В.К. Генезис, структура и методологические аспекты проблемы защиты водных объектов при авариях на нефтепроводах / сб. науч. тр.; Полоцкий государственный университет. – Новополоцк, 2002. – Вып. 2: Безопасность и надежность трубопроводного транспорта. – С. 136–146.
3. Липский В.К. Технические и ландшафтные характеристики магистральных нефте- и нефтепродуктопроводов Беларуси / В.К. Липский, Д.П. Комаровский, М.В. Хорун, А.Г. Кульбей, Д.А. Поздняков // Вестник Полоцкого государственного университета. Прикладные науки. – 2004. – Серия В. – № 1. – С. 140–145.
4. Липский В.К. Воздействие магистральных трубопроводов на окружающую среду / В.К. Липский, Л.М. Спириденок, Д.П. Комаровский, Н.Л. Белорусова, А.А. Карпухина // Вестник Белнефтехима. – 2009. – № 4 (39). – С. 38–43.
5. Липский В.К. Система защиты водных объектов от загрязнения при авариях на магистральных нефтепроводах Беларуси // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Прикладные науки. – 2002. – Серия В. – Т. 1. – № 2. – С. 3–16.
6. Груздев А.А. Рубежи задержания и сбора нефти на крупных судоходных реках / А.А. Груздев, Л.А. Талалушкин, В.А. Красков, А.Л. Крам // Трубопроводный транспорт нефти. – 2001. – № 3. – С. 8.
7. Комаровский Д.П. Защита водных объектов при аварийных разливах нефти / Д.П. Комаровский, П.В. Коваленко, В.К. Липский, В.Е. Савенок; под ред. В.К. Липского. – Новополоцк : ПГУ, 2008. – 220 с.
8. Спиридёнок Л.М., Искра В.А. Локализация и сбор нефти на водотоках при помощи стационарных рубежей / Электронный сборник трудов молодых специалистов Полоцкого государственного университета. Строительство. – Новополоцк : ПГУ, 2014. – Вып. 74.– С.114–116.

9. Спириденок Л.М. Методика определения местоположения стационарных рубежей локализации и сбора нефти на реках. Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта / сборник тезисов VIII международной научно-технической конференции (25–28 ноября 2014 г., г. Новополоцк) / редколлегия: В.К. Липский и др. – Новополоцк : ПГУ, 2014. – С. 134–136.

10. Липский В.К., Спириденок Л.М., Кульбей А.Г., Комаровский Д.Н. Ландшафтные характеристики территорий, расположенных вдоль трасс магистральных трубопроводов // Вестник ПГУ. Прикладные науки. Строительство. – 2012. – Серия F. – № 16. – С. 75–84.

11. Липский В.К. Технические средства защиты водных объектов при аварийных разливах нефти / В.К. Липский, И.И. Лиштван. – Новополоцк : ПГУ, 2009. – 304 с.

12. Липский В.К. Нормирование технического оснащения аварийно-восстановительных служб предприятий трубопроводного транспорта нефти / В.К. Липский, П.В. Коваленко, А.Н. Янушонок // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Строительство. Прикладные науки. – 2009. – Сер. F. – № 6. – С. 131–138.

13. Комаровский Д.П. Взаимодействие нефтяного пятна на поверхности водотока с боновым заграждением / Д.П. Комаровский, В.К. Липский // Природные ресурсы. – 2002. – № 4. – С. 113–116.

References:

1. Torsky V.G. Marpol 73/78 : Short review / V.G. Torsky, V.P. Topalov. – Odessa : Astroprint, 2005. – 64 p.

2. Lipsky V.K. Genesis, structure and methodological aspects of a problem of protection of water objects in case of accidents on oil pipelines / collection of scientific works; Polotsk state university. – Novopolotsk, 2002. – Issue 2: Safety and reliability of pipeline transport. – P. 136–146.

3. Lipsky V.K. Technical and landscape characteristics trunk oil and oil pipelines of Belarus / V.K. Lipsky, D.P. Komarovsky, M.V. Horun, A.G. Kulbey, D.A. Pozdnyakov // Bulletin of Polotsk state university. Applied sciences. – 2004. – Series B. – No. 1. – P. 140–145.

4. Lipsky V.K. Impact of trunk pipelines on the environment / V.K. Lipsky, L.M. Spiridyonok, D.P. Komarovsky, N.L. Belorusova, A.A. Karpukhina // Bulletin of Belneftekhim. – 2009. – No. 4 (39). – P. 38–43.

5. Lipsky V.K. System of protection of water objects against pollution in case of accidents on trunk oil pipelines of Belarus // Bulletin of Polotsk state university. Applied sciences. – 2002. – Series B. – T. 1. – No. 2. – P. 3–16.

6. Gruzdev A.A. Boundaries of detention and collection of oil on the large shipping rivers / A.A. Gruzdev, L.A. Talalushkin, V.A. Kraskov, A.L. Crum // Pipeline transport of oil. – 2001. – No. 3. – P. 8.

7. Komarovsky D.P. Protection of water objects in case of abnormal oil spills / D.P. Komarovsky, P.V. Kovalenko, V.K. Lipsky, V.E. Savenok; under the editorship of V.K. Lipsky. – Novopolotsk : PGU, 2008. – 220 p.

8. Spiridyonok L.M., Iskra V.A. Localization and collection of oil on waterways by means of stationary boundaries / the Electronic collection of works of young specialists of the Polotsk state university. Construction. – Novopolotsk : PGU, 2014. – Issue 74. – P. 114–116.

9. Spiridyonok L.M. A technique of position fix of stationary boundaries of localization and collection of oil on the rivers. Reliability and safety of trunk pipeline transport / collection of theses of the VIII international scientific and technical conference (on November 25–28, 2014, Novopolotsk) / editorial board: V.K. Lipsky, etc. – Novopolotsk : PGU, 2014. – P. 134–136.

10. Lipsky V.K., Spiridyonok L.M., Kulbey A.G., Komarovskiy D.N. Landscape characteristics of the territories located along routes of trunk pipelines // the PGU Bulletin. Applied sciences. Construction. – 2012. – Series F. – No. 16. – P. 75–84.

11. Lipsky V.K. Technical means of protection of water objects in case of abnormal oil spills / V.K. Lipsky, I.I. Lishtvan. – Novopolotsk : PGU, 2009. – 304 p.

12. Lipsky V.K. Rating of hardware of abnormal and recovery services of the enterprises of pipeline transport of oil / V.K. Lipsky, P.V. Kovalenko, A.N. Yanushonok // Bulletin of Polotsk state university. Construction. Applied sciences. – 2009. – Series F. – No. 6. – P. 131–138.

13. Komarovsky D.P. Interaction of an oil slick on a waterway surface with a bon barrage / D.P. Komarovsky, V.K. Lipsky // Natural resources. – 2002. – No. 4. – P. 113–116.