

ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНОГО РАЗЛИВА НЕФТИ В СЛОЖНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

канд. техн. наук, доц. П. В. КОВАЛЕНКО

*Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
Новополоцк, Беларусь*

Аннотация. В статье рассмотрены методы ликвидации последствий аварийных разливов нефти (АРН) в сложных метеорологических условиях, включая паводки и низкие температуры воды. Приведен анализ реальной аварии, произошедшей на нефтепродуктопроводе «Унеча-Полоцк» в марте 2007 года, с детальным описанием воздействия метеорологических факторов на распространение нефти и эффективности применяемых технических средств. Описаны мероприятия, направленные на локализацию разлива и сбор нефтепродуктов с водных объектов с использованием боновых заграждений, сорбентов и других средств. Сделан акцент на необходимости создания новых технических решений для эффективной локализации и сбора нефти в условиях паводков и при наличии ледяного покрова.

Ключевые слова: аварийный разлив нефти, ликвидация последствий, метеорологические условия, боновые заграждения, нефтесборные устройства, сорбенты, паводок, экосистема водных объектов, устойчивость к течению, нефтепродукты, гидродинамика.

Вступление. Одним из распространённых и опасных видов чрезвычайных ситуаций техногенного характера являются аварийные разливы нефти (АРН), сопровождающиеся загрязнением водных объектов. АРН могут быть связаны с авариями, которые происходят на резервуарных парках нефтехранилищ и нефтебаз предприятий по добыче, переработке, транспорту, хранению и распределению нефти, а также промышленных, транспортных, аграрных и коммунальных предприятий и при перевозках цистерн с нефтью автомобильным и железнодорожным транспортом [1, 2].

Однако наиболее масштабные и опасные АРН происходят при авариях на магистральных нефтепроводах (АМНП). Таким АРН присуща специфика, обусловленная не только большими объёмами разлившейся нефти, но и тем, что магистральные нефтепроводы (МНП) являются линейно-протяжёнными объектами. Это создаёт в разных точках трассы нефтепровода многообразие геоландшафтных условий, в которых может происходить развитие аварии, что требует готовности аварийно-спасательных служб подразделений МЧС и предприятий трубопроводного транспорта нефти к вариативности ситуаций, в которых будут проходить их деятельность.

Загрязнение водных объектов при АМНП создаёт опасность распространения разлившейся нефти по системе разнообразных водотоков на большие расстояния, вплоть до трансграничного переноса нефтяных загрязнений. Это приводит не только к тяжёлым экологическим последствиям, но может также создать инцидент в отношениях с соседними странами.

Дополнительное разнообразие в сценарии развития АМНП, сопровождающихся АРН, вносят метеорологические условия, наблюдаемые в момент аварии и в период её развития на местности.

Описание реальной аварии. Все характерные особенности, присущие АМНП, в том числе сильное влияние метеорологических факторов, отчётливо проявились во время аварии, произошедшей в марте 2007 года на нефтепродуктопроводе «Унеча-Полоцк» ЧУП «Запад-Транснефтепродукт», вблизи деревни Быцево Бешенковичского района Витебская области [3].

В результате разгерметизации нефтепродуктопровода из него вылилось 224 т дизельного топлива. От места аварии разлившийся нефтепродукт перемещался на расстоянии 250 м по пашне, имеющей склон в сторону мелиоративного канала, в который стекал разлившийся нефтепродукт (рисунок 1). Из 224 т вылившегося нефтепродукта в канал попало 75 т, на грунте осталось 149 т.



Рисунок 1. – Развитие аварии произошедшей на МНПП «Унеча-Полоцк»

В месте пересечения мелиоративного канала с грунтовой дорогой, расположенном ниже по течению воды в канале, установлен шибер, предназначенный для перекрытия канала. В момент аварии шибер находился в открытом положении и был в неисправном состоянии, что не позволило использовать его для предотвращения дальнейшего распространения нефтепродукта по каналу. Из мелиоративного канала нефтепродукт попал в ручей, а из него в реку Улла

Река Улла – приток реки Западная Двина, которая является трансграничным водотоком и пересекает границу Беларуси с Латвией. По течению реки Улла нефтепродукт переместился на расстоянии 25 км до её впадения в реку Западная Двина и далее по течению реки Западная Двина распространился на расстояние 155 км и пересёк границу Латвии.

Особенностью этой аварии является то, что в ней присутствовали основные характерные случаи взаимодействия разлившейся нефти с объектами окружающей среды: течение по склону поверхности земли, перемещение с потоком жидкости в мелиоративном канале, в ручье, в малой реке (притоке) и в большой трансграничной реке.

Другой особенностью этой аварии явилось то, что она произошла в пик паводка на реках Улла и Зап. Двина. И хотя этим рекам не свойственны широкие весенние разливы, которые могли бы создать дополнительные трудности, скорости течения в них достигали в эти дни экстремальных для рек Беларуси значений: поверхностные скорости течения в реке Улла составили 1,5–1,8 м/с, в р. Зап. Двина доходили до 2 м/с.

Ликвидация последствий аварии. Мероприятия по ликвидации экологических последствий этой аварии проводилась согласно действующему в ЧУП «Запад-Транснефтепродукт» плану ликвидации аварии, разработанный на кафедре трубопроводного транспорта университета.

В соответствии с этим планом, мелиоративный канал ниже по течению от места поступления в него нефтепродукта был перекрыт временной земляной плотиной с гидрозатвором (рисунок 2). Аналогичная плотина была сооружена также в устье ручья перед впадением его в р. Улла, а на р. Улла установлены 3 рубежа боновых заграждений. Плотины такой конструкции позволяют на малых водотоках локализовать распространение разлившейся нефти для её последующего сбора с помощью нефтесборных устройств и сорбентов.



Рисунок 2. – Плотина с гидрозатвором на мелиоративном канале

Для сбора нефтепродукта на правом берегу р. Улла вблизи населённого пункта Фролковичи был вырыт временный котлован и соединённый с ним, идущий от реки, канал. С помощью бонов, установленных на реке, слой нефтепродукта направлялся в этот канал, накапливался в котловане и оттуда вывозился для утилизации.

Для предотвращения распространения нефтепродукта на реке Улла, от н.п. Фролковичи до устья реки, было установлено 7 рубежей боновых заграждений.

Для удержания нефтепродукта на водотоках использовались гибкие пневматические резино-тканевые боны. Так как авария произошла сразу после пика паводка и уровень воды в реке Улла был не стабильным,

Для предотвращения распространения нефтепродукта по р. Западная Двина был задействован стационарный пункт удержания нефти (СПУН) Новополоцкого РУП по транспорту нефти «Дружба» (рисунок 3). СПУН размещен в районе деревни Узмены выше по течению города Верхнедвинска. СПУН разработан на кафедре ТТ и Г. На СПУН были развернуты металлические боновые заграждения (1 рубеж) и гибкие резино-тканевые боны (2 рубежа), а также использовались нефтесборные устройства.

При проведении мероприятий по сбору нефти широко применялись нефтепоглощающие сорбенты различных марок. Сыпучие сорбенты наносились на нефтяную плёнку на всех водных объектах (мелиоративный канал, ручей, реки Улла и Западная Двина), а на СПУН для этих целей силы МЧС использовали авиацию.

Сорбенты в виде нефтепоглощающих матов и бонов использовались совместно с механическими бонами в устье ручья, в месте впадения его в реку Улла, а также на СПУН. Общее количество израсходованного сорбента составило 26 т.



Рисунок 3. – Стационарный пункт удержания нефти на р. Западная Двина

Основные результаты работ по ликвидации последствий аварии. Проведенные мероприятия позволили извлечь из воды 60 из 75 тонн разлившихся нефтепродуктов – 80 % ; с поверхности грунта – 144 из 149 тонн – 97 %.

При ликвидации последствий аварии особые трудности возникли при локализации и сборе нефтепродукта на реке Улла и на реке Западная Двина. Они стали следствием низкой удерживающей способности боновых заграждений и низкими сорбционными свойствами использованных сорбентов.

Основной причиной низкой удерживающей способности боновых заграждений явились высокие скорости воды [4, 5].

Локализация слоя нефти на поверхности водотока при больших скоростях течений является сложной задачей, которая не может быть решена путём применения традиционных способов, основанных на использовании существующих конструкций боновых заграждений. Верхняя граница диапазона скоростей, в котором возможна эффективная работа существующих боновых заграждений, имеет ограничения, обусловленные характером гидродинамических процессов, протекающих при взаимодействии бонна с потоком воды и слоем нефтепродуктов на его свободной поверхности [4], что ещё раз подтвердилось при ликвидации последствий рассматриваемой аварии.

Опыт проведения работ по ликвидации последствий этой аварии наглядно показал, что, в настоящее время, отсутствуют боновые заграждения, позволяющие эффективно удерживать нефть или нефтепродукт на водотоке со скоростью течения более 1,5 м/с.

Сложнее установить причину низкой эффективности разнообразных сорбентов, использованных в ходе ликвидации последствий аварий. Вероятно, она кроется в сочетании таких обстоятельств, как минимальная толщина пленки нефтепродукта, низкая температура воды и воздуха и низкое (по сравнению с нефтью) значение вязкости нефтепродукта, которые существовали во время ликвидации последствий аварии.

Повышение эффективности локализации и сбора нефти в сложных метеорологических условиях. Опыт ликвидации аварии показал, что необходимо создание новых технических средств, способных обеспечивать высокую эффективность локализации и сбора нефти в сложных метеорологических условиях, к которым в первую очередь относятся паводки, а также

наличие на водных объектах ледяного покрова. В целом, решение задачи по созданию технических средств, направленных на минимизацию и ликвидацию экологических последствий загрязнения водных объектов в условиях паводка (а также в зимних условиях) требует длительных и дорогостоящих научных исследований. Однако, образцы таких технических средств, предназначенные для использования при высоких скоростях потока, в том числе при наличии ледяного покрова, могут быть созданы на основе известных технических решений, в которых совмещены функции локализации и сбора нефтепродуктов. В условиях высоких скоростей потока эффективными будут также механические боны, фартук которых снабжён гибким полотном.

Для установления причин неудовлетворительной работы сорбентов в таких условиях требуется проведение специальных физико-химических исследований. Один из путей повышения эффективности использования сорбентов состоит в применении более рациональных способов их нанесения на нефтяную плёнку и последующего сбора, один из которых может быть основан на использовании технического решения, в котором объединены функции нанесения сорбента и его сбора совместно с нефтью.

Ретроспективный анализ деятельности по ликвидации последствий рассматриваемой аварии позволяет выделить ещё одно направление обеспечения эффективности послеаварийных работ. Оно состоит в возведении стационарных земляных сооружений, которые являясь искусственными преградами для перемещение разлившегося нефтепродукта по поверхности земли, предотвращают попадание загрязнения в водный объект. Стационарные сооружения представляют собой плотины, обваловки, котлованы, траншеи и т.п., которые возводятся заблаговременно в определённых местах трассы. Выбор места размещения стационарных сооружений определяется рельефом местности и траекторией движения нефти. Удобно использовать естественные отрицательные формы рельефа (котловины, впадины, ложбины, овраги и т.п.) для создания временных «запруд» и накопления нефти.

Часть трасс магистральных нефтепроводов проходят по мелиорированным землям с густой сетью мелиоративных каналов, которые сбрасывают воду с осушенных земель в близлежащие водотоки. Как правило, мелиоративные каналы оборудуются шиберами для регулирования стока воды, которые не всегда находятся в исправном состоянии. При авариях, сопровождающихся разливами нефти, по мелиоративным каналам проходят траектории миграции разлившейся нефти к крупным водотокам.

Для исключения таких опасных сценариев предприятиям трубопроводного транспорта нефти, совместно с предприятиями, эксплуатирующими мелиоративные системы, необходимо обеспечивать постоянное работоспособное состояние мелиоративных шиберов, через которые может перемещаться разлившаяся при авариях нефть. В перспективе, может быть рассмотрен вопрос об оборудовании таких шиберов электроприводами и включении их, наряду с линейными задвижками нефтепроводов, в систему телемеханического управления из диспетчерской трубопроводного предприятия.

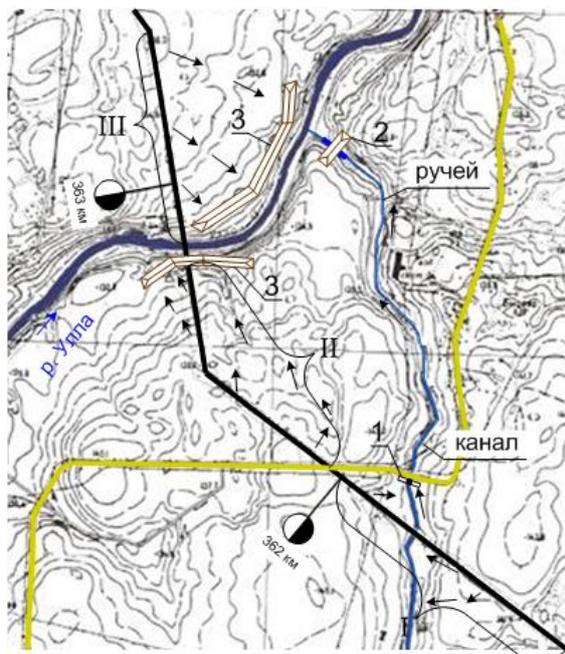
Как альтернативный вариант системе телемеханики, шибер при авариях может закрыть линейный обходчик, либо другое уполномоченное лицо.

Другим решением, которое предотвратит распространение разлившейся нефти по мелиоративным каналам, является сооружение на них земляных плотин с сифонным водосбросом, позволяющим обеспечить сохранение водосброса удержание нефти.

Возможность применения предложенных организационно-технических мероприятий можно рассмотреть на примере ситуации, в которой проходила данная авария (рисунок 4). Участок трассы, представленный на рисунке 4, проходит вблизи мелиоративного канала и реки Улла. При аварии на этом участке основной задачей будет предотвращение попадания нефти в реку

Улла. Для предотвращения или минимизации загрязнения реки Уллы при возможной аварии нефтепровода на этом участке необходимо провести следующие мероприятия:

1. Обеспечить исправное состояние шибера 1 и возможность его оперативного перекрытия при АРН на участке I трассы.
2. Соорудить стационарную земляную плотину 2 с сифонным водосбросом на ручье для случая, которая предотвратит попадание нефти в реку Улла в случае, если во время не будет перекрыт шибер 1 при аварии на участке I.
3. Соорудить стационарные земляные обваловки 3 для предотвращения попадания нефтепродукта в мелиоративный канал и реку Улла при авариях на участках II и III трассы.



← - направление движения нефти
1 – шибер; 2 – дамба с сифонным водосбросом; 3 – обваловка.

Рисунок 4. – Организационно-технические мероприятия для участка трассы

Заключение. Результаты ликвидации последствий аварии показали, что аварийно-спасательные подразделения МЧС и предприятий трубопроводного транспорта владеют методами ликвидации АРН и оснащены необходимыми техническими средствами, о чём свидетельствует высокая доля сбора разлившегося при аварии нефтепродукта.

Вместе с тем, полученный опыт свидетельствует, что ряд имеющихся технических средств не обеспечивают локализацию и сбор нефтепродукта с поверхности водотоков в условиях паводка, а трасса трубопровода не оборудована стационарными защитными сооружениями, предназначенными для предотвращения попадания разлившейся нефти нефтепродуктов в водные объекты. Сформулированные в статье подходы и предложения направлены на решение проблемы локализации и сбора нефти на водных объектах в сложных метеорологических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Липский В.К., Белорусова Н.Л., Спиридёнок Л.М., Коваленко П.В. Система организационно-технических мероприятий по защите водных объектов при залповых сбросах нефти. Обзорная информация. Минск, БЕЛНИЦ Экология, 2002 – 36 с.
2. Методические рекомендации по разработке отраслевых регламентов защиты водных объектов и болотных ландшафтов при залповых сбросах нефти и нефтепродуктов на территории водосборных бассейнов. Утв. Минприроды РБ 19.11.1999 г. Приказ № 331 Новополоцк. ПГУ, 2004, 26 с.

3. В.К. Липский, Д.Н. Комаровский, Л.М. Спиридёнок, А.И. Сераков, О.В. Киселёв Ликвидация последствий аварийных разливов нефтепродуктов в сложных гидрометеорологических условиях (опыт аварии на МНПП «Унеча-Полоцк» Сб. научных трудов «Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта» вып. 5, Новополоцк: ПГУ, 2008, 248 с., с. 207–214
4. Липский В.К., Комаровский, Лурье М.В. Методы расчета и пути повышения удерживающей способности бонового заграждения Вестник Полоцкого государственного университета. Прикладные науки. Научно–теоретический журнал. № 3, Новополоцк: ПГУ, 2005. – С. 79–85
5. Защита водных объектов при аварийных разливах нефти / Д. П. Комаровский [и др.] ; под ред. В.К. Липского. – Новополоцк: ПГУ, 2008. – 220 с.