

трической проницаемости к природоохранным мероприятиям. Применение данного параметра позволяет вести наблюдение за изменениями степени загрязнения нефтепродуктами грунта, использовать их для определения индекса экологического риска и планировать соответствующие мероприятия по охране окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Deeds, J. Characterization of an aquitard and direct detection of LNAPL at Hill Air Force Base using GPR AVO and migration velocity analyses / J. Deeds, J. Bradford // The 9th International Conference on Ground Penetrating Radar, Proceedings, 2002. – P. 323 – 329.
2. Dolgiy, A. Optimal Radius Estimation for Subsurface Pipes Detected by Ground Penetrating Radar / A. Dolgiy, And. Dolgiy, V. Zolotarev // 11th International Conference on Ground Penetrating Radar, June 19 – 22, 2006, Columbus Ohio, USA, 2006.
3. Long-Term Application of GPR Technique for Estimation of Ground Contamination Degree / A. Dolgiy [et al.] // 12th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, Expanded Abstract, Session: P021, 2006.

УДК 502.51

ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ В СЛОЖНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ (ОПЫТ АВАРИИ НА МНПП «УНЕЧА – ПОЛОЦК»)

**В.К. Липский¹, Д.П. Комаровский¹, Л.М. Спиридёнок¹,
А.И. Сераков², О.В. Киселёв²**

¹УО «Полоцкий государственный университет», Новополоцк, Беларусь,

²ЧУП «Запад-Транснефтепродукт, Мозырь, Беларусь

Особенностью аварийных залповых сбросов нефтепродуктов при падании их в водные объекты является масштабность негативного воздействия на природную среду. Для уменьшения негативных последствий аварийных разливов нефти в трубопроводных организациях разработаны планы ликвидации аварий (ПЛА). План ликвидации аварий представляет собой комплекс мероприятий, направленных на введение в действие существ-

вующей на предприятии трубопроводного транспорта организационно-технической системы по защите объектов окружающей среды при аварийных разливах нефти, минимизации и ликвидации экологических последствий аварии. Такая организационно-техническая система включает в себя спектр организационных мероприятий, апробированных и отработанных технологических приёмов и специального оборудования, обеспечивающих защиту компонентов природной среды при аварийных разливах нефтепродуктов.

Однако, как показала авария, произошедшая в марте 2007 года на нефтепродуктопроводе «Унеча – Полоцк» (362 км) ЧУП «Запад-Транснефтепродукт», вблизи д. Быцево (Бешенковичский р-н, Витебская обл.), разработанный комплекс организационно-технических мероприятий не всегда обеспечивает высокую эффективность принятых мер при ликвидации последствий аварийного разлива нефтепродукта.

Рассмотрим произошедшую аварию более подробно с позиции ее развития и ликвидации экологических последствий.

При разгерметизации нефтепродуктопровода произошел вылив 224 тонны дизельного топлива. От места разгерметизации разлившийся нефтепродукт перемещался по пашне 250 м и попал в мелиоративный канал (рис. 1).



Рис. 1. Развитие аварии, произошедшей на МНПП «Унеча – Полоцк»

При разгерметизации нефтепродуктопровода произошел вылив 224 тонны дизельного топлива. От места разгерметизации разлившийся нефтепродукт перемещался по пашне 250 м и попал в мелиоративный канал (рис. 1).

По мелиоративному каналу нефтепродукт переместился 490 м до ручья, который примыкает к мелиоративному каналу и далее по ручью 880 м до впадения ручья в р. Улла.

Река Улла – приток первого порядка р. Зап. Двина. Река Зап. Двина является трансграничным водотоком и пересекает границу Беларуси с Латвией.

По течению р. Улла нефтепродукт распространился на 25 км до впадения р. Улла в Зап. Двину (рис. 2). Далее, по течению р. Зап. Двина, нефтепродукт переместился на 155 км и перешел на территорию Латвии.

Следует отметить, что авария произошла в пик паводка на р. Улла и р. Зап. Двина. Поверхностные скорости течения в р. Улла составили 1,5...1,8 м/с, в р. Зап. Двина доходили до 2 м/с.

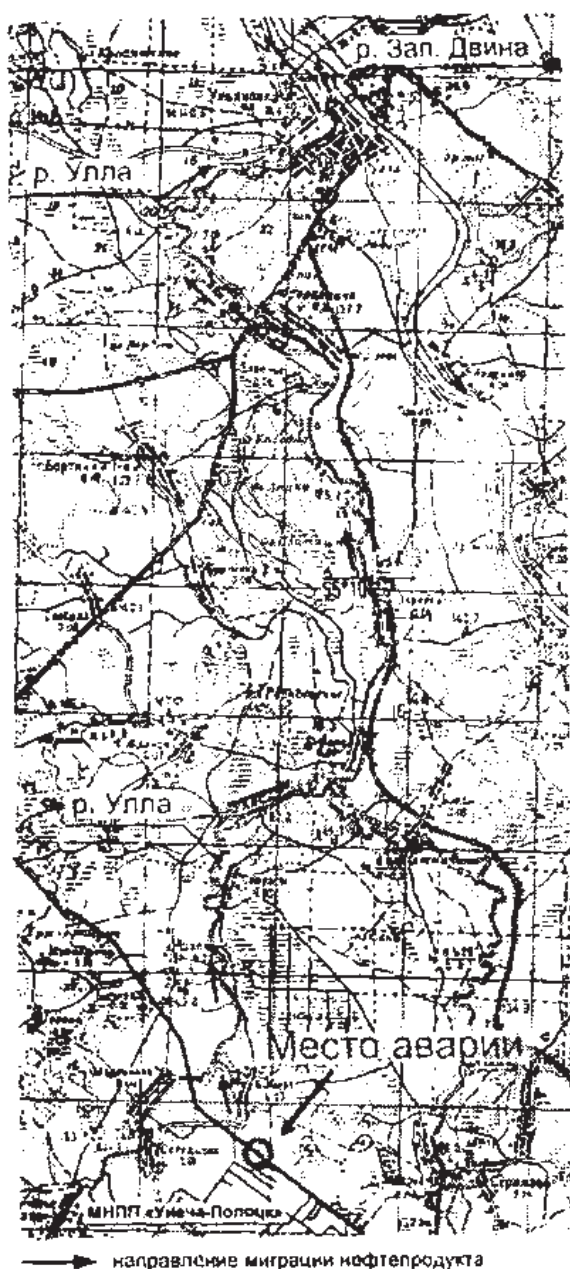


Рис. 2. Распространение нефтепродукта по р. Улла

сложных метеорологических условиях как на этапе локализации слоя нефтепродукта, так и на этапе его сбора.

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

Из 224 тонн вылившегося нефтепродукта в воду попало 75 тонн, на грунт – 149 тонн.

При ликвидации экологических последствий произошедшей аварии особые трудности возникли при удержании и сборе нефтепродукта на р. Улла и р. Зап. Двина. Эти трудности проявились в виде низкой удерживающей способности боновых заграждений и низкой сорбционной способности сорбентов.

На наш взгляд, это вызвано следующими причинами:

- 1) высокими скоростями потока воды;
- 2) минимальной толщиной пленки нефтепродукта;
- 3) низким значением вязкости нефтепродукта;
- 4) присутствием в нефтепродукте высокомолекулярной противотурбулентной присадки.

Опыт проведения послеаварийных работ на рассматриваемой аварии и их результативность, позволяют сделать вывод о том, что необходимо создание новых технических средств, способных обеспечивать эффективность проведения послеаварийных работ в

при взаимодействии бонна с потоком воды и слоем нефтепродуктов на его свободной поверхности. Это со всей очевидностью проявилось в процессе проведения работ по ликвидации последствий рассматриваемой аварии.

В свою очередь, невозможность в условиях высоких скоростей потока обеспечить локализацию разлившихся нефтепродуктов перед боновым заграждением, т.е. их удержание и накопление, не позволяет осуществлять их сбор нефтесборными устройствами.

Крайне неэффективным при ликвидации последствий аварий оказалось также применение всех типов использованных сорбентов. Причину низкой эффективности работы сорбентов должны установить их разработчики, но на первый взгляд можно сделать предположение, что она состоит в том, что разлившийся нефтепродукт в условиях высоких скоростей потока распределялся по свободной поверхности в виде очень тонкой плёнки, толщина которой соответствовала появлению на ней цвета «побежалости». Возможно, в этих условиях физико-химические механизмы взаимодействия нефтепродуктов, воды и материала сорбента не обеспечивали ожидаемую эффективность удержания нефтепродуктов. Возможно также, что негативную роль в обеспечении эффективности работы сорбента сыграло присутствие в нефтепродукте высокомолекулярного вещества, используемого в качестве противотурбулентной присадки.

Таким образом, опыт ликвидации последствий рассматриваемой аварии показал, что необходимо создание новых технических средств локализации и сбора разлившихся нефтепродуктов в сложных метеорологических условиях. К ним в первую очередь относятся паводки, а также наличие на водных объектах ледяного покрова различной толщины и ледоходов.

Если говорить о создании технических средств для ликвидации разливов нефтепродуктов в период паводков (высокие скорости потока), то возникает необходимость в разработке новых моделей удерживающих бонов и нефтесборных снарядов, обеспечивающих эффективную локализацию и сбор разлитых нефтепродуктов при высоких скоростях. Одним из вариантов такого оборудования является создание технического средства, в котором были бы объединены функции локализации и сбора нефтепродуктов.

В общем принцип работы такого снаряда, эффективность которого могла бы обеспечиваться за счёт использования высоких скоростей потока, понятен. Однако созданию промышленного образца такого снаряда должны предшествовать серьезные НИОКР и опытно-промышленные проверки, что потребует привлечения определённых ресурсов и затрат времени.

Аналогичным образом обстоят дела с созданием новых образцов сорбентов, способных работать с тонкими плёнками разлившихся нефте-

продуктов. Созданию таких сорбентов должны предшествовать физико-химические НИР по изучению механизмов взаимодействия тонкой плёнки нефтепродукта, содержащего противотурбулентную присадку с материалом сорбента.

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.

В условиях рисков высоких экологических опасностей, возникающих при аварийных разливах нефтепродуктов в сложных метеорологических условиях и отсутствия специальных технических средств, усиливается роль **превентивных мероприятий** при защите водных объектов в случае угрозы их загрязнения нефтепродуктами.

Если стратегической задачей защиты водных объектов при авариях на нефтепродуктопроводах является повышение их надёжности, которое направлено на снижение аварийности трубопроводов, то тактической задачей проведения работ на послеаварийной стадии при авариях на подземных участках трубопроводов является предотвращение попадания нефтепродуктов в водные объекты путём локализации их на стадии миграции по поверхности земли.

Решение этой задачи возможно только с применением превентивных мер, включающих сооружение вдоль трассы трубопровода стационарных сооружений, которые являются искусственными преградами для свободного перемещение разлившегося нефтепродукта по поверхности земли и тем самым предотвращают попадание загрязнения в водный объект. Стационарные сооружения представляют собой дамбы, обваловки, котлованы, траншеи и т.п.

Применение превентивных мер сопряжено с определенными особенностями, связанными с тем, что магистральные нефтепродуктопроводы (МНПП) представляют собой **линейно-протяженные сооружения**, проходящие по территории различных природных объектов.

Авария на МНПП возможна в любой его точке с различной долей вероятности. Однако сооружение вдоль всей трассы МНПП обваловки, траншеи или других сооружений, относящихся к превентивным мероприятиям, является нецелесообразным по целому ряду факторов. Поэтому выбор участка МНПП, защищаемого каким-либо сооружением, должен определяться величиной ожидаемого экологического ущерба, нанесенного природному объекту, при возможной аварии на данном участке МНПП.

Экологический ущерб, его масштаб и связанная с ним величина экономического ущерба, выраженная в денежной форме, определяется большим количеством разнообразных факторов. Вот некоторые из них:

- 1) вид природного объекта (воды, почва, атмосфера);
- 2) гидрологические характеристики водного объекта;
- 3) категория водного объекта;
- 4) характеристика рельефа;
- 5) характеристика почвенного покрова;
- 6) характеристика флоры и фауны;
- 7) категория охраняемых территорий;
- 8) искусственные сооружения и т.д.

Большинство факторов имеют географическую (территориальную) привязку, т.е. характеризуют определенную географическую территорию природного объекта, по которому проходит участок нефтепродуктопровода. В зависимости от сочетания этих и многих других факторов можно судить о величине экологического ущерба, который может быть нанесен данной территории природного объекта.

Аварии на одном и том же трубопроводе, с одинаковыми техническими характеристиками, с равным объемом вылившегося нефтепродукта, произошедшие в разных точках трассы, могут иметь различные экологические последствия. Эти последствия определяются сочетанием факторов, характеризующих территорию природного объекта, на котором произошла авария.

Следовательно, участки МНПП, которые проходят по территории разных природных объектов (лес, болото, подводный переход через русло реки и т.д.) имеют разную степень опасности загрязнения нефтепродуктом природных объектов. Поэтому, прежде всего, превентивные мероприятия необходимо организовывать на тех участках МНПП, которые имеют высокую степень опасности загрязнения нефтепродуктом природных объектов.

Выявление таких участков происходит в процессе ранжирования МНПП на участки по степени опасности при картографическом обследовании трассы МНПП.

Специалисты кафедры трубопроводного транспорта Полоцкого государственного университета разработали категории участков МНПП по степени опасности загрязнения нефтепродуктом природных объектов (таблица).

Для разработки категорий участков по степени опасности были выделены три природных объекта: водные объекты, земли и болота. Наиболее опасные участки первой категории.

Картографическое обследование трасс проводится с целью ранжирования трассы МНПП на участки по степени опасности согласно таблице. Картографическое обследование трасс МНПП проводится по топографическим картам масштаба 1:10 000.

Границы участка определяются таким образом, что при аварии в любой точке участка пути миграции, траектории, нефтепродукта совпадают или проходят параллельно по одной и той же территории (территориям) местности.

**Категории участков МНПП
по степени опасности загрязнения нефтепродуктом природных объектов**

Категория участка МНПП по степени опасности загрязнения нефтепродуктом природных объектов	Наименование природного объекта	Характерные признаки аварии
1	2	3
Участок МНПП первой категории	Водные объекты	<p>Аварии, сопровождающиеся одним из следующих событий:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разлив нефтепродукта в водный объект (авария на подводном переходе нефтепродуктопровода), находящийся на особо охраняемых природных территориях и/или имеющих трансграничный перенос воды; - разлив нефтепродукта и его перемещение по поверхности земли в сторону водного объекта, с возможным его загрязнением, находящегося на особо охраняемых природных территориях и/или имеющих трансграничный перенос воды; - разлив нефтепродукта в пределах 500 м от водного объекта и его перемещение по поверхности земли в сторону водного объекта с возможным его загрязнением
	Земли	Аварии, сопровождающиеся разливом нефтепродуктов на земли, находящиеся на особо охраняемых природных территориях.
	Болота	Аварии, сопровождающиеся разливом и попаданием нефтепродуктов в болото, гидрологически связанное с водным объектом или находящееся на особо охраняемых природных территориях. Распространение загрязнения может происходить не только по болоту, но и по водному объекту, находящемуся на территории болота или вытекающему из него

1	2	3
Участок МНПП второй категории	Водные объекты	Аварии, сопровождающиеся одним из следующих событий: - разлив нефтепродукта в водный объект (авария на подводном переходе нефтепродуктопровода), не находящийся на особо охраняемых природных территориях и не имеющих трансграничный перенос воды; - разлив нефтепродукта на расстоянии более 500 м от водного объекта и его перемещение по поверхности земли в сторону водного объекта, с возможным его загрязнением, не находящегося на особо охраняемых природных территориях и не имеющего трансграничный перенос воды
	Земли	Аварии, сопровождающиеся разливом нефтепродуктов на земли, не находящиеся на особо охраняемых природных территориях, и связанные с перемещением загрязнения по поверхности земли
	Болота	Аварии, сопровождающиеся разливом нефтепродуктов в болото, (по ландшафтному признаку – лощина, сточная котлована, седловина), с явно выраженным стоком и не находящееся в заповедной зоне
Участок МНПП третьей категории	Земли	Аварии, сопровождающиеся разливом нефтепродуктов на земли, являющиеся естественным локализатором разлившегося продукта и не находящиеся на особо охраняемых природных территориях
	Болота	Аварии, сопровождающиеся разливом нефтепродуктов в болото (по ландшафтному признаку – замкнутая котловина), являющиеся естественным локализатором разлившегося продукта и не находящееся в заповедной зоне

Определение пути миграции нефтепродуктов позволяет выявить, какие природные объекты подвергаются загрязнению и установить категорию участка по степени его опасности загрязнения нефтепродуктом природных объектов согласно представленной таблице.