

М. Л. СОРОКА*, Л. А. ЯРЫШКИНА

Каф. «Химия и инженерная экология», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, 49010, Украина, тел./факс. +380563731576, эл. почта soroka_ml@ukr.net

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПРЕВЕНТИВНЫМ НАКОПЛЕНИЕМ СОРБЕНТОВ В ЗОНЕ ОБРАЗОВАНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ РАЗЛИВА

Введение: Одним из аспектов устойчивого развития железнодорожного транспорта является проведение мероприятий по предупреждению и ликвидации аварийных разливов опасных грузов. Наибольшую опасность представляют аварии при перевозке нефтепродуктов, которые сопровождаются значительным загрязнением всех объектов окружающей среды. Изучение и разработка технологий локализации и ликвидации подобных аварий является важной задачей экологической безопасности, актуальной в современных условиях развития железнодорожного транспорта. **Цель работы** – повышение эффективности традиционных методов ликвидации разливов нефтепродуктов и разработка новых технологий, адаптированных к условиям железнодорожного транспорта Украины. **Методы:** Для достижения целей исследования использованы методы анализа материальных потоков, характерных для мест возникновения и локализации разлива нефтепродуктов на железнодорожном транспорте. **Результаты:** Анализ традиционных технологических схем локализации и ликвидации разливов нефтепродуктов показал, что своевременная доставка сорбентов нефтепродуктов и специальной техники в зону локализации разлива является наиболее сложной задачей. Общую эффективность проведения ликвидационных мероприятий определяет время от начала контакта опасного груза с объектами окружающей среды до их поглощения на поверхности сорбентов. Разработана технологическая схема ликвидации разлива нефтепродуктов, которая обеспечивают постоянный и оперативный доступ к сорбентам нефтепродуктов в зоне локализации разлива. Предложено оборудование, которое позволяет перевозить сорбенты в виде сорбционных бонов непосредственно на цистерне для перевозки нефтепродуктов. **Выводы:** Превентивное накопление сорбентов нефтепродуктов в зоне локализации разлива обеспечивает организационную и эксплуатационную простоту всех этапов ликвидационных мероприятий. Технико-экономический расчет показывает, что предложенная технология является эффективной, технически реализуемой и экономически конкурентоспособной.

Ключевые слова: нефтепродукты, разлив, эмиссия, локализация, ликвидация, сорбент, цистерна, накопление, железнодорожный транспорт, экологическая безопасность

Введение и постановка проблемы в общем виде

В последнее десятилетие наблюдается значительное ужесточение технических норм и экологических требований к безопасности процессов перевозок опасных грузов всеми видами транспорта. Это непосредственно связано с экологическими последствиями возможных аварийных или технологических проливов опасных грузов вследствие нарушения регламента их перевозки.

Ряд исследований [6, 7, 17] показывает, что с точки зрения экологической безопасности наземных видов транспорта наиболее проблемными являются опасные грузы третьего класса опасности и нефтепродукты в частности. Данный вид грузов характеризуется наибольшей частотой аварийных инцидентов и объемом разливов. Современные тенденции к увеличению объемов использования, хранения и транспортировки нефтепродуктов различными видами транспорта в государственном и междуна-

родном сообщении естественно обуславливают рост числа аварийных разливов этих веществ в окружающую природную среду [6]. Следует отметить, что подобные эмиссии не только приводят к ухудшению экологической ситуации территорий с высокой транспортной нагрузкой [3, 5, 7, 13, 14], но и вызывают значительные экономические убытки [16, 17] вследствие потери ценных грузов и деградации экосистем. Следовательно, изучение и разработка технологий локализации и ликвидации подобных аварий является важной задачей экологической безопасности, актуальной в современных условиях развития железнодорожного транспорта.

Анализ публикаций

Проблема ликвидации аварийных и технологических разливов нефтепродуктов широко представлена в современной отечественной и зарубежной научной литературе. Среди работ

следует выделить изучение общеметодических подходов к технологиям локализации и ликвидации разливов нефтепродуктов [1, 11-13, 16], разработку технических решений для реализации технологий [2, 5, 8], исследование эксплуатационных свойств сорбентов и других ликвидационных материалов [3, 4, 12, 18]. Причины, специфика развития и средства ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов, характерных для железнодорожного транспорта, хорошо представлена в ряде работ [4, 6, 7, 14, 16, 17]. Анализ приведенных публикаций показывает, что большинство исследований фокусируется на структурных аспектах проведения ликвидационных мероприятий и разработке новых материалов для их реализации. Оптимизации технологических процессов и разработке принципиально новых регламентов проведения работ отводится лишь незначительное внимание исследователей. Это в особенной степени касается специфических условий, характерных для разливов опасных грузов на железнодорожном транспорте. Следовательно, изучение эффективности традиционных технологических схем ликвидации разливов нефтепродуктов является

актуальным, а разработка новых технологий ликвидации и их адаптация к условиям железнодорожного транспорта требуют дополнительного изучения.

Целью исследования является разработка и обоснование технологической схемы локализации и сбора разливов нефтепродуктов и углеводородов, адаптированной к современным условиям перевозок опасных грузов железнодорожным транспортом.

Традиционные технологии локализации и сбора разливов нефтепродуктов и универсальность их применения

В последнее время среди отечественных [2-4, 6, 7, 9] и зарубежных [8, 11, 12, 15, 18] исследователей возрос интерес к разработке и адаптации технологий локализации и сбора пролитых нефтепродуктов. По своей сути эти технологии подразделяются на три основных этапа (рис. 1), среди которых: локализация разлива, его ликвидация и различные пост ликвидационные мероприятия.

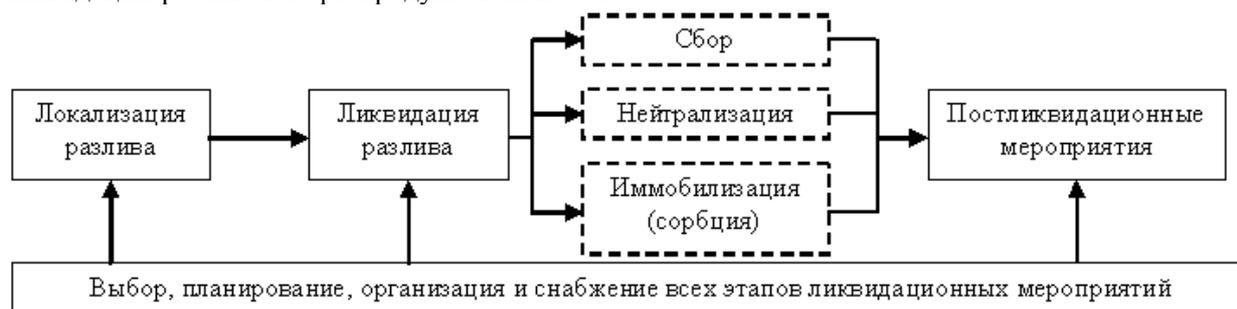


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема локализации и сбора разливов опасных грузов на железнодорожном транспорте

Для локализации опасного груза традиционно применяют [1, 7] обваловку и герметизации котла поврежденной цистерны. На данном этапе главной задачей является минимизация площади загрязнения. Основная цель этапа ликвидации разлива – предотвращение дальнейшей миграции опасного груза (как загрязняющего вещества) в объектах окружающей среды [10, 12, 14]. Многообразие применяемых на данном этапе технологий обуславливают физико-химические свойства груза и факторы окружающей среды. Анализ специализированной научно-технической литературы [1-8, 11-14] показывает, что в практике очистки различных поверхностей от разливов нефтепродуктов наибольшее распространение получили технологии физического сбора, химической нейтрализации и иммобилизации. При этом использова-

ние сорбентов или специальных поглотительных материалов для иммобилизации опасного груза является наиболее эффективным и простым в организации. Постликвидационные мероприятия традиционно включают биорекультивацию загрязненных почв, мероприятия по защите грунтовых вод от вторичного загрязнения и утилизацию отходов этапов локализации или ликвидации разлива.

Выбор технологии, применяемой на каждом этапе, обусловлен факторами, которые можно условно классифицировать по трем группам:

- факторы окружающей среды,
- факторы, характеризующие особенности локализации разлива
- факторы, связанные с организацией ликвидационных мероприятий.

Анализ публикаций в отрасли [5-7, 10, 11, 15] и соответствующих нормативных документов [1, 14, 16] показывает, что представленные выше факторы проявляются на всех этапах ликвидации разлива рядом проблем организационного, технологического и экологического характера. К примеру, аварийные эмиссии опасных грузов на железнодорожном транспорте обладают слабо предсказуемым характером – от капельной течи поврежденной сливной аппаратуры до залпового выброса из разрыва котла цистерны. Соответственно, объем возможного загрязнения объектов окружающей среды сильно дифференцирован во времени и пространстве – от локальных утечек (около 10 кг/час) до масштабных аварийных разливов (от 30 т/час) [6, 7, 13, 14, 16]. В зоне аварийного разлива часто наблюдается конфликт интересов между стремлением защиты окружающей среды и необходимостью скорейшего восстановления грузового сообщения. Следует дополнительно отметить труднодоступность мест локализации разлива на железнодорожных перегонах, а иногда полное отсутствие транспортного сообщения, альтернативного поврежденному железнодорожному полотну. Довольно часты ситуации [13, 16], при которых доставка специальной техники и материалов для ликвидации разлива опасного груза физически невозможна.

Все факторы, перечисленные выше, оказывают непосредственное влияние на выбор и реализацию соответствующей технологии локализации или ликвидации. В условиях дефицита времени и множества сценариев развития аварийной ситуации решить данную организационную задачу оперативно не представляется возможным. Более того, существующие технологии и регламенты проведения ликвидационных мероприятий показывают свою оперативную недееспособность и отстроченную эффективность. Таким образом, на практике локализация и ликвидация аварийных разливов опасных грузов осуществляется частично или не проводится совсем.

Обобщая сказанное выше можно прийти к следующему выводу: традиционные технологии локализации и ликвидации разливов опасных грузов на железнодорожном транспорте не обладают универсальностью, необходимой для оперативной и эффективной защиты окружающей среды. Следовательно, необходимо разработать новый подход, который даже в сложных условиях обеспечит простоту, универсальность и эффективность организации ликвидационных мероприятий.

Принципы превентивного накопления материалов для локализации и сбора разливов нефтепродуктов на железнодорожном транспорте

Для наземной транспортной сети характерны исключительные особенности, которые обуславливают не только процессы возникновения и развития аварийного разлива опасного груза, но и требования к технологиям его локализации и ликвидации. Строение железнодорожного полотна, его близость к водным объектам, наличие системы для отвода ливневых вод – все это влияет на распространение (физическую миграцию) залповой эмиссии опасного груза в объекты окружающей среды. Таким образом, своевременная и эффективная локализация эмиссии является ключевым вопросом в проведении мероприятий по ликвидации аварийного разлива целом.

Известные исследования отмечают [8, 10, 12-14], что время до начала проведения локализации и сбора разлива опасных грузов на транспорте является доминирующим фактором, который обуславливает полезность и общую эффективность всего комплекса ликвидационных мероприятий. Степень загрязнения окружающей среды напрямую зависит от времени контакта пролитых опасных грузов с объектами окружающей среды. Именно поэтому, главной задачей в проведении и организации мероприятий по локализации и ликвидации загрязняющих веществ на твердых поверхностях и почве при перевозке опасных грузов наземными видами является минимизация времени от начала эмиссии опасного груза до начала их непосредственной локализации и сбора. Таким образом, традиционные технологии локализации и сбора разливов нефтепродуктов обосновано требуют принципиального изменения в контексте фактора времени. Новой основой технологий ликвидации разливов опасных грузов является доступность материалов и технических средств локализации и сбора разливов в любое время и в любом месте. Данный принцип позволит разрешить целый ряд организационных задач, а самое главное – обеспечить материальное снабжение всех этапов проведения ликвидационных мероприятий.

Аварийная эмиссия опасных грузов (нефтепродуктов в частности) из котла цистерны, а так же их последующая локализация и ликвидация характеризуются несколькими материальными потоками, представленными на рис. 2.

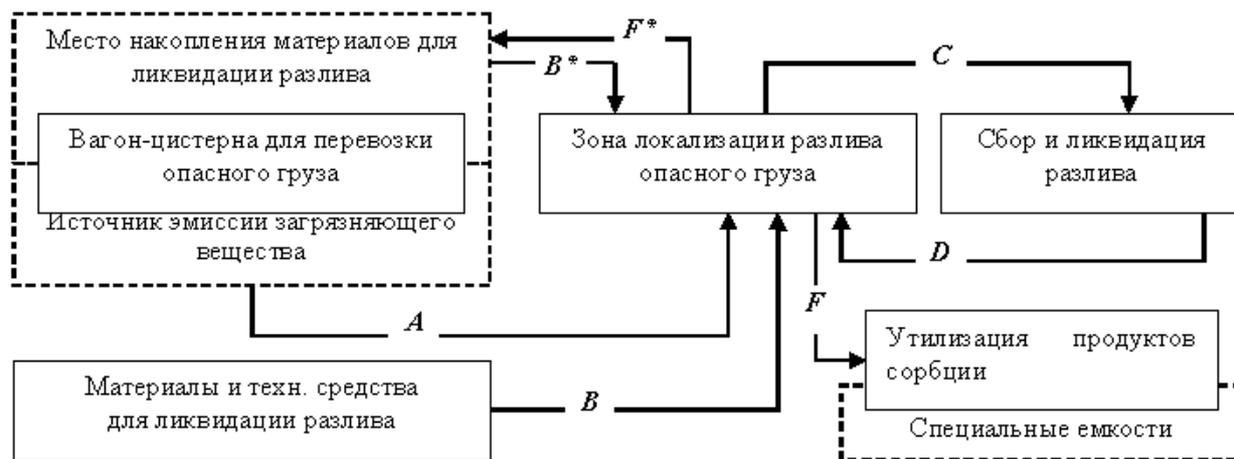


Рис. 2. Материальные потоки процессов локализации и ликвидации разливов нефтепродуктов на железнодорожном транспорте

Традиционно [1, 2, 4, 6, 7] вагон-цистерна воспринимается исключительно в качестве источника возможной эмиссии опасного груза в окружающую среду (материальный поток A на рис. 2). Для локализации и ликвидации данной эмиссии необходимо извне доставить специальную технику и соответствующие ликвидационные материалы (материальный поток B на рис. 2). Далее, процессы нейтрализации или иммобилизации (сорбции нефтепродуктов в частности) преобразуют данные ликвидационные материалы (материальный поток C на рис. 2). Отработанные и насыщенные ликвидационные материалы накапливаются в зоне локализации разлива (материальный поток D на рис. 2), а после – собираются в специальные емкости (материальный поток F на рис. 2) и отправляются на утилизацию.

С другой стороны, вагон-цистерна обладает рядом характеристик, необходимых для реализации принципов превентивного накопления материалов для ликвидации разливов. Среди них наиболее значимая – цистерна всегда непосредственно находится в зоне возникновения и локализации разлива. Эта особенность может быть использована для обеспечения постоянного или оперативного доступа к ликвидационным материалам (сорбентам нефтепродуктов в частности) непосредственно в зоне образования эмиссии опасного груза. Таким образом, вагон-цистерна может стать местом для предварительного накопления ликвидационных материалов, которые в случае необходимости можно использовать по целевому назначению (материальный поток B^* на рис. 2). Дополнительно следует отметить, что вагон-цистерна может быть использована для накопления насыщенных ликвидационных материалов (материальный поток F^* на рис. 2).

Анализ материальных потоков, представленных на рис. 2, показывает, что наиболее перспективными являются технологии с превентивным накоплением материалов ликвидации непосредственно в месте образования возможной эмиссии. Разработка технических решений, обеспечивающих реализацию данного вида технологий, позволит решить проблемы, широко описанные в первом разделе статьи.

Технология локализации и сбора разливов нефтепродуктов

Для достижения целей и задач, поставленных в статье, разработана технология локализации и сбора разливов нефтепродуктов на железнодорожном транспорте, которая включает следующие технологические этапы:

- а) предварительное накопление ликвидационных материалов, сорбентов нефтепродуктов в частности;
- б) превентивное размещение накопленных сорбентов на вагоне-цистерне для перевозки опасных грузов в специальных устройствах;
- в) целевое использование накопленных сорбентов в случае возникновения технологического или аварийного разлива опасного груза;
- г) транспортировка насыщенных сорбентов на утилизацию в специальных устройствах неповрежденных вагонов.

Реализация данной технологической схемы позволяет не только получить оперативный доступ к ликвидационным материалам в зоне образования и локализации разлива, но и в значительной мере экономить время на организацию закупки (приобретения) и доставки данных материалов. Как отмечалось выше, эффективный выбор сорбента является сложной органи-

зационной задачей, трудно реализуемой в оперативных условиях проведения ликвидационных мероприятий. Представленная технологическая схема позволяет разрешить данную проблему заблаговременно: выбор, приобретение и накопление сорбентов нефтепродуктов происходит задолго до возникновения разлива.

В рамках технологии предлагается накапливать сорбенты нефтепродуктов в виде гибких сорбционных патронов. Конструктивно (рис. 3) они подобны примитивным сорбционным бонам, которые широко применяют для сбора разливов нефтепродуктов с водной поверхности.

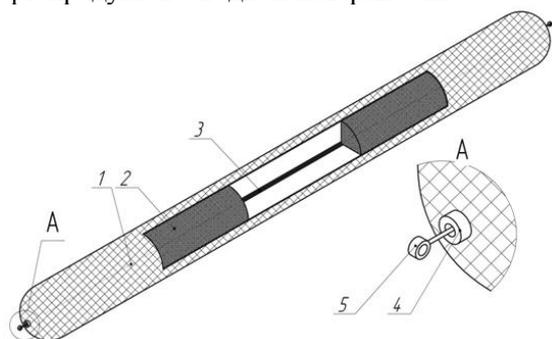


Рис. 3. Конструкция сорбционного патрона:
1 – мешок из металлической или полимерной сетки;
2 – сорбент; 3 – внутренний стержень; 4 – зажим для фиксации мешка; 5 – манипуляционные кольца

Применение сорбционных патронов, представленных на рис. 3 позволяет решить ряд задач, которые предъявляются к технологиям по локализации и сбору разливов опасных грузов на железнодорожном транспорте. Среди них наиболее важные:

- конструкция сорбционного патрона поддерживает сорбцию опасного груза с поверхности грунта или из его слоя;
- гибкая структура позволяет использовать сорбционные патроны в качестве переносных барьеров для распространения растекания опасного груза по поверхности земли;
- группу сорбционных патронов можно использовать в качестве фильтрационной пластины, что обеспечит локализацию разлива без применения землеройной техники;
- сорбент, ограниченный мешком, находится в мобильном состоянии, что значительно упрощает процесс его сбора после насыщения;
- целевое применения сорбционных патронов не предполагает применение специальных подъемно-транспортных машин.
- конструкция сорбционного патрона позволяет применять любые сыпучие или волокнистые материалы, которые демонстрируют сорбционные свойства по отношению к опасному грузу и нефтепродуктам в частности.

В качестве сорбентов для накопления можно использовать промышленные образцы сорбентов, природные материалы или отходы различных производств. Последние рекомендуются нами для превентивного накопления. Это решение обусловлено не только экологическими и экономическими факторами, значимость которых в рамках поставленной задачи очевидна. К большинству промышленных высокоэффективных сорбентов нефтепродуктов выдвигаются значительные требования [7, 10, 18] по условиям хранения и транспортировке, изоляция от насыщения гигроскопической влагой в частности. С технологической точки зрения применение сорбентов на основе отходов является более рациональным. В работах [9, 17] отмечается, что требования по применению, хранению и транспортировке сорбентов на основе промышленных отходов или их композиций в большей степени соответствуют фактическим условиям перевозок на железнодорожном транспорте. Следовательно, данный выбор оправдан с технологической и экономической точек зрения.

Реализация предложенной технологической схемы с использованием сорбционных патронов для превентивного накопления сорбентов нефтепродуктов представлена на рис. 4.

В случае разгерметизации котла цистерны по различным причинам образуется источник течи опасного груза (материальный поток *A* на рис. 4). Далее средствами малой механизации из сорбционных патронов, изъятых из группы неповрежденных вагонов, формируют барьеры или фильтрационные пластины (материальный поток *B* на рис. 4). Основная задача, реализуемая этим этапом технологии – оперативная локализация разлива опасного груза и предотвращение его дальнейшей миграции в водоемы, системы отвода ливневых вод и др. На следующем этапе дополнительные сорбционные патроны (6 на рис. 4) погружают в слой пролитого опасного груза для его иммобилизации. На заключительном этапе, после проведения всех работ по локализации и ликвидации разлива, насыщенные опасным грузом сорбционные патроны средствами малой механизации упаковываются (материальный поток *C* на рис. 4) в устройства для транспортировки, установленные на группе неповрежденных вагонов. Таким образом, сорбенты нефтепродуктов в составе сорбционных патронов обладают двойственной операционной мобильностью. С одной стороны, доступность ликвидационных материалов разрешает проблему их закупки и доставки в

зону локализации разлива. С другой стороны, предложенная схема упрощает сбор и доставку отработанных сорбентов к местам их утилизации.

Специалисты в области [7, 10, 14, 16] отмечают, что возможность возгорания груза является наиболее существенным фактором в планировании и организации ликвидационных мероприятий. В подобных условиях применяются средства пожаротушения (наиболее часто – воду), которые распыляются (материальный по-

ток D на рис. 4) в зону образования и локализации разлива опасного груза. Таким образом, средства пожаротушения могут сформировать интенсивный сток особо загрязненных вод (материальный поток F на рис. 4). Барьеры и фильтрационные плотины, выполненные из сорбционных патронов, потенциально способны не только локализовать эти стоки, но и частично очистить воды на цели пожаротушения от загрязнения опасным грузом, нефтепродуктами в частности.

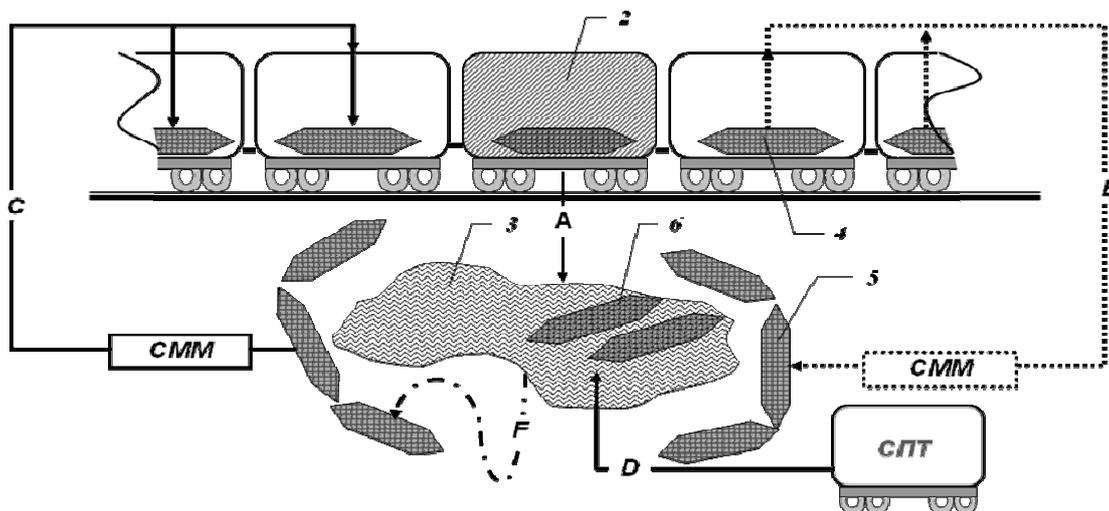


Рис. 4. Принципиальная схема локализации и ликвидации разлива нефтепродуктов на железнодорожном транспорте с использованием сорбционных патронов:

1 – неповрежденные цистерны в составе поезда, 2 – поврежденная цистерна, источник эмиссии нефтепродуктов в окружающую среду, 3 – зона локализации разлива нефтепродуктов, 4 – сорбционные патроны, установленные на вагон-цистернах, 5 – барьер или фильтрующая плотина, составленная из группы сорбционных патронов, 6 – зона иммобилизации пролитых нефтепродуктов, СММ – средства малой механизации, СПТ – средства пожаротушения

Реализация технологической схемы, представленной на рис. 4, способна обеспечить эффективную защиту окружающей среды от негативного воздействия, вызванного залповой эмиссией опасных грузов. Предложенные мероприятия упрощают процедуру организации всех этапов проведения ликвидационных мероприятий, обеспечивают оперативный доступ к сорбентам в зоне возникновения и локализации разлива опасного груза.

Технико-экономический анализ предложенной технологии

Для обоснования целесообразности и эффективности реализации предложенной технологии была проведена технико-экономическая оценка некоторых показателей. Представленный ниже анализ учитывал как особенности конструкции сорбционного патрона и устройства для его транспортировки, так и выбор соответствующего сорбента. За основу расчетов принят сорбционный патрон, параметры кото-

рого представлены в табл. 1. Результаты сравнения представлены в табл. 2.

Таблица 1

Основные параметры сорбционного патрона и устройства для его транспортировки

| Наименование параметра | Принятое значение* |
|--|-----------------------|
| Полезный объем сорбционного патрона, м ³ | <u>0,62</u> 1,24 |
| Вес сорбционного патрона (нетто), т | <u>0,032</u> 0,064 |
| Вес устройства для транспортировки сорбционного патрона, т | <u>0,31</u> 0,62 |
| Кол-во патронов в снаряжении одного вагона-цистерны | 2 |

*значение знаменателя в перерасчете на один вагон-цистерну

Технико-экономическое сравнение вариантов наполнения сорбционного патрона*

| Сорбент для превентивного накопления | Q | R | W |
|---|------------------------|-----------------------|----------------------|
| Вес сорбционного патрона (брутто), т | 0,11 | 0,13 | 0,14 |
| Расчетный вес сорбента в сорбционном патроне, т | <u>0,075</u> 0,15 | <u>0,10</u> 0,2 | <u>0,11</u> 0,22 |
| Расчетная поглотительная способность**, т/т | 5,8 | 2,4 | 1,2 |
| Расчетная способность сорбционного патрона к поглощению опасного груза, т | <u>0,44</u> 0,88 | <u>0,24</u> 0,48 | <u>0,13</u> 0,26 |
| Себестоимость сорбента, грн/т | 10.000,00 | 1980,00 | 530,00 |
| Капитальные затраты на наполнение одного сорбционного патрона, грн/т | <u>750,0</u> 1500,0 | <u>160,1</u> 320,2 | <u>58,3</u> 116,6 |
| Капитальные затраты на изготовление одного сорбционного патрона и устройства для его транспортировки, грн | 10.310,00 | | |
| Удельные капитальные затраты на ликвидацию разлива опасного груза, грн/т груза | 1704,54 | 667,08 | 448,46 |
| Количество сорбционных патронов, необходимых для ликвидации разлива одного вагона-цистерны (30 т) | <u>68</u> 34 | <u>126</u> 63 | <u>230</u> 115 |
| Удельные капитальные затраты на организацию ликвидации одного вагона-цистерны опасного груза (30 т), грн/т | 24.119,33 | 43.462,00 | 79.101,63 |
| Увеличение нагрузки на ось цистерны при установке сорбционного патрона и транспортного устройства, т/ось | 0,21 | 0,24 | 0,24 |
| Максимальная нагрузка на ось цистерны при транспортировке насыщенного сорбционного патрона на утилизацию, т/ось | 0,43 | 0,34 | 0,29 |

* значение знаменателя в перерасчете на один вагон-цистерну

**из расчета на поглощение дизельного топлива марки Л

Как отмечалось выше, выбор сорбента для ликвидации разлива нефтепродуктов – одна из наиболее сложных задач, обеспечивающая эффективность ликвидационных мероприятий в целом. В рамках технико-экономического анализа сравнивались три варианта сорбента для превентивного накопления в теле сорбционного патрона. Среди них: активированный уголь марки БАУ ГОСТ 6217-74 (Q , табл. 2), сорбент на основе опалых листьев (R , табл. 2) и опилки листовых пород деревьев (W , табл. 2) в качестве субститута сорбенту. Для соответствующих расчетов приняты известные показатели сорбционной емкости представленных сорбентов [4, 7, 9].

Данные, представленные в табл. 2, показывают, что минимальные капитальные вложения характерны для наполнения одного сорбционного патрона опилками листовых пород деревьев. Это вызвано значительной дешевизной данного сорбента в сравнении с другими вариантами. С другой стороны, использование опи-

лок в качестве сорбента нефтепродуктов является неэффективным с организационной точки зрения. В соответствии с технологической схемой, представленной на рис. 4, для организации всех этапов ликвидационных мероприятий сорбционные патроны изымаются из транспортных устройств группы неповрежденных вагонов. Расчеты показывают (табл. 2), что для ликвидации разлива 30 т дизельного топлива марки Л необходимо 115 неповрежденных вагонов с сорбционными патронами, наполненными опилками. Учитывая среднестатистическую длину грузового поезда, реализация предложенной технологии данным образом невозможна. Применение альтернативных наполнителей сорбционных патронов (активированный уголь, сорбента на основе опалых листьев) характеризуется меньшим количеством необходимых неповрежденных вагонов – 63 и 34 соответственно.

Следует отметить, что предлагаемая технология предусматривает полное переоснащение

вагонов-цистерн – установку специальных устройств транспортировки и сорбционных патронов, заполненных сорбентом. Следовательно, в оценке удельных капитальных затрат на ликвидацию разлива одной тонны опасного груза необходимо дополнительно учитывать капитальные затраты на производство и установку специального оборудования на вагон-цистерну. Результаты, приведенные в табл. 2, показывают наибольшую экономическую эффективность применения сорбционных патронов, заполненных активированным углем, невзирая на максимальную рыночную стоимость данного сорбента среди всех прочих.

Немаловажным аспектом технико-экономического анализа предлагаемой технологии является оценка влияния предлагаемых устройств на технические и эксплуатационные показатели вагона. Предварительно установлено, что устройство для транспортировки сорбционного патрона, установленное на раме стандартной четырехосной цистерны для перевозки светлых нефтепродуктов, не превышает габариты, нормируемые для вагонов данного типа. В данном контексте, наиболее значимым является увеличение общей нагрузки на одну ось цистерны. Расчеты, представленные в табл. 2, показывают, что средняя нагрузка на одну ось вагона-цистерны не превышает 250 кг. Данное значение не является критичным и соответствует нормам запаса прочности вагона. В условиях перевозки насыщенного сорбционного патрона на утилизацию данная нагрузка может возрасти. Для варианта *Q* (табл. 2) загрузка на одну ось приближается к максимально допустимому значению и составляет более 400 кг на одну ось цистерны. Варианты наполнения сорбционных патронов опилками и опавшими листьями характеризуются меньшим значением максимальной нагрузки на ось (290 и 340 кг/ось соответственно).

Выводы

Проблемы оперативного выбора, закупки и доставки ликвидационных материалов обуславливают неэффективность традиционных технологических схем локализации и ликвидации разливов опасных грузов на железнодорожном транспорте. Решение задач материального обеспечения всех этапов проведения ликвидационных мероприятий по факту возникновения эмиссии опасного груза демонстрирует свою отсроченную эффективность и не реализуется в реальных условиях.

Эффективность мероприятий по защите окружающей среды от последствий аварийного разлива опасного груза напрямую зависит от времени начала контакта пролитых опасных грузов с объектами окружающей среды до их иммобилизации на поверхности поглочительных материалов.

Новые технологии должны основываться на принципе постоянной доступности материалов и технических средств для локализации и сбора разливов опасных грузов в любое время и в любом месте. В контексте сказанного, наиболее перспективными являются технологии, позволяющие превентивно накапливать ликвидационные материалы непосредственно в месте образования возможного разлива опасного груза и обеспечивающие оперативный доступ к этим материалам. Реализация данных принципов позволяет разрешить ряд технологических, экономических и экологических проблем, связанных с подготовкой и проведением мероприятий по локализации и ликвидации разливов опасных грузов на железнодорожном транспорте. Разработка новых конструктивных и технологических решений по транспортировке, хранению и использованию сорбентов для поглощения опасных грузов в объектах окружающей среды позволит свести к минимуму время контакта опасного груза, как загрязняющего вещества, с объектами окружающей среды.

Разработана принципиально новая технологическая схема локализации и ликвидации разливов нефтепродуктов на железнодорожном транспорте, а так же технические средства, обеспечивающие ее реализацию. Данная технология позволяет накапливать сорбенты нефтепродуктов непосредственно на вагонах-цистернах для их перевозки, что обеспечивает прямой доступ к ликвидационным материалам в случае разгерметизации котла цистерны и возникновения аварийной эмиссии опасного груза в окружающую среду.

Проведенный технико-экономический анализ показывает, что предложенная технология обладает рядом преимуществ в сравнении с традиционными подходами к локализации и ликвидации экологических последствий разливов нефтепродуктов на железнодорожном транспорте. Среди них:

- организационная и эксплуатационная простота технологии;
- минимизация времени подготовки для начала локализации разлива и сбора пролитого опасного груза;

- возможность эффективной реализации ликвидационных мероприятий в сложных условиях;
- возможность применения сорбентов нефтепродуктов различной природы и морфологии;
- учет всего жизненного цикла сорбента нефтепродуктов: от накопления до утилизации;
- низкие организационные и капитальные затраты на проведение ликвидационных мероприятий

Среди недостатков предложенной технологии, требующих дополнительного изучения и доработки, следует выделить:

- значительные капитальные и эксплуатационные затраты на создание системы превентивного накопления сорбентов нефтепродуктов в рамках железнодорожного грузового сообщения;
- доминирующее влияние человеческого фактора в организации и проведении ликвидационных мероприятий с использованием сорбционных патронов.

Обобщая материалы, изложенные в статье, можно утверждать, что технология локализации и ликвидации разливов опасных грузов на железнодорожном транспорте с превентивным накоплением ликвидационных материалов в местах образования разлива является эффективной, технически реализуемой и экономически конкурентоспособной.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила безпеки та порядок ліквідації наслідків аварійних ситуацій з небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом / Наказ Мін. трансп. України від 16 жовтня 2000 р. № 567 зі змінами від 25.11.2008. № 1431. – К.: Мін. трансп. та зв'язку України, Укрзалізниця. – 2009. – 753 с.
2. Бабенко, О. В. Пристрій для оперативної ліквідації пошкоджень апаратів з небезпечними речовинами / О. В. Бабенко, Ю. М. Сенчихін, В. В. Тригуб // Проблеми надзвичайних ситуацій: зб. наук. пр. – 2010. – Вип. 11. – С. 14-20.
3. Бодачівська, Л. Ю. Запобігання розповсюдженню та ліквідація вуглеводневих забруднень // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2008. – № 5. – С. 55-58.
4. Зеленько, Ю. В. Поглощительная способность материалов, используемых для ликвидации транспортных аварий с нефтепродуктами / Ю. В. Зеленько, В. Н. Плахотник // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – № 2. – С. 35-37.
5. Луценко, А. Н. О применении инновационных сорбентов и устройств для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов [электронный ре-

сурс] // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности», режим доступа – <http://ipb.mos.ru/ttb>. – Июнь 2012. – Вып. № 3 (43) – С. 1-8.

6. Переста, І. Я. Забезпечення вдосконалення профілактичних заходів під час перевезення небезпечних вантажів / І. Я. Переста, Л. О. Яришкіна, Ю. В. Зеленько та ін. // Зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – Д.: Вид. ДНУЗТ, 2011. – Вип. 1. – С. 82-88.
7. Плахотник, В. Н. Природоохоронна діяльність на залізничному транспорті України: проблеми і рішення : монографія / В. Н. Плахотник, Л. А. Яришкіна, В. І. Сираков і др.; – К.: Транспорт України, 2001. – С. 150-161.
8. Попов С. Н., Способи і засоби нейтралізації аварійних разливів нафти в умовах низьких температур Якутії [Електронний ресурс] / С. Н. Попов, Л. Я. Морозова, С. Е. Ефімов, А. І. Герасимов // Електронний науковий журнал «Нефтегазовое дело». – 2011.– № 2. – С. 184-192. URL: http://www.ogbus.ru/authors/PopovSN/PopovSN_1.pdf.
9. Сорока М. Л., Перспективи використання сезонних відходів зелених зон міста як якості сорбентів для ліквідації разливів нафтопродуктів // Зелена хімія в інтересах сталого розвитку : мат. І Республ. конф. з міжнарод. уч., 26-28 березня 2012, Самаркандський гос. ун-т ім. А. Навої, Узбекистан. – Самарканд, СГУ, 2012. – С. 53-55.
10. Сорока, М. Л., Структурно-логічна схема розвитку аварійних емісій вуглеводородів на залізничному транспорті і основні вимоги до сорбентів, застосовуваних для їх ліквідації / М. Л. Сорока, Л. А. Яришкіна // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 37. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2011. – С. 174-179.
11. Adebajo, M. O. Porous materials for oil spill cleanup : a review of synthesis and absorbing properties / M. O. Adebajo, R. L. Frost, J. T. Klopogge, O. Carmody and S. Kokot // Journal of Porous Materials, 2003. Vol. 10, Num. 3. – Pp. 159-170.
12. Al-Majed, Ab. A. A Sustainable Approach to Controlling Oil Spills. / Ab. A. Al-Majed, Ab. R. Adebayo, E. Hossain // Journal of Environmental Management. – 2012. –Vol. 113. – P. 213-227.
13. Khan, M. I. Handbook of Sustainable Oil and Gas Engineering Operations Management / M. I. Khan, M. R. Islam // Gulf Publishing Company. – Austin, Texas. – P. 18-29.
14. National Transportation Safety Board. Enbridge Incorporated Hazardous Liquid Pipeline Rupture and Release, Marshall, Michigan, July 25, 2010 / Pipeline Accident Report NTSB/PAR-12/01. – Washington, 2010. – 149 p.

15. McBride Ph., Natta, S. V. How to Clean Up an Oil Slick. / Ph. McBride, S. V. Natta // Polymer and Plastics Technology : Activity 16. – Terrific Science : Lessons and lab exchange on-line. – 9 p. URL: <http://www.terrificscience.org/lessonpdfs/PolymerLab16.pdf>.
 16. Oil Spill in the Kerch Strait : Ukrainian Post-Disaster Needs Assessment. European Commission United Nations Environment Programme, November 2008, ISBN 978-92-807-2958-0, 11 p.
 17. Zelen'ko, Yu. The New Technology of Liquidation of Transport Accidents Involving Oil Products / Transport problems. – 2010. – Vol. 5 Issue 1. – P. 83-87.
 18. Use of Sorbent Materials in Oil Spill Response / The International Tanker Owners Pollution Federation Limited (ITOPF), Technical information paper. – 2012. – Vol. 8. – 12 p.
- Поступила в редколлегию 28.11.2012.
Принята к печати 29.11.2012.

Статья рекомендована к публикации проф. каф. «Химия и инженерная экология» ДНУЖТ, д-р хим. наук Л. А. Снижко

М. Л. СОРОКА*, Л. О. ЯРИШКІНА

Каф. «Хімія та інженерна екологія», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010, Україна, тел./факс. +380563731576, ел. пошта soroka_ml@ukr.net

ТЕХНОЛОГІЯ ЛІКВІДАЦІЇ РОЗЛИВІВ НАФТОПРОДУКТІВ З ПРЕВЕНТИВНИМ НАКОПИЧЕННЯМ СОРБЕНТІВ У ЗОНІ ВИНИКНЕННЯ ТА ЛОКАЛІЗАЦІЇ РОЗЛИВУ

Вступ: Одним з аспектів стійкого розвитку залізничного транспорту є впровадження заходів щодо попередження та ліквідації аварійних розливів небезпечних вантажів. Найбільшу небезпеку мають аварії при транспортуванні нафтопродуктів, які супроводжуються значним забрудненням усіх об'єктів довкілля. Вивчення та розробка технологій локалізації та ліквідації подібних аварій є важливим завданням екологічної безпеки, актуальним з урахуванням сучасних умов розвитку залізничного транспорту. **Мета роботи:** збільшення ефективності традиційних методів ліквідації розливів нафтопродуктів та розробка нових технологій, що адаптовані до умов залізниць України. **Методи:** Для досягнення поставленої мети використовуються методи аналізу матеріальних потоків, які характерні для місць виникнення та локалізації розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті. **Результати:** Аналіз традиційних технологічних схем локалізації та ліквідації розливів нафтопродуктів доводить, що своєчасна доставка сорбентів нафтопродуктів та спеціальної техніки в зону локалізації розливу є найбільш складним завданням. Загальну ефективність виконання ліквідаційних заходів визначає час від початку контакту небезпечного вантажу з об'єктами навколишнього середовища до їхнього поглинання на поверхні сорбентів. Розроблено технологічну схему ліквідації розливу нафтопродуктів, яка забезпечує постійний та оперативний доступ до сорбентів нафтопродуктів у зоні локалізації розливу. Запропоновано конструкції обладнання, яке забезпечує транспортування сорбентів у вигляді сорбційних бонів безпосередньо на цистерні для перевезення нафтопродуктів. **Висновки:** превентивне накопичення сорбентів нафтопродуктів в зоні локалізації розливу забезпечує організаційну та експлуатаційну простоту усіх етапів ліквідаційних заходів. Техніко-економічні розрахунки доводять, що запропонована технологія є ефективною, економічно конкурентоздатною та придатна для технічної реалізації.

Ключові слова: нафтопродукти, розлив, емісія, локалізація, ліквідація, сорбент, цистерна, накопичення, залізничний транспорт, екологічна безпека

M. L. SOROKA*, L. A. YARYSHKINA

Department of Chemistry and Environmental Engineering, The Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, Lazaryan st. 2, Dnepropetrovsk, 49010, Ukraine, tel./fax +380563731576, e-mail: soroka_ml@ukr.net

TECHNOLOGY FOR THE OIL SPILLS CLEAN-UP WHICH PROVIDES PRELIMINARY ACCUMULATION OF SORBENTS INTO THE AREA OF EMERGENCE AND LOCALIZATION OIL SPILLS

Introduction: The implementation of measures for the prevention and spill of dangerous goods is an important aspect of sustainable development of railway transport. Oil spills are the most dangerous. They are accompanied by significant pollution of all environmental objects. Studying and development of oil localization and clean-up technologies of such accidents is an important problem of environmental protection to modern conditions of railway transport development. **The purpose:** to improve the effectiveness of traditional methods of oil spill elimination and the development of new clean-up technologies adapted to the real conditions of the railway transport of Ukraine. **Methods:** To achieve the research purposes was used analysis of material flows, typical for places emergence and localization of the oil spill on the railways. **Results:** Analysis of standard technological scheme for the oil spill eliminations has shown that the most difficult task of effective clean-up surfaces is the timely delivery of oil sorbents and special equipment to the area spill containment. The general effectiveness of the elimination activities specifies the time from the beginning contact of dangerous goods with environmental objects to the absorption it into the structure of sorbent. It was developed the technological scheme of oil spill elimination. This scheme provides a permanent and fast access to the sorbents into the oil spill localization area. It was proposed to device that allows you to transport the sorbent into sorption booms directly on the tank for transportation of petroleum products. **Conclusions:** Preventative accumulation of sorbents to the oil spill elimination into the localization area provides the organizational and operational simplicity of all stages of clean-up technology. Technical and economic assessment shows that the proposed technology is effective, technologically feasible and economically competitive.

Keywords: oil, petroleum, spill, emission, localization, elimination, clean-up, sorbent, rail tank, accumulation, railway transport, environmental protection