

РОЛЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕАБИЛИТАЦИИ ГРУНТА И ДАЛЬНЕЙШЕГО ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РАЙОНАХ ПРОХОЖДЕНИЯ НЕФТЕПРОВОДОВ

А. В. Писаренко, к.т.н.

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

Аннотация. В статье показана роль трубопроводного транспорта в мировой и российской экономике. Проанализировано российское законодательство, регламентирующее деятельность данного вида транспорта, в части правового регулирования магистрального трубопроводного транспорта и осуществления надзора за ним со стороны соответствующих органов; описана важность обеспечения надежности технических систем на этапах их разработки, проектирования, строительства и эксплуатации. Отмечено, что в системах трубопроводного транспорта, обеспечивающих бесперебойное снабжение потребителей нефтью, газом и нефтепродуктами, на магистралях случаются отказы и аварии. Обобщены литературные данные о современном состоянии способов очистки нефтезагрязненных грунтов, изложены традиционные методы очистки. Показано, что применение рекомендуемого метода биологической реабилитации загрязненного грунта нефтепродуктами обеспечивает возникновение синергического эффекта при комбинировании микробиологического окисления с естественным или принудительным повышением температуры.

Ключевые слова: строительство, надежность, анализ, реабилитация нефтезагрязненного грунта, надежность нефтепровода, биологический способ рекультивации грунта



Писаренко
Анастасия Валериевна

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Обеспечение надежности технических систем охватывает самые разные аспекты деятельности человека. Надежность является одним из важнейших свойств, которые учитываются на этапах разработки, проектирования и эксплуатации различных технических систем. При анализе надежности технических систем выделяют ранние отказы, когда проявляется влияние отказов, не выявленных при изготовлении, испытаниях и (или) приемочном контроле, и поздние деградационные отказы. Последние появляются на завершающих стадиях эксплуатации объекта, когда в результате естественных процессов старения, износа и т. п. объект или его составные части приближаются к предельному состоянию в условиях физического износа. В основном надежность зависит от трех основных факторов – свойств материала, внешних нагрузок и общих условий эксплуатации (и расчетных) конструкции. С развитием и усложнением техники углублялась и развивалась проблема ее надежности. Изучение причин, приводящих к отказам объектов, определение закономерностей, которым они подчиняются, разработка метода проверки надежности изделий и методов контроля надежности, методов расчета и испытаний, поиск путей и средств повышения надежности являются предметом рассмотрения. Современный мир неотъемлемо связан с транспортом товаров и услуг. Для транспорта высокореакционных энергоносителей (нефть и природный газ), некоторых химических соединений (аммиак) используется, в основном, трубопроводный транспорт. Трубопроводный транспорт играет в современной жизни ключевую роль не только в энергообеспечении страны, но и формировании государственного бюджета. От успешного функционирования трубопроводных систем в значительной степени зависит энергетическая и национальная безопасность страны. В 2002 году организациями группы «Газпром» было транспортировано 554,0 млрд. м³ газа. Доступ к Единой системе газоснабжения (ЕСГ) имело 28 организаций. В прошлом году в систему «Транснефть» принято 374,4 млн. тонн нефти, в том числе 354 млн. тонн – российской [1].

В российском законодательстве на уровне федеральных законов нет нормативных актов, определяющих, какие объекты следует относить к трубопроводному транспорту. Понятие трубопроводного транспорта дается в Правилах

подключения нефтеперерабатывающих заводов к магистральным нефтепроводам и (или) нефтепродуктопроводам и учета нефтеперерабатывающих заводов в Российской Федерации, утвержденных постановлением Правительства РФ от 21.12.2009 № 1039, – «это совокупность технологически взаимосвязанных объектов, обеспечивающих транспортировку нефти или нефтепродуктов, соответствующих требованиям законодательства Российской Федерации, от мест приема до мест сдачи или перевалки на другие виды транспорта», однако его можно отнести только к нефте- и нефтепродуктопроводам. В ряде подзаконных нормативных актов содержатся определения разновидностей трубопроводного транспорта [2]. Росстат при ведении статистики руководствуется рядом определений, которые приводятся в Методологических положениях по статистике транспорта [3]. Среди нормативных актов, регламентирующих вопросы безопасности при строительстве и эксплуатации объектов трубопроводного транспорта, следует выделить Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», в соответствии с ним объекты трубопроводного транспорта относятся к категории опасных производственных объектов, соответственно, на них распространяются требования промышленной безопасности; Правила охраны магистральных трубопроводов [4] обращает на себя внимание, что ранее действовавшие Правила по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта [5] распространялись на трубопроводный транспорт; принятые в результате «регуляторной гильотины» новые правила, утвержденные приказом Минтруда России от 18.11.2020 № 814н.

Роль национального трубопроводного транспорта еще более повышается в условиях глобализации мировой экономики, приводящей к расширению межгосударственных хозяйственных связей. Действующие и перспективные трубопроводные системы России, благодаря выгодному расположению на Евразийском континенте, смогут оказывать серьезное влияние на геополитическое развитие энергетического рынка. Энергетическая безопасность ряда европейских стран напрямую связана со снабжением нефтью и газом из России. В 2002 году за пределы России было экспортировано 170,9 млрд. м³ газа, из них 128,6 млрд. м³ – в Европу. В страны ближнего и дальнего зарубежья поставлено 186,4 млн. тонн нефти.

Высокие темпы развития нефтедобычи, большая капиталоемкость строительства объектов нефтяных промыслов требуют поиска путей повышения эффективности капиталовложений. Это возможно при внедрении современных технологий в систему сбора и подготовки нефти. Снижение капитальных затрат и потерь нефтяного газа реализуется в системах совместного сбора и транспорта нефти и газа. Несмотря на то, что системы трубопроводного транспорта обеспечивают бесперебойное снабжение потребителей нефтью, газом и нефтепродуктами, на магистральных участках происходят отказы и аварии. По данным Госгортехнадзора, только в 2001 году на внутрипромысловых трубопроводах произошло 42 тыс. случаев разгерметизации. При этом вылилось более 65 тыс. м³ нефти и пластовой воды. Авария на продуктопроводе ши-

рокой фракции под Уфой вошла в десятку наиболее серьезных техногенных катастроф прошлого века [6].

Трубопровод – это важнейшее инженерное сооружение современного мира. Он используется для транспортировки жидких и газообразных веществ под воздействием давления или естественных ландшафтно-геодезических особенностей. На современном этапе развития сети магистральных нефтепроводов проблема обеспечения безопасности приобретает все большую значимость. Достигнуты значительные успехи в области проектирования, строительства и эксплуатации магистральных нефтепроводов и обеспечения их надежности и безопасности. Несмотря на это, на магистральных нефтепроводах продолжают возникать аварийные ситуации. Проблемы обеспечения надежности и безопасности нефтепроводов обостряются в силу естественного их старения и возрастания влияния разрушающих факторов как природного, так и искусственного характера.

Цель работы. Исследование теоретических и практических методов обеспечения реабилитации грунта и дальнейшего его использования в районах прохода нефтепроводов.

Методы исследования основываются на использовании современных методов и принципов теории движения жидкостей, выявлении и оценке степени значимости факторов, влияющих на безопасность нефтепроводов, сборе, анализе и обобщении литературных данных по опыту проведения реабилитационных работ на территориях с нефтезагрязненными участками почв, с использованием фотоэлектроколориметрии, газовой хроматографии, и расчетных методов, а также на классических методах теории надежности строительных конструкций.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Развитие производственных и транспортных инфраструктур вблизи магистральных нефтепроводов создает дополнительные проблемы обеспечения их надежности. Технический отказ нефтепроводов влечет за собой, кроме материальных убытков, значительный экологический ущерб и повышение пожарной опасности.

В результате исследований В. Л. Березина, А. Г. Гумерова, Э. М. Ясина, Р. С. Зайнуллина, К. М. Ямалева, М. Х. Султанова, К. М. Гумерова, Р. Х. Идрисова, Х. А. Азметова и других ученых созданы методы и средства обеспечения безопасности магистральных нефтепроводов.

Началом российского трубопроводного транспорта можно считать 1908 год, когда был сооружен нефтепровод, а в 1944 г. был сооружен трубопровод по транспортировке природного газа. Оба трубопровода находятся в эксплуатации до настоящего времени. Сеть трубопроводного транспорта покрывает огромные расстояния и составляет 230 тысяч километров, из них 143 тысячи километров – трубопроводы природного газа и 87 тысяч километров трубопроводов для транспортировки опасных жидкостей (нефть, газовый конденсат, нефтепродукты, жидкий аммиак и пр.). Трубопроводы проложены по территории с пересечением более 6 000 рек [7].

Авария на нефтепроводах сопровождается выходом продукта в окружающую среду, в ряде случаев большого объема. Физико-химическое воздействие нефти на грунт и воду часто приводит к трудновосстанавливаемому (или практически невозстанавливаемому) режиму естественного самоочищения.

Воздействие объектов нефтяной и газовой промышленности на окружающую среду может быть очень велико. Поэтому при проектировании, строительстве и эксплуатации магистральных трубопроводов, промыслов и других нефтегазовых объектов предусматриваются специальные мероприятия с тем, чтобы ликвидировать или значительно уменьшить ущерб, который наносится окружающей среде, и снизить пожароопасность.

Негативное влияние нефти на землю, атмосферу, водные объекты, грунтовые воды напрямую зависит от объема нефти, вылившейся в окружающую среду через аварийный разрыв, и продолжительности контакта нефти с окружающей средой.

Основные причины разрушения трубопроводов следующие: коррозия металла труб под напряжением, конструкционные дефекты, влияние природного воздействия, неудовлетворительный анализ рисков, низкое качество менеджмента [8].

В связи с этим с целью снижения негативного влияния аварий на окружающую среду необходимо уменьшить объем выхода нефти через аварийный разрыв в окружающую среду и в короткий срок собрать разлившуюся нефть. Разлившаяся нефть представляет большую пожарную опасность. С увеличением объема нефти и площади разлива эта опасность становится еще больше. Устранение этой опасности возможно только путем полного сбора разлившейся нефти.

Выработка методологии борьбы с загрязнением окружающей среды нефтью и нефтепродуктами крайне сложное дело. Реакция грунта на загрязнение нефтью, его чувствительность к этим загрязнителям отличаются в разных грунтовых слоях, также в пределах сопряженных ландшафтов. Предельно допустимые концентрации нефтяных загрязнений в грунтах зависят от вида нефтепродуктов (НП) и составляют 0,1 мг/кг. Однако ПДК суммарного содержания нефтепродуктов в грунте не стандартизовано; установлены ПДК для некоторых видов нефтепродуктов: бензол – 0,3 мг/кг, толуол – 0,3 мг/кг, ксилол – 0,3 мг/кг [9]. Минимальный уровень содержания нефтепродуктов в грунтах, выше которого наступает ухудшение качества природной среды, рассматривается как верхний безопасный уровень концентрации (ВБУК) [10].

Верхний безопасный уровень концентрации НП в грунтах можно принять за ориентировочный уровень допустимой концентрации (ОДК) в грунтах. Ориентировочным допустимым уровнем загрязнения грунтов НП предлагается считать нижний допустимый уровень загрязнения, при котором в данных природных условиях грунт в течение одного года восстановит свою продуктивность, а негативные последствия для почвенного биоценоза могут быть самопроизвольно ликвидированы. Такая оценка ОДК как общесанитарного показателя может быть дана

для верхнего гумусо-аккумулятивного горизонта грунта (примерно до глубины 20-30 см) [11].

В обзоре МакДжила [12] приводятся данные исследователей из разных стран по установлению безопасных пределов содержания нефти и НП в грунтах. Эти оценки существенно расходятся по причине резко различных климатических условий тех районов, где проводились эксперименты.

На основе сообщения мирового опыта и данных экспериментов МакДжиллом составлена таблица ориентировочных нормативов содержания НП в грунтах, подлежащих рекультивации (таблица 1).

Таблица 1.

Относительная степень разрушения грунта, содержащего различные количества нефти

| Степень разрушения грунта | Содержание нефти в грунте, мг/кг сухого грунта |
|---|--|
| От легкой до умеренной: в отсутствие каких-либо специальных мер отмечается некоторое временное ослабление роста растительности | 5 000-20 000 |
| От умеренной до высокой: нормально развиваться способны лишь некоторые виды растений; восстановление грунта возможно в течение трех лет; без рекультивации восстановление потребует в 2-3 раза больше времени | 20 000-50 000 |
| От высокой до очень высокой: нефть фронтально пропитывает грунт на глубину 10 см; лишь немногие растения выживают; при рациональной рекультивации восстановление грунта займет 20 и более лет | Свыше 50000 |

Вполне очевидно, что ОДК нефти и НП в грунте не может быть единым для всех типов грунта и природных зон. Он зависит от факторов, определяющих влияние вещества на свойства грунта и растений, от потенциала самоочищения грунта, от данного вида загрязнения. Главные из таких факторов – химический состав загрязняющего вещества, свойства и состав грунта, физико-географические (главным образом, климатические) условия данной территории [13].

В настоящее время не существует научно обоснованных критериев допустимого содержания углеводородов нефти и нефтепродуктов в грунте, учитывающих многообразие их строения, происхождения и свойств. Наиболее часто применяемая градация нефтезагрязненных грунтов: не загрязненный – меньше 0,2 % углеводородов, слабозагрязненный – 0,2-1,0 % углеводородов, среднезагрязненный – 1,0 – 5,0 % углеводородов, сильнозагрязненный – больше 5,0 % углеводородов в грунте.

Однако такой подход достаточно условен, так как не учитывает свойств грунта, которые значительно различаются между собой по содержанию собственного органического вещества, механическому составу и общей поглотительной способности.

Известны три основные группы методов и технологий очистки нефтезагрязненных территорий:

– механические (сбор, вывоз и захоронение загрязненных грунта и земель);

- физико-химические (промывка грунта растворителями различного вида, выжигание, разложение химическими реактивами и т.д.);
- микробиологические (внесение в нефтезагрязненные грунты и грунты углеводородокисляющих штаммов микроорганизмов) [14].

Первые две группы являются не экономичными, не обеспечивают снижение содержания нефтепродуктов для норм ПДК и, как правило, приводят к вторичному загрязнению объектов окружающей природной среды. Третья группа является малоизученной и при содержании нефтепродуктов в грунте более 60 % мало эффективна без совмещения с механическим методом.

В ряде случаев традиционные технологии рекультивации и детоксикации нефтезагрязненных грунтов не приводят к ожидаемым результатам: восстановительный потенциал загрязненных земельных участков остается весьма низким в течение длительного времени при проведении комплекса мелиоративных работ.

Полностью предотвратить загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами невозможно, поскольку объективной необходимостью является создание и освоение эффективных технологий детоксикации нефтезагрязненного грунта и земель. Основой рационального подхода к этому

является максимальное использование природных процессов самоочистки в условиях их интенсификации уже проверенными приемами и природосовместимыми веществами.

В связи с этим важнейшим элементом успешного решения проблемы детоксикации и восстановления плодородия грунтов, загрязненных углеводородами нефти и нефтепродуктов, является разработка, освоение и широкое применение новых эффективных технологий, основанных на использовании препаратов, содержащих гуминовые кислоты и их соли [15].

Автором рекомендуется биологический способ рекультивации грунта с применением строительных материалов, машин и механизмов, который не капризен к температуре, не требует инвестиций в специальную технику и постоянного технического персонала. Способ очень гибкий, позволяет модифицировать, используя различные материалы, микробиологические препараты, удобрения.

Условное название метода – «парниковая гряда», потому что в основе метода лежит микробиологическое окисление с естественным повышением температуры. Устройство гряды представлено на рис. 1.

До начала работ проводится первичное обследование участка отбором проб и составлением плана производства работ.

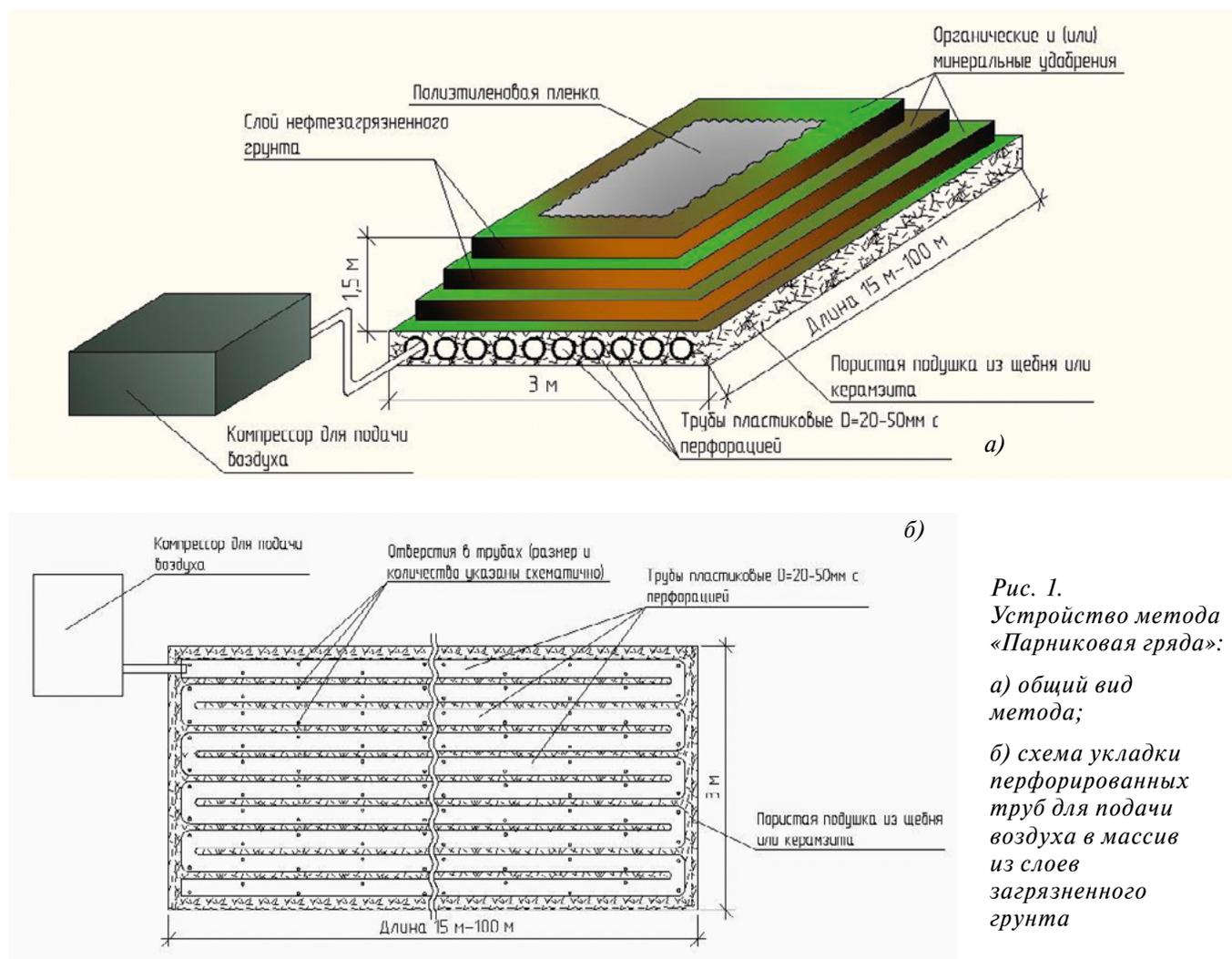


Рис. 1. Устройство метода «Парниковая гряда»:

- а) общий вид метода;
- б) схема укладки перфорированных труб для подачи воздуха в массив из слоев загрязненного грунта

На грунтовую подушку шириной 3 метра укладываются змейкой перфорированные пластиковые трубы, которые затем засыпаются слоем гравия, щебня или керамзита, или материала типа «дорнит». На эту пористую подушку сэндвичем укладываются чередующиеся слои нефтезагрязненного грунта и гуминовых веществ. В качестве последнего используются отходы добычи бурого угля, торф, сапропель (донные отложения пресноводных водоемов, образующиеся из остатков растений и животных), можно добавлять микробиологические препараты. Применение для детоксикации нефтезагрязненных грунтов указанных препаратов позволяет максимально задействовать и использовать все существующие природные механизмы самоочищения. Внесение препаратов способствует снижению токсичности углеводородов, ускорению процессов их биохимического разложения и восстановлению плодородия грунта и растительного покрова на загрязненной территории.

Увеличение количества гуминовых веществ в грунте вызывает интенсификацию естественных процессов самоочищения нефтезагрязненных земель. Имея в своем составе гидрофобные и гидрофильные фрагменты структуры, гуминовые вещества хорошо сорбируют нефтепродукты, обеспечивая возможность для дальнейшего их разложения почвенной микрофлорой.

Внесение предлагаемых веществ в нефтезагрязненные грунты является целесообразным и при применении нефтеокисляющих микроорганизмов (бакпрепаратов), так как в течение 1-2 недель после обработки грунта гуминовыми препаратами снимается острая токсичность углеводородов нефти и исключается гибель вносимых бактерий.

После внесения препаратов в нефтезагрязненные грунты с содержанием нефти и нефтепродуктов менее 5 % уже в течение 2-3 месяцев формируются оптимальные водно-воздушный и окислительно-восстановительные режимы, что способствует нормальному функционированию почвенного покрова и восстановлению сложившейся на данной территории экосистемы. [16].

При высоких уровнях загрязнения грунтов нефтью и нефтепродуктами (от 5 % до 15 %) под влиянием вносимых веществ процессы деструкции углеводородов значительно ускоряются, при этом сроки восстановления нефтезагрязненных грунтов сокращаются с 2-3 десятков лет, которые потребовались бы в случае естественного протекания процессов их самовосстановления, до 1-2 лет.

Гряда укрывается полиэтиленовой пленкой, в трубы подается воздух от компрессора соответствующей мощности. Компрессор может работать или на топливе, или на электричестве – если есть подключение. Воздух распыляется в пористой подушке и способствует быстрому окислению. Трубы можно использовать многократно. Пленка предотвращает охлаждение; если подавать нагретый воздух и дополнительно утеплить гряду торфом или «дорнитом», то способ будет эффективен и зимой.

Потребность в технике определяется, исходя из объема очищаемого грунта. Ниже в таблице 2 дан перечень основных машин и механизмов, необходимых для

осуществления работ по биоремедиации. С увеличением объемов очищаемого грунта, количество единиц по позициям будет увеличено до необходимого.

Биологическая реабилитация предполагает обработку загрязненных грунтов и ее очистку непосредственно на месте образования и скопления отходов. Однако, в ряде случаев (глубокое – свыше метра проникновение загрязнения, исторические свалки грунта, загрязненного мазутом и амбары, карты полигонов и пр.) требуется осуществить выемку грунта и его распределение на поверхности. Для этих целей требуется подготовить участок, на котором будет осуществлен процесс очистки.

В качестве такого участка может выступать существующий полигон по обезвреживанию отходов при условии наличия требуемых площадей, участки компостирования либо неэксплуатируемые территории на месторождениях компании Заказчика.

При обустройстве площадки возводится обваловка высотой 60 см по периметру, исключающая смыв нефтепродуктов с ее поверхности. Размещение площадки не допускается на участках с высокой водопроницаемостью. Возможно формирование водоупорного слоя из глины, полиэтиленовой пленки. До начала производства работ следует обустроить дренажную систему для улавливания излишков нефтезагрязненной воды и повторного ее использования в очистке. Важно исключить привнесение новых объемов нефтесодержащих отходов на участок. Расположение новой площадки должно быть лимитировано расстоянием до ближайшего водного объекта (открытого водоема, скважины), размером и ожидаемой производительностью. Площадку необходимо размещать в месте, позволяющем обеспечить подъезд техники. Подъездные пути должны соответствовать классу и грузоподъемности машин и механизмов, вовлеченных в процесс. Выезды должны быть оборудованы местами для мытья шасси транспорта. Размер площадки должен позволять разместить на ней планируемое к обработке количество грунта слоем в 0,3 - 0,4 метра, т.е. для одновременной обработки 10 000 м³ (16 500 тонн) загрязнённого грунта требуемая площадь участка составит 25 000-30 000 м², или 2,5-3,0 Га.

Таблица 2.

Перечень основных машин и механизмов, необходимых для осуществления работ по биоремедиации

| № п/п | Позиция | Марка (или аналог) | Кол-во | Техническая характеристика |
|-------|---|--------------------|--------|--|
| 1 | Гусеничный или колесный экскаватор | Hitachi, CAT | 1 | Объем ковша 1,3 м ³ , глубина копания 6 м |
| 2 | Бульдозер | Shantui | 1 | |
| 3 | Самосвал (при необходимости для доставки на спец. площадку) | KAMAZ, Shacman | 4 | Грузоподъемность 20 т |
| 4 | Гусеничный или колесный трактор | ДТ-75, К-700, | 1 | Тяговый класс 3-5 |
| 5 | Дизель-генератор | AKSA, Kipor | 1 | 12-15 kWt |
| 6 | Воздушный компрессор | Aircast | 1 | 500 л. |

ВЫВОДЫ

На основании результатов анализа безопасности нефтепроводов показана необходимость совершенствования методов и средств обеспечения их безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Установлено, что основными направлениями повышения безопасности нефтепроводов в аварийных чрезвычайных ситуациях являются разработка методов и средств, направленных на снижение объема выхода нефти в окружающую среду и исключение попадания нефти, выходящей через аварийный разрыв, в грунт, на территории близлежащих населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений.

Установлено, что из существующих методов очистки нефтезагрязненных грунтов на территориях стран постсоветского пространства целесообразно применять микро-биологический метод с применением строительных технологий.

Представленный метод реабилитации нефтезагрязненного грунта «Парниковая гряда» повышает эффективность существующих методов микробиологической очистки грунта.

Список литературы

1. Безопасность объектов топливно-энергетического комплекса. Объекты промышленного трубопроводного транспорта углеводородного сырья : учебное пособие / В. В. Шайдаков, К. В. Чернова, А. А. Селуянов [и др.]. – Москва : Инфра-Инженерия, 2019. – 132 с. – ISBN 978-5-9729-0255-2. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/86576.html> (дата обращения: 01.02.2023). – Режим доступа: для авторизир. Пользователей.
2. ГОСТ 34182-2017 «Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Эксплуатация и техническое обслуживание» магистральный трубопровод (для нефти и нефтепродуктов) // СПС «Гарант». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200146117>.
3. Методологические положения по статистике транспорта (утв. приказом Росстата от 29 декабря 2017 г. № 887) // СПС «Гарант». URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/metod-transp\(1\).pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/metod-transp(1).pdf)
4. Правила охраны магистральных трубопроводов (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 8 сентября 2017 г. N 1083) // СПС «Гарант». URL: <https://base.garant.ru/71764524/>
5. Свод правил. Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция (утв. Приказом Госстроя от 25.12.2012 № 108/ГС) // СПС «Гарант». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103173>.
6. Правила по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта (утв. приказом Минтруда России от 27 августа 2018 г. № 553н) // СПС «Гарант».
7. Шацкая, Л. А. Трубопроводный транспорт газонасыщенных нефтей : учебное пособие / Л. А. Шацкая, Г. М. Орлова, Ю. В. Великанова. – Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021. – 65 с. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/122193.html> (дата обращения: 16.02.2023). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
8. RUSANOVA, G. V. 1997. Evolution of human-affected soils along a gas pipeline in the Northern Urals. In Eurasian Soil Science C/C of Pochvovedenie, vol. 30, no. 7, pp. 889–897. SZÉPLAKY, D. – VASZI, Z. – VARGA, A. 2013. Effect of tem.
9. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» : Приказ Ростехнадзора от 21.12.2021 № 444 // Минюсте России. – 2022. – 1 июня. – С. 48.
10. Безопасность объектов топливно-энергетического комплекса. Объекты промышленного трубопроводного транспорта углеводородного сырья : учебное пособие / В. В. Шайдаков, К. В. Чернова, А. А. Селуянов [и др.]. – Москва : Инфра-Инженерия, 2019. – 132 с. – ISBN 978-5-9729-0255-2. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/86576.html> (дата обращения: 20.02.2023). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
11. Папуша, А. Н. Транспорт нефти и газа подводными трубопроводами. Проектные расчеты в компьютерной среде *Mathematica* / А. Н. Папуша. – Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2011. – 388 с. – ISBN 978-5-4344-0022-0. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/16646.html> (дата обращения: 23.02.2023). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
12. Пиковский, Ю. И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде : монография / Ю. И. Пиковский. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 207 с. – (Научная мысль). – ISBN 978-5-16-011190-2. – Текст : электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1032987> (дата обращения: 24.02.2023). – Режим доступа: по подписке.
13. McGill W.W. Soilrestorationfollowingoilspills – areview // J. Canad. Petrol. Technol, 1977.-V.16, №2. – P.60-67.
14. Пиковский, Ю.И. Углеводородное состояние почв в условиях загрязнения атмосферы локализованным промышленным источником / А. Н. Геннадиев, А. П. Жидкин, Ю. И. Пиковский и др. // Почвоведение. – 2016. – № 9. – С. 1-11.
15. Шамаева, А. А. Исследование процессов биоремедиации грунта и объектов, загрязненных нефтяными углеводородами: автореф. на соиск. ученой степ. канд. биол. наук: 03.00.16 – Экология Башкирский гос. ун-т, Уфа, 2007. 23 с.
16. Лукашина, Е. В., Мадякин, В. Ф., Ганеев, И. Г. Технология детоксикации и рекультивации площадок нефтедобычи, выведенных из промышленного оборота // Вестник Казан. технол. ун-та., специальный выпуск – 2008 С. – 99-104
17. Шарифуллин, А. В. Сооружения и оборудование для хранения, транспортировки и отпуска нефтепродуктов : учебное пособие / А. В. Шарифуллин, Л. Р. Байбекова, С. Г. Смердова ; под редакцией А. В. Шарифуллин. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2011. – 135 с. – ISBN 978-5-7882-0973-9. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/63996.html> (дата обращения: 26.02.2023). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.