

Литература

1. Будыко М.И. Климат и жизнь. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 470 с.
2. Климат Красноярска / под ред. Ц.А. Швер, А.С. Герасимовой. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 180 с.
3. Лосев А.П., Журина Л.Л. Агриметеорология. М.: Колос, 2001. 302 с.
4. Inadvertent Climate Modification. – Cambridge, Massachusetts and London: MIT Press, 1971. 306 p.
5. Шелухо В.П. Биоиндикация хронического промышленного воздействия щелочного типа на компоненты хвойных лесонасаждений. Брянск, 2001. 205 с.
6. Фролов А.К. Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем. СПб.: Наука, 1998. 328 с.
7. Исаев А.А. Экологическая климатология. М., 2003. 472 с.
8. Крушлинский В.И. Город и природа Сибири: Архитектурно-планировочные аспекты. Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1986. 232 с.
9. Хлебович И.А. Медико-географическая оценка природных комплексов. Л.: Наука, 1972. 142 с.
10. О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 2008 году: гос. докл. / Гос. комитет по охране окружающей среды Краснояр. края. Красноярск, 2009. 234с.
11. Горышина Т.К. Растения в городе. Л.: Стройиздат, 1991. 148 с.
12. Машинский В.Л. Необходимость комплексного подхода к проблеме озеленения улиц и магистралей // Экология большого города. 2000. Вып. 5. С. 46 – 49.
13. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояние наземных экосистем методами фитоиндикации: моногр. Пушкино, 2002. 222 с.
14. Лисиенко Т.П. Развитие транспортной инфраструктуры города Красноярска до 2010 года // Материалы науч.-практ. конф. Красноярск, 2004. С. 302-305.
15. Мальков Ю.Г. Санитарно-гигиеническая роль городских зеленых насаждений : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 1985. 168 с.

УДК 620.22/419.9:614.8

Ликвидация аварийных возгораний разливов нефтепродуктов быстротвердеющими полимерными покрытиями с применением мобильного комплекса

А.Я. Вельп¹

¹Сибирский федеральный университет, пр. Свободный 82, корп. 6, Красноярск, Россия. E-mail: S-vasilev1@yandex.ru
Статья поступила 09.02.12, принята 20.05.12

Экологические последствия разлива нефти и нефтепродуктов не сопоставимо малы по сравнению с последствиями при возгорании проливов. Уровень последствий зависит от оперативности принимаемых мер. В настоящее время нет единой точки зрения не только на способы тушения, но и на материалы, эффективно локализирующие процессы возгорания нефти. Особый интерес в этом плане приобретают термозащитные пены, обладающие не только возможностью перекрыть доступ кислорода к очагу возгорания, но и существенно снизить проникновение паров нефтепродуктов и ядовитых газов в окружающую среду. В статье приведены результаты стендовых испытаний в частности зависимости времени тушения различных нефтепродуктов от интенсивности подачи олеофобной быстротвердеющей полимерной пены, влияние толщины слоя ЛВЖ на огнетушащую эффективность олеофобной твердеющей пены, а также зависимость времени тушения октана от интенсивности подачи олеофобной твердеющей пены с различным содержанием карбамидо-формальдегидной смолы. Исследования проведены на установке получения вспенивающих эмульсионных растворов пен с кондуктометрическим блоком измерений с учетом степени загрязненности нефтью поверхность участка, содержания компонента в составе рецептур полимерных олигомеров, плотности компонента, кратности получаемого огнестойкого олеофобного полимерного олигомера и коэффициента термической усадки пены.

Ключевые слова: проливы нефти, тушение, рецептура полимерной пены, плотность, кислород, локализация очага возгорания, стендовые испытания, экспериментальная установка, кондуктометрический блок измерения, мобильный комплекс, время тушения.

16. Полякова Г.А., Гутников В.А. Парки Москвы: экология и флористическая характеристика. М., 2000. 406 с.

References

1. Budyko M.I. Climate and life. L.: Gidrometeoizdat, 1971. 470 s.
2. Climate of Krasnoyarsk / pod. red. Ts. A. Shver, A.S. Gerasimovoy. L.: Gidrometeoizdat, 1982. 180 p.
3. Losev A.P., Zhurina L.L. Agricultural meteorology. M.: Kolos, 2001. 302 p.
4. Inadvertent Climate Modification. – Cambridge, Massachusetts and London: MIT Press, 1971. 306 p.
5. Shelukho V.P. Biological indication of chronic alkaline-type industrial impact on the conifer plantings elements. Bryansk, 2001. 205 p.
6. Frolov A.K. City environment and plant life. SPb.: Nauka, 1998/328 p.
7. Isaev A.A. Ecological climatology. M., 2003. 472 p.
8. Krushlinsky V.I. The city and Siberia's nature: Architectural and planning aspects. Krasnoyarsk: Izd-vo Krasnoyar. gos. un-ta, 1986. 232 p.
9. Khlebovich I.A. Natural complexes medico-geographical assessment. L.: Nauka, 1972. 142 p.
10. On Krasnoyarsk territory natural environment condition in 2008: state report / Gos. komitet po okhrane okruzhayushchey sredy Krasnoyar. kraya. Krasnoyarsk, 2009. 234 p.
11. Goryshina T.K. Plants in a city. L.: Stroyizdat, 1991. 148 p.
12. Mashinsky V.L. Need for a comprehensive approach to the problem of streets and highways planting // Ekologiya bol'shogo goroda. 2000. Vyp. 5. P. 46-49.
13. Nikolaevsky V.S. Ecological assessment of environmental pollution and terrestrial ecosystems condition by the phytoindication methods: monogr. Pushchino, 2002. 222 p.
14. Lisenko T.P. Transport infrastructure improvement of the city of Krasnoyarsk up to 2010 // Materialy hauch.-prakt. konf. Krasnoyarsk, 2004. P. 302-305.
15. Mal'kov Yu.G. Sanitary role of urban landscaping: aftoref. dis... kand. biol. nauk. Krasnoyarsk, 1985. 168 p.
- Polyakova G.A., Gutnikov V.A. Moscow parks: ecology and floristic characteristics. M., 2000. 406 p.

Elimination of emergency oil products spills inflammation by quick-hardening polymer coating using mobile units

A. Ya. Vel'p¹

¹Siberian Federal University, 79 Svobodny av., Krasnoyarsk, Russia. E-mail: S-vasilev1@yandex.ru

The article received 09.02.12, accepted 20.05.12

The ecological implications of oil and oil products spills are incomparably too insignificant in comparison with spills inflammation results. The level of implications depends on the operational efficiency of the measures being taken. At the moment, there are no concurrent viewpoints concerning not only the exhaustion technique but also the materials effectively containing the processes of oil inflammation. In this connection, thermal protective foam which is capable of blocking air access for fire sources as well as reducing significantly oil products vapor and toxic gases penetration into environment is of particular interest. The article demonstrates the results of benchmark tests, in particular, the dependence of different oil products fire extinguishing time on the rate of oleophobic quick-hardening polymer foam delivery, the effect of thickness of a highly-flammable liquid (HFL) layer on the fire extinguishing capacity of oleophobic hardening foam as well as the dependence of octane extinguishing time on the delivery intensity of oleophobic hardening polymer foam of different carbamide formaldehyde resin content. The studies have been carried out on the installation for foaming emulsion solutions production with conductometric measurement unit taking into consideration the pollution rate of the area surface, the component content in the polymer oligomers formulation, component density, the order of the derivable fireproof oleophobic polymer oligomer and foam thermal shrinkage coefficient.

Key words: oil spills, putting out, formulation of polymer foam, density, oxygen, localization of the source of fire, development testing, pilot plant, conductometric measurement unit, mobile complex, time of firefighting.

Предотвращение и ликвидация аварий при чрезвычайных аварийных ситуациях, связанных с разливами нефти, нефтепродуктов и сильно действующих ядовитых, горючих и токсичных жидкостей, сопровождающихся пожарами, требует мгновенного принятия решений для сбора и утилизации.

При проведении работ по сбору и утилизации разлитых горючих жидкостей важно быстро предотвратить возможность возникновения пожара и обеспечить экологическую и пожарную безопасность местности в процессе ликвидации. Решающим основным фактором, влияющим на выбор локализирующих средств, является время подготовки и нанесения покрытий, препятствующих проникновению паров нефтепродуктов и ядовитых газов в окружающую среду. Перспективным способом, обеспечивающим прочную и длительную защиту разлива ЛВЖ, нефтепродуктов и СДЯЖ от пожара и дегазации, является покрытие поверхности горючей жидкости заданным слоем быстротвердеющим полимерным покрытием дифференцированной расчетной кратности, которая способна отверждаться с течением определенного времени.

Время защитного действия таких термозащитных пен может составлять несколько суток. Применение вспененных полимерных пен должно быть эффективным и при их подаче на горящую жидкость, т.е. до отверждения пена должна покрыть всю поверхность нефтепродукта и прекратить доступ кислорода, и как следствие горение.

Основная сложность применения олеофобных и олеофильных вспененных пен связана со способом их подачи на поверхность разлива. Сравнительно высокая плотность пены в сочетании с высокой скоростью полета пенной струи приводит к погружению пены вглубь нефтепродукта на 5 – 15 см. После подъема на поверхность важно, чтобы отдельные порции пены вновь слились между собой и сформировали сплошной

слой пены, который способен резко снизить скорость испарения горючего.

Цель данной работы - выявление закономерностей процесса тушения пламени нефтепродуктов сорбирующего и изолирующего действия олеофобных и олеофильных пен. Для решения поставленной задачи были рассмотрены следующие вопросы:

- механизм формирования пенного слоя на поверхности углеводородов;
- теоретические исследования вспенивающих эмульсионных растворов твердеющих составов полимерных пен (ТСПП);
- влияние природы и толщины слоя нефтепродукта на изолирующее действие пен;
- зависимость времени тушения пламени различных нефтепродуктов от интенсивности подачи пены;
- влияние природы горючего на эластичность и время отверждения пены.

Экспериментальные исследования процесса тушения пламени низкократной олеофобной пеной проводили на стендовой установке, в которой пену подавали как на поверхность горящего нефтепродукта, так и в слой горючего заданной толщины. Высота этого слоя варьировалась от 5 до 15 см.

Способ подачи пены в заданный слой горючего приближал стендовые испытания к натурным, где пена за счет высокой скорости движения всегда погружалась в нефтепродукт.

Олеофобные быстротвердеющие составы полимерных пен (ОБСПП), применяемые для получения низкократных пен, обычно состоят из низкомолекулярных смол, отвердителя и добавок, придающих им эластичность и пористость. В качестве олигомерной основы применяются карбамидо- или меламиноформальдегидные смолы. Фенол-формальдегидные смолы практически не применяются из-за их высокой токсичности. Наиболее приемлемой основой для

ОБСПП является водорастворимая карбамидная смола с пониженным индексом токсичности, которая в больших объемах применяется на различных предприятиях. Процесс образования твердеющей пены происходит путем механического вспенивания водного раствора, в который непосредственно перед вспениванием вводят расчетное количество раствора кислоты. Если пенообразование проводят на специальных стволах низкократной пены, то кислоту в виде разбавленного раствора эжектируют (дозируют) в струю раствора непосредственно перед распылителем пеногенератора [1].

В качестве добавок, влияющих на пенообразующую способность и механические свойства ОБСПП, применяются поверхностно-активные вещества (ПАВ) различной природы (соли карбоновых кислот, сульфаты, сульфонаты, мультипена, алкилбензолсульфокислота и др.), водорастворимые полимеры (производные целлюлозы, поливиниловый спирт и др.) и низкомолекулярные вещества (глицерин, гидрокарбонат натрия и др.).

Основная трудность применения твердеющих пен для покрытия разливов нефтей, нефтепродуктов и сильно действующих ядовитых жидкостей (СДЯЖ) связана с пропиткой и набуханием отвержденной пены при контакте с горючим. Простое использование известных олеофобизаторов не дало положительных результатов, поэтому была предпринята попытка обеспечить устойчивость пен к нефтепродуктам путем снижения поверхностной энергии вновь формируемой пены. Важно обеспечить повышенное межфазное поверхностное натяжение на границе пена - углеводород.

Наилучшим примером олеофобности является тефлон, который синтезируется из перфторэтилена. Наличие на поверхности тефлона фторуглеродных групп резко снижает свободную поверхностную энергию и предотвращает смачивание углеводородом твердой поверхности. Придать поверхности отвержденной пены аналогичные свойства в принципе возможно, но для этого необходимо подобрать особые фторсодержащие поверхностно-активные вещества, которые могли бы совмещаться с полимером и не препятствовали бы пенообразованию и процедуре отверждения олигомерной смолы.

Кроме этого, в исходный водный раствор смолы дополнительно вводили вещества, которые позволяли поддерживать эластичность пены в течение заданного периода действия пены.

Основным критерием применимости фтор-содержащего ПАВ в пенообразующей композиции было обеспечение водному раствору поверхностного натяжения не более 18,7 мН/м.

Дополнительно определяли коэффициент растекания раствора по углеводороду. Поскольку не представляется возможным теоретически предсказать вид и природу фторированного ПАВ, то работа по приготовлению оптимальной рецептуры носит длительный экспериментальный характер [2].

Результаты испытаний теоретических исследований вспенивающих эмульсионных растворов созданных составов рассмотрены путем кондуктометрического измерения локальных кратностей пен. Установлено, что характеристика двухфазных смесей, в частности вспенивающих растворов пен, определяющей как газо-

динамические, так и сорбционно-теплофизические свойства, является кратность. В процессе генерирования растворов пен возникает необходимость в непрерывном измерении кратностей в различных участках пенного потока. Существующие способы определения истинного газосодержания, а значит, и кратности для целей непрерывного измерения локальных значений кратности пен малопригодны. Для измерения газосодержания двухфазных смесей до ф 0,75 (К 4) применили кондуктометрический метод. Для определения локальной кратности пен (К 4) этот метод не нашел широкого применения, так как из-за недостаточной теоретической обоснованности требовал трудоемких тарировочных экспериментов. Нашими расчетами установлено, что существует следующая зависимость для газожидкостных смесей:

$$K_{\phi} = \frac{1}{B} \frac{p_n}{p_o}$$

где K_{ϕ} – фактическая кратность двухфазной смеси; p_n – удельное электросопротивление смеси; p_o – удельное электросопротивление раствора, из которого получена смесь; B – структурный коэффициент, зависящий от кратности смеси. Для двух моделей газожидкостных структур расчетом получены значения коэффициентов B , равные 1,02 и 1,96 соответственно. Кратность K – есть отношение объема двухфазной смеси к объему содержащейся в ней жидкой фазы. Для пенных потоков

константа скольжения $\frac{\phi''}{\phi'} = 1$, где ϕ'' , ϕ' – скорости га-

зовой и жидкой фаз соответственно; поэтому существует зависимость между истинным газосодержанием и

кратностью $K: \phi = 1 - \frac{1}{K}$. Но реальные структуры газо-

жидкостных смесей сложны и расчету не поддаются. Поэтому возникает необходимость в экспериментальном определении структурного коэффициента для различных кратностей. Эксперимент проводился на установке для получения вспенивающих эмульсионных растворов пен (рис.1), состоящей из сеточно-форсуночного пеногенератора с принудительной подачей воздуха, системы подачи компонентов и кондуктометрического блока измерений.

Пенообразующий раствор из емкости 1 под давлением сжатого воздуха проходил через ротаметр 2, растворную кондуктометрическую ячейку 3, показанную на рис. 1а, и распылялся на мелкоячеистую пеноформирующую сетку 5. На сетке происходило выдувание пузырьков пены потоком набегающего воздуха. Для получения равномерной кратности по сечению пенной струи пеногенератор был расположен строго вертикально, чтобы исключить стекание пенообразующей жидкости, которое приводит к неравномерной толщине пленки напыляемого раствора и, следовательно, к неравномерной кратности по сечению. В связи с тем, что форсунки не обеспечивали равномерной плотности орошения жидкости по всему сечению факела, с помощью гидравлических проливов была установлена область равномерного распыла. Для форсунок, применявшихся в опытах, эта область лежит в пределах плоского угла конуса угла ф 30° (полный угол распыла

составлял 50 – 60°).

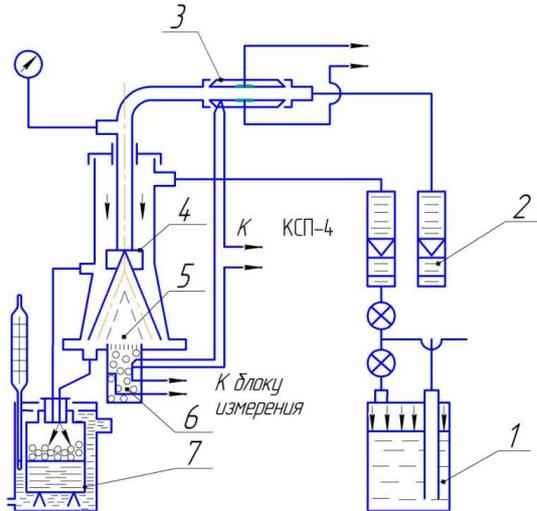


Рис.1 Экспериментальная установка

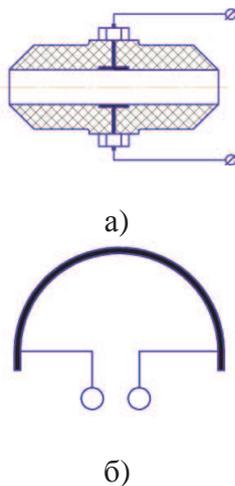


Рис.1а, б Конструкция кондуктометрических ячеек

Пеноформирующая сетка располагалась только в области равномерного распыла. С целью минимального искажения пенного потока кондуктометрическими пенными ячейками 6, установленными в потоке за сеткой, последние были изготовлены в виде пары плоских каплевидных электродов, разнесенных на расстояние l_n и d_n (d_n – средний диаметр пузырька); электроды крепились на тонких изолированных иглах, ориентированных вдоль потока (рис.1,б). Тщательно учитывались все составляющие газового потока, идущего на выдувание пены. Часть жидкости, не попавшая на сетку, стекала через отверстия в диафрагме крепления сетки в термостатированную емкость 7 вместе с захваченным из объема пеногенератора воздухом. Этот захваченный воздух вместе с воздухом, вытесняемым из емкости за счет объема стекающей жидкости, возвращался в полость генератора по каналу циркуляции 8.

Термостатирование сливной емкости обеспечивало равенство температур воздуха в емкости и пенообразующего раствора, стекающего в нее. Это позволяло исключить трудно поддающиеся учету изменения объема воздуха, циркулирующего между полостями сливной емкости и генератора, за счет его подогрева или

охлаждения. В полости генератора при распылении пенообразующего раствора происходит интенсивное испарение капель жидкости, что вносит определенный вклад в общий газовый поток, идущий на выдувание пены. Расход газа от испарения рассчитывался по величине давления насыщенных паров при данной температуре. В случае неравенства температур распыленного раствора и воздуха, подаваемого на выдувание пены по воздушной магистрали, учитывалось изменение объема воздуха за счет охлаждения или нагрева распыленной жидкостью. Таким образом, общий расход газа, идущего на выдувание пены, складывался из следующих составляющих:

$$\Sigma Q'' = Q_v + \Delta Q_{сл} + \Delta Q_{ис} \pm \Delta Q_в,$$

где $\Sigma Q''$ – общий объемный расход газовой фазы; $Q_в$ – объемный расход воздуха, подаваемого в пеногенератор; $\Delta Q_{сл}$ – добавка воздуха за счет вытеснения объема сливной емкости стекающей жидкостью; $\Delta Q_{ис}$ – добавка газа за счет испарения распыленного пенообразующего раствора; $\Delta Q_в$ – изменение объемного расхода воздуха за счет нагревания или охлаждения при соприкосновении с распыленной жидкостью. Создание равномерного орошения, исключение искажения пенного потока и тщательный учет расхода газа, идущего на образование пены, позволили считать, что фактическая кратность K_f пены равна теоретической кратности K_t , подсчитываемой по формуле:

$$K_t = \frac{Q''}{Q'} + 1 \quad (1)$$

где Q' – объемный расход пенообразующей жидкости, напыляемой на пеноформирующую сетку. Контроль фактической кратности при работе пеногенератора осуществлялся объемным методом путем отбора пробы пены специальными отборниками типа клещей. Отбор показал удовлетворительное совпадение фактической кратности с теоретической, подсчитанной по формуле (1) [3].

Ликвидация аварийных разливов нефтепродуктов осуществляется согласно блок-схемы (рис. 2).

В соответствии с проведенными исследованиями и программы моделирования ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов ЛАРН разработан алгоритм нормативно-технологической операции и конструкторских решений по созданию мобильного комплекса (рис.3). В состав комплекса входит транспортная машина (вездеход) 3, например ЧЕТРА ТМ 130, с встроенным отвалом 2 для создания искусственного земляного барьера 1, или с измельчителем пней (мульчер) для дробления и утилизации погибших лесных кустарников. На платформе вездехода дополнительно установлен модуль пеногенирующей установки ПГУ-М, работающий в автономном режиме, с агрегатированием емкостей 4, 9, 10 объемом 4000 литров для исходных химических компонентов эмульсии и 100 литров для катализатора отверждения, или АВО и ПС в зависимости от способа получения и запорной арматуры 8 для регулирования.

Кроме того на платформе установлен пеногенератор 11 с пенопроводом 12 для ручного нанесения полимерных покрытий 13 на горящий объект и лафетный ствол 5 с различными насадками для автоматического режима работ.

Мобильный комплекс ПГУ - М предназначен для предотвращения и ликвидации аварийных разливов горячей нефти и нефтепродуктов дистанционно ручным и автоматическим способами тушения пожаров на объектах.

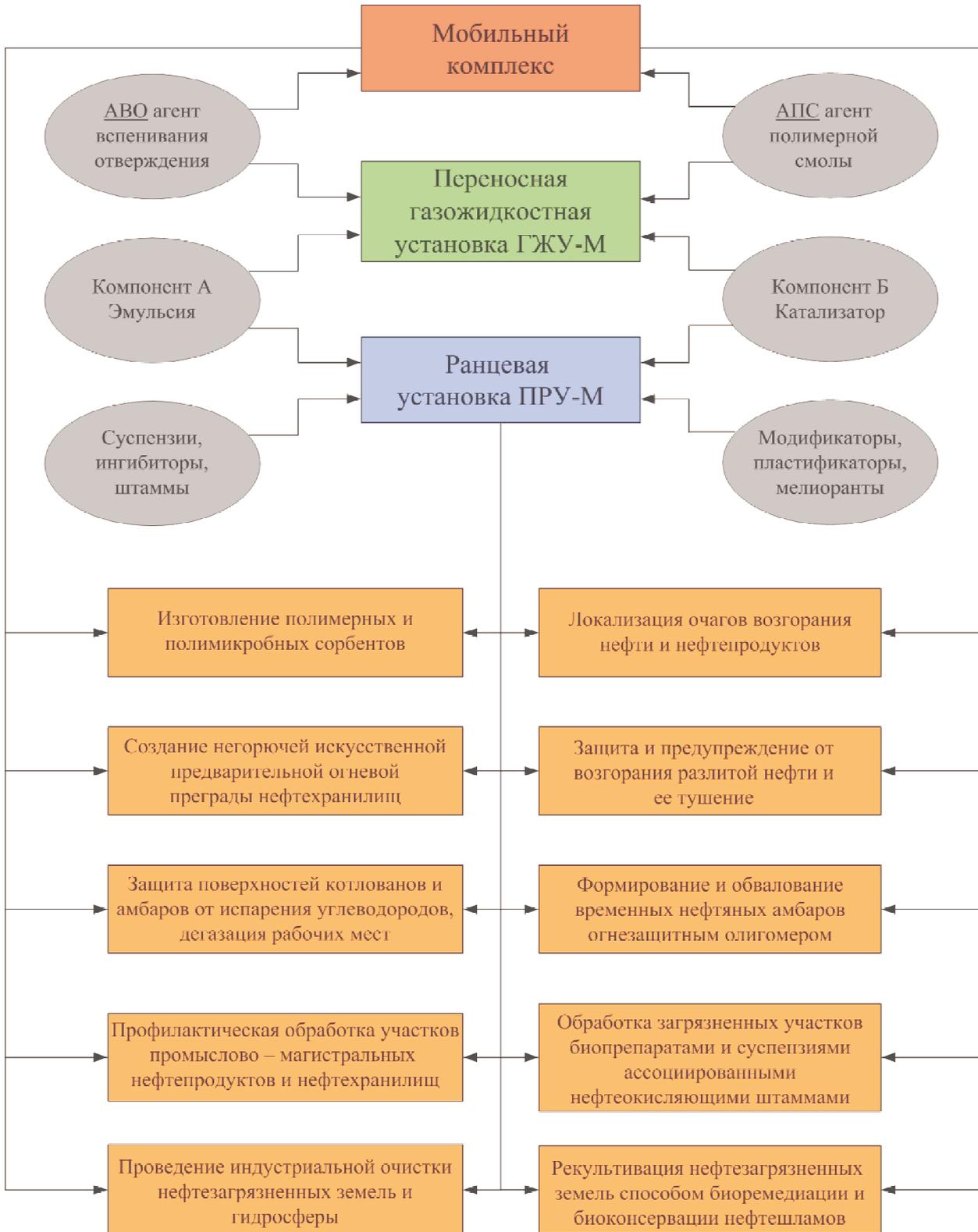


Рис. 2 Блок схема мероприятий по тушению возгораний нефти и нефтепродуктов

Устройство для получения и подачи огнестойкой быстротвердеющей пены представляет собой пеногенератор, предназначенный для получения низкократной пены, оно выполнено на основе пожарного ствола марки СВЦ - М. При работе внутри ствола под действием струи жидкости эмульсии, подающейся от насоса НШН-600 транспортной машины вездехода ЧЕТРА - 130 происходит подсос отвердителя и воздуха, где и происходит вспенивание раствора (эмульсии) с одновременным перемешиванием всех компонентов. Полученная при этом струя пены направляется на объект горящих нефтепродуктов. Устройство имеет следующие технические параметры: подача насоса НШН-600-10 л/с; рабочее давление 0,6 МПа; расход отвердителя 0,24 л/с; кратность полимерной пены при выходе из ствола на объект горения составляет 12-25; время затвердения пены 0,7-2,5 мин. Приготовление эмульсионного раствора для создания огнестойкой ОБСПП заключается в смешении карбамидо-формальдегидной смолы марки КФЖ или КФ-МТ, пенообразователя ПО-1 или ПО-3 и воды. Состав композиции пенообразующего раствора (эмульсии) в процентах по компонентам следующий: вода – 78%; смола КФЖ или КФ-МТ (ГОСТ 14231) – 20%; пенообразователя ПО-1 или ПО-3 – 2%. При работе установки после подачи смеси раствора эмульсии насосом под давлением в воздушно-пенный ствол установленный на лафете подается концентрированная техническая серная кислота в объеме 2,5%, смешивается и в струю смеси подсасывается воздух в количестве 15-25 частей на 1 часть раствора. После чего вспененная масса транспортируется и равномерно распределяется на горящем объекте нефтепродуктов, затвердевая образует огнестойкое сплошное защитное покрытие ОБСПП в течение нескольких минут. Заправка емкостей химическими компонентами производят по следующей очередности в количествах: смолы -750 литров; пенообразователя – 75 литров. В оставшееся незаполненным объемом бака заливается вода. Полное перемешивание компонентов с водой происходит при ее заливке и движении транспортного средства на объект тушения. Кислотный бак заполняют концентрированной технической серной кислотой по ГОСТ 4202 в количестве 100 литров. Заправку бака кислоты производят при помощи ручного насоса БКФ-4 или специального нагнетательного приспособления принцип работы которого заключается в подаче кислоты из транспортной емкости заправочного модуля в кислотный бак транспортного средства избыточным давлением воздуха $P = 0,5-0,7$ атмосфер без контакта кислоты с окружающей средой. Если объем пожаротушения не завершён, производится повторная заправка установки необходимыми компонентами. После окончания работ по тушению горящих нефтепродуктов необходимо промыть емкости, насос и лафетный ствол. Алгоритм технологических работ и основных операций включает мониторинг (разведку) очага пожара нефтепродуктов, поиск водоисточников, определение ситуационного плана развертывания мобильного комплекса и других вспомогательных технических средств, вклю-

чая проезд техники и выбор оптимальной технологической схемы локализации пожара. В процессе ликвидации и тушения горящей нефти и нефтепродуктов лафетный ствол мобильного комплекса ПГУ-М, направленный на горящую нефть, сканирует пространство и определяет с помощью инфракрасного датчика основные параметры зоны горения, расстояния и т.д. При этом лафетный ствол 5 ориентируется на адрес пожара, т.е. зону горения. Имея несколько электроприводов 6, обеспечивающих автоматический поворот в вертикальной и горизонтальной плоскостях, при подаче по трубопроводу 7 эмульсионного раствора и катализатора отверждения в ствол для вспенивания и получения частично отвержденных олеофобных составов полимерных пен, осуществляется нанесение в зону горения нефти расчетной толщины огнестойкого олигомера на расстояние до 50 метров [4].

Где в зависимости от способов получения и нанесения на объект горения нефти и нефтепродуктов рассчитывается потребное количество исходных компонентов

$$Q = \frac{F \cdot n_{cn} \cdot c_i \cdot J_i \cdot h}{100 \cdot k_{pen}}$$

Q – необходимое количество I-го комплекта, т.

F – загрязненная нефтью поверхность участка, м².

n_{cn} – толщина слоя наносимого на нефть олеофобного полимерного олигомера, м.

c_i – содержание I-го компонента в составе рецептур полимерных олигомеров, %.

J_i – плотность I-го компонента, т/м³.

k_{pen} – кратность получаемого огнестойкого олеофобного полимерного олигомера

h – коэффициент, учитывающий термическую усадку пены.

Изготовление ОБСПП может быть осуществлено по 2-х – 5-ти компонентной схеме в зависимости от алгоритма технологических операций и регламента работ.

На рис. 4 представлены экспериментальные данные по тушению пламени октана, гептана, нефти, бензина и пентана олеофобными быстротвердеющими составами полимерных пен. Тушение проводилось в слой горючего толщиной 10 см. Тем самым создавались жесткие условия проведения испытания. Основными параметрами огнетушащей эффективности являются критическая интенсивность тушения и минимальный удельный расход. Критическая интенсивность тушения составляет примерно, кг/(м²с): октана и гептана – 0,015; нефти – 0,2; бензина – 0,3 и пентана – 0,46. Минимальный удельный расход олеофобной быстротвердеющей полимерной пены (ОБСПП) при тушении составляет, кг/м²: октана – 1,58; гептана – 1,7; нефти – 1,98; бензина – 3,12 и пентана – 3,18. С увеличением массовой скорости выгорания нефтепродукта увеличивается минимальный удельный расход, время и интенсивность его тушения.

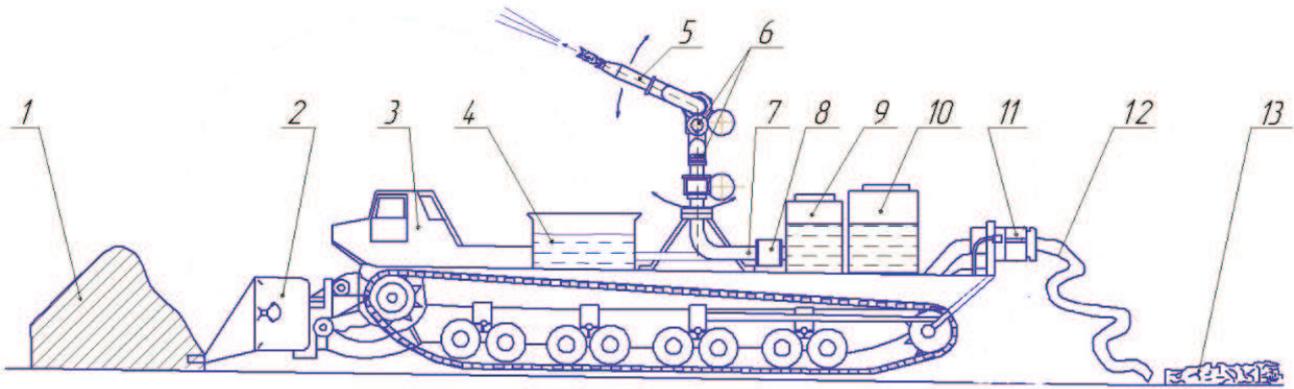


Рис. 3 Мобильный комплекс для нанесения полимерных покрытий на объект горения

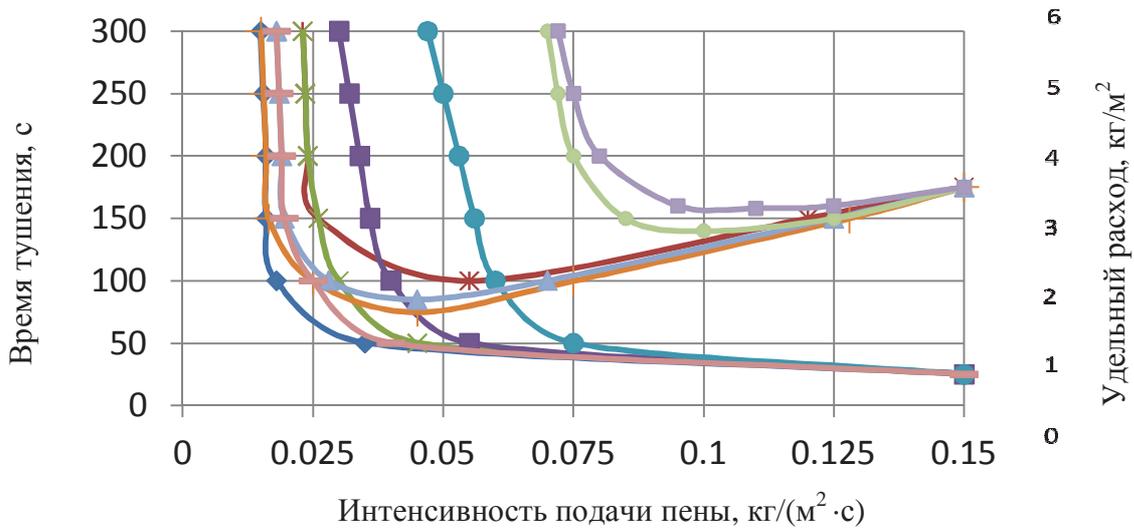


Рис. 4. Зависимость времени тушения различных нефтепродуктов от интенсивности подачи олеофобной быстротвердеющей полимерной пены.

Условные обозначения:

TAU (1-5) – время тушения, с;

$Q_{уд}$ (1-5) – удельный расход, $кг/м^2$;

—◆— TAU 1 (октан)

—ж— TAU 2 (гептан)

—х— TAU 3 (нефть)

—■— TAU 4 (бензин)

—●— TAU 5 (пентан)

—+— $Q_{уд}^1$ (октан)

—▲— $Q_{уд}^2$ (гептан)

— — — $Q_{уд}^3$ (нефть)

—●— $Q_{уд}^4$ (бензин)

—■— $Q_{уд}^5$ (пентан)

При проведении экспериментов по тушению нефтепродуктов наблюдали: пенные капли, поднимающиеся на поверхность горячего, быстро сливались между собой, формируя сплошное пенное покрытие; в процессе продвижения пенного слоя не наблюдалось прорывов сквозь него паров горячего, поэтому отсутствовали вспышки пламени, которые характерны для обычных, неолеофобных пен.

Огнетушащая эффективность олеофобной быстротвердеющей полимерной пены соответствует лучшим зарубежным пенообразователям, например, таким, как

"Легкая вода".

Одним из важных вопросов данной работы было выявление зависимости огнетушащей эффективности от толщины слоя нефтепродукта, через которую поднимается пена. Полученные результаты представлены на рис. 5. ОБСПП подавали как на поверхность, так и в слой октана толщиной 5 и 15 см. Экспериментальные данные показывают, что толщина слоя ЛВЖ на огнетушащую интенсивность не влияет, а разница между кривыми тушения на поверхность и под слой незначительна.

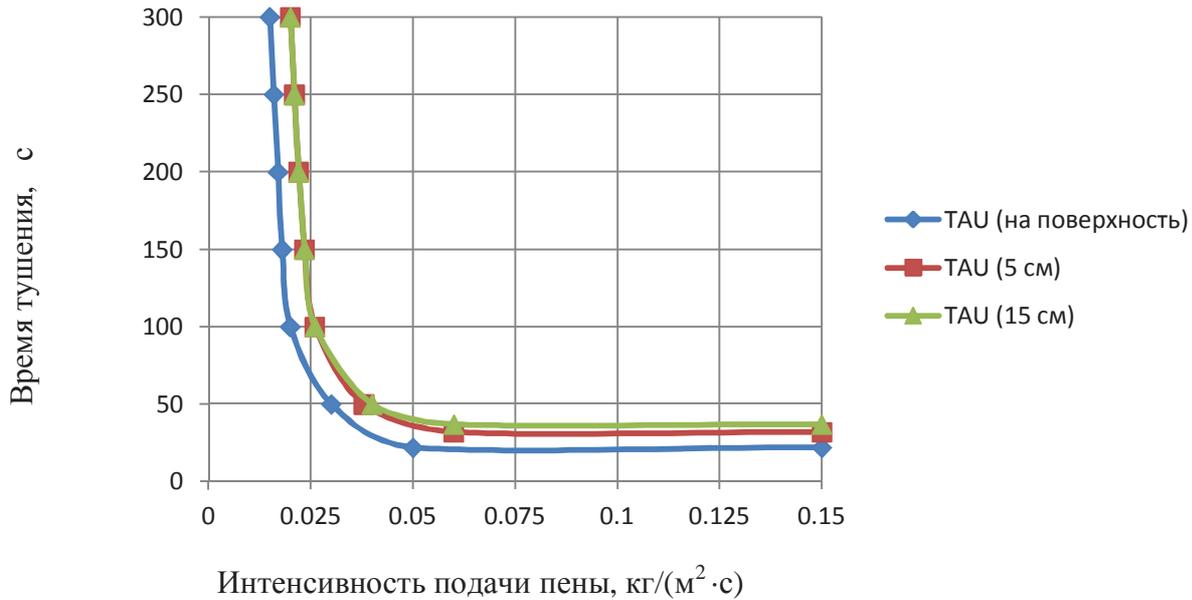


Рис.5. Влияние толщины слоя ЛВЖ на огнетушащую эффективность олеофобной твердеющей пены

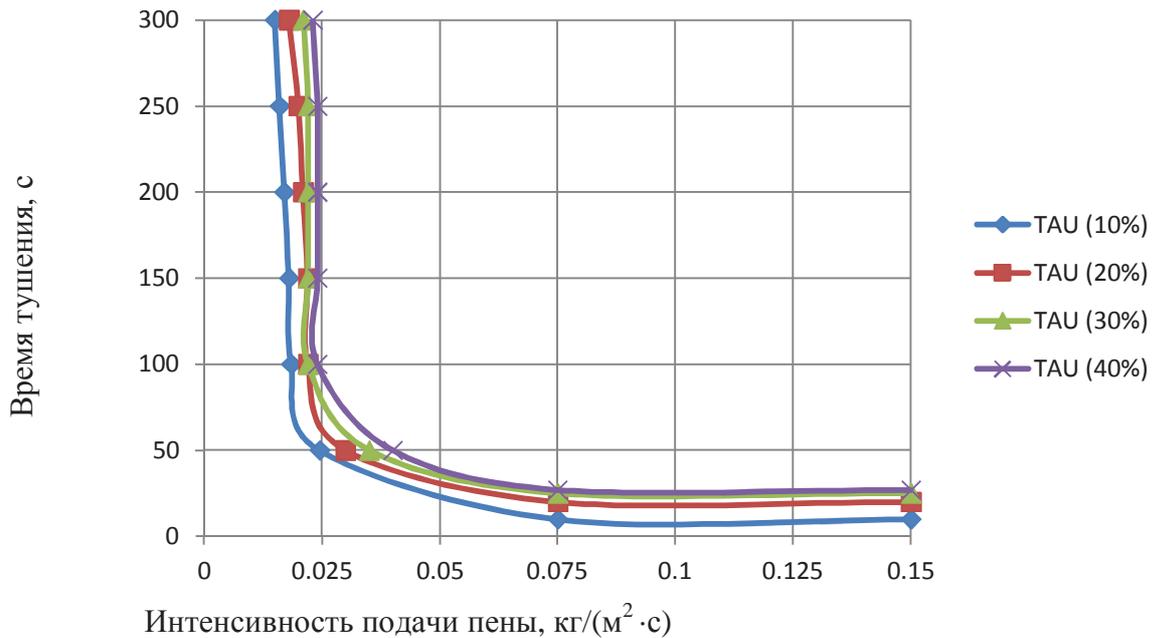


Рис.6. Зависимость времени тушения октана от интенсивности подачи олеофобной твердеющей пены с различным содержанием карбамидо-формальдегидной смолы

В работе рассмотрено влияние содержания различных компонентов пенообразующего раствора ОБСПП на его огнетушащую эффективность. На рис.6 показана зависимость огнетушащей эффективности ОТП от содержания в ней основного компонента карбамидо-формальдегидной смолы. В качестве ЛВЖ использовали октан. С увеличением процентного содержания карбамидо-формальдегидной смолы в составе ОБСПП время и интенсивность тушения увеличиваются.

Результаты проведенных научных исследований и экспериментальных данных, полученных при опреде-

лении изолирующей способности олеофобных вспененных пен на поверхности нефтепродуктов показывают, что удельная скорость испарения нефтепродуктов из-под слоя пены снижается в 10 раз, поэтому даже прямое воздействие открытого пламени на поверхности пены не приводит к загоранию нефтепродуктов.

Составы ОБСПП обладают высокой термической устойчивостью, при этом длительное воздействие пламени вызывает постепенное небольшое обугливание поверхности пенного слоя. Отвержденные ОБСПП проявляют термореактивные свойства и не плавятся от

действия пламени 12-20 часов и более в зависимости от состава, при этом эти покрытия позволяют обеспечить надежное изолирующее действие в течение нескольких суток. Так например разработанный водный раствор предназначен для тушения пожаров и возгорания веществ, находящихся в различных агрегатных состояниях.

Огнетушащий раствор содержит воду и загущающую добавку, в качестве которой используется жидкое стекло с модулем 2,5 – 3,2 при следующем соотношении компонентов: вода 47 – 90 %; ПАВ 3 – 5%; жидкое стекло 5 – 50 %. Технология нанесения осуществляется с помощью мобильного комплекса или противопожарной техникой, тушение разливов органических горючих материалов, лесных и торфяных пожаров, возгораний высокореакционных бурых углей КАТЭК, открытых складов лигнина и промышленных свалок, включая полигоны химических отходов 2 и 3 класса опасности.

При попадании огнетушащего состава в очаг пожара происходит снижение температуры горения за счет испарения воды и последующего образования на поверхности горения слоя твердой изолирующей пены из жидкого стекла.

С учетом пожарной и экологической безопасности на базе данных исследований и конструкторских решений спроектированы различные модули пеногенерирующих и газожидкостных установок мобильного комплекса, а также дополнительно разработаны многофункциональные полимерные олигомеры – композиционные порошковые по ТУ 2254-001-02067876-2009 и технологические регламенты работ для сбора и очистки поверхностей грунта, гидросферы, сточной, оборотной, технологической воды и других неполярных жидкостей при возникновении чрезвычайных техногенных ситуаций, сопровождающихся пожарами [5].

Конструктивная особенность мобильного комплекса при изменении технологического регламента и составов полимерных композиций позволяет получать не только олеофобные (термозащитные), но и олеофильные (сорбирующие) полимерные материалы, включая полимикробные различной нефтеемкости, такие как «Униполимер-М», «Меном», «Униполимер-Био», «Унисорб», что дает возможность проводить не только

противопожарные, но и природоохранные работы по очистке нефтезагрязненных грунтов и водных акваторий с учетом систем управления окружающей среды СУОС и экологического менеджмента ЭМ.

Литература

1. А.В. Каришин, А.В. Углов, А.М. Крымов. Предотвращение аварийных ситуаций при разливах нефтепродуктов олеофобными пенами. Транспорт и хранение нефтепродуктов: научно-технический информационный сборник ЦНИИТЭнефтехим – Москва, 1996. № 9. С.17 – 21.
2. В.М. Мелкозеров, М.Г. Мелкозеров. Технологические аспекты очистки нефтезагрязненных почв с применением адсорбентов и поверхностно-активных веществ. Перспективные материалы технологии конструкции экономика: сборник научных трудов – Красноярск, 2006. № 6. С.29 – 33.
3. В.М. Мелкозеров, С.И. Васильев, М.Г. Мелкозеров, И.Е. Баронин. Суперпоглонитель «Униполимер-М» для ликвидации аварийных проливов ЛВЖ и токсичных жидкостей. Механика – XXI веку: VII всероссийская научно-техническая конференция с международным участием – Братск, 2008. С. 125 – 129.
4. В.М. Мелкозеров, С.И. Васильев, А.Я. Вельп. Порошковые композиционные. ТУ 2254-001-02067876-2009 – Красноярск, 2009.
5. В.М. Мелкозеров, С.И. Васильев. Охрана окружающей среды и рациональное природопользование при разработке, эксплуатации нефтяных месторождений, транспортировке нефти и нефтепродуктов. Германия, 2011.

References

1. Karishin A. V., Uglov A. V., Krymov A. M. Prevention of emergency spills of petroleum products with the help of oleophobic foams. Transport i khraneniye nefteproduktov: nauchno-tekhnicheskyy informativnyy sbornik TsNIITEneftekhim. M., 1996. № 9. P.17 - 21.
2. Melkozerov V.M., Melkozerov M.G. Technological aspects of oil-contaminated soil purification using adsorbents and surface-active substances. Perspektivnyye materialy, tekhnologii, konstruktssii, ekonomika: sb. nauch. tr. Krasnoyarsk, 2006. № 6. P.29 – 33.
3. Melkozerov V.M., Vasil'yev S.I., Melkozerov M.G., Baronin I.E. Super-absorber "Unipolimer-M" to eliminate accidental spills of highly flammable liquids and toxic liquids.// VII Vseros. Nauch.-tekhn. konf. s mezhdunar. uchastiem "Mekhaniki – XXI veku". Bratsk, 2008. P. 125 - 129.
4. Melkozerov V.M., Vasil'yev S. I., Vel'p A.Ya. Composite cellular plastics. TU 2254-001-02067876-2009. Krasnoyarsk, 2009.
5. Melkozerov V.M., Vasil'yev S. I. Environmental protection and natural resources rational use at the development, exploitation of oil fields, crude oil and petroleum products transportation. Germany, 2011. Saarbrucken, 259 p.