

УДК 614.8

С. Н. Бобрышева, к. т. н, доц., В. Б. Боднарук,
ГУО «Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Представлен краткий обзор информации по существующим альтернативным средствам пожаротушения. Показаны возможности улучшения их эксплуатационных свойств с помощью добавок функционально модифицированных ультрадисперсных глин.

Ключевые слова: огнетушащие средства, суспензии, гели, быстротвердеющие пены, дисперсные материалы.

Постановка проблемы. В настоящее время современный ассортимент огнетушащих средств, находящихся на вооружении подразделений МЧС, значительно расширился. Однако повседневное и широкое их применение не отличается разнообразием и в основном состоит из воды, пены и огнетушащих порошков. Необходимо отметить, что они являются наиболее эффективными средствами тушения пожаров в традиционных случаях. В тоже время стремительное развитие индустрии новых материалов различного назначения сопровождается непрогнозируемыми чрезвычайными ситуациями, связанными с горением этих материалов и трудностями ликвидации пожаров и их последствий. Особенно это касается синтетических композиционных материалов. Обладая высокой горючестью, они повышают общую пожароопасность, а, выделяя при горении большое количество ядовитых газов, токсичных и радиоактивных веществ, губительно действуют на человека и окружающую среду. Анализируя складывающуюся ситуацию, возникает необходимость разработки, производства и применения альтернативных огнетушащих средств специального назначения или комплексного действия.

Отвечая этим требованиям, материаловедение огнетушащих средств развивается по двум направлениям.

1. Разработка огнетушащих средств универсального назначения. Очевидно, что из-за разнообразия процессов горения такие средства создать принципиально невозможно, хотя некоторых успехов в этом направлении можно отметить. Так известно, что используются пены различной кратности для тушения классов А и В, также существуют порошковые составы для тушения классов АВС и ВСЕ и др.

2. Расширение ассортимента огнетушащих средств, учитывающих специфику горения новых материалов.

Анализ последних достижений и публикаций. Известны разработки и применение быстротвердеющих пен (БТП). Пена способна самопроизвольно отверждаться с течением времени и значительно снижать экологическую нагрузку на атмосферу от продуктов аварийного разлива ГЖ. Продолжительность изолирующего действия таких пен может составлять несколько суток. БТП предназначена для прокладки опорных и заградительных полос при борьбе с лесными пожарами, тушения горящих и защиты от воспламенения негорящих штабелей лесоматериалов при борьбе с пожарами на лесоскладах, локализация пожаров торфа на предприятиях, связанных с их добычей и переработкой, защиты от воспламенения сгораемых объектов, находящихся вблизи пожара. БТП получают на основе карбамидоформальдегидных смол. Особенно эффективно применение БТП при подаче на горящую жидкость, поскольку до отверждения пена покрывает всю поверхность и прекращает горение, а в дальнейшем препятствует повторному воспламенению паровоздушной смеси. При тушении БТП в 2 раза эффективнее воды, а при защите негорящих объектов от воспламенения в 7-10 раз. Введение в состав 15-20 объемных частей древесной муки или вспучивающегося при нагреве порошка, увеличивает теплозащитные

свойства пены при высокотемпературном воздействии в 2-3 раза. Пена образуется при впрыскивании отвердителя в модернизированный пенный ручной ствол СВП-4 с помощью специального устройства, представляющего собой емкость для хранения отвердителя, распылитель для отвердителя, аппаратура для вытеснения отвердителя из емкости с помощью сжатого воздуха. При нанесении на поверхность пена быстро твердеет, образуя слой негорючего пенопласта. Особенно эффективно применение БТП при подаче на горящую жидкость, поскольку до отверждения пена покрывает всю поверхность и прекращает горение, а в дальнейшем препятствует повторному воспламенению паровоздушной смеси. При тушении БТП в 2 раза эффективнее воды, а при защите негорящих объектов от воспламенения в 7-10 раз. Введение в состав 15-20 объемных частей древесной муки или вспучивающегося при нагреве порошка, увеличивает теплозащитные свойства пены при высокотемпературном воздействии в 2-3 раза.

В последние годы появились полимерные добавки к воде, позволяющие получать гелевые структуры полимера с водой. Одной из таких добавок является добавка на основе полиакриламида «Фаерсорб®». Применение таких добавок дает возможность снизить расходы воды, подаваемой на тушение, в 2 раза и более. Высокая адгезионная способность этих растворов позволяет получать устойчивую пленку геля на поверхностях таких материалов, как резина, изделия из каучука, пластмасс различных видов, древесины и других материалов растительного происхождения, использовать эти растворы для тушения лесных и торфяных пожаров. Использование гелевых добавок не требует дополнительных усилий по организации их удаления, так как они разлагаются на экологически безвредные составляющие под воздействием солнечных лучей и других природных факторов

Подобный механизм действия реализуется и при использовании жидкого стекла. Жидкое стекло или растворимый силикат щелочных металлов лития, калия, натрия представляет собой вязкую жидкость с плотностью 1400-1500 кг/м³. Жидкое стекло смешивается с водой в любых соотношениях. Таким образом, жидкое стекло с полным основанием можно отнести к веществам, существенно повышающим вязкость воды, т.е. к загущающим веществам. Кроме того, при растворении жидкого стекла в воде существенно повышается плотность раствора, что способствует увеличению кинетической энергии движения струи раствора по сравнению с энергией струи воды, направленной в очаг горения с одинаковой скоростью. Дальность полета струи раствора при этом также увеличивается. При подлете струи раствора жидкого стекла к поверхности горения, под действием высокой температуры происходит нагрев раствора и снижается его вязкость, что способствует лучшему растеканию раствора на поверхности горения. При испарении воды из раствора на поверхности горения увеличивается концентрация жидкого стекла, значительно повышается его вязкость и при полном испарении воды из состава раствора на поверхности горения остается пленка жидкого стекла, обладающая свойством непрерывности. Образовавшаяся после испарения свободной воды на поверхности горения пленка жидкого стекла при температуре от плюс 120 до плюс 200° С теряет молекулярную воду и приобретает твердообразное состояние. В интервале температур от плюс 200 до плюс 400°С из твердообразного жидкого стекла начинает удаляться химически связанная вода, под действием которой корочка жидкого стекла приобретает пиропластическое состояние, а выделяющиеся пары воды, вследствие резкого увеличения своего объема, вспенивают эту корочку и ее объем увеличивается в 10-50 раз. Плотность образовавшегося на поверхности горения слоя пены составляет 30-50 кг/м³ и этот слой надежно блокирует доступ кислорода воздуха к поверхности горения. Образовавшийся слой пены не подвержен горению, так как по своему составу является неорганическим веществом – безводным силикатом щелочного металла. Кроме того, образовавшийся слой твердой неорганической пены обладает низким коэффициентом теплопроводности (0,030-0,036 Вт/м·К) и предотвращает прогрев затушенной поверхности до температуры возгорания за счет резкого снижения интенсивности воздействия теплового потока, образующегося при излучении пламени и

конвективного тепла димових газів. Пена зберігає свою структуру і властивості при нагріві до температури плюс 550° С, вище якої починається частичне подплавлення поверхнового шару пени і його ущільнення. Таким чином, використання запропонованого огнетушачого складу дозволяє значно знизити температуру поверхності горіння за рахунок витрати тепла на випаровування вільної води, молекулярної і хімічно пов'язаної води рідкого скла, на процеси пеноутворення і плавлення поверхнових шарів пени.

Постановка задачі і її рішення. Ціллю даної роботи явилась оцінка перспектив розробки і впровадження альтернативних засобів пожеготушення з використанням модифікованих ультрадисперсних глини як заповнювачів в огнетушачих складів і матеріалів.

Коллективом співробітників Гомельського інженерного інститута МЧС Республіки Білорусь ведуться патентні і дослідницькі роботи по розробці складів суспензій, швидкозастійованих пен, гелів, огнетушачих порошків подвійного призначення, адсорбентів для ліквідації аварійних розливів нафти і нафтопродуктів, антипіренів для полімерних матеріалів, знижуючих їх горючість. При цьому активно використовуються досягнення сучасних технологій, дозволяючих за рахунок зміни структурних характеристик традиційних матеріалів значно покращити їх властивості.

Розроблена дисперсна основа, представляюча собою активну матрицю, і метод механоактивації з метою досягнення потрібних експлуатаційних властивостей по енергоекономічній, малозатратній, простій, екологічно безпечної технологічній схемі (рисунок 1).

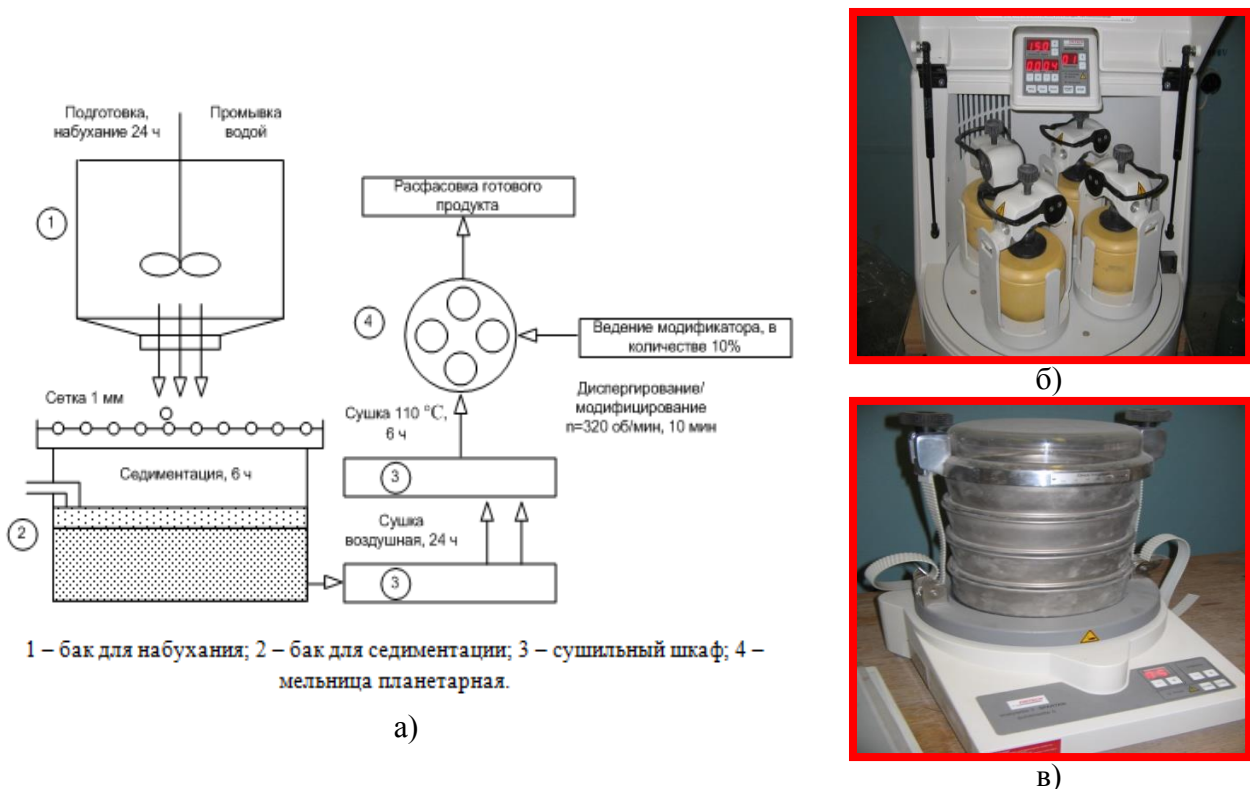


Рисунок 1 - Технологічна схема і обладнання для отримання дисперсної основи, де: а – технологічна схема; б – планетарна мельниця для механоактивації і модифікування; в – класифікатор для отримання дисперсної фракції (рассева).

Облаючи ультрадисперсною розмірністю і високою хімічною активністю в силу високої поверхнової енергії, матриця в результаті активування і модифікування

приобретает определённые функции, которые направлены на эффективное подавление горения [1].

В качестве такой матрицы применяются глины отечественных разработок на основе порообразующего минерала монтмориллонита (таблица 1), способные подвергаться принудительному диспергированию до ультрадисперсной размерности с наименьшими энергетическими затратами и функциональному модифицированию.

Таблица 1 - Состав глин

	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Др.
Отбельная земля (адсорбент Grade F-160)	8,9	6,25	39,3	8,9	16,1	6,25	6,25	8,05
Глина отечественных разработок	58	30,68	6,63	3,12	1,14			0,43

Результаты исследований позволили определить механизм и закономерности подавления горения и расширить выбор минеральных дисперсных материалов. Так доказана эффективность использования отбельных глин в качестве дисперсного компонента, являющихся крупнотоннажными отходами жировых производств. Отбельная глина это продукт минерального происхождения, содержащий преимущественно оксид алюминия. Для осветления растительных масел и жиров используют активированные отбеливающие глины, получаемые путем кислотной обработки природных бентонитовых глин — алюмосиликатов. Проведены исследования и прогнозирование эффективного использования таких дисперсных материалов в составе огнетушащих суспензий, гелей порошков, адсорбентов, антипиренов. Основным огнетушащим механизмом в данном случае является эффект огнепреграждения и охлаждения зоны реакции за счет нагрева ультрадисперсных частиц.

В суспензиях рассматривается возможность применения таких глин не только как ингибитора горения, но и загустителя. Для повышения огнетушащей способности можно применять распыленную или тонкораспыленную суспензию (в случае, если размер частиц твердой фазы менее 50 мкм). Подача твердого дисперсного наполнителя (модифицированной глины) в воду может осуществляться с помощью цилиндрического картриджа, помещенного в среднюю часть ствола подобно изготовленному в НИИ ПБ и ЧС МЧС Республики Беларусь стволу пожарному ручному комбинированному СПРК – 50, являющийся твердофазным источником поверхностно-активного вещества (рисунок 2).



Рисунок 2 - Ствол пожарный ручной комбинированный СПРК-50

Вода, проходя через такой картридж, будет обогащаться глиной, которая будет снижать поверхностное натяжение воды. При тушении пожара вода будет лучше смачивать поверхность и охлаждать горящий материал.

Нами прогнозируется возможность применения небольших добавок модифицированных глин в качестве наполнителей с барьерными функциями для быстротвердеющей пены. Для огнетушащих гелей также добавки таких минеральных веществ способны повышать адгезию к горячей поверхности, прочно закрепляя слой огнетушащего средства на вертикальной поверхности и оказывая изолирующий эффект. Ультрадисперсность таких добавок не оказывает влияние на структуру основного вещества и равномерно распределяется по объему. Это подтверждено их применением для полимерных материалов в качестве антипиренов [2]. Целесообразность использования модифицированных глин как антипиренов обусловлена оптимальным сочетанием параметров «совместимость – безопасность - эффективность – цена». Добавки последних хорошо смешиваются с вязким расплавом полимера, не нарушая технологический процесс подобно гидроксидам алюминия и магния, не выделяют токсичных продуктов горения как широко распространенные галогенпроизводные антипирены, снижают пожароопасные характеристики полимера (таблица 2), не ухудшая физико-механические свойства, а наличие их в достаточном количестве в отечественных разработках и несложная механоактивация и модифицирование обуславливают цену, обеспечивая конкурентоспособность на рынке антипиренов.

Таблица 2 - Сравнительные свойства полимерных материалов

Наименование полимера	Механические характеристики			Классификация материала по горючести
	Модуль упругости, МПа	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное удлинение при деформации, %	
Контрольный образец вторичный ПЭВД	26,74	18,2	274,48	Горючий средневоспламеняемый
С антипиреном 1,5 масс.%	148,28	31,85	103,3	Горючий трудновоспламеняемый

Как показали наши исследования, модифицированная глина обладает и свойствами адсорбента, что позволяет использовать ее в составе огнетушащих порошков в качестве ультрадисперсного наполнителя для адсорбции жидких горючих веществ, горючих газов и токсичных продуктов, образующих при горении. Хорошие результаты для модифицированной глины получены при адсорбции нефти и нефтепродуктов, адсорбционная емкость по нефти до 2,1 г/г (рисунок 3) [3].

Для модификации основы адсорбента применялся отход Гомельского жирового комбината – отработанный адсорбент Grade F-160, который в свой состав включает соли жирных кислот и гидрофобизированные примеси, содержащиеся в жирах и маслах. Установлено влияние модификатора на физико-химические и эксплуатационные характеристики адсорбента: модификатор обеспечивает наличие гидрофобных свойств адсорбенту и позволяет удерживаться ему на поверхности воды в нефтенасыщенном состоянии более 72 часов, в то время как немодифицированная бентонитовая глина образует конгломерат, который сразу тонет в воде. Разработанный гидрофобный адсорбент также позволяет ликвидировать аварийные разливы более легких нефтепродуктов с поверхности воды, таких как бензин АИ-95 и дизельное топливо.

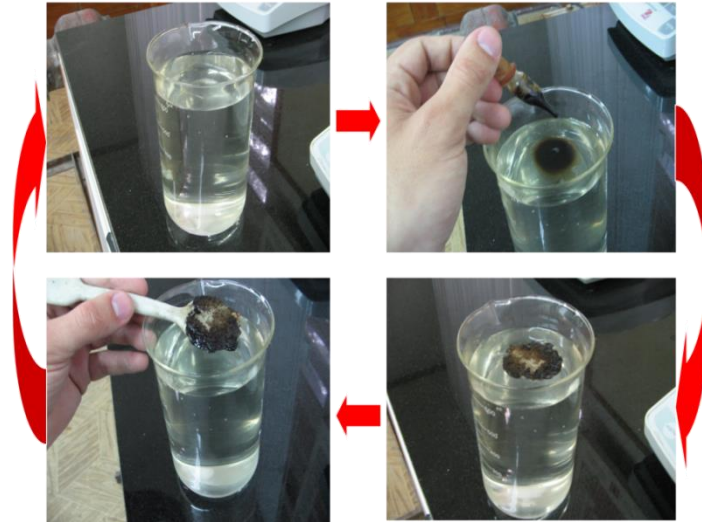


Рисунок 3 - Эксперимент по адсорбции нефти в лабораторных[условиях

Выводы. Наиболее значимым результатом на данном этапе исследований является установление закономерностей функционального модифицирования твердотельной дисперсной минеральной матрицы, максимальное использование возможностей структурных свойств доступных минеральных ископаемых, разработка технологических приемов механоактивации и применение их при разработке альтернативных средств пожаротушения и снижения горючести.

Перспективы дальнейших исследований. Таким образом, перспективным направлением при ликвидации и предупреждении ЧС, как показали наши исследования, является использование в огнетушащих средствах дисперсных веществ, основным компонентом которых являются глины (алюмосиликаты), в силу своих структурных особенностей (ультрадисперсности, нанодисперсности) обладающие способностью к диспергированию, активации и функциональному модифицированию. Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию составов и эксплуатационных свойств альтернативных средств пожаротушения с использованием разработанных дисперсных добавок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобрышева С. Н., Буякевич А. Л., Боднарчук В. Б., Кашлач Л. О. Дисперсные системы в технологиях предупреждения и ликвидации ЧС/Чрезвычайные ситуации: образование и наука, 2011, №1(6), -С.60-69.
2. Бобрышева С. Н.,Подобед Д.Л., Кашлач Л. О. Снижение горючести полимерных материалов. // Междунар. научн.-практич. журн. «Чрезвычайные ситуации: образование и наука». – 2013. – №2 (8). – С. 51–57.
- 3.Бобрышева С. Н., Журов М.М., Вертячих И.М., Кашлач Л. О. Применение минеральных адсорбентов для ликвидации аварийных разливов нефти // Междунар. научн.-практич. журн. «Чрезвычайные ситуации: образование и наука». – 2015. – №1 (10). – С. 120–129.