

ЛИТЕРАТУРА

1. Katoueizadeh E., Rasouli M., Zebarjad S. M. A comprehensive study on the gelation process of silica gels from sodium silicate // J. Mater. Res. Technol. 2020. Т. 9. № 5. С. 10157–10165.
2. Ni'mah Y. L. и др. The optimization of silica gel synthesis from chemical bottle waste using response surface methodology // Arab. J. Chem. 2022. Т. 15. № 12. С. 104329.
3. Nuinu P. и др. Improvement of mechanical and dynamic properties of high silica filled epoxide functionalized natural rubber // J. Mater. Res. Technol. 2023. Т. 24. С. 2155–2168.
4. Pyagay I. N. и др. Study of the process of obtaining water glass from silica gel for use in metallurgy // iPolytech J. 2023. Т. 27. № 3. С. 598–610.

УДК 614.842.61

Арзаев Н.А., Ивахнюк Г.К.
(Санкт-Петербургский
университет ГПС МЧС России)

БЕЗРЕАГЕНТНАЯ И РЕАГЕНТНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ДИСПЕРСНОЙ СРЕДЫ ОГНЕТУШАЩИХ ПЕН: ПРИМЕНЕНИЕ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

В современных условиях расширения деятельности нефтегазового комплекса в Арктике возрастает риск возникновения пожаров класса В (горючие жидкости), где традиционные воздушно-механические пены (ВМП) демонстрируют ограниченную эффективность. Основные недостатки ВМП — высокая электропроводность, низкая морозостойкость, нестабильная структура и слабая адгезия — обусловлены физико-химическими свойствами дисперсной среды (водного раствора пенообразователя). В условиях отрицательных температур ускоряется кристаллизация жидкой фазы что приводит к полной потере эффективности применения данного типа огнетушащего вещества (ОТВ).

Научной основой повышения огнетушащей эффективности является управление надмолекулярной структурой дисперсной среды. В настоящей работе предложен подход, сочетающий безреагентную модификацию — электрофизическую обработку (ЭФО) воды переменным частотно моделируемым потенциалом (220 В и 18 кВ), реагентную модификацию — введение гидрофильного минерализатора (маршалит, SiO_2), а также замены дисперсной фазы — атмосферного воздуха на инертный газ (углекислый газ, CO_2) при генерации пены.

ЭФО воды приводит к модификации наномолекулярной структуры, снижению поверхностного натяжения и угла смачивания. Экспериментально установлено, что при напряжении 18 кВ угол смачивания на лабораторном стекле уменьшается с 44° до 22°, на полиэтиленовой плёнке — с 62° до 45°, высота капиллярного подъёма возрастает с 20 до 31 мм, а поверхностное натяжение снижается с 72,8 до 65,0 мН/м (табл. 1). Это свидетельствует о повышении проникающей способности воды, что особенно важно при формировании пенного покрытия на гидрофобных поверхностях нефтепродуктов.

Таблица 1 – Влияние электрофизической обработки воды на её смачивающие свойства

№ п/п	параметр	H ₂ O (контрольная)	H ₂ O (220 В)	H ₂ O (18 кВ)
1.	Угол смачивания (лабораторное стекло)	44°	31°	22°
2.	Угол смачивания (полиэтиленовой пленки)	62°	55°	45°
3.	Поверхностное натяжение, мН/м	72,8 мН/м	67,4 мН/м	65,0 мН/м
4.	Высота капиллярного поднятия, мм	20 мм	26 мм	31 мм

Введение маршалита (SiO₂) обеспечивает формирование армированного каркаса в пенной плёнке. Гидрофильные наночастицы равномерно распределяются в водной фазе, снижают скорость дренажа и повышают механическую устойчивость пены к контактному разрушению. полураспада возрастает на 75 % (с 8 до 14 мин), а время удержания пены на вертикальной поверхности увеличивается более чем в 5 раз. Термический анализ маршалита выявил эндоэффекты в диапазонах 400–500 °С и 600–700 °С, соответствующие полиморфным переходам SiO₂, что способствует поглощению до 250 Дж тепла на 10 л пены — дополнительный охлаждающий эффект при тушении.

Замена воздуха на СО₂ при генерации пены решает три ключевые задачи:

- исключает внесение кислорода в зону горения, что критично при тушении в замкнутых объёмах и на электроустановках;
- снижает электропроводность пены (в 3–4 раза по сравнению с ВМП на воздухе), расширяя область применения на объекты с повышенной электротехнической опасностью;
- обеспечивает флегматизирующий эффект за счёт частичного растворения СО₂ в водной фазе и образования угольной кислоты, что дополнительно подавляет горение углеводородов.

Таким образом, разработанная модифицированная пена обеспечивает комплексный механизм тушения: охлаждение (испарение воды + теплоёмкость СО₂ + эндоэффекты SiO₂), изоляцию (устойчивый

пенный слой), разбавление (CO_2 снижает концентрацию O_2 и паров топлива). Это делает её перспективной для использования на объектах нефтегазодобычи в экстремальных климатических условиях — в частности, при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в Арктике, на морских платформах, в резервуарных парках и при тушении электрооборудования под напряжением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арзаев Н.А., Ивахнюк Г.К. Влияние реагентной и безреагентной модификации дисперсной среды и химических свойств поверхности минерализаторов на пожарно-технические характеристики воздушно-механических пен // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2024. № 2. С. 112–121.

2. Булатов Н.Н. Коллоидно-химические и пожарно-технические свойства CO_2 -газонаполненных компрессионных пен // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2024. Т. 13, № 3(67). С. 194–198.

3. Волик А.С., Квашнин А.В., Ивахнюк Г.К. Влияние электрического поля на огнетушащие свойства воздушно-механической пены // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 3(55). С. 103–107.

4. Алешков М.В., Федяев В.Д., Гумиров А.С., Шульпинов А.А. Применение компрессионной пены при тушении пожаров объектов нефтегазового комплекса при отрицательных температурах // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2020. № 1. С. 8–15.

5. Волик А.С., Булатов Н.Н., Шешина Н.И. Влияние электрофизической обработки воды на пожарно-технические характеристики модифицированной воздушно-механической пены // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2023. Т. 12, № 4(64). С. 288–293.

УДК 661.634.22-047.37

Мохорт М.С., Дормешкин О.Б., Гаврилюк А.Н.

(Белорусский государственный
технологический университет)

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОЧИЩЕННОЙ ОРТОФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

Фосфорная кислота является одним из наиболее крупнотоннажных неорганических продуктов химической промышленности. Значительное сокращение мощностей по производству термической фосфорной