

# ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИКАЦИЙ ГИДРОГЕЛЕЙ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ ХРАНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Г.К. Ивахнюк, доктор химических наук, профессор;

А.А. Бондарь, кандидат технических наук;

А.С. Копосов.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Дается характеристика тушения пожаров на объектах хранения минеральных удобрений, приведены данные об огнетушащей способности модифицированных водногелевых составов при тушении пожаров на объектах хранения минеральных удобрений.

*Ключевые слова:* гидрогель, карбопол, огнетушащие вещества, минеральные удобрения

## APPLICATION OF MODIFICATIONS HYDROGELS WHEN EXTINGUISHING FIRES AT STORAGE FACILITIES OF MINERAL FERTILIZERS

G.K. Ivakhnyuk; A.A. Bondar; A.S. Kuposov.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The characteristic of extinguishing fires in fertilizer storage facilities, data on the ability of the modified water gel extinguishing compositions when extinguishing fires in fertilizer storage facilities.

*Keywords:* hydrogel, Carbopol, extinguishing agents, fertilizers

Необходимые элементы питания для растений, содержащиеся в неорганических соединениях, называют минеральными удобрениями. Они активно используются в сельском хозяйстве, поскольку являются доступными и дают быстрый положительный эффект.

К простым относят удобрения, которые содержат один элемент питания, а к комплексным те, в которых содержится два и более основных питательных веществ.

Классификация основных видов минеральных удобрений приведена на рис. 1.



### Рис. 1. Классификация минеральных удобрений по количественному составу входящих элементов

Удобрения хранят в большом количестве на складах, вместимость которых может достигать до 400 т, а пожарная нагрузка составлять от 20 до 250 кг/м<sup>3</sup> [1].

Также помимо хранения на складах ядохимикатов и удобрений могут производиться и другие операции, например приготовление различных смесей, растворов, суспензий и эмульсий, а также взвешивание, обеззараживание и другие операции. Для этого устраивают различного рода складские помещения, в которых также велико количество других веществ и материалов.

Аммиачная селитра, калиевая селитра, водный аммиак, карбамид – эти вещества представляют наибольшую взрывопожараопасность. При нагреве аммиачной селитры до 130–160 °С происходит ее оплавление и быстрый нагрев до 400–500 °С, что приводит к взрыву с появлением пламени [1]. При смешивании селитры с другими органическими веществами ее взрывчатые свойства увеличиваются. Калиевая селитра способна воспламениться при более высоких температурах, однако она является более чувствительной к механическим воздействиям, трению и ударам, а при больших количествах способна взрываться. Из водного аммиака при нагреве выделяется аммиак, который при концентрации равной 15–20 % может воспламениться.

При горении некоторых ядохимикатов выделяются сильнодействующие ядовитые вещества: бром, аммиак, пары кислот, хлор, фосген и др. Попадание таких веществ в атмосферу может стать аналогом химического заражения и причинить вред жизни и здоровью граждан, а также окружающей среде.

Отличительной особенностью таких пожаров является то, что в одном помещении могут находиться отравляющие, пожаровзрывоопасные и другие вещества, для тушения которых необходимо применять различные огнетушащие составы. Пожар на складах удобрений распространяется по стеллажам, упаковкам, самим удобрениям, и его линейная скорость может составлять от 1 до 2 м/с [2].

Тушение пожаров на таких объектах является непростой задачей для пожарных подразделений, решение которой требует заблаговременной подготовки. По прибытию на пожар необходимо незамедлительно начать эвакуацию людей, которым угрожает опасность пожара или его последствий. Организовать посты для запрета проникновения посторонних лиц в задымленную зону, а также контроль над концентрацией токсичных паров и газов в помещениях и на прилегающей территории, где произошел пожар [2].

Для тушения пожаров на объектах с хранением ядохимикатов и минеральных удобрений применяют распыленные и компактные водяные струи, пены различной кратности, смачиватели, инертные газы и т.д. Так при тушении удобрений и ядохимикатов на основе легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) и газообразных жидкостей (ГЖ) необходимо применять пены различной кратности, а вещества, реагирующие с водой, необходимо тушить порошками, песком, инертными газами и др.

Вода является одним из наиболее распространенных огнетушащих веществ, используемых на пожарах с минеральными удобрениями. При тушении пожаров вода за счет своей теплопроводности охлаждает горящие объекты, что приводит к снижению температуры их воспламенения и тем самым исключает распространение горения, а также при контакте с горящими объектами вода испаряется и образует пар, который расширяется и вытесняет воздух необходимый для горения.

При тушении пожаров складов минеральных удобрений, менее 10 % воды являются эффективными для тушения, в связи с большим ее испарением и вымыванием ядохимикатов. Попадание в грунтовые воды остатков ядохимикатов может привести к загрязнению окружающей среды и отравлению людей и животных.

Данная проблема может быть решена использованием водногелевых составов (ВГС) в качестве средства тушения пожара на складах минеральных удобрений.

ВГС являются веществами на основе поперечно-сшитых гидрофильных полимеров, способных к набуханию в воде и формированию нерастворимой объемной сети. Данная сеть является результатом поперечных сшивок полимеров. Набухание и величина пор геля зависит от плотности поперечных сшивок, которые определяются молекулярной массой и их химическим составом. Именно перекрестные сшивки определяют характеристику геля как твердого вещества, а не раствора.

Для измерения набухания экспериментальным путем используют гравиметрическое измерение после погружения в жидкость, применяют специализированные приборы для определения изменения объема и измерения коэффициента поглощения красителя декстрана.

Гидрогели при изменении определенных условий проявляют эластичные качества: эластическое напряжение и сжатие. Так при большем количестве поперечных сшивок гель становится более прочным, однако его эластичность и способность к набуханию снижается. В связи с этим оптимальное количество сшивок определяет баланс между его прочностью и эластичностью.

Структурное свойство гидрогелей, которое определяет расстояние между соседними поперечными сшивками, называют пористостью или размером ячеек. При изменении молекулярного веса полимера происходит значительное изменение в пористости гидрогеля, а также небольшое изменение размера его ячеек. Таким образом, при большем набухании растет размер ячеек, а при его понижении размер ячеек уменьшается.

Структуру гидрогелей определяет образование в них поперечных сшивок в полимерах, они влияют на форму гидрогеля, его формирование, размер и деградацию.

В данном исследовании применялись модифицированные ВГС на основе карбопола.

Карбополи редкосшитые акриловые полимеры (РАП), производные акриловой кислоты, из которых, при определенных условиях и с использованием определенных методов, получают гели. Главным отличием всех РАП является количество поперечных сшивок и количество сополимеров, при изменении числа которых получается большое количество РАП со специфическими свойствами, но без существенного изменения их молекулярной структуры.

РАП представляют собой белые хлопьевидные порошки, набухающие в воде и других полярных растворителях, вследствие чего образуются стабильные гели. Объемная плотность редкосшитого акрилового полимера примерно равна  $210 \text{ кг/м}^3$ , в среднем размер частицы равен 2–7 мкм, а каждая частица представляет собой трехмерную сетчатую структуру из сплетенных цепей полимера. Его плотность равна  $1,38\text{--}1,40 \text{ кг/м}^3$  [2].

Гидрогели на основе карбопола обладают достаточно высокой теплоемкостью и хорошей теплоизолирующей способностью, являются безопасными для окружающей среды, имеют простую технологию производства и могут производиться непосредственно в зоне чрезвычайной ситуации. Следовательно, внедрение водногелевых составов на основе карбопола может стать перспективным направлением в области развития огнетушащих веществ.

Одними из наиболее подходящих материалов для приготовления таких составов являются редкосшитые акриловые полимеры – карбополи ЕТD-2020 [3]. Их главным преимуществом считается микробиологическая, химическая и термическая устойчивость, а также высокие вязкостные свойства даже при небольших концентрациях полимера, совместимость с большинством других веществ, отличные суспендирующие свойства.

ВГС получали путем суспендирования в воде порошка полимера, являющегося кислотой по химической структуре, с последующим добавлением нейтрализующего агента в ограниченном объеме (в данном исследовании использовался 10 % раствор аммиака).

Экспериментальным путем определено, что чем больше концентрация гелеобразующего компонента, тем больше увеличивается вязкость получившегося ВГС [4]. Электрофизическое воздействие оказывает лишь незначительное влияние на вязкую среду.

В ходе исследования проводился ряд экспериментов по тушению комплексных минеральных азотно-фосфорно-калийных удобрений жидкой водой и гидрогелями,

концентрацией гелеобразующего компонента 0,1 % и 0,2 %, два из которых были предварительно обработаны генератором ПМЧП [5].

Схема установки приведена на рис. 2.

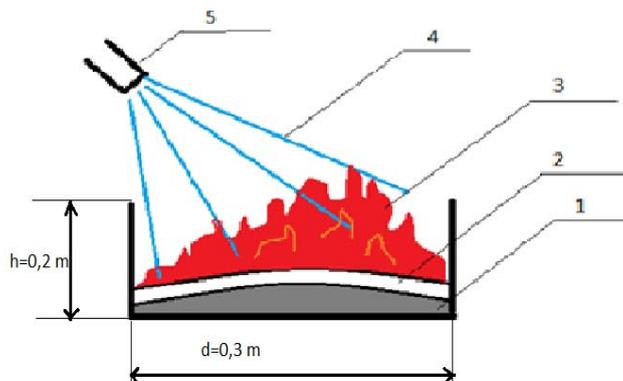


Рис. 2. Схема лабораторной установки:

- 1 – минеральное удобрение; 2 – легковоспламеняющаяся жидкость; 3 – пламя;
- 4 – водогелевый состав на основе карбопола ЕТD-2020;
- 5 – устройство для подачи огнетушащего вещества (ОТВ)

Результаты, полученные в ходе экспериментов, представлены на рис. 3, 4.

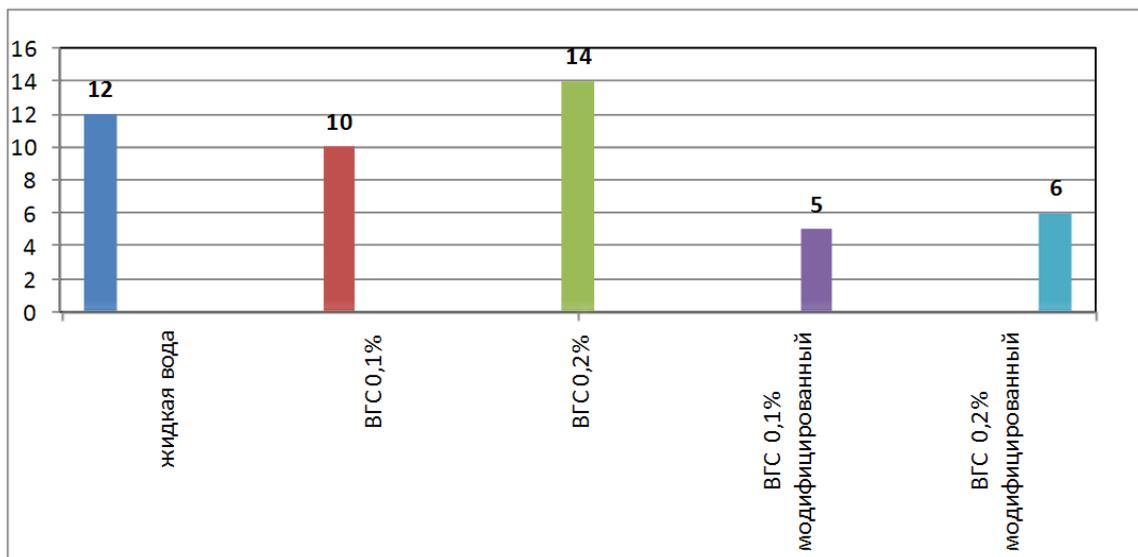


Рис. 3. График зависимости времени тушения пожара от вида ОТВ, при разжигании очага жидкостью для розжига

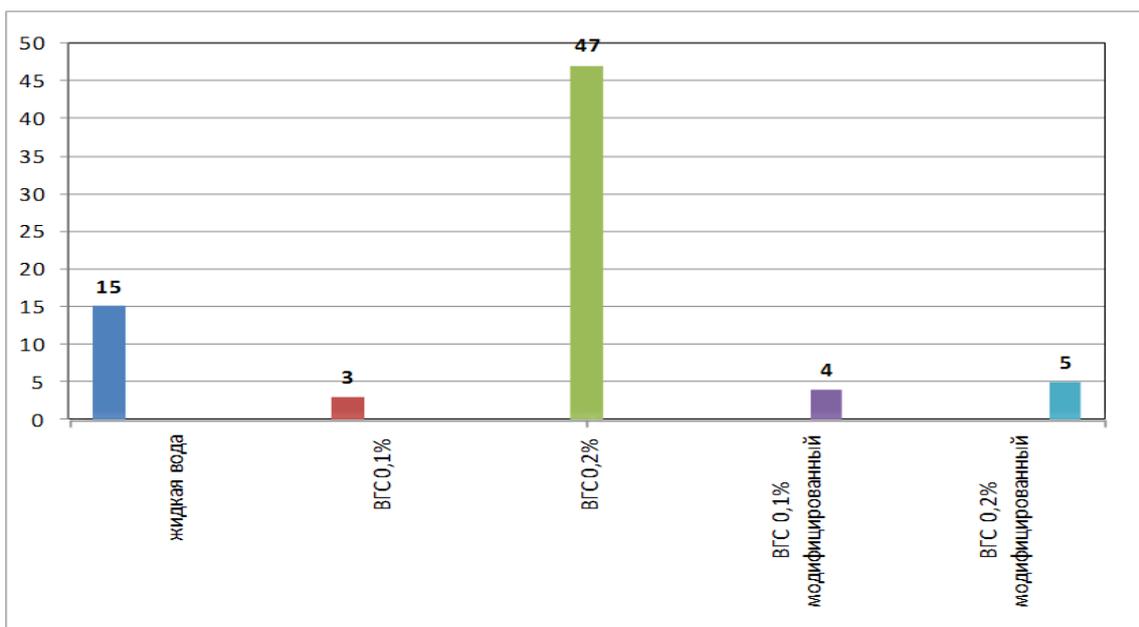


Рис. 4. График зависимости времени тушения пожара от вида ОТВ, при разжигании очага бензином АИ-80

Согласно полученным экспериментальным данным, можно сказать, что гидрогели на основе карбопола ETD-2020 в несколько раз эффективнее традиционных ОТВ, а так же ВГС не представляют никакой опасности для здоровья людей и окружающей среды, в отличие от пен различной кратности и порошков. Наиболее эффективным для тушения минеральных удобрений с точки зрения огнетушащей способности оказался ВГС, модифицированный при воздействии ПМЧП с 0,1 % (из расчета на 1 л воды) гелеобразующего компонента, так как время, затраченное им на тушение очага возгорания, исходя из обоих опытов, является наименьшим. Таким образом, внедрение водногелевых составов на основе карбопола может стать перспективным направлением в области развития огнетушащих составов, для ликвидации пожаров на объектах хранения минеральных удобрений.

#### Литература

1. Повзик Я.С., Верзилин М.М. Пожарная тактика: учеб. пособие. СПб.: ВНИИПО МЧС России, 2010.
2. Решетов А.П., Клой В.В., Бондарь А.А., Косенко Д.В. Планирование и организация тушения пожаров. Пожарная тактика: учеб. / под общ. ред. В.С. Артамонова. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2015. 396 с.
3. Исследование огнетушащих и теплозащитных свойств водногелевых составов на основе модифицированных наножидкостей / Ш.Г. Гаджиев [и др.] // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2014. № 2. С.31–37.
4. Тактико-техническое обеспечение огнезащиты и тушение пожаров модифицированными водногелевыми составами на транспорте / Ш.Г. Гаджиев [и др.] // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 3 (39).
5. Устройство и способ интенсификации процессов физической, химической и/или физико-химической природы: пат. 2137548 Рос. Федерация: МКИ4 6 В 02 С 19/18 / Ивахнюк Г.К. (RU), Шевченко А.О. (RU), Бардаш М. (US). – № 8108132; заявл. 27.04.98; опубл. 20.09.99, БИ № 26.