

ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕТУШАЩИХ СВОЙСТВ СРЕДСТВ ДЕГАЗАЦИИ И ДЕЗАКТИВАЦИИ

✉ Мещеряков Илья Вячеславович;
Константинова Алина Станиславовна.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
✉ ilya.mesch@mail.ru

Аннотация. Воинские части и подразделения гражданской обороны располагают незадействованными резервами дезинфицирующих, дегазирующих и дезактивирующих водных растворов. Ранее экспериментально установлено, что эти растворы могут представлять интерес для использования в целях пожаротушения.

В статье описаны эксперименты, подтверждающие перспективы применения дезинфицирующих, дегазирующих и дезактивирующих водных растворов в качестве огнетушащих средств. Проведены огневые испытания для определения огнетушащих свойств водного раствора сульфонола на примере тушения очага пожара класса А. Приведен метод оценки электропроводности раствора сульфонола для определения критической концентрации мицеллообразования. Представлены результаты эксперимента по получению огнетушащей пены, заполненной отработанными газами двигателя внутреннего сгорания. Оценен огнетушащий эффект такой пены в сравнении со штатной (воздухозаполненной).

Ключевые слова: огнетушащий эффект, сульфонол, критическая концентрация мицеллообразования, газонаполненная пена

Для цитирования: Мещеряков И.В., Константинова А.С. Исследование огнетушащих свойств средств дегазации и дезактивации // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2025. № 3 (55). С. 15–22. DOI: 10.61260/2307-7476-2025-3-15-22.

Scientific article

RESEARCH OF FIRE EXTINGUISHING PROPERTIES OF DEGASING AND DECONTAMINATION MEANS

✉ Meshcheryakov Ilya V.;
Konstantinova Alina S.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
✉ ilya.mesch@mail.ru

Abstract. Military units and civil defense units have unused reserves of disinfectant, decontaminating, and decontaminating aqueous solutions. Previous experiments have shown that these solutions may be useful for firefighting purposes. This article describes experiments confirming the potential of using disinfecting, degassing, and decontaminating aqueous solutions as fire extinguishing agents. Fire tests were conducted to determine the fire extinguishing properties of an aqueous sulfonol solution using a Class A fire as an example. A method for assessing the electrical conductivity of a sulfonol solution to determine the critical micelle concentration is presented. The results of an experiment producing fire-extinguishing foam filled with exhaust gases from an internal combustion engine are presented. The fire-extinguishing effect of this foam is compared to standard (air-filled) foam.

Keywords: fire extinguishing effect, sulfonol, critical micelle concentration, gas-filled foam

Введение

На вооружении воинских частей и подразделений гражданской обороны находятся незадействованные запасы дезинфицирующих, дегазирующих и дезактивирующих водных растворов, которые могут представлять интерес как огнетушащие вещества [1].

Дезинфицирующие средства – это композиции веществ, которые могут быть использованы для обработки людей и машин, состоящие из галогенов, спиртов, производных 2-бифенола, кислот, кислородсодержащих соединений, альдегидсодержащих соединений и гуанидинсодержащих соединений, а также поверхностно-активных веществ с бактерицидными и дезинфицирующими свойствами [2].

Дезактивирующие средства – химические соединения, применяемые для дезактивации оборудования, материалов, конструкций, техники. Их действие основано на удалении радиоактивных веществ с загрязненных поверхностей или их изоляции. Наиболее широко используют дезактивирующие вещества и растворы, основу которых составляют поверхностно-активные вещества (ПАВ) – например, сульфонолы, комплексообразующие соединения (например, триполифосфат натрия) и сорбенты (древесный уголь и др.).

Еще одним направлением совершенствования штатных средств пожаротушения выбрана модификация огнетушащей пены. Проведен анализ литературных источников, посвященных данной теме, в том числе зарубежных. В качестве примеров работ по этой тематике можно привести [3–6]. Необходимо отметить, что способы модификации, предлагаемые в работах зарубежных исследователей, дороги в реализации.

Методы исследования и результаты

В целях определения возможности использования дезинфицирующих, дегазирующих и дезактивирующих средств авторами проведены испытания огнетушащей способности водных растворов этих средств. В ходе огневых испытаний по тушению очага пожара класса А выявлено, что водный раствор сульфонола в концентрации 0,3 %_{масс} обладает пенообразующим свойством, кроме того, образует на поверхности очага пленку, препятствующую повторному воспламенению (рис. 1).

Одной из основных характеристик растворов пенообразователей является критическая концентрация мицеллообразования (ККМ). При ней концентрация на границе раздела фаз остается постоянной, но при этом происходит самоорганизация молекул вещества в растворе (агрегация), в результате чего образуются мицеллы. При достижении ККМ мицеллы находятся в термодинамическом равновесии с неассоциированными молекулами поверхностно-активного вещества. При концентрации выше критической весь избыток ПАВ находится в виде мицелл [7].

Проведено определение ККМ сульфонола методом определения электропроводности. Суть метода заключается в построении графика зависимости электропроводности раствора от концентрации ПАВ. По точке излома графика определяют значение ККМ [8].



Рис. 1. Плёнка на поверхности очага класса А, образованная при тушении водным раствором сульфонола

Для определения электропроводности раствора использовали установку, схема которой представлена на рис. 2.

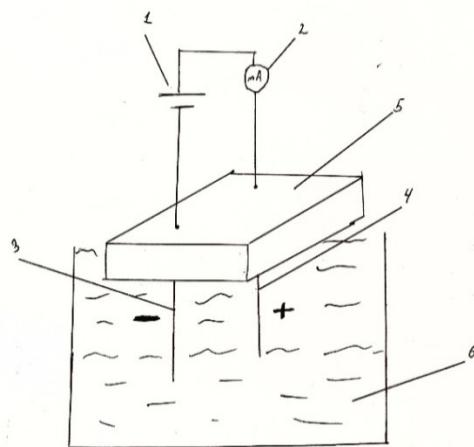


Рис. 2. Установка для определения проводимости раствора ПАВ. Цифрами обозначены:
1 – источник питания (1,5 В); 2 – миллиамперметр; 3, 4 – электроды;
5 – поплавок для крепления электродов; 6 – раствор сульфонола

В ёмкость заливали раствор сульфонола известной концентрации, погружали в него электроды, после чего замыкали цепь и фиксировали показания миллиамперметра. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты определения электропроводности раствора сульфонола

Концентрация сульфонола, % _{mass}	Показания миллиамперметра, мА	Сопротивление раствора, Ом
0,3	1,56	961,5
0,5	1,56	961,5
1	1,56	961,5
5	1,56	961,5

Провести эксперименты для больших концентраций сульфонола на данном этапе исследований не представилось возможным по экономическим причинам.

Таким образом, экспериментально установлено, что ККМ для сульфонола находится в диапазоне концентраций выше 5 %_{масс}.

Проведены огневые испытания по тушению газонаполненной пеной очага пожара класса В. Пену получали на основе водного раствора сульфонола, её пузырьки заполняли отработанными газами двигателя внутреннего сгорания. Схема устройства, использованного для получения пены, представлена на рис. 3.

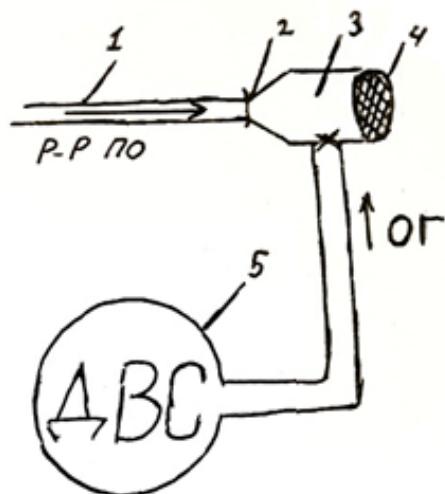


Рис. 3. Устройство для подачи газонаполненной пены. Цифрами обозначены:

- 1 – линия подачи раствора;
- 2 – переходник для крепления пенного ствола;
- 3 – пенный ствол;
- 4 – сетка;
- 5 – двигатель внутреннего сгорания (бензиновый)

Экспериментальный очаг пожара был выполнен по аналогии с модельным очагом пожара класса В соответствии с источником [9] и представлял собой металлический поддон диаметром 100 мм, в который заливали 50 мл бензина АИ-95. Отработанные газы к пенному стволу подводили с помощью шланга напрямую от выхлопной трубы автомобиля (рис. 4).

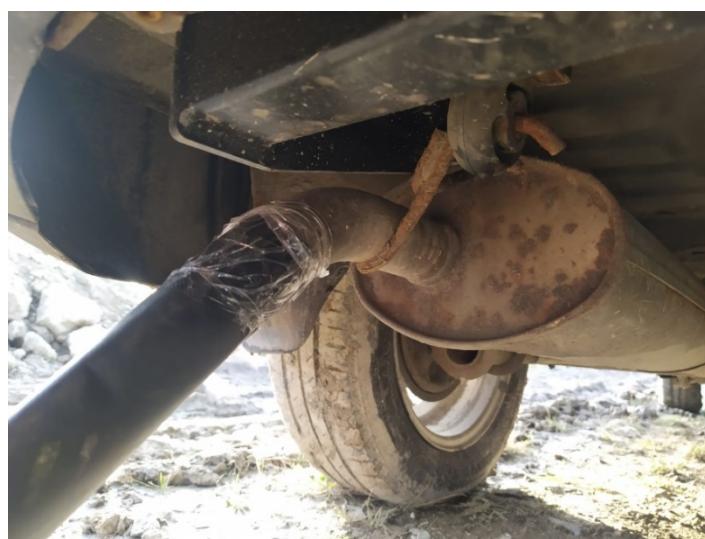


Рис. 4. Способ подвода выхлопных газов к пенному стволу

В ходе эксперимента испытывали пену, полученную на основе водного раствора сульфонола с разной концентрацией ($0,3\%_{\text{масс}}$, $0,5\%_{\text{масс}}$), а также изменяли заполнение пены (воздух/отработанные газы). После поджига выдерживали 30 с свободного горения и подавали пенона тушение. Фиксировали результат тушения, а также замеряли объём затраченного раствора. Для каждого вида пены эксперимент проводили не менее четырех раз в соответствии с [10].

Пена, заполненная отработанными газами, образует на поверхности экспериментального очага плотный изолирующий слой, препятствующий поступлению окислителя и повторному воспламенению (рис. 5).



Рис. 5. Слой газонаполненной пены на поверхности очага

Результаты экспериментов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты тушения очага класса В различными видами пены

ОТВ	Средний объём поданного раствора на тушение, мл	Количество успешно потушенных очагов
Раствор – сульфонол 0,3 % Заполнение пены – воздух	200	2
Раствор – сульфонол 0,3 % Заполнение пены – выхлопные газы	193	4
Раствор – сульфонол 0,5 % Заполнение пены – выхлопные газы	187	3

Заключение

Из результатов экспериментов видно, что средства дегазации и дезактивации на основе сульфонола пригодны для использования в целях пожаротушения.

Огневые испытания показали, что пена, наполненная отработанными газами, обладает более высокой огнетушащей эффективностью по сравнению с воздухонаполненной. Представляют интерес дальнейшие исследования в этом направлении и разработка способов применения газонаполненной пены в практической деятельности подразделений пожарной охраны.

Список источников

1. Мещеряков И.В., Алексеик Е.Б. Практическая оценка огнетушащего потенциала типовых дезинфицирующих, дегазирующих и дезактивирующих растворов на примере экспериментального очага пожара класса А // Естественные науки и пожаробезопасность: проблемы и перспективы исследований: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2024. С. 196–198.
2. Бухтояров В. И. Учебник сержанта химических войск. М.: Воениздат, 1988. 264 с.
3. Лебедева Н.Ш., Таратанов Н.А. Исследование физических и огнетушащих свойств пен с целевыми добавками // Современные проблемы гражданской защиты. 2021. № 4 (41). С. 85–93.
4. Tuning stability, rheology, and fire-extinguishing performance of advanced firefighting foam material by inorganic nanoparticle flame retardants / Yu. Sheng [et al.] // Journal of Colloid and Interface Science. 2025. Vol. 677. P. 378–389.
5. Environmentally friendly fluorine-free fire extinguishing agent based on the synergistic effect of silicone, hydrocarbon surfactants and foam stabilizers / G. Zhang [et al.] // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2024. Vol. 694. P. 134–216.
6. Effect of polyimide with different amount on flame retardant property of silicone foam / J. Ren [et al.] // Green Materials. 2025.
7. Баянов В.О., Салищева О.В. Определение критической концентрации мицеллообразования // Студенческий научный форум: материалы IX Междунар. студ. науч. конф. 2017.
8. Методы определения критической концентрации мицеллообразования: метод. указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Коллоидная химия». Курск, 2016. 13 с.
9. ГОСТ Р 51057–2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
10. ГОСТ Р 8.736–2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

References

1. Meshcheryakov I.V., Alekseik E.B. Prakticheskaya ocenka ognetushashchego potenciala tipovyh dezinficiruyushchih, degaziruyushchih i dezaktiviruyushchih rastvorov na primere eksperimental'nogo ochaga pozhara klassa A // Estestvennye nauki i pozharobezopasnost': problemy i perspektivy issledovanij: sb. materialov Vseros. nauch.-prakt. konf. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2024. S. 196–198.
2. Buhtoyarov V. I. Uchebnik serzhanta himicheskikh vojsk. M.: Voenizdat, 1988. 264 s.
3. Lebedeva N.Sh., Taratanov N.A. Issledovanie fizicheskikh i ognetushashchih svojstv pen s celevymi dobavkami // Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity. 2021. № 4 (41). S. 85–93.
4. Tuning stability, rheology, and fire-extinguishing performance of advanced firefighting foam material by inorganic nanoparticle flame retardants / Yu. Sheng [et al.] // Journal of Colloid and Interface Science. 2025. Vol. 677. P. 378–389.

5. Environmentally friendly fluorine-free fire extinguishing agent based on the synergistic effect of silicone, hydrocarbon surfactants and foam stabilizers / G. Zhang [et al.] // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2024. Vol. 694. P. 134–216.

6. Effect of polyimide with different amount on flame retardant property of silicone foam / J. Ren [et al.] // Green Materials. 2025.

7. Bayanov V.O., Salishcheva O.V. Opredelenie kriticheskoy koncentracii micelloobrazovaniya // Studencheskij nauchnyj forum: materialy IX Mezhdunar. stud. nauch. konf. 2017.

8. Metody opredeleniya kriticheskoy koncentracii micelloobrazovaniya: metod. ukazaniya k vypolneniyu laboratornyh rabot po discipline «Kolloidnaya himiya». Kursk, 2016. 13 s.

9. GOST R 51057–2001. Tekhnika pozharnaya. Ognetushiteli perenosnye. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytanij. Dostup iz inform.-pravovogo portala «Garant».

10. GOST R 8.736–2011. Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmerenij. Izmereniya pryamye mnogokratnye. Metody obrabotki rezul'tatov izmerenij. Osnovnye polozheniya. Dostup iz inform.-pravovogo portala «Garant».

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 10.07.2025; одобрена после рецензирования: 15.09.2025;
принята к публикации: 19.09.2025

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 10.07.2025; approved after review: 15.09.2025;
accepted for publication: 19.09.2025

Сведения об авторах:

Мещеряков Илья Вячеславович, преподаватель кафедры надзорной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ilya.mesch@mail.ru, SPIN-код: 5156-1928

Константинова Алина Станиславовна, преподаватель кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: as_konstantinova@mail.ru, SPIN-код: 5156-1928

Information about the authors:

Mescheryakov Ilya V., lecturer of the department of supervision of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: ilya.mesch@mail.ru, SPIN: 5156-1928

Konstantinova Alina S., lecturer of the department of physical and technical fundamentals of fire safety of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: as_konstantinova@mail.ru, SPIN: 5156-1928