DOI: 10.21178/2079-6080.2016.2.14
УДК 630*432.331

Результаты лабораторных исследований свойств быстротвердеющей пены с целью оценки возможности использования её для создания противопожарных пенных ПОЛОС

© Н.Д. Гуцев¹, Н.В. Михайлова¹, Г.Н. Куприн², Д.С. Куприн²,
А.В. Виноградов³, В.В. Виноградов³

The results of laboratory investigations of the properties of fast-hardening foam to assess the possibility of its use to create firefighting foam strips

N.D. Gutsev, N.V. Mihailova (Saint Petersburg Forestry Research Institute)

G.N. Kuprin, D.S. Kuprin (Joint-Stock Company “NPO “SOPOT”, Saint Petersburg)

A.V. Vinogradov, V.V. Vinogradov (ITMO University, Saint Petersburg)

The application of the foam is one way of fighting forest fires. Its disadvantages include the low foam stability and they add no flame retardants properties. We propose an innovative method for creating fast-hardening foam by mixing two components and the ejection of the resulting solution through a special device. The complete curing of the foam occurs within a few seconds (tens of seconds) and is determined by the ratio of the components. Fast-hardening foam has a high fire-extinguishing, adhesive and “covering” properties. According to the current classification it relates to rapidly biodegradable, safe substances. The results of laboratory studies, characteristics of solutions, designed for creating fast-hardening foam, held with the aim of assessing the possibility of using it for protection of combustible forest materials from the flames of a forest fire are presented. It is established that the ingredients used to produce foam, quickly mixed, and the solution is well kept at combustible forest materials. Evaluation of its properties showed that it adds the treated materials fire-retardant properties for a long time. This will allow you to use fast-hardening foam when fighting forest fires to laying long-term fire retardant strips, and possibly to

localization of crown fires. It is shown that under the influence of rain hardened foam will gradually remove away from combustible forest materials. The time of conservation of the studied foam in combustible forest materials will depend on the intensity and duration of precipitation. It is determined that the working concentration of the component of the foam should be 5-6% and the dosage applied to combustible forest materials not less than 2 l/m². It is shown that a higher concentration and dosage should be considered redundant. Basic possibility of use of fast-hardening foam for the treatment of combustible forest materials are given. It is experimentally proved that the foam deposited on the ground cover, shows at the same time fire-extinguishing composition of long-term action. This effect of the foam has been obtained for the first time.

Key words: foaming, fast-curing two-component foam, solution, concentration, methods of laboratory research, forest fire, forest combustible materials, extinguishing

Результаты лабораторных исследований свойств быстротвердеющей пены с целью оценки возможности использования её для противопожарных пенных полос

Н.Д. Гуцев, Н.В. Михайлова, Г.Н. Куприн, Д.С. Куприн, А.В. Виноградов, В.В. Виноградов

Применение пены является одним из способов борьбы с лесными пожарами. К его недостаткам можно отнести невысокую устойчивость пены и отсутствие у существующих пенообразователей антипиренных свойств. Предложен инновационный метод создания быстротвердеющей пены путём смешения двух компонентов и эжекции полученного раствора через специальный ствол. Полное отверждение пены происходит в течение нескольких секунд (десятков секунд), и продолжительность процесса определяется соотношением компонентов. Быстротвердеющая пена имеет высокие огнетушащие и адгезионные свойства и по существующей классификации относится к быстро разлагаемым безопасным веществам.

Приведены результаты лабораторных исследований характеристик растворов, предназначенных для получения быстротвердеющей пены, проведенных с целью оценки возможности применения её для защиты лесных горючих материалов (ЛГМ) от воздействия пламени. Установлено, что составляющие, используемые для создания пены, быстро перемешиваются, а раствор хорошо удерживается на ЛГМ. Оценка его антипиренных свойств показала, что раствор придаёт обработанным материалам огнезадерживающие свойства на длительное время. Это позволит использовать быстротвердеющую пену при борьбе с лесными пожарами для прокладки долговременных огнезащитных полос, а возможно, и для обработки древостоя с целью локализации верховых пожаров. Показано, что под воздействием дождя отвердевшая пена постепенно будет смываться с лесных горючих материалов. Время сохранения исследуемой пены на ЛГМ будет зависеть от интенсивности и продолжительности атмосферных осадков.

Определено, что рабочая концентрация компонентов при создании пены должна составлять 5-6%, а дозировка при нанесении на ЛГМ не менее 2 л/м². Показано, что более высокие концентрации и дозировку следует считать избыточными. Обоснована принципиальная возможность использования быстротвердеющей пены для обработки ЛГМ. Экспериментально доказано, что пена, нанесённая на напочвенный покров, является одновременно огнетушащим составом долговременного действия. Такой эффект для пенообразователя получен впервые.

Ключевые слова: пенообразователь, быстротвердеющая двухкомпонентная пена, раствор, концентрация, методики лабораторных исследований, лесной пожар, лесные горючие материалы, тушение

¹Гуцев Николай Дмитриевич — ведущий науч. сотр. НИО охраны и защиты леса, канд. технич. наук, доцент

E-mail: ngucev@mail.ru

¹Михайлова Нинель Вадимовна — ст. науч. сотр. НИО охраны и защиты леса, канд. хим. наук, доцент

E-mail: ninel3971@mail.ru

²Куприн Геннадий Николаевич — генеральный директор ООО “НПО СОПОТ”, канд. техн. наук

E-mail: sopot@sopot.ru

²Куприн Денис Сергеевич — начальник лаборатории взрывопожаропредотвращения ООО “НПО СОПОТ”

E-mail: dskuprin@mail.ru

³Виноградов Александр Валентинович — заместитель руководителя лаборатории «Растворная химия передовых материалов и технологий» Университета ИТМО, канд. хим. наук

E-mail: vinogradoffs@gmail.com

³Виноградов Владимир Валентинович — руководитель лаборатории «Растворная химия передовых материалов и технологий» университета ИТМО, канд. хим. наук

E-mail: vinogradoffs@mail.ru

¹ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства»

194021, Санкт-Петербург, Институтский пр., 21

Тел.: (812) 552-80-21, факс: (812) 552-80-42

²ООО “НПО СОПОТ”

196070, Санкт-Петербург, пос. Металлострой, ул. Дорога на Металлострой, 5, литера А

Тел./факс: (812) 464-61-41

³Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49

Тел.: (812) 232-97-04, факс: (812) 232-23-07

Введение

Помимо воды, наиболее востребованными веществами при тушении пожаров класса А (горение твёрдых веществ, сопровождаемое тлением) являются экологически безопасные жидкие композиции: смачиватели, пенообразователи, а также пенообразователи-смачиватели, обладающие одновременно хорошими пенообразующими и смачивающими свойствами. Последние используются, в основном, для прокладки пенных заградительных и опорных полос или в качестве смачивателя ЛГМ, реже — для активного тушения огня на кромке. Также нашли применение ОС, придающие обработанным ЛГМ негорючие свойства на длительное время (до первого дождя). Их принято называть огнетушащими составами долговременного действия. Подавляющее большинство огнетушащих составов (ОС) применяются в виде водных растворов различной концентрации.

Производимые в настоящее время пенообразователи и пенообразователи-смачиватели антипиренными свойствами не обладают. Помимо этого, пена при прокладке противопожарных полос достаточно быстро разлагается и перестаёт оказывать экранирующее действие на защищаемые ЛГМ. В связи с этим для борьбы с лесными пожарами предлагается использовать быстротвердеющие пены [2, 10, 11]. Они лучше и дольше задерживаются на обработанных поверхностях, чем традиционные воздушно-механические и могут служить для создания заградительных полос при нанесении на напочвенный покров. При этом наиболее перспективными предложено считать составы на основе растворов карбамидофор-

мальдегидной смолы и ортофосфорной кислоты [10].

В 2014-2015 гг. предприятием ООО «НПО СОПОТ» совместно с Университетом ИТМО разработана новая специализированная двухкомпонентная пенообразующая композиция СДКП-1, предназначенная для тушения твёрдых горючих материалов [2, 3, 11]. Она образуется при смешении двух жидких водонаполненных химикатов (далее они условно названы А и Б), один из которых является обычным пенообразователем, а другой создан на основе наночастиц кремнезёма и обеспечивает затвердевание пены, переводя её в керамическую фазу [13]. Напомним, что кремнезём — это обычный оксид кремния, например, кварц, материал химически инертный и экологически безопасный.

При смешении компонентов между собой и с воздухом в специальном стволе в процессе эжекции образуется гелеобразная вспененная субстанция (быстротвердеющая пена) с заданным временем отверждения. Частицы кремнезёма (рис. 1) способны полимеризоваться в пределах от 5 до 30 секунд. Время отверждения можно легко варьировать, меняя соотношение компонентов. Получаемая в результате пена является негорючим веществом и отличным теплоизолятором [1, 11]. Она обладает высокой огнестойкостью, хорошей адгезионной способностью, за счёт которой прилипает к поверхности практически любого твёрдого материала, в том числе к вертикальным и потолочным конструкциям. После застывания слой пены удерживается на защищаемых от огня предметах в течение десятков часов.

Рис. 1. Микроструктура кремнезёмной пены
(рисунок предоставил А.В. Виноградов)

В отличие от обычных пен, которые под воздействием пламени достаточно быстро испаряются, быстротвердеющая пена при нагреве не разрушается. В процессе испарения

воды кристаллизация аморфных частиц кремнезема усиливается (рис. 2) и образующийся каркас становится лишь прочнее и надежнее защищает обработанный объект [1].

Рис. 2. Полимеризация быстротвердеющей пены
(рисунок предоставил А.В. Виноградов)

Затвердевшая полимеризованная кремнезёмная пена не является твердой в прямом понимании этого слова. По консистенции она напоминает густой гель, который можно

удалить с поверхности механическим воздействием. На обработанном материале она может продержаться достаточно долго, фактически до первого дождя. Кремнезёмная пена

обладает способностью адсорбировать воду, и, впитав её, размягчается и легко подвергается механическому разрушению. В водном потоке такая пена медленно распадется до частиц кремнезёма диаметром 100-150 нм (см. рис. 1). На СДКП-1 получен сертификат соответствия первому классу биоразлагаемости по ГОСТ 32509-2013 [4] — вещества «быстро разлагаемые».

Высокая эффективность быстротвердеющей пены по сравнению с водой и традиционными пенообразователями доказана в ходе сравнительных экспериментов [2, 3, 12] по тушению модельных очагов пожара класса А

[6, 7] (рис. 3). Модельный объект представляет собой деревянный штабель в виде куба, сложенный из стандартных деревянных брусков и размещённый на твёрдой опоре. Двухкомпонентная пена хорошо эжектируется и лучше, чем обычная водонаполненная пена, удерживается на вертикальных поверхностях куба. Она обладает хорошей огнетушащей способностью, сравнимой с огнетушащим составом длительного действия ОС-5 (концентрация рабочего раствора 13%) — при их применении образуется гораздо меньше очагов повторных возгораний, чем при тушении воздушно-механической пеной.

Рис. 3. Тушение модельного очага пожара быстротвердеющей пеной

Задачи и объекты исследования

Известно, что из-за различий в структуре, плотности сложения и особенностей химического состава, процесс тушения древесины заметно отличается от тушения лесных горючих материалов [1, 8]. В связи с тем, что быстротвердеющая пена хорошо зарекомендовала себя при тушении древесины, представляет практический интерес оценка возможности использования данной композиции для придания ЛГМ негорючих свойств и создания на напочвенном покрове пенных заградительных и опорных полос. Для решения постав-

ленной задачи целесообразно провести исследования необходимых характеристик быстротвердеющей пены в лабораторных условиях — установить оптимальное соотношение компонентов А и Б при создании пены (рабочую концентрацию), оценить её огнезадерживающие свойства и определить дозировку пены при обработке напочвенного покрова.

Объектами исследования являлись специализированная двухкомпонентная композиция для пожаротушения, предназначенная для создания быстротвердеющей пены, входящие в её состав компоненты, их свойства и

взаимодействие с основными типами ЛГМ — зелёным мхом, лишайниками, лесной подстилкой (горизонт почвы А0) и торфом, на

которых в СПбНИИЛХ принято проводить оценку различных свойств ОС.

Методика исследований

Для оценки свойств быстротвердеющей пены использовались разработанные в СПбНИИЛХ и апробированные методики лабораторных исследования основных свойств ОС различных типов. Они достаточно подробно описаны в наших работах [1, 8]. Данные методики позволяют оценивать такие показатели, как время растворения компонентов; вязкость растворов и их поверхностное натяжение в зависимости от концентрации; смачивающую способность по основным видам ЛГМ; возможность растворов удерживаться на ЛГМ; устойчивость ЛГМ к огневому воздействию в зависимости от времени, прошедшего после обработки раствором ОС; огнезадерживающие свойства ОС, в том числе с использованием ЛГМ.

В связи с особенностями создания быстротвердеющей пены в существующие методики в процессе работы вносились необходимые коррективы, а некоторыми из них воспользоваться в полной мере не удалось по причинам, описанным ниже.

Объём и повторность экспериментов определялись количеством компонентов А и Б, предоставленных для испытаний (500 и 200 мл, соответственно). В связи с отсутствием в институте специального оборудования для эжектирования двухкомпонентной пены в условиях закрытого помещения исследования проводились непосредственно с химикатами А и Б, то есть пенообразователем и от-

верждающим составом, и с их растворами различной концентрации.

Результаты и их обсуждение

Так как состав не требуется смешивать с водой — оценивалась растворимость одного из его компонентов — Б в компоненте А при рекомендованной разработчиками концентрации 10% и меньших значениях. Опыты показали, что компонент Б хорошо растворяется в компоненте А. При получении концентрации 1% через несколько секунд раствор незначительно теряет прозрачность. В течение нескольких часов его консистенция (вязкость) не изменяется. При постепенном увеличении насыщенности раствора до 4% раствор мутнеет более заметно, а при 5-6% в нем начинается процесс мицеллообразования и появляются белые хлопья. Через 8-10 минут выпадает белый осадок, который начинает загустевать.

Смешивание компонентов для получения концентрации 10% производилось с использованием магнитной мешалки. В этом случае компонент Б быстро вливался в компонент А. Через 5-6 с полученный раствор переходил в плотное гелеобразное не текучее состояние.

Растворы с концентрацией от 5 до 10% при хранении в течение нескольких часов разделяются на две фракции — прозрачную жидкость и отвердевший белый осадок. При этом, чем выше концентрация, тем больше образуется осадка (рис. 4).

Рис. 4. Растворы компонентов различной концентрации: слева направо – 5, 10 и 1%

Для оценки длительности нахождения от-
вердевшей пены на напочвенном покрове при
воздействии атмосферных осадков проводил-
ось определение времени её растворения в
воде. Образцы для опытов были получены в
специализированной лаборатории
ООО «НПО СОПОТ» в капсуле, предназ-
наченной для получения быстротвердеющей
пены и проведения с ней огневых испытаний.

Эти эксперименты показали, что затвер-
девшая пена при концентрации 5-6% раство-
ряется в воде в течение 30 мин при интенсив-
ном перемешивании. То есть ОС, нанесённый
на напочвенный покров, под воздействием
дождя будет постепенно смываться в почву.
Время, необходимое для окончательного ис-
чезновения следов пены, будет зависеть от
количества и интенсивности осадков.

В то же время коагулят, образовавшийся в
10%-ной смеси, не растворялся при добавле-
нии любого количества воды в течение не-
скольких часов. При механическом дробле-
нии стеклянной мешалкой он разрушался на
мелкие, не растворяющиеся в воде частицы.
Это наблюдение и данные, полученные при
оценке растворимости, позволяют сделать вы-
вод, что данную концентрацию следует счи-
тать избыточной.

В связи с особенностями процесса полу-
чения быстротвердеющей пены (выпадение
осадка при смешивании компонентов) оценка
вязкости растворов не проводилась. Также в
связи с мицеллообразованием не представ-
ляется возможным определить поверхностное
натяжение растворов стагмометрическим
методом, поскольку образующиеся сгустки
засоряют капилляр. Поэтому, как и для других
составов долговременного действия, смачива-
ющая способность растворов оценивалась
косвенным образом – по времени намокания
основных видов ЛГМ (рис. 5). Данная харак-
теристика определяется путём насыпания на-
весок размолотых ЛГМ на поверхность иссле-
дуемых жидкостей. Время смачивания зелёно-
го мха раствором при концентрации 5% со-
ставило 7 мин, а водой (контроль) – 28 мин.
Навески лишайника, подстилки (горизонт
почвы A_0) и торфа не намокали в растворе в
течение более 1 ч. Таким образом, установле-
но, что тестируемый раствор обладает низкой
смачивающей способностью, примерно соот-
ветствующей огнетушащему составу ОС-5,
время смачивания которым зелёного мха –
около 3 мин.

Рис. 5. Определение смачивающей способности раствора

Согласно принятой методике предварительная оценка огнезадерживающих (антипиренных) свойств растворов проводилась с использованием полосок фильтровальной бумаги, которые на половину своей длины окунались в исследуемые растворы с концентрациями 1, 5 и 10%, а затем высушивались в условиях, близких к естественным, и поджигались с необработанной стороны. На всех экспери-

ментальных образцах при достижении пламенем пропитанной составом части полоски горение затухало. Контрольная полоска, обработанная водой, сгорела полностью.

Затем бумажные образцы были пропитаны компонентами А и Б по отдельности. В первом случае полоски сгорели только до половины (рис. 6), во втором — полностью.

Рис. 6. Предварительная оценка огнезадерживающих свойств

Эти эксперименты показали, что раствор, предназначенный для получения быстротвердеющей пены, может придавать обработанным материалам негорючие свойства на длительное время. То есть фактически данный пенообразователь является одновременно огнетушащим составом долговременного действия. Причём из двух исходных компонентов антипиренными свойствами обладает компонент А.

При оценке огнезадерживающих свойств раствора состава и его способности удержи-

ваться на ЛГМ опыты проводилась только на зелёном мхе. Как показали ранее выполненные работы [1, 8], это является достаточным на этапе лабораторных исследований.

В таблице приведены сравнительные результаты определения способности растворов удерживаться на зеленом мхе — тестируемой двухкомпонентной композиции и ряда других составов долговременного действия и пенообразователей [1]. В таблице приведены усреднённые данные по двум дозировкам — 2 и 3 л/м².

Таблица

Способность удерживаться на зелёном мхе растворов огнетушащих составов при различной их концентрации

Вид и марка огнетушащего состава	Концентрация раствора, %	Средняя способность удерживаться, на ЛГМ, %
Раствор двухкомпонентной композиции СДКП-1	5*	81,1
Огнетушащий состав долговременного действия FR CROS 134T	20	61,9
Огнетушащий состав долговременного действия ОС-5	13	54,7
Огнетушащий состав долговременного действия Амидофосфат КМ	40**	75,4
Огнетушащий состав долговременного действия ПТЖ КД ФУКАМ	100	61,7
Пенообразователь Файрэкс ТУ 2481-203-05744685-2003 с изм. 1,2	0,4	74,5
Пенообразователь ПО-6РЗ	1,0	95,3
Пенообразователь ПО-НСВ	0,5	84,0
Пенообразователи типа ПО-6ТС	0,4-0,5	84,3
Вода (контроль)	-	60,5

Примечания.

*Для двухкомпонентной композиции приведена концентрация компонента Б в компоненте А.

** В огнетушащий состав Амидофосфат КМ с целью увеличения смачивающих свойств дополнительно добавляется ПАВ (бытовой стиральный порошок) в количестве 1%.

Из таблицы видно, что исследуемая двухкомпонентная композиция достаточно хорошо удерживается на ЛГМ (зелёном мхе). По данной характеристике она превосходит другие составы долговременного действия и незначительно уступает некоторым пенообразователям.

Необходимо отметить, что в данном слу-

чае определялась способность удерживаться на ЛГМ раствора, используемого для создания пены. Для оценки этой характеристики у пен требуется создание специальной установки и разработка новой методики для определения количества пены, удержавшейся на различных типах ЛГМ, с учетом возможности стекания обычных воздушно-механических

пен, их относительно быстрого разрушения и возможности частичного впитывания в исследуемые материалы.

Определение огнезадерживающих свойств раствора двухкомпонентной композиции с использованием ЛГМ (зелёного мха) дало следующие результаты.

Образцы, обработанные раствором с концентрацией 5% и дозировкой 2 и 3 л/м², высушивались до влажности 10-15% и затем подвергались огневому воздействию. При этом они обгорали только в месте поднесения пламени. После его удаления горение затухало и происходило непродолжительное тление, которое также быстро прекращалось. Эти эксперименты показывают, что двухкомпонентная

композиция при концентрации более 5% и дозировке не менее 2 л/м² придаёт ЛГМ негорючие свойства.

На рисунке 7 показаны образцы растительных горючих материалов (листья брусники и берёзы, сухая и свежая хвоя сосны), обработанные быстротвердеющей огнестойкой пеной в ходе натурных лётных испытаний [12]. Через 7 суток после нанесения пены отобранные образцы были высушены в лабораторных условиях до влажности 10-15%. Огневое воздействие на них показало, что подсохшие материалы воспламеняются, но при устранении источника пламени горение затухает после непродолжительного тления.

Рис. 7. Образцы растительных горючих материалов, обработанных быстротвердеющей пеной

Учитывая результаты проведенных экспериментов, можно предположить, что созданные двухкомпонентной пеной на напочвенном покрове противопожарные заградительные полосы будут оставаться устойчивыми к огню на протяжении значительного времени.

В связи с тем, что в растворе двухкомпонентной композиции образуется твёрдый осадок, исследовать её пенообразующую способность по методике [1, 8] в лабораторных условиях не представляется возможным. Она

предусматривает перемешивание 500 мл раствора при помощи механической мешалки. Однако даже при концентрации 5% в растворе начинает образовываться осадок, а это не позволяет создать пену. Оценка кратности и устойчивости пены, образуемой при диспергировании раствора двухкомпонентной композиции, может быть проведена только в стендовых условиях с использованием специальной аппаратуры. Причём, учитывая отверждение пены после эжекции, корректно оце-

нить эти параметры с использованием ГОСТ Р 50588-2012 [5], является трудновыполнимой задачей.

Выводы

Проведенные исследования позволили в лабораторных условиях изучить некоторые свойства растворов, предназначенных для получения быстротвердеющей пены. Как показали эксперименты, в диапазоне концентраций от 0 до 10% компоненты А и Б хорошо смешиваются между собой.

Несмотря на то, что раствор исследуемой двухкомпонентной композиции обладает низкой смачивающей способностью, он хорошо удерживается на ЛГМ — лучше, чем другие, протестированные нами ранее огнетушащие составы длительного действия. Двухкомпонентная пена будет лучше держаться на ЛГМ, чем воздушно-механические пены, так как практически не стекает с них, но количественно оценить это свойство в настоящее время не представляется возможным из-за отсутствия соответствующего оборудования и методики.

Определены предварительные рекомендации по рабочей концентрации и дозировке пены на ЛГМ. Оптимальное соотношение компонентов А и Б при получении пены составляет 5-6%, а дозировка — не менее 2 л/м². При этих параметрах пена придаёт обработанному ЛГМ антипиренные свойства на длительное время, что позволяет отнести предлагаемую композицию к огнетушащим составом длительного действия. Пенообразователь, позволяющий придавать ЛГМ огнеза-

держивающие свойства на длительное время, разработан впервые. Концентрацию компонентов более 6% при использовании пены в лесу следует считать избыточной. Величину дозировки пены для различных лесорастительных условий следует уточнить в ходе натурных огневых испытаний. Также большой интерес представляет изучение возможности применения быстротвердеющей пены для обработки древостоев при борьбе с верховыми пожарами.

Созданные двухкомпонентной пеной противопожарные пенные полосы будут устойчивыми к воздействию огня на протяжении длительного времени. Отверждённая пена, полученная в ходе лабораторных исследований, при оптимальной концентрации растворяется в большом количестве воды, а, значит, будет смываться с напочвенного покрова атмосферными осадками. Продолжительность огнеустойчивости обработанных ЛГМ будет зависеть от частоты и интенсивности осадков. При их отсутствии это свойство может сохраняться на напочвенном покрове практически весь пожароопасный сезон.

В работе показана принципиальная возможность использования двухкомпонентной пены для нанесения на ЛГМ. Целесообразность её применения для борьбы с лесными пожарами должна быть определена после проведения натурных полевых исследований огнезадерживающих свойств противопожарных пенных полос и технико-экономической оценки эффективности её применения в сравнении с другими огнетушащими составами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Апробация новых огнетушащих химических составов и разработка рекомендаций по их применению: отчёт о НИР (заключ.) / ФБУ «СПбНИИЛХ»; рук. Гуцев Н.Д.; исполн.: Арцыбашев Е.С., Михайлова Н.В., Корчунова И.Ю. — СПб., 2014. — 254 с. — Библиогр.: с. 112–120. — № ГР 01201255954. — Инв. № 215022440055.
2. Виноградов, А.В. Повышение эффективности взрывопожаропредотвращения путем применения быстротвердеющей пены на основе структурированных частиц кремнезёма / А.В. Виноградов,

- Д.С. Куприн, И.М. Абдурагимов, Г.Н. Куприн, В.В. Виноградов // Безопасность. — 2015. — № 2. — С. 8–10.
3. Виноградов, А.В. Тактико-технические особенности ликвидации лесных пожаров путем применения быстротвердеющих пен / А.В. Виноградов, Д.С. Куприн, И.М. Абдурагимов, Г.Н. Куприн, В.В. Виноградов // Безопасность. — 2015. — № 2. — С. 2–5.
 4. ГОСТ 32509-2013 Вещества поверхностно-активные. Метод определения биоразлагаемости в водной среде. — Введ. 2013–11–22. — М.: Стандартинформ, 2014. — 26 с.
 5. ГОСТ Р 50588–2012. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний. — Введ. 2012–05–14. — М.: Стандартинформ, 2012. — 29 с.
 6. ГОСТ Р 51017-2009. Техника пожарная. Огнетушители передвижные. Общие технические требования. Методы испытаний. — Введ. 2009–02–18. — М.: Стандартинформ, 2009. — 40 с.
 7. ГОСТ Р 51057-2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. — Введ. 2001–11–25. — М.: Издательство стандартов, 2001. — 45 с.
 8. Гусев, Н.Д. Разработка методик лабораторных исследований огнетушащих растворов / Н.Д. Гусев, Н.В. Михайлова // Тр. Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства / ФБУ «СПбНИИЛХ»; председатель редкол., гл. ред. А.В. Константинов. — № 2. — СПб.: СПбНИИЛХ, 2015. — С. 55–70.
 9. Гусев, Н.Д. Результаты лабораторных исследований свойств новых огнетушащих составов для борьбы с лесными пожарами / Н.В. Михайлова, Н.Д. Гусев // Безопасность жизнедеятельности. — 2014. — № 4. — С. 33–39.
 10. Москвилин, Е.А. Борьба с лесными пожарами путем создания заградительных полос методом нанесения быстро твердеющей пены / Е.А. Москвилин, Е.С. Родионов, С.П. Ерохин, И.В. Волков // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. БГИТА. Вып. 41. — Брянск: БГИТА, 2015. — С. 62–64.
 11. ООО «НПО СОПОТ» / НПО СОПОТ. — Электрон. дан. — СПб., 2014. — Режим доступа: <http://www.sopot.ru>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус. — (Дата обращения: 02.11.2015).
 12. Отработка тактики и способов борьбы с лесными пожарами с помощью быстротвердеющей пены (СДКП-1): отчёт о НИР (заключ.) / ФБУ «СПбНИИЛХ», ООО «НПО СОПОТ»; рук. Гусев В.Г.; исполн.: Гусев Н.Д., Куприн Г.Н., Куприн Д.С., Ерицов А.М. и [др.]. — СПб., 2015. — 217 с. — Библиогр.: с. 204–208.
 13. Твёрдая пена против огня / Русская планета. Сделано русскими. — М., 2013. — Режим доступа: rusplt.ru/sdelano-russkimi/tverdaya-pena-protiv-ognya-17905.html, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус. — (Дата обращения: 06.11.2015).

REFERENCES

1. Aprobatsiya novykh ognetushashchikh khimicheskikh sostavov i razrabotka rekomendatsy po ikh primeneniyu: otchyot o NIR (zaklyuch.) / FBU «SPbNIILH»; ruk. Gutsev N.D.; ispoln.: Artsybashev E.S., Mikhaylova N.V., Korchunova I.Yu. — SPb., 2014. — 254 s. — Bibliogr.: s. 112–120. — № GR 01201255954. — Inv. № 215022440055.
2. Vinogradov, A.V. Povysheniye effektivnosti vzyvopozharopredotvrashcheniya putem primeneniya bystrotverdeyushchey peny na osnove strukturirovannykh chastits kremnezyoma / A.V. Vinogradov, D.S. Kuprin, I.M. Abduragimov, G.N. Kuprin, V.V. Vinogradov // Bezopasnost. — 2015. — № 2. — S. 8–10.

3. Vinogradov, A.V. Taktiko-tehnicheskiye osobennosti likvidatsii lesnykh pozharov putem primeneniya bystrotverdeyushchikh pen / A.V. Vinogradov, D.S. Kuprin, I.M. Abduragimov, G.N. Kuprin, V.V. Vinogradov // *Bezopasnost*. — 2015. — № 2. — S. 2–5.
4. GOST 32509-2013 Veshchestva poverkhnostno-aktivnye. Metod opredeleniya biorazlagayemosti v vodnoy srede. — Vved. 2013–11–22. — M.: Standartinform, 2014. — 26 s.
5. GOST R 50588–2012. Penoobrazovateli dlya tusheniya pozharov. Obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya i metody ispytany. — Vved. 2012–05–14. — M.: Standartinform, 2012. — 29 s.
6. GOST R 51017-2009. Tekhnika pozharnaya. Ognetusiteli peredvizhnye. Obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya. Metody ispytany. — Vved. 2009–02–18. — M.: Standartinform, 2009. — 40 s.
7. GOST R 51057-2001. Tekhnika pozharnaya. Ognetusiteli perenosnye. Obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya. Metody ispytany. — Vved. 2001–11–25. — M.: Izdatelstvo standartov, 2001. — 45 s.
8. Gutsev, N.D. Razrabotka metodik laboratornykh issledovaniy ognetushashchikh rastvorov / N.D. Gutsev, N.V. Mikhaylova // *Tr. Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaystva / FBU «SPbNIILH»*; predsedatel redkol., gl. red. A.V. Konstantinov. — № 2. — SPb.: SPbNIILKh, 2015. — S. 55–70.
9. Gutsev, N.D. Rezultaty laboratornykh issledovaniy svoystv novykh ognetushashchikh sostavov dlya borby s lesnymi pozharemi / N.V. Mikhaylova, N.D. Gutsev // *Bezopasnost zhiznedeyatel'nosti*. — 2014. — № 4. — S. 33–39.
10. Moskvilin, E.A. Borba s lesnymi pozharemi putem sozdaniya zagraditelnykh polos metodom naneseniya bystro tverdeyushchey peny / E.A. Moskvilin, E.S. Rodionov, S.P. Yerokhin, I.V. Volkov // *Aktualnye problemy lesnogo kompleksa: sb. nauch. tr. BGITA. Vyp. 41*. — Bryansk: BGITA, 2015. — S. 62–64.
11. ООО «NPO SOPOT» / NPO SOPOT. — Elektron. dan. — SPb., 2014. — Rezhim dostupa: <http://www.sopot.ru>, svobodny. — Zagl. s ekrana. — Yaz. rus. — (Data obrashcheniya: 02.11.2015).
12. Otrabotka taktiki i sposobov borby s lesnymi pozharemi s pomoshchyu bystrotverdeyushchey peny (SDKP-1); otchyot o NIR (zaklyuch.) / FBU «SPbNIILH», ООО «NPO SOPOT»; ruk. Gusev V.G.; ispoln.: Gutsev N.D., Kuprin G.N., Kuprin D.S., Eritsov A.M. i [dr.]. — SPb., 2015. — 217 s. — Bibliogr.: s. 204–208.
13. Tyordaya pena protiv ognya / *Russkaya planeta. Sdelano russkimi*. — M., 2013. — Rezhim dostupa: rusplt.ru/sdelano-russkimi/tverdaya-pena-protiv-ognya-17905.html, svobodny. — Zagl. s ekrana. — Yaz. rus. — (Data obrashcheniya: 06.11.2015).

Статья поступила в редакцию 11.01.2016.