



DOI 10.21178/2079-6080.2017.1.62  
УДК 630\*432.331

## Результаты разработки нового универсального огнетушащего состава со смачивающими, пенообразующими и антипиренными свойствами

© Н.Д. Гуцев, Н.В. Михайлова, Н.А. Грабежева

---

### **The results of the development of a new universal fire-extinguishing agent with wetting, foaming and flame retardant properties**

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

Wetting agents and foaming agents currently used in the fight against forest fires, do not have flame-retardant properties and can not provide non-combustible properties for forest combustible materials processed by them for longer than 24 hours. At the same time, the compositions of the long-term impacts of having high fire-extinguishing ability despite the content of a certain amount of surfactants, can wet forest combustible materials very bad and can not create foam. During the patent search it was found that universal extinguishing agents with high wetting and foaming properties and at the same time having ability preventing a burning of forest combustible materials more than 1 day – had not proposed currently.

The result of this work created a new universal fire-extinguishing agent having wetting, foaming agent and flame-retardant properties. A technical specification containing the requirements for the new universal fire-extinguishing composition and its solutions, and its technical and operational characteristics has been developed. In 2015 the optimal receipt were selected and a sample of the new universal fire-extinguishing composition in the form of a liquid concentrate was made in the laboratory. Experiments to determine the necessary characteristics, as well as full-scale field tests confirmed that the parameters of the new composition meets the requirements of the technical specifications and it can be used in the fight against forest fires. Comparative data showing that the main technical parameters of the universal fire-extinguishing agents are on the level of the best existing samples are presented. It is noted that new fire extinguishing chemical has a very high ability to stay on combustible forest materials and its main advantages are considered.

**Key words:** forest fire, forest combustible materials, extinguishing agent, wetting agent, foaming agent, fire-retardant composition, the composition is long-lasting, working solution concentration

**Результаты разработки нового универсального огнетушащего состава со смачивающими, пенообразующими и антипиренными свойствами**

**Н.Д. Гуцев, Н.В. Михайлова, Н.А. Грабежева**

Смачиватели и пенообразователи, используемые в настоящее время при борьбе с лесными пожарами, не обладают огнезадерживающими свойствами и не могут придавать обработанным ими лесным горючим материалам негорючие свойства на время более 24 часов. В то же время составы долговременного действия, имеющие высокую огнетушащую и огнезадерживающую способность, несмотря на содержание в них определенного количества поверхностно-активных веществ, очень плохо смачивают лесные горючие материалы и не могут создавать пены. В ходе патентного поиска установлено, что универсальных огнетушащих веществ, имеющих высокие смачивающие и пенообразующие характеристики и одновременно способных придавать лесным горючим материалам способность не гореть более 1 суток – в настоящее время не разработано.

В результате проведенных работ создан новый универсальный огнетушащий состав, обладающий смачивающими, пенообразующими и огнезадерживающими свойствами. Разработано техническое задание, содержащее требования к новому универсальному огнетушащему составу и его растворам, а также к его технико-эксплуатационным характеристикам. В 2015 г. была подобрана оптимальная рецептура и изготовлен лабораторный образец нового универсального огнетушащего состава в виде жидкого концентрата. Опыты по определению необходимых характеристик, а также натурные полевые испытания подтвердили, что по своим параметрам новый состав отвечает требованиям технического задания и его можно использовать при борьбе с лесными пожарами.

Приведены сравнительные данные, показывающие, что основные технические параметры универсального огнетушащего состава находятся на уровне лучших существующих образцов. Отмечено, что новый огнетушащий химикат обладает очень высокой способностью удерживаться на лесных горючих материалах, рассмотрены его основные преимущества.

**Ключевые слова:** лесной пожар, лесные горючие материалы, огнетушащий состав, смачиватель, пенообразователь, огнезадерживающий состав, состав долговременного действия, рабочая концентрация раствора

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

E-mail: [ngucev@mail.ru](mailto:ngucev@mail.ru)

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

E-mail: [ninel3971@mail.ru](mailto:ninel3971@mail.ru)

Грабежева Наталья Александровна

E-mail: [for\\_natalie@mail.ru](mailto:for_natalie@mail.ru)

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

194021, Санкт-Петербург, Институтский пр., 21

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

### Состояние вопроса

Применение огнетушащих химических составов является одним из способов борьбы с лесными пожарами различного вида и интенсивности, как при прямом, так и при косвенном методах тушения. Огнетушащие составы (ОС) применяются в виде растворов различной концентрации и (или) пены для создания опорных и заградительных полос, в том числе долговременных, при борьбе с лесными верховыми и низовыми пожарами, для непосредственного тушения подземных (торфяных, подстильно-гумусовых) и низовых пожаров слабой и средней интенсивности [9].

Согласно существующей классификации, по механизму тушения огнетушащие составы для борьбы с лесными пожарами подразделяются на смачивающие, пенообразующие, огнезадерживающие (ретарданты) и огнетушащие [2, 12, 13]. В отдельную группу выделяют гелеобразные загущенные составы [1].

Смачиватели используются для снижения поверхностного натяжения воды и увеличения её смачивающей способности. Применяются в основном для тушения торфяных и подстильно-гумусовых пожаров. Ранее выполненные работы [1, 7, 8] показали, что современные образцы имеют очень высокую смачивающую способность по лесным горючим материалам (ЛГМ). Однако они не обладают пенообразующими и огнезадерживающими свойствами, а, следовательно, их применение не позволяет создавать пенные заградительные и опорные полосы при борьбе с низовыми и верховыми пожарами, а также заградительные полосы долговременного действия на пути движения низовых пожаров. Рабочая концентрация лучших из современных смачивателей составляет 0,1-0,4%.

Пенообразователи применяются для получения пены низкой, средней и высокой кратности и создания пенных опорных полос для пуска отжига от них перед фронтом верховых и сильных низовых пожаров, а также для создания заградительных полос перед низовыми пожарами слабой и средней интенсивности. Подавляющее большинство пенообразователей изготавливаются

на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ) и поэтому, помимо основного назначения — создания пены различной кратности, обладают смачивающей способностью. Её величина зависит от назначения и марки пенообразователя. Однако пена, имея высокую устойчивость к самопроизвольному разрушению и воздействию термического излучения открытого пламени, огнезадерживающими свойствами не обладает и, следовательно, не может применяться для прокладки заградительных полос долговременного действия. Рабочая концентрация пенообразователей, специально разработанных для тушения лесных пожаров при использовании их в качестве смачивателей, сравнительно низка и составляет 0,4-0,8%. При создании пены она колеблется в пределах от 1 до 5% в зависимости от требуемой кратности.

Огнезадерживающие составы придают обработанным ими ЛГМ негорючие свойства на время не менее 1 суток при условии отсутствия осадков. Они используются для прокладки химических заградительных полос долговременного действия, препятствующих продвижению кромки лесных пожаров слабой и средней интенсивности, придавая обработанным ЛГМ негорючие свойства фактически до первого дождя. Это обеспечивает время для подхода основных сил и средств тушения. Также они применяются для активного тушения пламени на кромке низовых лесных пожаров и дотушивания несгоревших очагов на выгоревшей площади. Их применение позволяет существенно уменьшить количество повторных возгораний. Данные составы не обладают пенообразующими свойствами, и, несмотря на содержание в них ПАВ, имеют крайне низкую смачивающую способность. По данной характеристике они практически не отличаются от воды [1, 7, 8]. Рабочие концентрации данных составов колеблются в значительных пределах — от 8 до 25%, а у некоторых ОС достигают и 100%.

Огнетушащими называют составы с повышенной огнегасящей способностью, которая обусловлена содержанием в них химических веществ с антипиренными свойствами.

Анализ специальной литературы и патентной информации [6, 10, 11] по рассматриваемому вопросу показал, что составов, обладающих одновременно высокими смачивающими свойствами, хорошей пенообразующей способностью и огнезадерживающим действием, в настоящее время не разработано. Промышленностью подобные составы не выпускаются. Сложность их создания связана с антагонизмом веществ, отвечающих за различные свойства многокомпонентных ОС [3]. Смачиватели и пенообразователи изготавливаются на основе ПАВ, которые плохо смешиваются с азотфосфоросодержащими соединениями и другими антипиренными компонентами, наиболее часто используемым для создания ОС долговременного действия.

#### **Цели и задачи исследования**

В 2015 г. СПбНИИЛХ приступил к разработке нового универсального огнетушащего состава, обладающего одновременно высокой смачивающей, пенообразующей и огнезадерживающей способностью. В ходе выполнения этих работ были изготовлены лабораторные образцы (5 вариантов), отвечающие выдвинутым исходным требованиям [6]. На основании полученных результатов в 2016 г. исследования были продолжены с целью создания экспериментального образца нового универсального состава. При их выполнении необходимо было решить следующие задачи: выбрать форму выпуска состава, разработать техническое задание (ТЗ) на новый ОС, включающее технические требования к нему, создать экспериментальный образец нового ОС с оптимальным соотношением компонентов, провести его лабораторные исследования и полевые испытания, проверить его на экологическую безопасность, подготовить проект технических условий на производство универсального ОС и предварительные рекомендации по его применению.

#### **Результаты исследований**

В результате проведенного анализа предложено считать предпочтительным выпуск универсального огнетушащего состава в жидкой форме. Это связано с тем, что лабо-

раторный образец, изготовленный в виде жидкости, растворяется в 4 раза быстрее, чем порошкообразный: менее чем за 20 с вместо 1 мин 20 с [6]. Помимо этого, жидкий состав в дальнейшем можно опробовать для использования не только наземными, но и авиационными техническими средствами для добавки в вертолетные водосливные устройства при помощи систем СДП-1 или СПС-1.

Разработано ТЗ на универсальный огнетушащий состав в соответствии с ГОСТ 19.201-78 [4]. В его основу положены исходные требования, выработанные на первом этапе исследований [6]. В данной работе приведен полный перечень физико-химических и технико-эксплуатационных характеристик, и других необходимых показателей состава. В связи с решением о выпуске его в жидкой форме, численные значения некоторых характеристик были незначительно откорректированы в сторону ужесточения.

Физико-химические характеристики нового состава: внешний вид, плотность, кинематическая и динамическая вязкость, водородный показатель (рН), температура определялись по гостированным методикам [6].

Определение технико-эксплуатационных требований (иначе – показателей качества) огнетушащего состава и его растворов, проводилось при помощи методик, разработанных СПбНИИЛХ [1, 5]:

- методика определения времени растворения огнетушащих составов в воде;
- методика определения вязкости рабочих растворов огнетушащих составов;
- методика определения поверхностного натяжения водных растворов огнетушащих составов;
- методика определения времени смачивания различных видов лесных горючих материалов (ЛГМ) растворами огнетушащих составов;
- методика определения рабочих концентраций растворов огнетушащих составов, обладающих смачивающими свойствами;
- методика оценки пенообразующих свойств растворов огнетушащих составов и устойчивости пены;
- методика предварительной оценки огнезадерживающих свойств огнетушащих составов долговременного действия;

- методика оценки огнезадерживающих свойств огнетушащих составов долговременного действия с использованием ЛГМ;

- методика определения способности водных растворов огнетушащих составов удерживаться на ЛГМ. (Данная характеристика техническими требованиями не нормируется, она была необходима для сравнения с ранее существующими составами, поскольку этот показатель имеет большое значение при оценке способности огнетушащих составов впитываться в ЛГМ).

Ранее был выполнен анализ известных в химии водорастворимых фосфорорганических неорганических соединений, применяемых для антипиренной пропитки древесины, а также в качестве компонентов в огнетушащих и огнезадерживающих составах [3]. С использованием этих данных на основе жидкой рецептуры лабораторного образца, разработанной в 2015 г. [6], был изготовлен первый вариант экспериментального образца универсального огнетушащего состава. В него входили пенообразователи, используемые при производстве пенообразователя Файрэкс, а также бишофит, карбамид и вода в определенном процентном соотношении. Лабораторные испытания проводились в соответствии с разработанной «Программой и методикой лабораторных испытаний ...» [11]. По их результатам были сделаны следующие выводы:

- по подавляющему числу показателей экспериментальный образец соответствует требованиям ТЗ;

- необходимо увеличение смачивающей способности экспериментального образца по торфу и зелёному мху;

- целесообразна доработка экспериментального образца с целью уменьшения количества осадка, присутствующего в составе.

С учетом выявленных недостатков рецептура экспериментального образца была доработана: бишофит был заменен другим широко известным антипиреном — диаммонийфосфатом. Было также учтено, что бишофит является коррозионно агрессивным веществом, что потребовало бы в дальнейшем введения в состав дополнительных ингибирующих добавок. Выбор диаммонийфосфата в качестве антипиренного компонента нового состава обусловлен также и

тем, что он часто применяется для пропитки тканей, фанеры и древесины с целью придания им огнестойкости; при приготовлении растворов для противопожарной обработки деревянных конструкций зданий и других возгораемых материалов; в производстве огнетушащих порошков. Ранее было установлено, что замена доли диаммонийфосфата на карбамид не только не снижает огнезащитной способности антипирена, но при определенном их соотношении даже усиливает эффект вследствие синергизма [3].

При поиске оптимального соотношения смачивающих, пенообразующих и антипиренных компонентов было подготовлено 4 варианта состава. Количество антипиренов в них составило 10, 20, 25 и 30%. Соотношение диаммонийфосфата и карбамида в этих образцах было выбрано в соответствии с рекомендациями [3]: доля мочевины 20-35%, диаммонийфосфата 65-80%.

При сравнении между собой данных рецептур оценивались только основные характеристики, определяющие эффективность применения огнетушащего состава — смачивающая способность по зелёному мху, пенообразующая и огнезадерживающая способность (предварительно). Анализ полученных результатов показал, что оптимальное количество антипиренных компонентов в исследованных образцах составляет 20%. Для уменьшения времени смачивания ЛГМ было также решено дополнительно добавить в состав небольшое количество сульфанола (1-2%).

В окончательном варианте в новый ОС вошли следующие компоненты: алкилсульфаты линейных и нелинейных жирных спиртов (25-30%), смачиватели группы оксипропилированных жирных спиртов (7-15%), смесь сахаров и декстринов (25-30%), диаммонийфосфат кормовой (13-15%), карбамид (5-7%), сульфанол (0,5-1,5%) и вода.

В сводной таблице (табл. 1) представлены основные технические требования и результаты лабораторных исследований по определению физико-химических характеристик и показателей качества доработанного экспериментального образца универсального огнетушащего состава и его растворов различной концентрации.

Таблица 1

Требования к основным свойствам и значения физико-химических характеристик и показателей качества доработанного экспериментального образца универсального огнетушащего состава и его растворов, полученные в результате лабораторных исследований

Наименования показателей	Значения показателей	
	Требуемые	Полученные в результате испытаний
<b>Физико-химические характеристики</b>		
1. Внешний вид	Однородная жидкость без расслоения с незначительным осадком	Однородная жидкость соломенного цвета без осадка и расслоения
2. Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	1000-1200	1140
3. Кинематическая вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> • с <sup>-1</sup>	350 (max)	234
4. Динамическая вязкость при 20 °С, Па • с	0,11 (max)	0,03
5. Водородный показатель pH состава	6,5-9,0	6,8
6. Температура застывания, °С	-3 (max)	-5
<b>Показатели качества огнетушащего состава и его растворов</b>		
7. Время растворения в питьевой воде при температуре 20 °С для получения требуемой рабочей концентрации 0,8-15,0% об. при использовании в качестве смачивателя ЛГМ, пенообразователя и состава долговременного действия, с	15-45 (max)	Менее 4 при всех концентрациях
8. Вязкость рабочего раствора по вискозиметру Марша при использовании в качестве состава долговременного действия (концентрация 15% об.), с:		
- при температуре 20 °С;	45	33
- при температуре 10 °С	50	34
Вода (контроль)	35	-
9. Поверхностное натяжение раствора измеренное, мН/м:	32	
- концентрация 0,6% об.;		25,53
- концентрация 0,8% об.;		24,50

- концентрация 3,0% об.;		23,56
- концентрация 5,0% об.;		23,08
- концентрация 15,0% об.		22,23
10. Время смачивания основных видов ЛГМ при концентрации 0,6-0,8% об. (При большей концентрации рабочего раствора время смачивания не должно быть выше указанных значений)	-	-
10.1. Время смачивания основных видов ЛГМ при концентрации 0,6% об., с:		
- зелёный мох;	60	53
- лишайник;	120	30
- подстилка;	90	26
- торф	120	117
10.2. Время смачивания основных видов ЛГМ при концентрации 0,8% об., с:		
- зелёный мох;	60	34
- лишайник;	120	24
- подстилка;	90	21
- торф	120	67
10.3. Время смачивания основных видов ЛГМ при концентрации от 2,0 до 15,0% об., с	60-120	2-13 по всем видам ЛГМ
11. Рабочая концентрация огнетушащего состава при использовании в качестве смачивателя ЛГМ по зелёному мху, лишайнику, подстилке и торфу, % об.	0,6-0,8 (max)	0,6
12. Пенообразующая способность раствора концентрацией 3% об., приготовленного с использованием питьевой воды:		
- кратность пены из рабочего раствора	5-15	5,5
- устойчивость пены, с	100 (min)	100



- коэффициент устойчивости пены	0,8 (min)	0,82
13. Рабочая концентрация огнетушащего состава при использовании в качестве пенообразователя, % об.		
- низкая кратность;	2-3 (max)	3
- средняя кратность;	3-5 (max)	4
- высокая кратность	3-5 (max)	5
14. Концентрация огнетушащего состава, при которой обработанные ЛГМ не должны воспламеняться в течение 1 суток (24 ч) после обработки		
14.1. Концентрация огнетушащего состава, при которой обработанные полоски фильтровальной бумаги не должны воспламеняться в течение 1 суток (24 ч) после обработки, % об.	13-15	Высушенные полоски не сгорают при концентрации 15% об. и сгорают при меньшей концентрации
14.2. Концентрация огнетушащего состава, при которой обработанные ЛГМ не должны воспламеняться в течение 1 суток (24 ч) после обработки, % об.	13-15	Высушенные образцы ЛГМ не сгорают при концентрации 15% об. и сгорают при меньшей концентрации
15. Рабочая концентрация огнетушащего состава при использовании его в качестве состава долговременного действия, % об.	13-15	15
16. Удерживающая способность растворов экспериментальных образцов универсального огнетушащего состава на основных видах ЛГМ при различной концентрации от 0,6-0,8% об., до 13-15% об. и дозировках 2 и 3 л/м <sup>2</sup>	Не нормируется	На зелёном мхе от 76,3% до 100,0% в зависимости от концентрации и дозировки; на лишайнике от 37,3% до 59,2%

Проведенные опыты позволили определить и рабочие концентрации растворов нового ОС при различных видах использования, которые также приведены в таблице (п. п. 11, 13, 15).

По своим физико-химическим характеристикам доработанный экспериментальный образец практически не отличается от современных, наиболее эффективных в своих классах составов-смачивателей и пенообра-



зователей [1, 8]. По внешнему виду (рис. 1) он представляет собой однородную жидкость соломенного цвета без осадка и расслоения, плотностью 1140 кг/м<sup>3</sup>.



Рис. 1. Доработанный экспериментальный образец универсального огнетушащего состава

По вязкости универсальный состав является более густым, чем пенообразователь Файрэкс, разработанный для подачи в вертолётные водосливные устройства. Время вытекания экспериментального образца из воронки Марша в 2,3 раза больше. Поэтому для оценки возможности использования нового состава авиационными средствами целесообразно проведение дополнительных стендовых испытаний.

Водородный показатель рН современных составов колеблется в пределах 6,5-9,0. У нового состава он равен 6,8 и находится в пределах, заданных ТЗ. Состав загустевает

при отрицательных температурах воздуха, но его применение в холодный период и не планируется.

Ниже приведены результаты сравнительной оценки показателей качества универсального огнетушащего состава и его растворов с характеристиками современных ОС различных типов [1, 8]. Для сопоставления использовались данные ранее проведенных исследований по смачивателям Атомик, ТПМ, СП-01, пенообразователям – Файрэкс, Ansul SILV-EX, Фос-Чек WD-881, жидким ОС долговременного действия – Метафосил, FR CROS 134Т, Амидофосфат КМ, гранулированным ОС долговременного действия – ОС-5, ОС-5У [1, 6, 8, 10].

Время растворения различных ОС при получении растворов различных рабочих концентраций приведено в таблице 2.

Время растворения универсального огнетушащего состава при комнатной температуре для получения максимально возможной рабочей концентрации 15% не превышает 4 с (табл. 1, п. 7). При понижении температуры воды до 10 °С оно увеличивается весьма незначительно – до 5 с. При этом следует отметить, что новый состав растворяется намного быстрее, чем гранулированные составы долговременного действия ОС-5 и ОС-5У. Время их растворения составляет 1 мин 30 с и 3 мин соответственно [1].

Оценка вязкости рабочего раствора нового состава с концентрацией 15% показала, что время его истечения из воронки Марша составляет 33 с при 10 °С и 34 с при 20 °С (табл. 1, п. 8), что соответствует показателю для воды (34 с). Следовательно, при

Таблица 2

Время растворения огнетушащих составов при получении различных рабочих концентраций

Тип ОС	Рабочая концентрация, %	Время растворения, с
Смачиватели	0,1-0,4	5-65
Пенообразователи	2,0-3,0	5-10
Жидкие ОС долговременного действия	15,0-20,0	7-12
Гранулированные ОС долговременного действия	8,0-13,0	90-180
Универсальный ОС	0,6-15,0	4-5

перекачке раствора по трубопроводам и пожарным магистралям трудностей не возникнет.

Сравнительный анализ снижения поверхностного натяжения растворов нового состава (табл. 1, п. 9) показал, что они, при одинаковой концентрации, снижают поверхностное натяжение не хуже, чем существующие смачивающие и пенообразующие составы, и даже превосходят большинство из них [11], кроме самого эффективного в настоящее время смачивателя Атомик и специально разработанного для тушения лесных пожаров пенообразователя-смачивателя Файрэкс.

По смачивающей способности (табл. 1, п. 10) универсальный ОС по некоторым образцам ЛГМ лишь незначительно уступает лучшим смачивателям и пенообразователям, но превосходит некоторые из них, особенно по наиболее плохо смачиваемым типам ЛГМ – лишайнику, подстилке, торфу [11]. Необходимо также подчеркнуть, что современные, наиболее эффективные огнетушащие составы долговременного действия при рабочей концентрации (8–20%) обладают крайне низкой смачивающей способностью (сравнимую с водой) или не имеют её совсем [1]. В то время как новый состав при концентрации 15% обладает этой способностью в очень высокой степени (табл. 1, п. 10.3). При использовании его в качестве смачивателя рабочая концентрация составляет 0,6%, что не превышает значений для рабочих растворов большинства современных пенообразователей [9].

Сравнение пенообразующей способности нового состава (табл. 1, п. 12) и пенообразователя Файрэкс показала, что кратность пены у обоих составов практически одинакова, но ее устойчивость у нового ОС несколько ниже (в пределах требований ТЗ).

В ходе предварительной оценки огнезадерживающей способности нового ОС с использованием фильтровальной бумаги было установлено, что подвергнутые огневому воздействию высушенные после обработки растворами с концентрацией 13% полоски сгорели на пропитанной части не более чем на 2 см (рис. 2). То есть эти кон-

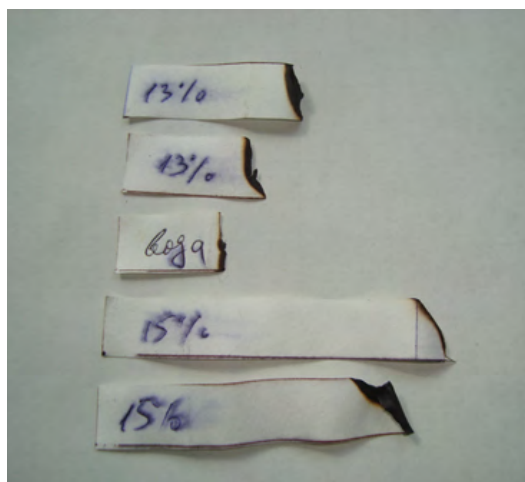


Рис. 2. Результаты предварительной оценки огнезадерживающей способности растворов универсального состава при концентрациях 13 и 15%

центрации не являются эффективными. При увеличении насыщенности раствора до 15% прогорела только необработанная часть полоски, поэтому данную концентрацию состава предварительно можно считать рабочей. (При этом контрольная полоска, сгорела практически полностью).

Основная оценка огнезадерживающей способности растворов нового ОС проводилась с использованием одного из видов ЛГМ – зелёного мха. Она показала, что все образцы, обработанные раствором с концентрацией 15% и высушенные в течение суток, выдержали воздействие открытого пламени (рис. 3). В некоторых случаях наблюдалось незначительное обгорание мха в месте поднесения пламени и непродолжительное тление (не более 30 с). Таким образом, по огнезадерживающей способности доработанный вариант ОС соответствует требованиям ТЗ. Рабочая концентрация раствора для придания ЛГМ огнезадерживающих свойств на время не менее 1 суток – 15% (табл. 1, п. 15).

Также была оценена способность растворов нового ОС удерживаться на ЛГМ (табл. 1, п. 16). Было установлено, что по этой характеристике он значительно превосходит воду и сравним с самыми эффективными смачивателями и пенообразователями [11], а при концентрации 15% его свойство впитываться в ЛГМ существенно выше, чем у других ОС



Рис. 3. Образцы зелёного мха, обработанные раствором универсального ОС, после огневого воздействия

долговременного действия, обладающих низкой смачивающей способностью.

Проведенные лабораторные исследования продемонстрировали, что все физико-химические характеристики и показатели качества нового универсального огнетушащего состава и его растворов соответствуют требованиям ТЗ, и находятся на уровне лучших ОС, используемых для борьбы с лесными пожарами.

Также была проведена экспертная оценка возможного влияния универсального ОС на окружающую среду. Такой подход позволяет прогнозировать опасность смесового продукта по его компонентам. Было определено, что все химикаты, входящие в рецептуру нового ОС, являются экологически безопасными, имеют высокую степень биоразложения, используются в качестве подкормки для животных, удобрений или при производстве моющих средств. Синергетический эффект при их смешении отсутствует.

Технологический процесс локализации лесных пожаров с применением огнетушащих химических веществ включает в себя два основных этапа – приготовление рабочих растворов определенной концентрации и нанесение их на напочвенный покров или подача на кромку пожара с необходимой дозировкой. Для этого используются ручные или механизированные наземные технические средства.

С целью установления в полевых условиях соответствия показателей качества универсального огнетушащего состава тре-

бованиям ТЗ и оценки возможности использования его для борьбы с лесными пожарами были проведены натурные испытания. Для их выполнения была разработана специальная программа и методика [11], которая предусматривала выполнение в полевых условиях следующих работ:

- оценка растворимости ОС и времени приготовления рабочих растворов различной концентрации;
- сравнительная оценка пенообразующей способности (кратности и стойкости пены) рабочего раствора ОС;
- оценка огнезадерживающей способности противопожарных заградительных и опорных полос кратковременного и долговременного действия, проложенных раствором ОС и пеной;
- уточнение концентраций и дозировок рабочих растворов ОС при прокладке заградительных и опорных полос в различных лесорастительных условиях;
- определение минимальной ширины заградительных и опорных полос, созданных раствором ОС и пеной.

Полевые испытания проводились в Ленинградской области на территории Липовского участкового лесничества Лужского лесничества Министерства обороны России (квартал 176, выделы 1 и 3). Водные растворы ОС готовились на месте организации экспериментов. Для этого применялась вода из близлежащего озера, отфильтрованная от крупных частиц. Для сравнения использовались пенообразователь Файрэкс и огнетуша-



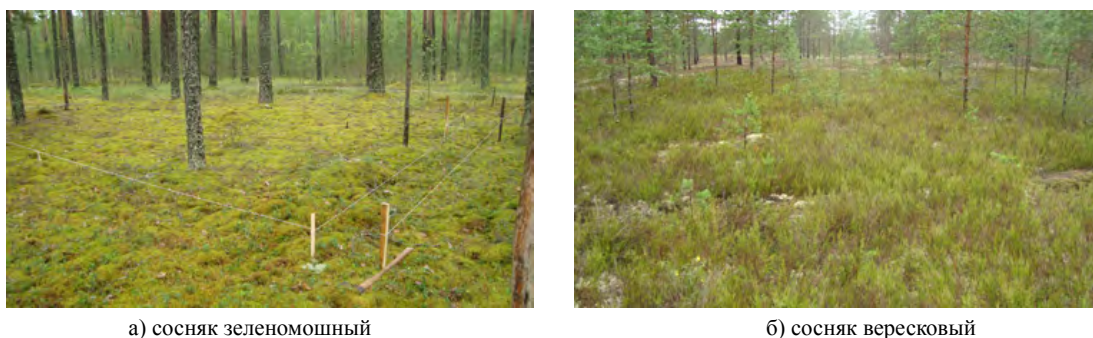


Рис. 4. Участки для проведения огневых экспериментов в сосняке зеленомошном и сосняке вересковом

ший состав долговременного действия ОС-5. Ниже представлены основные результаты опытов, полностью изложенные в отчете НИР за 2016 год [11].

Оценка растворимости нового состава показала, что он очень быстро расходуется в воде с температурой около 20 °С при слабом перемешивании. Для создания раствора самой высокой (рабочей) концентрации 15% понадобилось 6-7 с. Время приготовления 3% раствора пенообразователя Файрэкс составило 4-5 с, 13% ОС-5 – 1 мин 50 с. Налипания компонентов нового ОС на дно и стенки ёмкости, мешалку, образования комков и сгустков, выпадения осадка не наблюдалось.

Определение в полевых условиях пенообразующей способности универсального ОС подтвердила данные лабораторных исследований – по стойкости пены он незначительно уступает пенообразователю Файрэкс.

Для оценки огнезадерживающей способ-

ности противопожарных заградительных и опорных полос, проложенных растворами нового ОС и пеной, в двух типах леса было размечено по два участка 12×12 м для проведения огневых опытов (рис. 4). Они были подобраны в насаждениях I-II классов природной пожарной опасности, в наиболее пожароопасных типах леса: сосняке зеленомошном (местами – зеленомошно-лишайниковом) (рис. 4а) и сосняке вересковом (рис. 4б). Было выполнено таксационное и лесопирологическое описание выбранных участков. Толщина мха в сосняке зеленомошном составляла 10-12 см, высота вереска в сосняке вересковом – 30-35 см.

Для нанесения на напочвенный покров рабочих растворов с необходимой концентрацией и дозировкой использовались лейки (рис. 5), а пены – ранцевый лесной огнотушитель РЛО-К с пеногенерирующим насадком (рис. 6).



Рис. 5. Создание химической заградительной полосы раствором ОС с заданной дозировкой при помощи лейки



а) сосняк зеленомошный



б) сосняк вересковый

Рис. 6. Создание заградительной полосы пеной при помощи ранцевого лесного огнетушителя РЛО-К с пеногенерирующим насадком

Огневые эксперименты проводились при III классе пожарной опасности по условиям погоды, при этом температура воздуха равнялась 21-23 °С, влажность – 58-68%. Скорость ветра вблизи опытных площадок под пологом леса составляла 1,5-2,0 м/с, его направление было переменным (преобладало западное и северо-западное). Среднее влагосодержание напочвенного покрова – 19-21%.

Заградительные и опорные полосы долговременного действия создавались путем обработки напочвенного покрова растворами универсального ОС и химиката ОС-5 с концентрацией 15 и 13% соответственно. Поджигание этих модельных очагов производилось на следующий день после обработки. Пенные заградительные и опорные полосы прокладывались пеной, полученной из раствора нового ОС с концентрацией 3%. Эти

очаги поджигались сразу после завершения нанесения пены на полосы. В качестве контроля во всех опытах использовалась вода.

Кромка низового пожара создавалась от тыловой опорной полосы при помощи зажигательного аппарата. Расстояние, пройденное кромкой пламени (рис. 7) от линии зажигания до заградительной полосы, составляло около 10 м.

Высота пламени в опытах колебалась от 0,5 до 1,5 м. Время подхода кромки к заградительным полосам – от 5,5 до 10 мин, скорость продвижения фронта пламени – 1,0-2,0 м/мин. Запас сгоревшего в ходе эксперимента напочвенного покрова на участках в среднем составил 0,7-0,8 кг/м<sup>2</sup>.

В результате проведенных огневых опытов установлено, что заградительные полосы долговременного действия шириной не менее



а) сосняк зеленомошный



б) сосняк вересковый

Рис. 7. Кромка пламени низового пожара

1 м, проложенные раствором универсального огнетушащего состава (концентрация 15%) с дозировкой не менее 1,5-2,0 л/м<sup>2</sup> в указанных лесорастительных условиях обеспечивают остановку кромки низового лесного пожара низкой и средней интенсивности через 20 часов после обработки лесных горючих материалов при отсутствии осадков. Ширина пенных заградительных полос должна составлять в данных условиях 1,0-1,5 м.

Ширина опорных полос, созданных пеной, в зеленомошном типе леса должна быть не менее 0,3 м, в вересковом типе леса – 0,5 м. Пена на заградительных и опорных полосах, проложенных раствором универсального огнетушащего состава с концентрацией 3%, удерживается на напочвенном покрове в течение 0,5 часа.

### **Заключение**

Лабораторные исследования и натурные испытания показали, что разработанный экспериментальный образец универсального огнетушащего состава, обладающий смачивающими, пенообразующими и антипиренными свойствами, отвечает требованиям технического задания и может применяться для борьбы с лесными пожарами.

Рабочая концентрация универсального состава при смачивании ЛГМ равна 0,6%, при создании пены низкой и средней кратности – 3%. При концентрации не менее 15% он обладает и огнезадерживающим действием, придавая обработанным им ЛГМ негорючие свойства на время не менее 1 суток при отсутствии осадков. По данной характеристике новый ОС только на 2% уступает наиболее известному составу долговременного действия ОС-5, при этом время растворения универсального состава на порядок меньше. Кроме того, за счёт своей очень высокой смачивающей способности новый ОС гораздо лучше впитывается в ЛГМ.

Для постановки состава на производство подготовлен Проект технических условий, в котором отражены основные требования к продукции. Также разработаны Временные

рекомендации по применению состава при борьбе с лесными пожарами. Новый состав разработан на базе только отечественных химикатов, поэтому его стоимость не будет превышать цены существующих огнетушащих составов различных типов.

Анализ литературной и патентной информации показал, что в настоящее время составов, обладающих комплексом смачивающих, пенообразующих и антипиренных свойств, не зарегистрировано. Химикат подобного типа разрабатывается впервые, а его композиция является охраноспособной. На рецептуру состава подана заявка на изобретение.

Состав может применяться специализированными региональными учреждениями по охране лесов, уполномоченными вести борьбу с лесными пожарами, а также резервом ПДПС ФБУ «Авиалесоохрана». Он может поставляться наземным лесопожарным службам, а также в региональные авиабазы.

Применение нового универсального огнетушащего состава возможно при борьбе с лесными пожарами всех видов и интенсивности, как при прямом, так и при косвенном методах тушения в любых типах лесорастительных условий. В каждом конкретном случае будет меняться только способ его применения, а также рабочая концентрация и дозировка. При этом отпадает необходимость выбора химиката перед выездом на пожар или перевозки с собой ОС нескольких типов. После проведения дополнительных летных испытаний будет возможно применение нового ОС не только наземными, но и авиационными техническими средствами. Также при его использовании в качестве смачивателя или пенообразователя антипирены будут в какой-то мере проникать в ЛГМ и оказывать дополнительное огнетушащее действие. При создании заградительных полос, за счёт высокой смачивающей способности, универсальный состав будет значительно лучше впитываться в напочвенный покров, чем известные ОС долговременного действия.



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. Арцыбашев, Е.С. Лесные пожары и борьба с ними / Е.С. Арцыбашев. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 150 с.
3. Арцыбашев, Е.С. Разработка огнетушащего состава на основе фосфорно-аммонийных солей / Е.С. Арцыбашев, В.Г. Лорбербаум, Т.Г. Пирогова, И.Н. Седина // Лесные пожары и борьба с ними / Сб. науч. тр. Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства. – Л., 1989. – С. 61-69.
4. ГОСТ 19.201-78. Техническое задание. требования к содержанию и оформлению. – Введ. 1980-01-01. – М.: Стандартинформ, 2010. – 4 с.
5. Гуцев, Н.Д. Разработка методик лабораторных исследований огнетушащих растворов / Н.Д. Гуцев, Н.В. Михайлова // Тр. Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства. – 2015. – № 2. – С. 55-70.
6. Гуцев, Н.Д. Разработка универсального огнетушащего состава со смачивающими, пенообразующими и антипиренными свойствами / Н.Д. Гуцев, В.Ю. Гаравин, Н.В. Михайлова, Ю.В. Гаравина // Тр. Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства / председатель редкол., гл. ред. А.В. Константинов. – № 4. – СПб.: СПбНИИЛХ, 2015. – С. 64-78. – ISSN 2079-6080.
7. Гуцев, Н.Д. Результаты сравнительных испытаний новых огнетушащих составов на модельных лесных пожарах / Н.Д. Гуцев, Н.В. Михайлова, И.Ю. Корчунова // Тр. Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства. – 2013. – № 4. – С. 40-52.
8. Михайлова, Н.В. Результаты лабораторных исследований свойств новых огнетушащих составов для борьбы с лесными пожарами / Н.В. Михайлова, Н.Д. Гуцев // Безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 4. – С. 33-39.
9. Правила тушения лесных пожаров: утв. приказом МПР РФ от 08 июля 2014 г. № 313. – М.: МПР, 2014. – 16 с.
10. Разработка нового огнетушащего состава, сочетающего смачивающие, пенообразующие и антипиренные свойства / Разработка рецептур лабораторных образцов нового огнетушащего состава. Разработка технического задания на универсальный огнетушащий состав, сочетающий смачивающие, пенообразующие и антипиренные свойства: отчёт о НИР (промежут.) / ФБУ «СПбНИИЛХ»; рук. Гуцев Н.Д.; исполн.: Михайлова Н.В., Грабежева Н.А. и др. – СПб., 2015. – 210 с. – Библиогр.: с. 106-111. – № ГР 115032520031. – Инв. б/н.
11. Разработка нового огнетушащего состава, сочетающего смачивающие, пенообразующие и антипиренные свойства / Разработка универсального огнетушащего состава, сочетающего смачивающие, пенообразующие и антипиренные свойства: отчёт о НИР (заключит.) / ФБУ «СПбНИИЛХ»; рук. Гуцев Н.Д.; исполн.: Арцыбашев Е.С., Гусев В.Г., Михайлова Н.В., Грабежева Н.А. и др. – СПб., 2016. – 257 с. – Библиогр.: с. 80–84. – № ГР 115032520031. – Инв. б/н.
12. Рекомендации по обнаружению и тушению лесных пожаров: утв. приказом Федеральной службы лесного хозяйства от 17.12.1995 г. – М.: ФСЛХ, 1997. – 86 с.
13. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров: утв. и введены в действие на тер. РФ приказом Федеральной службы лесного хозяйства № 100 от 30.06.1995 г. – М.: ФСЛХ, 1997. – 92 с.

REFERENCES

1. Aprobaciya novyh ognetushashchih himicheskikh sostavov i razrabotka rekomendacij po ih primeneniyu: *otchyot o NIR (zaklyuch.)* / FBU «SPbNIIILH»; ruk. Gucev N.D.; ispoln.: Arcybashev E.S., Mihajlova N.V., Korchunova I.Yu. – St. Petersburg, 2014, 254 s., Bibliogr.: s. 112-120, № GR 01201255954, Inv. № 215022440055. (In Russian).
2. Arcybashev E.S., Lorberbaum V.G., Pirogova T.G., Sedina I.N. Razrabotka ognetushashchego sostava na osnove fosforno-ammonijnyh solej. *Lesnye pozhary i bor'ba s nimi, Sb. nauch. tr. Sankt-Peterburgskogo NII lesnogo hozjajstva*, Leningrad, 1989, pp. 61-69. (In Russian).
3. Vremennaya instrukciya po primeneniyu ognetushashchego sostava OS-5U dlya bor'by s lesnymi pozharami.



- Razrab. Sankt-Peterburgskij nauch.-issled. in-t lesnogo hozyajstva. St. Petersburg, SPbNIIILH, 2002, 7 p. (In Russian).
4. GOST R 50588–2012. Penoobrazovateli dlya tusheniya pozharov. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy. Vved. 2012-05-14. Moscow, Standartinform, 2012, 29 p. (In Russian).
  5. Gucev N.D., Mihajlova N.V., Korchunova I.Yu. Analiz rezul'tatov oprosa o primenenii ognetchashchih sostavov dlya tusheniya lesnyh pozharov v Rossijskoj Federacii. Tr. Sankt-Peterburgskogo NII lesnogo hozyajstva, 2014, no. 4, pp. 71-80. (In Russian).
  6. Gucev N.D., Mihajlova N.V., Grabezheva N.A. Issledovanie zavisimosti vremeni smachivaniya lesnyh goryuchih materialov ot velichiny poverhnostnogo natyazheniya rastvorov smachivatelej i penoobrazovatelej. Tr. Sankt-Peterburgskogo NII lesnogo hozyajstva. predsedatel' redkol., gl. red. A.V. Konstantinov, no. 3, St. Petersburg, SPbNIIILH, 2015, pp. 31-43. (In Russian).
  7. Gucev N.D., Mihajlova N.V. Razrabotka metodik laboratornyh issledovanij ognetchashchih rastvorov. Tr. Sankt-Peterburgskogo NII lesnogo hozyajstva, 2015, no. 2, pp. 55-70. (In Russian).
  8. Gucev N.D., Mihajlova N.V., Korchunova I.Yu. Rezul'taty laboratornyh issledovanij svojstv novyh ognetchashchih sostavov. *Innovacii i tekhnologii v lesnom hozyajstve: Materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, 22-24 maya 2013 g.*, St. Petersburg, Rosleskhoz, FBU «SPbNIIILH», Part 1, St. Petersburg, FBU «SPbNIIILH», 2013, pp. 163-170. (In Russian).
  9. Gucev N.D., Mihajlova N.V., Korchunova I.Yu. Rezul'taty sravnitel'nyh ispytaniy novyh ognetchashchih sostavov na model'nyh lesnyh pozharah. Tr. Sankt-Peterburgskogo NII lesnogo hozyajstva, 2013, no. 4, pp. 40-52. (In Russian).
  10. Mihajlova N.V., Gucev N.D. Polevye ispytaniya ognetchashchih sostavov razlichnogo dejstviya na model'nyh lesnyh pozharah. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2014, no. 6, pp. 29-33. (In Russian).
  11. Mihajlova N.V., Gucev N.D. Rezul'taty laboratornyh issledovanij svojstv novyh ognetchashchih sostavov dlya bor'by s lesnymi pozharami. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2014, no. 4, pp. 33-39. (In Russian).
  12. Rekomendatsii po obnaruzheniyu i tusheniyu lesnykh pozharov: utv. prikazom Federalnoy sluzhby lesnogo khozyajstva ot 17.12.1995 g. Moscow, FSLKh, 1997, 86 p. (In Russian).
  13. Ukazaniya po obnaruzheniyu i tusheniyu lesnykh pozharov: utv. i vvedeny v deystviye na ter. RF prikazom Federalnoy sluzhby lesnogo khozyajstva № 100 ot 30.06.1995 g. Moscow, FSLKh, 1997, 92 p. (In Russian).

Статья поступила в редакцию 8.12.2016