ТРУДЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

www.journal.spb-niilh.ru
ISSN 2079-6080

УДК 630*432.331

Разработка методик лабораторных исследований огнетушащих растворов

© Н.Д. Гуцев, Н.В. Михайлова

Development of methods of laboratory research of fire extinguishing water solutions

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

Brief classification of the fire extinguishing chemical substances, used for fighting forest fires on different grounds-the mechanism of action, physical state, physico-chemical properties, time-saving resistance to fire of forest combustible materials, technical means are presented. It is shown that for conformity assessment of the fire extinguishing compositions of the requirements for the technical requirements, ёperformance measurement, and prospects for their use in fighting forest fires it is necessary to conduct laboratory studies on the basic characteristics of fire extinguishing compositions and their solutions. It is given a list of characteristics that need to be evaluated. The analysis of existing methods of determining the characteristics of the fire extinguishing compositions is showed that some of them can be used to solve the problem. To determine other characteristics connected with special properties specific forest combustible materials and features of the fire extinguishing compositions of various types it is needed to develop new methods. Brief description of the proposed research techniques, which allow to evaluate the following characteristics of the fire extinguishing compositions: solubility, surface tension, wetting ability of the solution depending on their concentration in solution on main types of forest combustible materials, working solution concentration of short-term and long-term actions, the viscosity, the holding capacity of fire-extinguishing agent on forest combustible materials, sustainability of forest combustible materials to fire impacts, depending on the time elapsed after processing, foaming properties of solutions and the stability of the foam are presented. The Developed system of interrelated methods can be used for a comparative assessment of the basic properties of the fire extinguishing compositions, determining the efficiency and adaptability of their use in fighting forest fires, to choose the best from them and to develop practical recommendations on their application.

Key words: fire-extinguishing agent, wetting agent, foaming agent, the fire extinguishing composition of short-term, the fire extinguishing composition of long-term action, concentration, forest fire, forest combustible materials, recommendations, methods of laboratory research

Разработка методик лабораторных исследований огнетушащих растворов

Н.Д. Гуцев, Н.В. Михайлова

Приведена классификация огнетушащих химических составов, предназначенных для борьбы с лесными пожарами, по различным признакам: механизму действия, агрегатному состоянию, физико-химическим свойствам, времени сохранения лесными горючими материалами огнеустойчивости, техническим средствам для их применения. Показано, что для оценки соответствия огнетушащих составов предъявляемым к ним техническим требованиям, для определения эффективности и перспективности их применения при тушении лесных пожаров необходимо проведение лабораторных исследований по установлению основных свойств огнетушащих составов и их растворов, дан перечень таких характеристик. Анализ существующих гостированных методов оценки показал, что их можно использовать для решения поставленной задачи лишь частично. Для определения ряда параметров необходимо было разработать специальные методики, учитывающие специфику лесных горючих материалов и особенности огнетушащих составов. Приведено краткое описание предлагаемых методик, которые позволяют оценивать следующие свойства огнетушащих составов и их растворов: растворимость, поверхностное натяжение, смачивающую способности по основным видам ЛГМ в зависимости от концентрации, рабочие концентрации растворов кратковременного и долговременного действия, вязкость, способность растворов удерживаться на ЛГМ, устойчивость ЛГМ к огневому воздействию в зависимости от времени, прошедшего после обработки, пенообразующие свойства растворов и устойчивость пены. Разработанная система взаимосвязанных методик позволяет проводить сравнительную оценку основных свойств растворов огнетушащих составов, определяющих эффективность и технологичность применения их при тушении лесных пожаров, выбирать лучшие из них и вырабатывать рекомендации по практическому использованию.

Ключевые слова: огнетушащий состав, смачиватель, пенообразователь, состав кратковременного действия, загуститель, состав долговременного действия, концентрация, лесной пожар, лесные горючие материалы, рекомендации, методики лабораторных исследований

Гуцев Николай Дмитриевич – канд. технич. наук, доцент, ведущий науч. сотр. НИО охраны и защиты леса
E-mail: ngucev@mail.ru

Михайлова Нинель Вадимовна – канд. хим. наук, доцент, ст. науч. сотр. НИО охраны и защиты леса
E-mail: ninel3971@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

Самым распространённым средством тушения лесных пожаров (ЛП) является вода. Её существенным недостатком, как средства тушения, является высокое поверхностное натяжение, вследствие чего вода плохо смачивает сухие лесные горючие материалы (ЛГМ). Для того чтобы повысить её огнетушащую эффективность и снизить расход на тушение в воде растворяют специальные химические добавки, которые принято называть огнетушащими составами (ОС). По механизму действия ОС, применяемые в практике борьбы с лесными пожарами, делятся на смачиватели, пенообразователи, огнезадерживающие составы (ретарданты) и загустители [3]. Соответственно образующиеся при их смешивании с водой растворы называются смачивающими, пенообразующими, огнезадерживающими и загущенными.

По агрегатному состоянию и физико-химическим свойствам огнетушащие составы в основном представляют собой жидкости различной вязкости, легко растворимые в воде. Реже они выпускаются в виде паст, гелей, порошков или гранул, как правило, требующих для растворения достаточно интенсивного перемешивания [1, 4]. В последнее время смачивающие и пенообразующие составы стали выпускать в виде таблеток, предназначенных для приготовления огнетушащих растворов непосредственно в ёмкостях ранцевых лесных огнетушителей (РЛО), а также в виде специальных медленно растворяющихся картриджей для вставки в тубус-смеситель или рукавную линию пожарных насосов [1].

Тушение ЛП нейтральными газами, огнетушащими порошками и аэрозолями [16], несмотря на многочисленные опыты, не нашло практического применения, поэтому вся специализированная техника для наземной борьбы с лесными пожарами (РЛО, мотопомпы, насосные установки и т. д.) основана, в основном, на применении воды и огнетушащих растворов.

В зависимости от технических средств и тактики борьбы с лесными пожарами все ОС можно условно разделить на две группы: для наземного и для авиационного применения. Наземными техническим средствам являются РЛО, воздуходувки, ручные моторизованные огнетушители, мотопомпы, лесопожарные машины, автоцистерны, тракторные агрегаты и модульное оборудование. К группе составов для наземного использования относятся, в основном, смачиватели и пенообразователи. В то же время эти же ОС используются в качестве добавок в вертолётные водосливные устройства (ВСУ) для прокладки широких заградительных полос непосредственно с воздуха. Под руководством СПбНИИЛХ разработаны специальные дозирующие устройства СПС-1 и СДП-1 для введения добавок (смачивателя или пенообразователя) в ёмкость ВСУ после забора воды в режиме полёта вертолёта к очагу ЛП [17].

Важным показателем эффективности ОС является время сохранения заградительными полосами огнеустойчивости или долговременность их действия. По продолжительности огнезащиты ЛГМ на противопожарных заградительных полосах, проложенных в наземных условиях или с воздуха, ОС подразделяются на составы кратковременного и долговременного действия. Последние принято называть ретардантами. Они могут придавать ЛГМ огнестойкость на длительное время, вплоть до первого дождя.

В настоящее время наибольшее распространение при борьбе с лесными пожарами получили способы тушения с применением растворов смачивателей и пеной. Огнезадерживающие растворы долговременного действия применяются значительно реже из-за их более высокой концентрации и, соответственно, более высокой стоимости применения.

В практике лесного пожаротушения огнетушащие растворы применяются для тушения подземных (торфяных) пожаров, прокладки по лесному напочвенному покрову противопожарных заградительных или опорных полос с последующим отжигом от них, а также для прямой атаки на огонь. При тушении торфяных и подстилочно-гумусовых пожаров наибольший эффект дают смачиватели, когда рабочий раствор нагнетается в пограничный горизонт –

между горящим слоем и торфом, ещё не тронутым огнём. Пенообразующие составы, предназначенные для получения пены различной кратности, используются, прежде всего, для прокладки химических заградительных полос перед приближающейся кромкой пожара (пенный вал) на захламлённых участках леса и на участках с большим запасом ЛГМ. Так как все пенообразователи изготавливаются на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ), их растворы в небольших концентрациях обладают смачивающими свойствами.

Многие из существующих ОС являются универсальными. Они могут применяться с помощью различных технических средств как на земле, так и с воздуха.

Составы и их растворы, используемые наземными техническими средствами или ВСУ, должны иметь низкую вязкость для перекачивания их по пожарным магистралям с минимальными затратами энергии. В то же время растворы составов, предназначенные для слива (сброса) на пожар с самолётов-танкеров, наоборот, должны быть загущенными для снижения потерь жидкости в воздухе на дробление, испарение и снос. Для этого в них вводятся специальные загустители.

Общие технические требования к пенообразователям для тушения пожаров регламентируются ГОСТ Р 50588-1993 [14], в котором приведены и методы их испытаний. Анализ приведенных в данном документе методик показал, что с их помощью целесообразно определять некоторые характеристики не только пено образователей и смачивателей, но и составов долговременного действия: внешний вид продукта и поверхностное натяжение рабочих растворов (ГОСТ 50588-2012 [14]), плотность (ГОСТ 18995.1 [7]), кинематическую и динамическую вязкость жидких ОС (ГОСТ 33 [13] и ГОСТ 1929 [9]), водородный показатель pH (ГОСТ 22567.5 [11]), температуру застывания (ГОСТ 18995.5 [8]) и коррозионную активность (НПБ 305-2001 [26]).

Помимо вышеуказанных, к ОС для борьбы с лесными пожарами и их растворам выдвигается целый ряд других требований [18]. Их можно разделить на общие, относящиеся ко всем огнетушащим составам, и частные – применимые к составам определённого типа (класса). Для определения соответствия ОС выдвигаемым к ним техническим требованиям и оценки эффективности и перспективности их применения при тушении ЛП необходимо проведение лабораторных исследований по оценке нижеперечисленных характеристик огнетушащих составов и их растворов в пределах рабочих концентраций. Должны определяться следующие параметры:

- время растворения ОС в воде (при необходимости – в жёсткой и морской воде);
- поверхностное натяжение растворов ОС в зависимости от их концентрации (для смачивателей и пенообразователей);
- смачивающая способность растворов ОС различной концентрации по различным видам ЛГМ;
- оптимальные (рабочие) концентрации растворов ОС;
- вязкость рабочих растворов и собственно ОС;
- способность рабочих растворов ОС удерживаться на различных типах ЛГМ;
- устойчивость ЛГМ к огневому воздействию после их обработки растворами ОС рабочей концентрации при различной их дозировке в зависимости от времени, прошедшего после обработки (огнезадерживающие свойства ОС кратковременного действия);
- огнезадерживающие свойства ОС долговременного действия (ретардантов) после высыхания ЛГМ;
- пенообразующая способность водных растворов пенообразователей и устойчивость пены.

Методики определения этих параметров в настоящее время или отсутствую, или не учитывают специфику тушения ЛГМ. Действующими стандартами не нормируется, например, время растворения ОС в воде, хотя очевидно, что данная характеристика является очень важной при приготовлении растворов в непо-

средственной близости от места лесного пожара. Так, ГОСТ 27076-86 [12] предназначен для оценки растворимости только оптических отбеливателей, и применять его для ОС не представляется возможным.

Методики определения поверхностного натяжения рабочих растворов (ГОСТ Р 50588-2012 [14], ГОСТ 20216-74 [10]) основаны на применении весьма точного метода «отрыва кольца» (метод дю Нуи), однако при тестировании растворов для тушения ЛП не требуется такой точности измерений, а используемые для этого приборы – тензиометры, являются весьма дорогостоящими.

Определение показателя смачивающей способности испытываемых веществ при применении мягкой и жёсткой (морской) воды по ГОСТ Р 50588-2012 [14] проводится с применением неотбеленной хлопковой ткани, которая не является аналогом лесных горючих материалов и поэтому не пригодна для наших исследований. Приведенные в данном стандарте методики оценки кратности и показателя устойчивости пены относятся к стендовым и сложны для воспроизводства в лабораторных условиях. Время тушения пеной средней кратности и повторного воспламенения горючего материала устанавливаются при воздействии на горючую жидкость н-гептан, далекую по своим характеристикам от ЛГМ.

Существует проблема и с оценкой огнетушащей и огнезадерживающей способности ОС. Для проведения огневых испытаний применяют, например, методику, приведенную в ГОСТ Р 51057-2001 [15]. Она основана на тушении штабеля, сложенного из брусков древесины хвойных пород (ГОСТ 8496-86) сечением (40±1) мм и длиной 200 мм и более. Данный подход используется и в других стандартах по испытаниям пожарной техники. Однако процессы горения и тушения ЛГМ, входящих в состав напочвенного покрова, и древесины различаются. Мхи, лишайники, подстилка, торф и т.п. обладают большей пористостью, чем древесина, поэтому смачивающие растворы ОС хорошо и достаточно быстро впитываются в них. Древесина же является плотным веществом, с которого избыточное количество воды при тушении скатывается. В связи с этим сложно также использовать для определения огнезащитных свойств химикатов, придающих огнестойкость древесине, рекомендации ГОСТ 16363-98 [6], поскольку его сущность заключается в определении при огневом испытании потери массы древесины, обработанной испытываемыми покрытиями или пропиточными составами. Необходимо также отметить, что собственно древесина – за исключением сухостоя – при лесном пожаре не горит.

Не существует и методик по оценке количества воды или раствора ОС, удерживаемого ЛГМ (впитавшегося) после их смачивания; устойчивости ЛГМ к огневому воздействию в зависимости от времени, прошедшего после обработки; способов оценки рабочих концентраций растворов ОС различного назначения.

Для определения необходимых характеристик необходимо было разработать такие методы проведения лабораторных исследований, которые учитывали бы специфику ЛГМ и особенности ОС долговременного действия. Исследования в этом направлении были выполнены во второй половине прошлого века сотрудниками ЛенНИИЛХ Е.С. Арцыбашевым, Н.Н. Красавиной, В.Г. Лорбербаумом, С.М. Гурылёвым, Т.Г. Пироговой [3]. Полученные ими результаты позволяют выполнять сравнительную оценку целого ряда свойств огнетушащих составов, дают возможность вырабатывать рекомендации для их практического применения. Однако некоторые положения этих разработок устарели, и в связи с этим они были существенно актуализированы авторами данной статьи [2].

Для проведения лабораторных исследований по рассматриваемым методикам используются ЛГМ, входящие в состав напочвенного покрова наиболее пожароопасных хвойных лесов России – это зелёный мох, лишайник, лесная подстилка (горизонт почвы A_0), а также торф [5, 22]. Эти методики позволяют работать и с любыми другими типами ЛГМ – травяной

ветошью, кустарничками, вереском, хвоей и т. п.

Перед началом испытаний образцы ЛГМ очищаются от мёртвого опада, из них удаляются крупные включения – веточки, шишки, частички коры и т. п. Затем они высушиваются при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния (влажность 8-12%) или в сушильном шкафу до постоянного веса при температуре 105 °С.

В качестве контроля при проведении исследований служит вода, а для сравнения характеристик апробированные в практике тушения ЛП ОС – смачиватели СП-01 и ТПМ, пенообразователи «Файрэкс» и Фос-Чек WD-881, составы долговременного действия ОС-5 и ОС-5У.

Для приготовления растворов используется питьевая вода. Её жёсткость не должна превышать 3,0 мг-экв/л (мягкая вода). При необходимости проведения испытаний в жёсткой воде необходимо руководствоваться рекомендациями ГОСТ Р 50588-2012 [14].

Условия окружающей среды при постановке опытов: температура воздуха и воды 20±2°С, давление 84-106,7 кПа, относительная влажность воздуха 60-70%.

Ниже приводится описание предлагаемых методик лабораторных исследования ОС, применяемых для тушения ЛП (1-10).

1. Методика определения времени растворения огнетушащих составов в воде

Сущность методики заключается в оценке времени, требующегося для растворения определенной навески огнетушащего состава в заданном объёме воды для достижения концентрации, рекомендованной разработчиком химиката. В зависимости от агрегатного состояния состава необходимое количество отмеряют мерным цилиндром (жидкие ОС) или взвешивают (порошкообразные, гранулированные, твёрдые ОС). Для оценки времени растворения используется вертикальная электрическая роторная мешалка с металлическими перфорированными лопастями (рис. 1). В процессе перемешивания визуально фиксируется момент получения гомогенного раствора, а также образование в растворе гелеобразных сгустков, налипание их на стенки сосуда и лопасти мешалки.

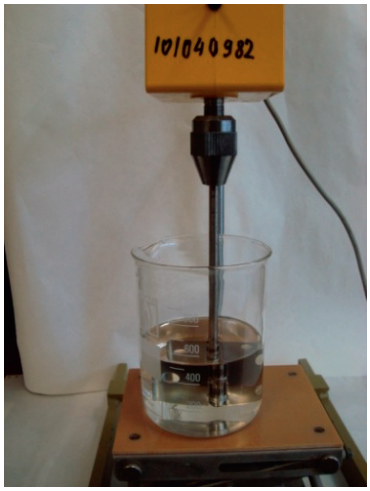

Рис. 1. Определение времени растворения огнетушащих составов

2. Методика определения вязкости рабочих растворов огнетушащих составов

Вязкость растворов огнетушащих составов оценивается при помощи вискозиметра Марша. Сущность этой достаточно простой и наглядной методики заключается в измерении

времени истечения определённого количества рабочего раствора ОС из специальной воронки с калиброванным отверстием (рис. 2).

Рис. 2. Вискозиметр Марша

3. Методика определения поверхностного натяжения водных растворов огнетушащих составов в зависимости от их концентрации

Для оценки поверхностного натяжения растворов используется достаточно простой и наглядный сталагмометрический метод. Его сущность заключается в сравнительном подсчёте числа капель при истечении из капилляра определенного количества тестируемого раствора и такого же объема дистиллированной воды. При выявлении зависимости поверхностного натяжения раствора от концентрации ОС её величина задаётся в диапазоне от 0,01 до 1,0% с переменным шагом: 0,0125; 0,025; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0%. При необходимости эти значения могут изменяться.

4. Методика определения смачивающей способности растворов огнетушащих составов в зависимости от их концентрации в растворе по основным видам ЛГМ

Сущность методики заключается в определении времени полного смачивания навески размолотого ЛГМ в растворе тестируемого огнетушащего состава. Смачивающая способность определяется на четырёх видах ЛГМ: зелёном мхе, лишайнике, лесной подстилке и торфе.

Перед проведением опытов готовят и наливают в стеклянные химические стаканы растворы смачивателей указанных выше концентраций (при необходимости эти значения могут изменяться).

Высушенные образцы мха и лишайника измельчают электрической мельницей в течение 10 с и просеиваются через сито с диаметром ячейки 3 мм. Образцы подстилки и торфа перед просеиванием не измельчают.

Навеска ЛГМ массой 1 г высыпается равномерным слоем на поверхность тестируемого водного раствора ОС (рис. 3). Одновременно включается секундомер. Визуально фиксируется время полного намокания навески. Результаты испытаний заносятся в таблицу. По результатам оценки смачивающей способности ОС для каждого типа ЛГМ строятся графики зависимости времени смачивания от концентрации раствора.

Рис. 3. Навеска ОС на поверхности исследуемого раствора

5. Методика определения рабочей концентрации растворов огнетушащих составов, обладающих смачивающими свойствами

Основой для оценки смачивающих растворов являются графические данные о времени, необходимом для увлажнения ими различных типов ЛГМ.

Концентрация раствора огнетушащего состава считается рабочей, если дальнейшее её увеличение не приводит к существенному возрастанию времени смачивания для данного вида ЛГМ, а его значение находится в заданном диапазоне, который определен по результатам многочисленных лабораторных исследований (табл.).

Таблица

Время смачивания различных типов ЛГМ для определения рабочих концентраций растворов ОС-смачивателей

Вид ЛГМ	Время смачивания ЛГМ, с
Зелёный мох	30-60
Лишайник	90-120
Лесная подстилка	60-90
Торф	60-120

Время смачивания ЛГМ различных типов при одинаковой концентрации растворов ОС конкретного типа существенно различается [1, 2, 19]. Поэтому в качестве рабочей концентрации принимается большее из полученных значений. При смачивании торфа часто требуется более насыщенный раствор ОС, чем для других видов ЛГМ, в этом случае рабочая концентрация для торфа указывается отдельно.

6. Методика определения способности водных растворов огнетушащих составов удерживаться на ЛГМ

Общим свойством огнетушащих составов кратковременного действия – смачивателей и пенообразователей, в состав которых входят ПАВ, является хорошее впитывание их растворов в ЛГМ. Этим они отличаются от воды, которая, не смачивает высохшие ЛГМ и быстро фильтруется через них в грунт. Способность удерживаться на ЛГМ является важной характеристикой и для ОС долговременного действия, так как если раствор не будет хорошо впиты-

ваться в ЛГМ, он не сможет придать им антипиренные свойства.

Сущность методики заключается в равномерном смачивании образцов ЛГМ раствором ОС рабочей концентрации в объёме, соответствующем определённой дозировке, и измерении количества жидкости, впитавшейся в ЛГМ. Данная характеристика оценивается для составов всех типов на 4-х видах ЛГМ.

Для испытаний из высушенных ЛГМ (рис. 4) отбираются опытные образцы массой 5 г. Они помещаются в сита (рис. 5) и обрабатываются огнетушащим раствором. После стекания избыточной жидкости образец взвешивается и определяется количество удерживаемой жидкости. Как правило, опыты проводятся исходя из наиболее часто рекомендуемых дозировок – 2 и 3 л/м^2, но измерения могут проводиться и для любых других значений.

Рис. 4. Высушенные образцы ЛГМ – зелёный мох и лишайник

Рис. 5. Опытный образец ЛГМ (зелёного мха) массой 5 г, помещённый в сито

7. Методика определения устойчивости ЛГМ к огневому воздействию в зависимости от времени, прошедшего после обработки раствором ОС кратковременного действия

Как показали ранее выполненные исследования [20, 25], добавление в воду ПАВ приводит к существенному снижению скорости испарения раствора с поверхности и из внутренних слоёв ЛГМ по сравнению с чистой водой, и, следовательно, увеличивает время их высыхания. Это, в конечном счёте, позволяет повысить время эффективного действия противопожарных химических заградительных и опорных полос.

Сущность методики заключается в равномерном смачивании опытных образцов ЛГМ (рис. 6) раствором огнетушащего состава рабочей концентрации в количестве, соответствующем определённой дозировке, с последующей их сушкой до воздушно-сухого состояния в условиях, имитирующих естественное высыхание на открытом воздухе (скорость падающего воздушного потока – 1 м/с, температура – 35 °С). Контролирование влажности в процессе сушки производится взвешиванием образцов через равные промежутки времени (30 мин).

Рис. 6. Опытные образцы ЛГМ (зелёного мха) перед смачиванием их раствором огнетушащего состава

Данная методика применяется для огнетушащих составов кратковременного действия. Как правило, эксперименты проводятся исходя из наиболее часто рекомендуемых дозировок 2 и 3 л/м^2, но измерения могут выполняться и для любых других значений.

Известно, что ЛГМ поддерживают горение при влажности менее 30%. Поэтому начиная с влажности 40% образцы ЛГМ после каждого взвешивания подвергаются воздействию открытого пламени (время его контакта с образцом – 3 с). При этом фиксируются влажность, при которой происходит загорание и самостоятельное горение образцов, а также время, прошедшее после начала сушки. По результатам проведенных измерений строится график зависимости влажности образцов от времени сушки. Он используется для сравнения ОС между собой.

8. Методика предварительной оценки огнезадерживающих свойств огнетушащих составов долговременного действия

Растворы ОС долговременного действия, содержащие антипиренные добавки, должны защищать ЛГМ от воспламенения и после полного их высыхания. При проведении исследований по данной методике в качестве аналога ЛГМ используется фильтровальная бумага. В процессе эксперимента часть полоски фильтровальной бумаги смачивают раствором огнетушащего состава, затем образец высушивают и поджигают с необработанной стороны.

Для проведения опыта готовят полоску фильтровальной бумаги размером 20×200 мм. Она делится пополам по длине и посередине проводится черта. На одной половине пишется название ОС и его концентрация. Помеченная часть полоски на 5-7 с погружается в раствор заданной концентрации. После стекания излишней жидкости вторая половина полоски на такое же время погружается в воду. Затем образец помещается в сушильный шкаф с падающим потоком, имитирующий естественную сушку на открытом воздухе. После высыхания полоска в горизонтальном положении зажимается в штатив и поджигается со стороны, не обработанной раствором (рис. 7).

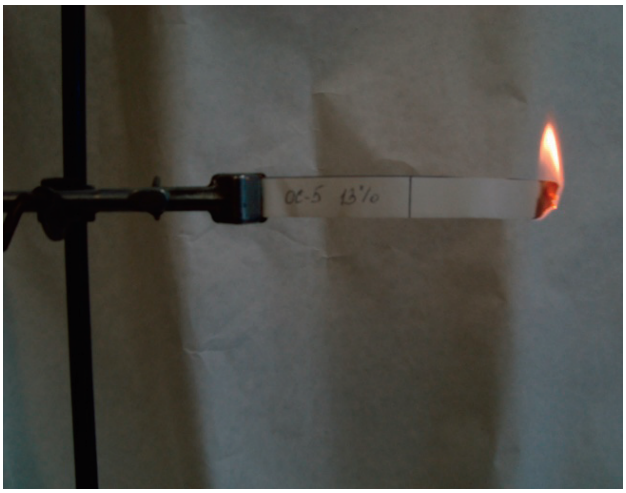

Рис. 7. Горящая полоска фильтровальной бумаги после сушки

Концентрация раствора состава долговременного действия предварительно считается рабочей, если обработанная часть образца не сгорела или прогорела на глубину не более, чем 2 см (контрольная часть, обработанная водой, должна сгорать полностью). Если глубина прогара превышает 2 см, концентрация раствора должна быть увеличена. Если обработанная часть не загорается совсем, концентрация раствора может быть уменьшена. Шаг изменения концентрации подбирается для каждого состава индивидуально.

Данная методика используется для предварительного определения рабочей концентрации растворов огнетушащих составов долговременного действия, обладающих антипиренными свойствами. Её окончательная величина устанавливается в ходе обработки естественных ЛГМ и натурных полевых испытаний в различных типах лесорастительных условий.

9. Методика оценки огнезадерживающих свойств огнетушащих составов долговременного действия с использованием ЛГМ

ЛГМ, обработанные составами долговременного действия рабочей концентрации при достаточной дозировке, не должны загораться и при влажности менее критической (30%).

Эксперименты проводятся по аналогии с методикой оценки огнезадерживающих свойств огнетушащих составов кратковременного действия. Рабочая концентрация раствора определяется предварительно по приведенной выше методике. Образец ЛГМ массой 5 г, помещённый в сито (рис. 5, 6), опускается в раствор ОС на 10 с и после стекания избыточной жидкости высушивается в условиях, имитирующих естественную сушку на открытом воздухе до влажности 10-15%. Затем ЛГМ подвергается огневому воздействию. В случае если образцы загораются или интенсивно тлеют после удаления

огня, концентрация считается недостаточной и должна быть увеличена. Соответственно, если горения и тления не наблюдается совсем, концентрация раствора может быть уменьшена.

Дозировка (норма вылива) огнетушащих составов долговременного действия для различных типов лесорастительных условий устанавливается в ходе натурных полевых испытаний.

В ходе лабораторных экспериментов установлено, что при одинаковых условиях сушки у различных ЛГМ наблюдается схожая динамика высыхания (испарения влаги). Поэтому опыты по оценке огнезадерживающей способности ОС кратковременного или долговременного действия проводятся, как правило, на зелёном мхе и лишайнике. При необходимости могут использоваться и другие виды ЛГМ.

10. Методика оценки пенообразующих свойств растворов и устойчивости пены

Сущность метода заключается в измерении количества пены, получаемой в ёмкости с раствором пенообразователя заданной концентрации при его интенсивном перемешивании, и динамики её разрушения через определённые промежутки времени.

Для получения пены используется электрическая вертикальная роторная мешалка с металлическими перфорированными лопастями (рис. 8). Примеры применения данного метода приводятся в литературе [21].

Рис. 8. Устройство для оценки пенообразующих свойств растворов и устойчивости пены

Раствор пенообразователя исследуемой концентрации наливается в специально отградуированную стеклянную делительную воронку с краником для слива жидкости, установленную в штативе. Лопасти мешалки помещают в ёмкость таким образом, чтобы они не касались ее дна и стенок. Под воронкой устанавливается стеклянная ёмкость для слива раствора, образующегося при распаде пены.

Перемешивание раствора продолжается в течение 2-х минут. После остановки мешалки включается секундомер, фиксируется первоначальный объем образовавшейся воздушно-механической пены и – при его наличии – сливается раствор, не пошедший на образование пены. Уменьшающийся объём пены и количество выделившейся из неё жидкости измеряют через 1, 3, 5, 15, 30 и 60 мин после выключения мешалки. Строится график, отражающий связь

между объёмом выделившейся из пены жидкости и временем после начала испытания. С помощью этой зависимости оценивается устойчивость пены различных пенообразователей.

Также можно вычислить коэффициент устойчивости пены – безразмерную величину, представляющую собой отношение объёма пены спустя 5 мин после выключения мешалки к ее начальной величине.

При проведении вышеуказанных опытов за результат испытания обычно принимают среднеарифметическое значение трёх параллельных определений. Допустимое расхождение между результатами наиболее отличающихся величин с доверительной вероятностью 0,25 должно составлять не более 10% от среднего значения. Для повышения точности количество опытов может быть увеличено.

Результаты лабораторных исследований ОС и их растворов, проведенных авторами с использованием предлагаемых методик, приведены в различных публикациях [1, 2, 19, 23, 24 и др.].

Разработанная система взаимосвязанных методик позволяет проводить сравнительную оценку основных свойств огнетушащих составов и их растворов, определяющих эффективность и технологичность их использования при тушении лесных пожаров, выбирать лучшие из них с учетом экономической составляющей и вырабатывать практические рекомендации по их применению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Апробация новых огнетушащих химических составов и разработка рекомендаций по их применению: отчёт о НИР (промежуточ.) / Санкт–Петербургский науч.-исслед. ин-т лесного хозяйства; рук. Гуцев Н.Д.; исполн.: Арцыбашев Е.С., Михайлова Н.В., Корчунова И.Ю. – СПб., 2013. – 164 с. – Библиогр.: с. 114–118. – № ГР 01201255954.
2. Апробация новых огнетушащих химических составов и разработка рекомендаций по их применению: отчёт о НИР (заключит.) / Санкт–Петербургский науч.-исслед. ин-т лесного хозяйства; рук. Гуцев Н.Д.; исполн.: Арцыбашев Е.С., Михайлова Н.В., Корчунова И.Ю. – СПб., 2014. – 254 с. – Библиогр.: с. 112–120. – № ГР 01201255954.
3. Арцыбашев, Е.С. Химические методы борьбы с лесными пожарами / Е.С. Арцыбашев, В.Г. Лорбербаум. – М.: ЦБНТИлесхоза, 1972. – 48 с.
4. Арцыбашев, Е.С. Лесные пожары и борьба с ними / Е.С. Арцыбашев. – М.: Лесная пром-сть, 1974. – 150 с.
5. Восточно-европейские леса: в 2 кн. / Под ред. д-ра биол. наук О.В. Смирновой. – М.: Наука, 2004. – 2 кн.
6. ГОСТ 16363-98. Средства для огнезащиты древесины. Методы определения огнезащитных свойств. – Введ. 01.07.1999. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. – 7 с.
7. ГОСТ 18995.1-73. Продукты химические жидкие. Методы определения плотности. – Введ. 07.01.1974. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 4 с.
8. ГОСТ 18995.5-73. Продукты химические органические. Методы определения температуры кристаллизации. – Введ. 01.07.1974. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 7 с.
9. ГОСТ 1929-87. Нефтепродукты. Методы определения динамической вязкости на ротационном вискозиметре. – Введ. 01.07.1998. – М.: «Стандартинформ», 2002. – 18 с.
10. ГОСТ 20216. Латексы. Методы определения поверхностного натяжения. – Введ. 01.01.1976. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 8 с.

11. ГОСТ 22567.5-93. Средства моющие синтетические и вещества поверхностно-активные. Методы определения концентрации водородных ионов. – Введ. 01.01.1996. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 4 с.

12. ГОСТ 27076-86. Отбеливатели оптические. Методы определения растворимости в воде. – Введ. 01.01.1988. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 4 с.

13. ГОСТ 33-2000. Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчёт динамической вязкости. – Введ. 01.01.2002. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2006. – 20 с.

14. ГОСТ Р 50588–2012. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний. – Введ. 01.07.2012. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2012. – 29 с.

15. ГОСТ Р 51057-2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 01.01.2004. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 45 с.

16. Гусев, В.Г. Лесной эжекционный аэрозольно-жидкостный огнетушитель / В.Г. Гусев, И.Ю. Корчунова // Борьба с лесными пожарами: сб. науч. тр. / Санкт-Петербургский науч.-исслед. ин-т лесного хозяйства. – СПб., СПбНИИЛХ, 1998. – С. 91-101.

17. Гусев, В.Г. Новые технологии борьбы с лесными пожарами / В.Г. Гусев, Ю.В. Подрезов // Технологии гражданской безопасности. – 2006. – Т. 3. – Вып. № 4. – С. 22-26.

18. Гуцев, Н.Д. Анализ результатов опроса о применении огнетушащих составов для тушения лесных пожаров в Российской Федерации / Н.Д. Гуцев, Н.В. Михайлова, И.Ю. Корчунова // Тр. Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства. – 2014. – № 4. – С. 71-80.

19. Гуцев, Н.Д. Результаты лабораторных исследований свойств новых огнетушащих составов / Н.Д. Гуцев, Н.В. Михайлова, И.Ю. Корчунова // Инновации и технологии в лесном хозяйстве: Материалы III Международной научно-практической конференции, 22-24 мая 2013 г., Санкт-Петербург, Рослесхоз, ФБУ «СПбНИИЛХ». Ч. 1. – СПб.: ФБУ «СПбНИИЛХ», 2013. – С. 163-170.

20. Кирюхин, Б.В. Исследование скоростей испарения капель водных растворов поверхностно-активных веществ / Б.В. Кирюхин, В.Г. Морачевский, М.Н. Орлова // Проблемы физики атмосферы: сб. науч. тр. / Ленинградский государственный университет. – Л.: Изд. ЛГУ, 1963. – Сб. 2. – С. 142-150.

21. Корольченко, Д.А. Лабораторная методика определения свойств пены на поверхности гептана / Д.А. Корольченко, А.Ф. Шароварников, Е.Н. Дегаев // Пожаровзрывобезопасность. – 2014. – Т. 23. – № 4. – С. 72-75.

22. Леса СССР: в 5 т. / Под ред. гл. ред. А.Б. Жукова. – М.: Наука, 1966. – 5 т.

23. Михайлова, Н.В. Лабораторные исследования новых смачивателей и пенообразователей с целью оценки возможности и эффективности использования их для тушения лесных пожаров / Н.В. Михайлова, Н.Д. Гуцев, И.Ю. Корчунова // Инновации и технологии в лесном хозяйстве 2014: Материалы IV Международной научно-практической конференции, 27-28 мая 2014 г., Санкт-Петербург, ФБУ «СПбНИИЛХ». – СПб.: ФБУ «СПбНИИЛХ», 2014. – С. 83.

24. 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.

25. Морачевский, В.Г. Экспериментальное исследование величины коэффициента испарения водных растворов поверхностно-активных веществ / В.Г. Морачевский, Б.М. Шиняев // Проблемы физики атмосферы: сб. науч. тр. / Ленинградский государственный университет. – Л.: Изд. ЛГУ, 1963. – Сб. 2. – С. 151-154.

26. НПБ 305–2001. Нормы пожарной безопасности. Пожарная техника. Заряды к воздушно-пенным огнетушителям и установкам пенного пожаротушения. Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 01.02.2001. – М.: ВНИИПО МВД России, 2002. – 12 с.

REFERENCES

1. Aprobaciya novyh ognetushashchih himicheskih sostavov i razrabotka rekomendacij po ih primeneniyu: otchyot o NIR (promezhutoch.) / Sankt–Peterburgskij nauch.-issled. in-t lesnogo hozyajstva; ruk. Gucev N.D.; ispoln.: Arcybashev E.S., Mihajlova N.V., Korchunova I.YU. – SPb., 2013. – 164 s. – Bibliogr.: s. 114–118. – № GR 01201255954.

2. Aprobaciya novyh ognetushashchih himicheskih sostavov i razrabotka rekomendacij po ih primeneniyu: otchyot o NIR (zaklyuchit.) / Sankt–Peterburgskij nauch.-issled. in-t lesnogo hozyajstva; ruk. Gucev N.D.; ispoln.: Arcybashev E.S., Mihajlova N.V., Korchunova I.Yu. – SPb., 2014. – 254 s. – Bibliogr.: s. 112–120. – № GR 01201255954.

3. Arcybashev, E.S. Himicheskie metody bor'by s lesnymi pozharami / E.S. Arcybashev, V.G. Lorberbaum. – M.: CBNTIleskhoza, 1972. – 48 s.

4. Arcybashev, E.S. Lesnye pozhary i bor›ba s nimi / E.S. Arcybashev. – M.: Lesnaya prom-st›, 1974. – 150 s.

5. Vostochno-evropejskie lesa: v 2 kn. / Pod red. d-ra biol. nauk O.V. Smirnovoj. – M.: Nauka, 2004. – 2 kn.

6. GOST 16363-98. Sredstva dlya ognezashchity drevesiny. Metody opredeleniya ognezashchitnyh svojstv. – Vved. 01.07.1999. – M.: IPK Izd-vo standartov, 1999. – 7 s.

7. GOST 18995.1-73. Produkty himicheskie zhidkie. Metody opredeleniya plotnosti. – Vved. 07.01.1974. – M.: IPK Izd-vo standartov, 2004. – 4 s.

8. GOST 18995.5-73. Produkty himicheskie organicheskie. Metody opredeleniya temperatury kristallizacii. – Vved. 01.07.1974. – M.: IPK Izd-vo standartov, 2003. – 7 s.

9. GOST 1929-87. Nefteprodukty. Metody opredeleniya dinamicheskoj vyazkosti na rotacionnom viskozimetre. – Vved. 01.07.1998. – M.: «Standartinform», 2002. – 18 s.

10. GOST 20216. Lateksy. Metody opredeleniya poverhnostnogo natyazheniya. – Vved. 01.01.1976. – M.: Izd-vo standartov, 1975. – 8 s.

11. GOST 22567.5-93. Sredstva moyushchie sinteticheskie i veshchestva poverhnostno-aktivnye. Metody opredeleniya koncentracii vodorodnyh ionov. – Vved. 01.01.1996. – M.: IPK Izd-vo standartov, 2003. – 4 s.

12. GOST 27076-86. Otbelivateli opticheskie. Metody opredeleniya rastvorimosti v vode. – Vved. 01.01.1988. – M.: Izd-vo standartov, 1988. – 4 s.

13. GOST 33-2000. Nefteprodukty. Prozrachnye i neprozrachnye zhidkosti. Opredelenie kinematicheskoj vyazkosti i raschyot dinamicheskoj vyazkosti. – Vved. 01.01.2002. – M.: FGUP «Standartinform», 2006. – 20 s.

14. GOST R 50588–2012. Penoobrazovateli dlya tusheniya pozharov. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytanij. – Vved. 01.07.2012. – M.: FGUP «Standartinform», 2012. – 29 s.

15. GOST R 51057-2001. Tekhnika pozharnaya. Ognetushiteli perenosnye. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytanij. – Vved. 01.01.2004. – M.: IPK Izd-vo standartov, 2004. – 45 s.

16. Gusev, V.G. Lesnoj ehzhekcionnyj aehrozol›no-zhidkostnyj ognetushitel› / V.G. Gusev, I.YU. Korchunova // Bor›ba s lesnymi pozharami: sb. nauch. tr. / Sankt-Peterburgskij nauch.-issled. in-t lesnogo hozyajstva. – SPb., SPbNIILH, 1998. – S. 91-101.

17. Gusev, V.G. Novye tekhnologii bor›by s lesnymi pozharami / V.G. Gusev, Yu.V. Podrezov // Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti. – 2006. – T. 3. – Vyp. № 4. – S. 22-26.

18. Gucev, N.D. Analiz rezul'tatov oprosa o primenenii ognetushashchih sostavov dlya tusheniya lesnyh pozharov v Rossijskoj Federacii / N.D. Gucev, N.V. Mihajlova, I.Yu. Korchunova // Tr. Sankt-Peterburgskogo NII lesnogo hozyajstva. – 2014. – № 4. – S. 71-80.

19. Gucev, N.D. Rezul›taty laboratornyh issledovanij svojstv novyh ognetushashchih sostavov / N.D. Gucev, N.V. Mihajlova, I.Yu. Korchunova // Innovacii i tekhnologii v lesnom hozyajstve: Materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, 22-24 maya 2013 g., Sankt-Peterburg, Rosleskhoz, FBU «SPbNIILH». Ch. 1. – SPb.: FBU «SPbNIILH», 2013. – S. 163-170.

20. Kiryuhin, B.V. Issledovanie skorostej ispareniya kapel' vodnyh rastvorov poverhnostno-aktivnyh veshchestv / B.V. Kiryuhin, V.G. Morachevskij, M.N. Orlova // Problemy fiziki atmosfery: sb. nauch. tr. / Leningradskij gosudarstvennyj universitet. – L.: Izd. LGU, 1963. – Sb. 2. – S. 142–150.

21. Korol›chenko, D.A. Laboratornaya metodika opredeleniya svojstv peny na poverhnosti geptana / D.A. Korol›chenko, A.F. SHarovarnikov, E.N. Degaev // Pozharovzryvobezopasnost›. – 2014. – T. 23. – № 4. – S. 72-75.

22. Lesa SSSR: v 5 t. / Pod red. gl. red. A.B. Zhukova. – M.: Nauka, 1966. – 5 t.

23. Mihajlova, N.V. Laboratornye issledovaniya novyh smachivatelej i penoobrazovatelej s cel›yu ocenki vozmozhnosti i ehffektivnosti ispol›zovaniya ih dlya tusheniya lesnyh pozharov / N.V. Mihajlova, N.D. Gucev, I.Yu. Korchunova // Innovacii i tekhnologii v lesnom hozyajstve 2014: Materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, 27-28 maya 2014 g., Sankt-Peterburg, FBU «SPbNIILH». – SPb.: FBU «SPbNIILH», 2014. – S. 83.

24. Mihajlova, N.V. Rezul›taty laboratornyh issledovanij svojstv novyh ognetushashchih sostavov dlya bor›by s lesnymi pozharami / N.V. Mihajlova, N.D. Gucev // Bezopasnost› zhiznedeyatel›nosti. – 2014. – № 4. – S. 33-39.

25. Morachevskij, V.G. EHksperimental›noe issledovanie velichiny koehfficienta ispareniya vodnyh rastvorov poverhnostno-aktivnyh veshchestv / V.G. Morachevskij, B.M. Shinyaev // Problemy fiziki atmosfery: sb. nauch. tr. / Leningradskij gosudarstvennyj universitet. – L.: Izd. LGU, 1963. – Sb. 2. – S. 151-154.

26. NPB 305–2001. Normy pozharnoj bezopasnosti. Pozharnaya tekhnika. Zaryady k vozdushno-pennym ognetushitelyam i ustanovkam pennogo pozharotusheniya. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytanij. – Vved. 01.02.2001. – M.: VNIIPO MVD Rossii, 2002. – 12 s.