

*А.А. Киреев, д.т.н., доцент, НУГЗУ,
Д.И. Савельев, адъюнкт, НУГЗУ,
К.В. Жерноклёв, к.х.н., доцент, НУГЗУ*

ВЫБОР ЭФФЕКТИВНЫХ ОГNETУШАЩИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Рассмотрены основные способы тушения лесных пожаров. Отмечены основные недостатки существующих огнетушащих средств, используемых при тушении верховых и низовых лесных пожаров. Предложено для повышения эффективности тушения лесных пожаров совместное использование гелеобразующих и пенообразующих огнетушащих средств.

Ключевые слова: тушение лесных пожаров, гелеобразующие системы, пенообразующие системы.

Постановка проблемы. Лесные пожары наносят большой экономический ущерб экономикам многих государств. Ежегодные прямые и косвенные потери от лесных пожаров составляют десятки миллиардов долларов. Лесные пожары уничтожают не только растительность, но и многие виды животных и птиц. Часто от лесных пожаров страдают населённые пункты. Нередко они вызывают гибель людей. Экологические последствия лесных пожаров распространяются на весь мир. Снижение площади лесов приводит к уменьшению поглощения из атмосферы углекислого газа, что ведёт к необратимым изменениям климата Земли [1-2].

Значительную часть лесного фонда Украины (более 40 %) составляют хвойные леса, из которых 60 % составляют молодые насаждения, наиболее поражаемые лесными пожарами. Для Украины острота проблемы лесных пожаров связана с тем, что наше государство является лесодефицитным, поэтому уничтожение сырьевой базы лесосоготовительной промышленности болезненно сказывается на экономике страны [3].

Проблема предотвращения и тушения лесных пожаров, несмотря на большое внимание к ней, до сих пор далека от решения. Во многом это объясняется разнообразием условий возникновения и распространения лесных пожаров. Существенно отличаются лесные пожары по масштабам, интенсивности горения и скорости распространения. Разнообразны и методы тушения лесных пожаров. Основными из них являются следующие [4]:

- захлестывание или забрасывание грунтом кромки беглого лесного пожара;
- тушение водой или растворами химикатов;
- прокладка минерализованных полос;
- отжиг или встречный огонь;
- тушение с привлечением авиации;

- искусственное вызывание осадков;
- тушение с использованием взрывчатых веществ.

Разные способы тушения лесных пожаров имеют свои преимущества и недостатки. Некоторые из них не требуют использования техники, но требуют привлечения больших людских ресурсов. Некоторые не требуют завоза огнетушащих веществ, другие требуют доставки больших количеств огнетушащих веществ.

Особенностью крупных верховых лесных пожаров является большая интенсивность теплового излучения вблизи фронта лесного пожара, что не позволяет в большинстве случаев использовать прямые методы тушения. При тушении верховых пожаров в большинстве случаев используется косвенный (упреждающий) метод тушения пожара. При нём линию остановки огня выбирают на некотором расстоянии от кромки пожара, создают преграды для распространения пламени и в дальнейшем удерживают созданные рубежи.

Для остановки распространения пожара создают заградительную полосу, на которой создают условия невозможности процесса горения. Для этого необходимо на некотором расстоянии или полностью удалить растительные горючие материалы или перевести их в негорючее состояние. Для этого с помощью землеройной техники создают минерализованные полосы путем прокладки канав и засыпке грунтом горючих материалов. Из-за большого объёма работ на практике трудно создать по всему периметру пожара широкую минерализованную полосу. Кроме того, затруднения при создании минерализованных полос могут вызвать особенности рельефа (гористая местность) и некоторые виды грунтов (каменистые).

При сильных верховых пожарах для создания широкой полосы, на которой уничтожены все горючие материалы, осуществляют отжиг. Пуск отжига осуществляют от естественных преград: дороги, ручьи, речки, просеки. Если естественные преграды огню отсутствуют, то для осуществления отжига создают искусственные препятствия: минерализованные полосы или полосы, обработанные огнезащитными веществами. Наиболее простым способом является обработка всех горючих материалов на некотором пространстве водой. Однако огнезащитные свойства воды при таком способе огнезащиты сохраняются лишь небольшой промежуток времени. Большая часть воды стекает с растительных материалов, а остаток её быстро испаряется.

Анализ последних исследований и публикаций. Для создания заградительных полос и полос, от которых осуществляется отжиг целесообразно применять средства с высокими оперативными огнезащитными свойствами. Одним из требований к таким средствам – небольшие потери при их нанесении на лесные горючие материалы. В качестве таких средств огнезащиты было предложено использовать гелеобразующие огнетушащие и огнезащитные составы (ГОС) [5]. Они представляют собой два отдельно хранящихся и отдельно подаваемых в очаг горения раствора. Компоненты раствора подобраны таким образом, чтобы при их смешении образовывался нетекучий слой геля. Основным компонен-

том такого геля является вода, которая обеспечивает такому ОВ высокие охлаждающие свойства. Другие компоненты подбираются так, чтобы обеспечить высокие ингибирующие, изолирующие и разбавляющие свойства такой композиции.

Ранее было предложено для целей огнезащиты лесных материалов использовать хорошо зарекомендовавшую себя при защите древесины ГОС $\text{Na}_2\text{O} \cdot (2,7-2,95) \text{SiO}_2$ (5%) + CaCl_2 (8%) [6-7]. Эта система показала также высокие огнезащитные свойства по отношению к хвое и сухой траве. Однако для ГОС характерны и некоторые отрицательные свойства, одним из которых является низкая проникающая способность. Так при обработке лесной подстилки, состоящей из сухого елового опада, шишек и мелких сухих веток, было установлено, что при толщине слоя подстилки 10 см гелевые покрытия не в состоянии предотвратить распространение пламени. Горение в форме тления распространяется на некоторой глубине ниже слоя геля.

Постановка задачи и её решение. Целью работы является выбор эффективных огнетушащих средств, для тушения лесных пожаров. Для эффективного тушения лесных пожаров необходимо использовать огнетушащие вещества с высокими огнетушащими и огнезащитными характеристиками. Высокие огнетушащие характеристики требуются, в первую очередь, при активных (прямых) методах тушения. Активные методы направлены на непосредственное тушение кромки пожара.

Для тушения пожаров высокой интенсивности используют косвенные (пассивные) методы тушения. При использовании таких методов тушения линию остановки огня выбирают на некотором расстоянии от кромки пожара. Для остановки распространения пожара используют защитную полосу (противопожарный барьер). В этом случае для огнетушащего средства требуются высокие огнезащитные свойства. Гелеобразные слои, образующиеся на поверхностях лесных горючих материалов (ЛГМ), при обработке их ГОС, имеют высокие огнезащитные свойства. Как показали опыты по огнезащите ЛГМ, многие материалы теряют способность к горению после обработки их. Это позволяет использовать ГОС для обустройства противопожарных барьеров. При этом ЛГМ в области противопожарного барьера не удаляются и не засыпаются грунтом, а обрабатываются ГОС.

В случае если имеется большое количество скрытых от прямого попадания ОВ поверхностей, ГОС не обеспечивают остановку продвижения пламени. Одним из путей повышения проникающих свойств ОВ в случае использования только одного из компонентов огнетушащей системы. Однако при этом теряется важнейшее преимущество ГОС – отсутствие потерь ОВ за счет стекания.

Значительными преимуществами в проникающих свойствах обладают пенообразующие системы с внешним пенообразованием (ПОС) [8]. В таких системах осуществляется не подача пены, а подача двух жидких компонентов в распыленном виде. Попадая на твердую или жидкую поверхность, растворы смешиваются. Состав растворов подобран так, что

при их смешивании образуется пена. ПОС позволяют обеспечить образование пены как на внешней поверхности материала с большим количеством труднодоступных и скрытых поверхностей, так и внутри пронизываемого для жидкостей материала. В последнем случае компоненты ПОС подаются последовательно, что обеспечивает протекание процесса образования пены в нижних слоях водопроницаемого материала.

ПОС были предложены для тушения горючих жидкостей. В настоящей работе их предлагается использовать для обработки водопроницаемых ЛГМ. К таким материалам относится лесная подстилка.

Для изучения процесса проникновения ОВ в материал лесной подстилки были проведены экспериментальные исследования. В опытах была использована лесная подстилка, состоящая из сухого елового опада, шишек и мелких сухих веток. Толщина лесной подстилки была выбрана равной 10 см. В качестве ПОС была использована система $Al_2(SO_4)_3 + NaHCO_3 + ТЭАС$. При смешении компонентов ПОС происходит химическая реакция



В ходе реакции выделяется углекислый газ, что в присутствии пенообразователя обеспечивает вспенивание системы. Одновременно образуется аморфный осадок гидроксида алюминия, который стабилизирует пену и обеспечивает удержание некоторого количества воды.

Применение ПОС для целей огнезащиты лесной подстилки было проведено в двух вариантах. В первом случае компоненты ПОС подавались одновременно на поверхность лесной подстилки. При этом пена образовывалась на поверхности подстилки, но в результате постепенного её разрушения жидкость и частично аморфный осадок гидроксида алюминия поникали вглубь лесной подстилки. Глубина проникновения зависела от количества поданного ПОС. При подаче компонентов ПОС в количестве более 3 кг/м^2 глубина проникновения жидкости вглубь подстилки составляла 5 см. Однако гидратированный аморфный осадок гидроксида алюминия проникал на глубину всего (1,5-2) см. Нижняя часть подстилки оставалась сухой даже при подаче ПОС в количестве более 10 кг/м^2 .

Во втором варианте компоненты ПОС подавались последовательно на поверхность лесной подстилки. Промежуток времени между подачей компонентов составлял (10-15) с. Лесная подстилка формировалась на водонепроницаемой поверхности. В таком случае пена образовывалась в нижней части подстилки. Она постепенно по мере протекания газогенерирующей реакции поднималась вверх. Высота поднятия пены при подаче компонентов ПОС в количестве 3 кг/м^2 составляла (4-5) см. При этом гидратированный аморфный осадок гидроксида алюминия проникал на высоту всего (1-1,5) см. При последовательной подаче компонентов ПОС верхней части подстилки образовывалось небольшое количество пены, которая быстро разрушалась. Поэтому верхняя часть подстилки при таком способе подачи удерживала небольшое количество жидкости.

Соответствующие этапы эксперимента по подаче ПОС на лесную подстилку представлены на рис. 1.



Рис. 1. Этапы эксперимента по подаче ПОС на лесную подстилку: а – обработанная лесная подстилка при одновременной подаче ПОС; б – обработанная лесная подстилка при последовательной подаче ПОС

Аналогичные исследования были проведены по подаче ГОС на лесную подстилку. В случае одновременной подачи ГОС на поверхность подстилки гель практически не поникал в глубину (рис. 2). При последовательной подаче компонентов ГОС гель образовывался в нижней части подстилки. Верхняя и средняя часть подстилки удерживали лишь небольшое количество жидкости.



Рис. 2. Лесная подстилка, обработанная ГОС при одновременной подаче

Выводы. Экспериментальное изучение проникающих свойств ГОС и ПОС позволило установить, что ПОС в отличие от ГОС обеспечивают более равномерное проникновение огнетушащего вещества в такой лесной горючий материал как хвойная подстилка. Это позволяет предложить использовать ПОС для остановки продвижения фронта низового лесного пожара по хвойной подстилки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Валендик Э.Н. Борьба с крупными лесными пожарами / Э.Н. Валендик. – Новосибирск: Наука. – 1990. – 193 с.
2. Воробьёв Ю.Л. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы / Ю.Л. Воробьёв, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов. – М.: ДЭКС-ПРЕСС. – 2004. – 312 с.,
3. Свириденко В.Є. Лісова пірологія / В.Є. Свириденко, О.Г. Бабіч, А.Й. Швиденко. – К.: Агропромвидав України, 1999. – 172 с.
4. Арцыбашев Е.С. Лесные пожары и борьба с ними / Е.С. Арцыбашев. – М.: Лесная промышленность. – 1974. – 280 с.
5. Патент 2264242 Российская федерация. МПК7 А62С, 5/033. Способ тушения пожара и состав для его осуществления / П.Ф. Борисов, В.Е. Росоха, Ю.А. Абрамов, А.А. Киреев, А.В. Бабенко. Заявка №2003237256/12. Заявл. 23.12.2003, Опубл. 20.11.10.2005, Бюл. № 32.
6. Сумцов Ю.А. Использование гелеобразующих составов для борьбы с низовыми лесными пожарами / Ю.А. Сумцов, А.А. Киреев, К.В. Жерноклёв // Проблемы пожарной безопасности. – 2007. – Вып. 22. – С. 175-179.
7. Сумцов Ю.А. Использование гелеобразующих составов для борьбы с верховыми лесными пожарами / Ю.А. Сумцов, А.А. Киреев, А.В. Александров // Проблемы пожарной безопасности. – 2008. – Вып. 23. – С. 180-185.
8. Киреев А.А. Пути повышения эффективности пенного пожаротушения / А.А. Киреев, А.Н. Коленов // Проблемы пожарной безопасности. – 2008. – Вып. 24. – С. 50-53.

О.О. Кіреєв, Д.І. Савельєв, К.В. Жернокльов

Вибір ефективних вогнегасних заходів для гасіння лісових пожеж

Розглянуто основні способи гасіння лісових пожеж. Відзначені основні недоліки існуючих вогнегасних засобів, використовуваних при гасінні верхових і низових лісових пожеж. Запропоновано для підвищення ефективності гасіння лісових пожеж спільне використання гелеутворюючих і піноутворюючих вогнегасних засобів.

Ключові слова: гасіння лісових пожеж, гелеутворюючі системи, пінообразуючі системи.

O.O. Kireiev, D.I. Saveliev, K.V. Zhernokliov

How to choose effective forest fire extinguishing agents

The article deals with the main methods of forest fire suppression. The disadvantages of the fire fighting means currently used for suppressing crown fire and ground fire are described. To enhance the efficiency of forest fire suppression the simultaneous application of fire fighting gel and fire fighting foam is suggested.

Key terms: forest fire suppression, gel-forming fire fighting system, foam-forming fire fighting system.