

*Д.И. Савельев, адъюнкт, НУГЗУ,
А.А. Киреев, д.т.н., доцент, НУГЗУ
К.В. Жерноклев, к.х.н., доцент, зам. нач. каф. НУГЗУ*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕПРЕГРАЖДАЮЩИХ СВОЙСТВ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ, ОБРАБОТАННОЙ ПЕНООБРАЗУЮЩИМИ СОСТАВАМИ

Приведены результаты лабораторных исследований предотвращения распространения устойчивых низовых лесных пожаров при использовании пенообразующих огнетушащих систем $\text{NaHCO}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; NaHCO_3 +аммофос; $\text{NaHCO}_3 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$; углеаммонийная соль + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; углеаммонийная соль + аммофос; углеаммонийная соль + $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ при раздельно-одновременной и раздельно-последовательной подаче компонентов.

Ключевые слова: тушение лесных пожаров, низовые лесные пожары, лесная подстилка, пенообразующая система, одновременно-раздельная подача, последовательная подача.

Постановка проблемы. Постоянный интерес к проблеме тушения лесных пожаров вызванный отсутствием тенденция к сокращению числа лесных пожаров. В Украине в засушливые годы также наблюдается стабильный рост числа лесных пожаров. В 2014-2015 гг. ситуация усугубилась в связи с проведением АТО, где ликвидация пожаров была невозможной из-за запрета въезда пожарных машин лесхозов в лесные массивы [1].

Для тушения лесных 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), на которой имеются или создают условия невозможности процесса горения.

Для создания искусственных противопожарных барьеров необходимо на некотором расстоянии от кромки лесного пожара 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 объема работ на практике трудно создать по всему периметру пожара широкую минерализованную полосу.

Другим способом создания противопожарных барьеров является обработка горючих материалов в защитной полосе огнезащитными веществами. В большинстве случаев в качестве огнезащитного вещества выбирают воду. Однако огнезащитные свойства воды сохраняются лишь небольшой промежуток времени. Большая часть воды стекает с растительных материалов, а часть её испаряется. Отсюда вытекает проблема выбора высокоэффективного огнезащитного вещества, которое обеспечит длительную огнезащиту лесных горючих материалов.

Анализ последних исследований и публикаций. Поиск альтернативных огнетушащих составов и способов их подачи показывает интерес научного мира к этой проблеме. В последнее время разным аспектам проблемы тушения лесных пожаров были посвящены исследования отечественных и зарубежных ученых. Так, для борьбы с лесными пожарами предлагается применение химического замедлителя горения – хлорида магния (бишофита) [2]; привлечение авиации [3]. Повышение эффективности борьбы с лесными пожарами связывают с использованием водо-пенных средств пожаротушения [4], использованием метода контролируемого выгорания [5], а также применение гелеобразующих огнетушащих систем (ГОС) [7].

Так как при тушении низовых лесных пожаров с помощью ГОС, в случае обработки лесной подстилки при одновременно-раздельной подаче компонентов возможно проникновение пламени под слоем геля. Для решения этой проблемы было предложено использовать пенообразующие системы с внешним пенообразованием (ПОС) [6]. Основным достоинством ПОС является то, что образуемая в ней пена обладает большими проникающими способностями в сравнение с ГОС. В ПОС предусматривается раздельная подача двух жидких компонентов с пенообразователем в распыленном виде. При попадании на лесную подстилку компоненты смешиваются и образуют пену. Данная система позволяет образовывать пену, как на поверхности, так и в слоях подстилки. Для образования пены в слоях подстилки необходима последовательная подача компонентов, что обеспечивает проникновение компонентов в глубь подстилки.

Постановка задачи и ее решение. Целью данной работы является разработка эффективного огнезащитного средства на основе ПОС с высокими проникающими свойствами для обеспечения высоких огнепреграждающих свойств лесной подстилки большой толщины. Также необходимо определить количественные характеристики их огнезащитного действия.

Для этого предложено два подхода. Первый предполагает использование ПОС с раздельно-одновременной подачей, в результате чего образуется пена на поверхности образца. Второй подход включает раздельно-последовательную подачу компонентов ПОС с поочередным прониканием компонентов в глубь образца и образованием пены в слоях подстилки.

В качестве пенообразующих систем нами были выбраны насыщенные растворы компонентов с пенообразователем (ПО) 6%: $\text{NaHCO}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (ПОС 1); $\text{NaHCO}_3 + \text{аммофос}$ (ПОС 2); $\text{NaHCO}_3 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (ПОС 3); углеаммонийная соль + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (ПОС 4); углеаммонийная соль + аммофос (ПОС 5); углеаммонийная соль + $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (ПОС 6).

В качестве поверхностно-активного вещества (ПАВ) использовались пенообразователь общего назначения «Альпен», «Морской» и пищевой пенообразователь-экстракт мыльного корня (ЭМК). В результате лабораторных исследований были определены кратность пены и время разрушения ее половины объема (табл. 1).

Проведение эксперимента осуществлялось в соответствии с лабораторными методиками [8] и с помощью мерных цилиндров отбирались одинаковые объемы компонентов и сливались в мерный цилиндр на 250 мл [9].

Табл. 1. Характеристики стойкости ($\tau_{1/2}$) и кратности (К) образующейся пены в различных ПОС с использованием пенообразователей

| ПАВ система | ПО общего назначения «Альпен» | | ПО «Морской» | | ПО пищевой (ЭМК) | |
|----------------|-------------------------------|--------------------|--------------|--------------------|------------------|--------------------|
| | К | $\tau_{1/2}$, мин | К | $\tau_{1/2}$, мин | К | $\tau_{1/2}$, мин |
| ПОС1 | 5,2 | 10 | 5,2 | 8 | 5,2 | >20 |
| ПОС2 | 5,8 | 2,1 | 6,8 | 1,4 | 5,6 | 3,3 |
| ПОС3 | 5,4 | 3,4 | 7,6 | 2 | 5,2 | 5 |
| ПОС4 | 7 | 4,6 | 7,8 | 10 | 3,4 | >20 |
| ПОС5 | 7,4 | 2,2 | 10,4 | 3 | 5 | 5 |
| ПОС6 | 7,2 | 4 | 10 | 3 | 5 | 5 |

Из табл. 1 видно, что наибольшую кратность пены обеспечивает ПО «Морской». В случае системы ПОС5 и ПОС6 кратность пены достигает 10. Наибольшая стойкость пены достигалась при использовании ПО ЭМК и составляла более 20 мин.

Для изучения влияния обработки ПОС лесной подстилки на распространение пламени были проведены исследования аналогичные проведенные ранее с ГОС [7]. При этом использовался ПОС с содержанием ПО 6%. Подача компонентов с использованием бытовых распылителей ОП-3.

Для определения эффективности огнепреграждающих свойства ПОС были изучены лесные подстилки, обработанные различными ПОС с пенообразователями (6%) которые подавались двумя способами: отдельно-одновременно и отдельно-поочередно. Использовались насыщенные растворы компонентов ПОС общим объёмом наносимого раствора 50 мл.

Огнетушащее вещество (далее-ОВ) наносилось с помощью бытовых распылителей на подготовленную подстилку. Ширина обрабатываемой подстилки составляла 10x30 см. Обработанные участки находились на расстоянии 10 см от места поджога. Далее проводилось поджигание подстилки и визуальное наблюдение за продвижением фронта пламени. Этапы проведения эксперимента представлены на рис. 1.

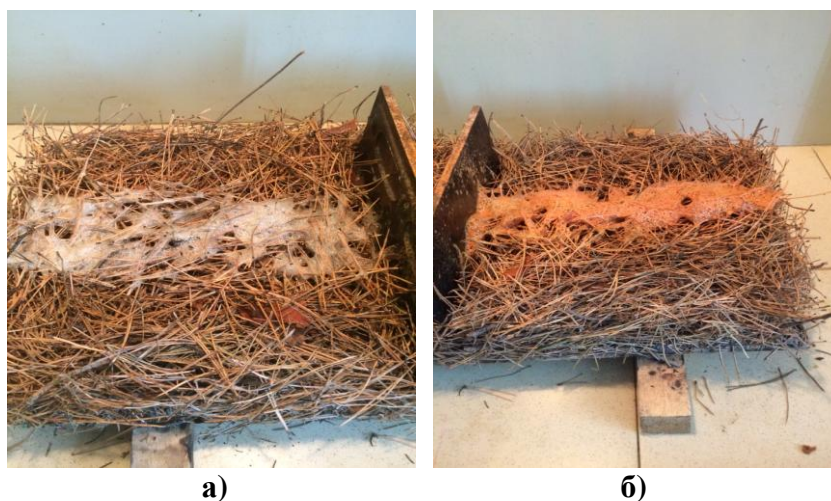


Рис. 1. Этапы лабораторного эксперимента по тушению лесной подстилки: а) слой пены на лесной подстилке (одновременно-раздельной подаче компонентов ПОС); б) слой пены на лесной подстилке (одновременной подаче компонентов ПОС)

Лабораторные опыты проводились в двух вариантах – без сушки обрабатываемой подстилки (время поджога не более 5 минут после обработки) и с сушкой подстилки в течение 20-24 часов при температуре 20-25°C. Соответствующие результаты по ПОС и воде представлены в табл. 2.

Анализ результатов эксперимента позволяет заключить, что ПОС имеет значительно лучшие показатели проницаемости в глубь лесной подстилки по сравнению с ГОС. При последовательной подаче ПОС компоненты состава проникают вглубь подстилки и там образуют пену. При одновременной подаче, пена образовывается на поверхности подстилки и постепенно проникает внутрь ее.

Табл. 2. Огнепреграждающие свойства лесной подстилки обработанной ПОС массой 50 г с удельным расходом 1,7 кг/м² при одновременно – здельной (одн) и последовательной (посл) подаче компонентов без сушки

| Пенообразователь | ПО общего действия | | ПО морской | | ПО пищевой | |
|------------------|--------------------|------|------------|------|------------|------|
| | одн | посл | одн | посл | одн | посл |
| ПОС-1 | + | - | - | - | + | - |
| ПОС-2 | - | - | - | + | - | + |
| ПОС-3 | + | + | + | - | - | + |
| ПОС-4 | + | - | + | + | + | + |
| ПОС-5 | - | + | - | + | - | + |
| ПОС-6 | - | - | - | + | - | - |

+ пламя не преодолено преграду, – пламя преодолено преграду

Также было установлено, что после нанесения ПОС пена быстро разрушалась, и уже жидкие компоненты проходили вглубь подстилки. При сушке в течение 20-24 часов обработанного участка лесной хвойной подстилки наблюдалось остаточная влажность, но только одна из систем (ПОС4 с ПО морской) предотвратила распространение горения. Также были проведены аналогичные опыты с водой, которые показали, что при удельном расходе ОБ 1,7 кг/м² вода обеспечивает огнезащиту лесной подстилки при отсутствии сушки, но не обеспечивает при длительной сушке.

Выводы. Пенообразующие составы обеспечивают такие же огнезащитные свойства как ГОС и вода при удельном расходе 1,7 кг/м² по отношению к лесной хвойной подстилке толщиной 5 см при её нанесении непосредственно перед фронтом пожара. В случае заблаговременного нанесения на защищаемую лесную подстилку за 20-24 часа, ПОС углеаммонийная соль + Al₂(SO₄)₃ при удельном расходе 1,7 кг/м² обеспечивает огнепреграждающее действие, а все остальные огнетушащие вещества не обеспечивают.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный доклад о состоянии техногенной и природной безопасности в Украине в 2014 году / Перепелятников Г.П., Перепелятникова Л.В., Калиненко Л.В., Помазанова Т.И. // УкрНИИГЗ, 2015. – С. 154 Режим доступа: http://www.mns.gov.ua/files/prognoz/report/2014/ND_2014.pdf.

2. Применение бишофита для тушения лесных и степных пожаров <http://bishofit.in.ua/price/14>.
3. Патент 87907 Україна. МПК51 А62С 3/00. Спосіб гасіння лісової пожежі та вогнегасник для його здійснення Зубенко В.Є Заявка №а200712249 від 05.11.2007 Патент опубліковано 25.08.2009, бюл. №16/2009.
4. Залесов С.В. Система пожаротушения NATISK для остановки и локализации лесных пожаров / С.В. Залесов, Г.А. Годовалов, А.А. Кректунов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=12757> (дата обращения: 03.03.2016).
5. Гундар С.В. Управление лесными пожарами / С.В. Гундар, А.В. Подгрушный // Пожаровзрывобезопасность. – 2006. – Т. 15. № 4. – С. 74-80.
6. Киреев А.А. Пути повышения эффективности пенного пожаротушения / А.А. Киреев, А.Н. Коленов // Проблемы пожарной безопасности. – 2008. – Вып. 24. – С. 50-53.
7. Савельев Д.И. Повышение эффективности использования гелеобразующих составов при борьбе с низовыми лесными пожарами / Д.И. Савельев, А.А. Киреев, К.В. Жерноклев // Проблемы пожарной безопасности, Харьков, НУЦЗУ, 2016. – Вып. 39 – С. 237-242.
8. Айвазов Б.В. Практикум по химии поверхностных явлений и адсорбции. М.: Высш.школа, 1973. – 208 с.
9. Киреев А.А. Исследование пенообразования в пенообразующих системах / А.А. Киреев, А.Н. Коленов // Проблемы пожарной безопасности, Харьков, УЦЗУ, 2009. – Вып. 25 – С. 59-64.

Получено редколлегией 19.10.2016

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

Експериментальне дослідження вогнеперешкоджаючих властивостей лісового настилу, обробленого піноутворюючим складом

Наведено результати лабораторних досліджень запобігання поширенню стійких низових лісових пожеж при використанні піноутворюючих вогнегасних систем $\text{NaHCO}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; $\text{NaHCO}_3 + \text{амофос}$; $\text{NaHCO}_3 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$; вуглеамонійна сіль + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; вуглеамонійна сіль + амофос ; вуглеамонійна сіль + $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ при роздільно-одночасній і роздільно-послідовній подачі компонентів.

Ключові слова: гасіння лісових пожеж, низові лісові пожежі, лісова підстилка, піноутворююча система, роздільно-одночасна подача, роздільно-послідовна подача.

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

Fire retardant properties of forest litter treated with foam-forming substances: an experimental study

The articles concentrates on the outcomes of the laboratory experiments aimed at the analysis of preventing the spread of ground forest fires with the help of foam-forming fire-fighting systems, including $\text{NaHCO}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; $\text{NaHCO}_3 + \text{anmophos}$; $\text{NaHCO}_3 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$; ammonium carbonate + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; ammonium carbonate + ammophos; ammonium carbonate + $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. The fire-retardant properties the forest litter acquires after being treated with the foam-forming systems with separate-simultaneous and separate-successive application of the components are studied.

Keywords: forest fire suppression, ground forest fires, forest litter, foam-forming system, separate-simultaneous application, separate-successive application.