

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

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИХ СОСТАВОВ ПРИ БОРЬБЕ С НИЗОВЫМИ ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ

Приведены результаты лабораторных исследований предотвращения распространения устойчивых низовых лесных пожаров при использовании гелеобразующих огнетушащих систем $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2(5\%) + \text{CaCl}_2(5\%)$, $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2(5\%) + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(5\%)$, $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2(15\%) + \text{аммофос}(15\%)$, $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2(15\%) + \text{углеаммонийная соль}(15\%)$. Изучены огнепреграждающие свойства лесных подстилок, обработанных гелеобразующими системами при одновременно-раздельной и последовательной подаче компонентов. Установлены расходы огнетушащего вещества, которые обеспечивают нераспространение низового лесного пожара.

Ключевые слова: тушение лесных пожаров, низовые лесные пожары, лесная подстилка, гелеобразующая система, одновременно-раздельная подача, последовательной подаче.

Постановка проблемы. До настоящего времени проблема повышения эффективности тушения лесных пожаров остается актуальной. Постоянный интерес к ней объясняется тем, что лесные пожары нередко становятся причиной гибели людей, наносят вред окружающей среде, могут причинить ущерб близлежащим населенным пунктам, объектам сельского хозяйства, экономике региона и государства.

Так, по данным Украинского научно-исследовательского института гражданской защиты ДСНС Украины в 2014 г. было зарегистрировано 1478 случаев лесных пожаров на площади 15412,2 га, в том числе верховых – на 4425 га. В 2014 г. году на пожарную ситуацию значительно повлияло проведение боевых действий (АТО) в Донецкой и Луганской областях. В этих регионах возникло 663 лесных пожара на площади 13722,65 га, в том числе верховых на 4131 га. Своевременно ликвидировать эти пожары было невозможно из-за запрета въезда пожарных машин лесхозов в лесные массивы [11].

Анализ последних исследований и публикаций. В последнее время разным аспектам проблемы тушения лесных пожаров было посвящено большое количество исследований отечественных и зарубежных ученых. Так, были изучены приемы использования управляемого огня в лесу как малозатратного механизма тушения пожаров и повышения пожароустойчивости леса [2]; предложены методы оптимизации размещения сил и средств при локализации ландшафтных пожаров [9]; описаны так-

тико-технические решения при тушении лесного пожара [10]. Были усовершенствованы способы тушения лесных пожаров с использованием взрывчатых веществ [3; 7;8;13;15;16], авиационных средств [1], и водопенных средств пожаротушения [5].

Для тушения низовых лесных пожаров было предложено использовать гелеобразующие огнетушащие и огнезащитные средства (ГОС) [12]. ГОС проявляют высокие огнезащитные свойства, что обеспечивает им существенные преимущества при пассивных методах тушения низовых лесных пожаров. С их помощью можно быстро создать противопожарный барьер, который сохраняет свои огнепреграждающие свойства в течение нескольких суток. Однако также было установлено, что при большой толщине лесной подстилки горение может распространяться под слоем геля. Также было установлено, что это можно объяснить низкими проникающими свойствами огнетушащих веществ (ОВ) в связи быстрой потерей текучести ГОС.

Постановка задачи и ее решение. Целью данной работы является разработка ГОС с повышенными проникающими свойствами, для обеспечения огнепреграждающих свойств лесной подстилки большой толщины. Для этого предложено два подхода. Первый – использование ГОС с большим временем гелеобразования, второй – последовательная подача компонентов ГОС с малым временем гелеобразования.

Из изученных ранее систем [6] две ГОС имеют большие времена гелеобразования – это $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2(15\%) + \text{аммофос}(15\%)$ (ГОС 1) и $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2(15\%) + \text{углеаммонийная соль}(15\%)$ (ГОС 2). В качестве ГОС с малым временем гелеобразования были выбраны две системы с наиболее высокими огнезащитными свойствами $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2(5\%) + \text{CaCl}_2(5\%)$ (ГОС 3) и $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2(5\%) + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(5\%)$ (ГОС 4).

Для изучения влияния гелеобразных огнезащитных полос на распространения устойчивого низового пожара были проведены лабораторные испытания по распространению пламени по подстилке, состоящей из елового опада, шишек и мелких сухих веток. При выборе параметров лесной подстилки было принято во внимание, что в пределах одного типа леса ее толщина может варьироваться в пределах от 0,5 до 15 см, а запасы – составлять от 10 до 100 т/га [17]. Также учтено, что толщина подстилки в 60-летнем сосняке обычно не превышает 6 см, но с увеличением возраста леса данный показатель может уменьшаться [14]. Кроме того, учтено, что средний возраст лесов Украины составляет более 55 лет [4].

В лабораторных исследованиях была воспроизведена лесная подстилка размером (30x30) см, загрузкой 225 г, что соответствует удельной загрузке $2,5 \text{ кг/м}^2$, и толщине 5 см. Подстилка была выстлана на керамической плитке со слоем песка 1 см.

Для сравнения были изучены огнепреграждающие свойства лесной подстилки, обработанной водой и водой с пенообразователем (2%). ОВ

наносились с помощью бытовых распылителей на подготовленную подстилку. Ширина обрабатываемой подстилки была выбрана равной 10 см, что соответствует площади $0,03 \text{ м}^2$. Обработанные участки находились на расстоянии 10 см от места поджога. Далее проводилось поджигание подстилки. Этапы проведения эксперимента представлены на рис. 1.

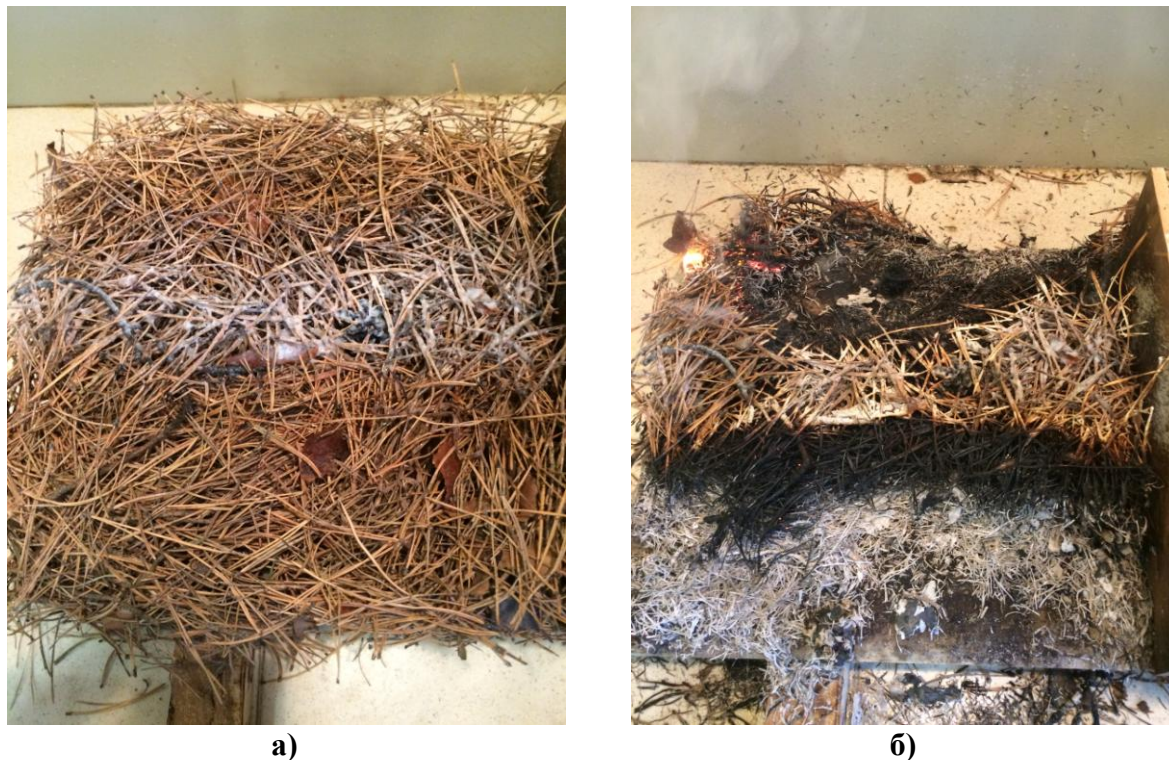


Рис. 1. Этапы лабораторного эксперимента по тушению лесной подстилки: а) слоя геля на лесной подстилке (одновременной подаче компонентов ГОС); б) внешний вид подстилки по окончании эксперимента при отдельной подаче компонентов (видны пройденные и не пройденные огнём участки)

Все лабораторные опыты проводились в двух вариантах – без сушки обрабатываемой подстилки (время поджога не более 5 минут после обработки) и с сушкой подстилки в течение (20-22) часов при температуре $(18-20)^\circ\text{C}$. Массы ОВ, нанесенных на полосу подстилки шириной 10 см и длиной 30 см составляли 30 г, 50 г, 75 г. При подаче 30 г ОВ (удельный расход 1 кг/м^2) во всех случаях огонь преодолел обработанную ОВ полосу. Результаты остальных экспериментов представлены в табл. 1.

Анализ результатов эксперимента позволяет заключить, что ГОС уступают воде при создании огнезащитной полосы на хвойной подстилке толщиной 5 см (удельная пожарная нагрузка $2,5 \text{ кг/м}^2$). Это объясняется тем что пламя проходит через слой подстилки расположенной ниже слоя геля. Это в свою очередь, объясняется низким по сравнению с водой проникающими свойствами ГОС. В случае последовательно-раздельной подачей компонентов ГОС гель образуется во всем объёме лесной под-

стилки. Это обеспечило ГОС-3 предотвратить распространение горения по хвойной лесной подстилке. При удельном расходе $1,7 \text{ кг/м}^2$. Однако в ходе продолжительной сушки ГОС-3, также как и вода не обеспечивает придельных огнезащитных свойств лесной подстилки при таком удельном расходе.

Табл. 1. Влияние массы (m) и удельного расхода (P) на результаты эксперимента по огнепреграждающим свойства лесных подстилок, обработанных гелеобразующими системами и водой при одновременно-раздельной (одн) и последовательной (посл) подаче компонентов

m, г	50				75			
P, кг/м ²	1,7				2,5			
Сушка	без сушки		сушка		без сушки		сушка	
Способ подачи	одн	посл	одн	посл	одн	посл	одн	посл
ГОС-1	-	-	-	-	-	+	-	-
ГОС-2	-	-	-	-	-	+	-	-
ГОС-3	-	+	-	-	-	+	-	+
ГОС-4	-	-	-	-	-	+	-	-
Вода	+		-		+		-	
Вода + ПО(2%)	+		-		+		-	

+ пламя не преодолено преграду, – пламя преодолено преграду

В случае повышения удельного ОВ до $2,5 \text{ кг/м}^2$ все изученные ГОС при раздельной подаче обеспечивают придание огнезащитных свойств лесной подстилке в случае малого времени сушки.

При длительной сушке обработанного участка лесной хвойной подстилки только ГОС-3 обеспечивает предотвращение распространения горения по хвойной лесной подстилке.

Выводы. Вода не уступает ГОС по огнезащитным свойствам по отношению к лесной хвойной подстилке толщиной 5 см при её нанесении непосредственно перед фронтом пожара. В случае заблаговременного нанесения воды её огнезащитные свойства уступают ГОС-3 $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2(5\%) + \text{CaCl}_2(5\%)$ при последовательном нанесении её компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдурагимов И.М. Проблема тушения крупных лесных пожаров и крупномасштабных пожаров твердых горючих материалов в зданиях / И.М. Абдурагимов // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – Т. 21, № 2. – С. 69-74.

2. Гундар С.В. Управление лесными пожарами / С.В. Гундар, А.В. Подгрушный // Пожаровзрывобезопасность. – 2006. – Т. 15, № 4. – С. 74-80.

3. Гришин А.М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. / А.М. Гришин – Наука, 1992. – 480 с.

4. Государственное агентство лесных ресурсов Украины Лесистость территории Украины по природным зонам / – [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/ru/publish/article;jsessionid=9F676F0240E1ECA0F3F00BEE4DF015FB.app1?art_id=82061&cat_id=82060.

5. 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).

6. Кіреєв О. О. Гелеутворюючі вогнегасні і вогнезахисні засоби підвищеної ефективності стосовно пожеж класу А : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 21.06.02 / О. О. Кіреєв; Держ. служба України з надзвичай. ситуацій. – Харків, 2014. – 37 с.

7. Кустов М.В. Вплив фізико-хімічних властивостей істинних розчинів на їх вогнегасну ефективність / М.В. Кустов, В.Д. Калугін // Проблемы пожарной безопасности. – 2007, Вып. 22. – С.126-134.

8. Корытченко К.В. Моделирование областей обрыва ЛГМ, формируемой при взрыве топливовоздушных зарядов в лесном фитоценозе / К.В. Корытченко, С.А. Вамболь, Ю.А. Скоб, М.Л. Угрюмов, А.А. Назаренко // Проблемы пожарной безопасности. – 2010. № 27. – С.109-117. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol27/K.V.Корытченко>.

9. Кривошликов С.Ф. Оптимізація розміщення сил і засобів при локалізації ландшафтної пожежі [Текст] : автореф. дис... канд. техн. наук: 21.06.02 / Кривошликов Сергій Федорович ; Університет цивільного захисту України. – Х., 2009. – 20 с.

10. Літвін М.В. Розробка тактико-технічних рішень гасіння лісової пожежі [Текст] : дис... канд. техн. наук: 05.26.03 / Літвін Микола Васильович ; Харківський держ. технічний ун-т будівництва та архітектури. – Х., 1998. – С. 134-142.

11. 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. // [Электронный ресурс] – Украинский НИИГЗ ГСЧС Украины, 2015. – С. 154 Режим доступа: http://www.mns.gov.ua/files/prognoz/report/2014/ND_2014.pdf

12. Сумцов Ю.А. Выбор гелеобразующих составов для борьбы с лесными пожарами / Ю.А. Сумцов, А.А. Киреев, Г.В.Тарасенко.

//Проблемы пожарной безопасности. – 2006. – Вып. 19. – С. 143-148

13. Свириденко В.Є. Лісова пірологія / В.Є. Свириденко, О.Г. Бабіч, А.Й. Швиденко. – К.: Агропромвидав України. – 1999. – 172с.

14. Стародубцева Н.И. Мощность лесной подстилки у сосняках Джабык-Карагайского бора/ Н.И. Стародубцева, Е.А. Жучков, А.С. Степанов // Матер. IV междунар. науч. конф. Лес-2003. – Брянск, 2003. – [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [http:// science-bsea.narod.ru/2003/les_2003/juhkov.htm](http://science-bsea.narod.ru/2003/les_2003/juhkov.htm).

15. Тарахно О.В. Теоретичні основи пожежовибухонебезпеки. Харків: АЦЗУ, 2006.–395 с.

16. Червонный М.Г. Охрана лесов.-М.: Лесн. Пром-ть,1981.–240с.

17. Чжан С.А. Мощность лесной подстилки сосновых насаждений в условиях длительного техногенного процесса / С.А. Чжан, Е.М. Рунова, О.А. Пузанова, Л.А. Чжан // Системы. Методы. Технологии. – Братск: БрГУ, 2011. – № 4(12). – С. 157-162.

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

Підвищення ефективності використання гелеутворюючих складів при боротьбі з низовими лісовими пожежами

Приведені результати лабораторних досліджень запобігання поширення стійких низових лісових пожеж при використанні гелеутворюючих вогнегасячих систем $\text{Na}_2\text{O} - 2,7\text{SiO}_2$ (5%) + CaCl_2 (5%), $\text{Na}_2\text{O} - 2,7 \text{SiO}_2$ (5%) + $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3$ (5%), $\text{Na}_2\text{O} - 2,7\text{SiO}_2$ (15%) + амофос (15%), $\text{Na}_2\text{O} - 2,7 \text{SiO}_2$ (15%) + углеаммонійна сіль (15%). Вивчені вогнезахисні властивості лісових підстилок, оброблених гелеутворюючими системами при одночасно-роздільному і послідовному подаванні компонентів. Встановлені витрати вогнегасячої речовини, які забезпечують нерозповсюдження низової лісової пожежі.

Ключові слова: гасіння лісових пожеж, низові лісові пожежі, лісова підстилка, гелеутворююча система, одночасно-роздільне подання, послідовне подання.

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

Enhancing the Efficiency of Gel-Forming Fire Fighting Agents in Suppressing Ground Forest Fires

The articles concentrates on preventing the spread of ground forest fires by means of gel-forming fire-fighting systems, including $\text{Na}_2\text{O} - 2,7\text{SiO}_2$ (5%) + CaCl_2 (5%), $\text{Na}_2\text{O} - 2,7\text{SiO}_2$ (5%) + $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3$ (5%), $\text{Na}_2\text{O} - 2,7\text{SiO}_2$ (15%) + ammophos (15%), $\text{Na}_2\text{O} - 2,7 \text{SiO}_2$ (15%) + ammonium carbonate (15%). The fire-retardant properties the forest litter acquires after being treated with the gel-forming systems with simultaneous and separate application of the components are studied. The consumption of fire-fighting agents needed to prevent the spread of ground forest fire is determined.

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