

6. Красавина Н.Н. Технические указания по применению химических веществ на тушении лесных пожаров. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1963. – 17 с.

7. Курбатский Н.П., Красавина Н.Н., Жданко В.А. Лесные почвенные пожары и борьба с ними. М.: Изд. МСХ РСФСР, 1957. – 41 с.

8. Кохановский В.Н. К вопросу о борьбе с торфяными пожарами // Горючесть веществ и химические средства пожаротушения. – М.: 1978. – С. 100-102.

9. Шуваев М.Г. Основы пожарного дела. – М.: Стройиздат, 1979. – 351 с.

10. Способ борьбы с пожарами на торфяниках. А.с. № 980734. Оpubл. 22.07.1983 г. Бюлл. № 6.

11. Сретенский В.А. Тушение торфяных пожаров. // Лесн. хоз-во. – 1980. - № 7. – С. 54-56.

12. Конев Э.В. Физические основы горения растительных материалов. – Новосибирск: Наука, 1977. – 296 с.

13. Костюк Н.С. Физика торфа. – Минск: Вышэйшая школа, 1967. – 214 с.



УДК 630\*432.23

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОГНЕТУШАЩИХ ХИМИЧЕСКИХ СОСТАВОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С ТОРФЯНЫМИ ПОЖАРАМИ

Богданова В.В. (НИИ ФХП БГУ), Кобец О.И. (НИИ ФХП БГУ),  
Усея В.В. (ИЛ НАН Б), Тищенко В.Г. (МЧС РБ)

### ВВЕДЕНИЕ

Торфяные пожары в засушливые годы распространяются на большие площади, нанося при этом большой вред народному хозяйству Республики Беларусь.

Любой пожар представляет собой процесс горения, сопровождающийся сложными физико-химическими превращениями горючих материалов. Особенностью горения торфа и древесины является их разложение под воздействием высоких температур с образованием газообразных продуктов и твердого остатка. Основу торфа составляют растительные остатки твердых полимеров целлюлозной природы и продукты их распада, находящиеся в равновесии с водным раствором низко- и высокомолекулярных веществ [1]. Торф, наряду с неразложившимися растительными остатками, содержит в себе соединения способные легко окисляться при температу-

ре 60-70°C. Так, торф начинает разлагаться уже при 100-105°C, заметное разложение протекает при 150°C. Для сравнения: медленное разложение древесины начинается при 160-170°C, а заметный выход газообразных продуктов происходит при 250-300°C [2]. Температура самовоспламенения торфа сравнительно низкая – 225-280°C, а температура самовоспламенения древесины – 250-350°C [3].

Выделяющееся при горении тепло в силу плохой теплопроводности торфа мало рассеивается в окружающую среду и идет, в основном, на подсушивание и разогрев прилегающих масс горючего. Теплота сгорания зависит от его химического состава, степени разложения, зольности и влажности, причем по данным [4], определяющее значение для теплоты сгорания имеет влажность торфа: с увеличением влажности теплота сгорания торфа резко снижается.

Существенно, что торф и другие целлюлозные материалы содержат кислород, который участвует в процессе горения так же, как и кислород воздуха. Полости и поры волокнистых пористых целлюлозных материалов заполнены воздухом, что также способствует их горению. Этим объясняется низкая теплота сгорания целлюлозных материалов и способность их к тлению [2].

Прекратить горение целлюлозных материалов возможно в результате применения физических и химических способов тушения:

- 1) использование охлаждающих жидких и газообразных агентов [5];
- 2) создание на поверхности горящего материала изолирующего его от доступа воздуха покрытия [6];
- 3) использование химических способов тушения с применением веществ, способных к плавлению, испарению и разложению при нагревании [7].

На практике, как правило, для тушения торфяных пожаров применяется вода, смачивающую способность которой увеличивают добавлением поверхностно – активных веществ [8]. Химические способы для тушения торфа не использовались из-за недостаточной информации о механизме огнетушащего и огнезащитного действия химических агентов, что не позволяло создать эффективные тушащие средства, прекращающие горение и препятствующие тлению и повторному воспламенению торфа.

## МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследований выбран торф низинного типа, средней и высокой степени разложения (20 - 45 %), как один из наиболее характерных типов торфов республики.

Огнетушащую эффективность исследуемых составов по огнезащите торфа оценивали по таким параметрам, как зольность и горимость, которые определяли согласно методике [9].

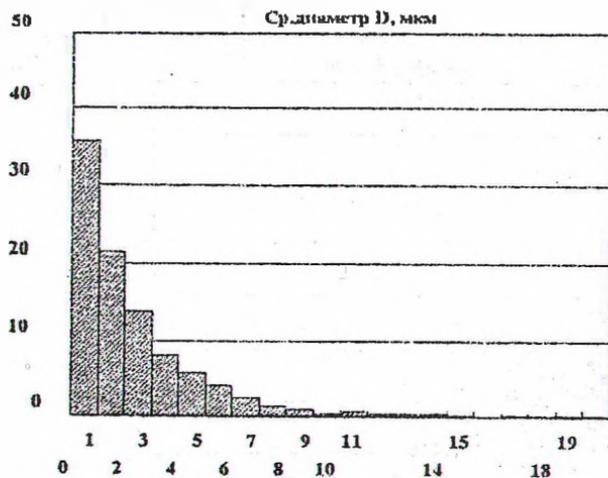
Определение гранулометрического состава базовых и модифицированных составов проводили с помощью автоматизированной системы «АСТА – 2». Система является автономным измерительным комплексом на основе микро-ЭВМ и выполнена в виде контроллера телевизионной камеры матричного типа. Увеличенное под микроскопом изображение дисперсного материала подается через телевизионную камеру на телемонитор и вход аналого-цифрового преобразователя, работающего на линии с ЭВМ, которая в свою очередь осуществляет дальнейшую статистическую обработку цифровых сигналов по специальным алгоритмам.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

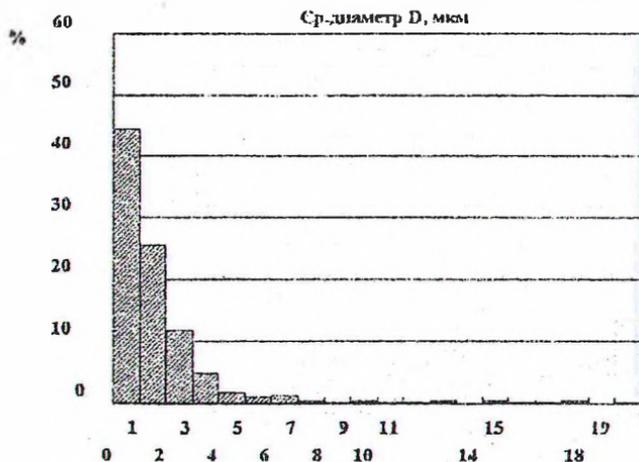
Ранее [9], на примере образцов торфа различной влажности, полученных в лабораторных условиях и образцов, отобранных на различной глубине и удалении от очага горения, показано, что наиболее высокая эффективность характерна для составов ОХС и ОХС-2А, представляющих собой смесь нерастворимых алюмосиликофосфатов в истинном растворе аммонийных фосфатов. Предварительно установлено, что эффективность этих составов была на уровне известного дорогостоящего состава ОС-5 [10], состоящего из смеси карбамида и двузамещенного фосфата аммония. Необходимо отметить, что концентрация растворимой части разработанных составов ОХС и ОХС-2А была в два раза ниже по сравнению с концентрацией раствора ОС-5. В соответствии с полученными данными предположено, что высокая эффективность ОХС и ОХС-2А обусловлена не только эффектом пропитки раствором антипиренов горючего материала, но и образованием на поверхности последнего защитного покрытия, состоящего из мелкодисперсных частиц твердой компоненты состава.

Для того, чтобы определить вклад физического фактора в ингибирование горения торфа, в данной работе проведено сопоставительное исследование огнетушащей эффективности составов ОХС и ОХС-2А в зависимости от условий их получения и времени хранения с одновременным контролем изменения при этом размеров частиц твердой компоненты состава.

Проведено исследование огнетушащих характеристик исследуемых составов в зависимости от времени их хранения. Предварительно установлено, что базовые составы через 7 суток после получения начинают расслаиваться, гелеобразная составляющая состава осаждается в виде студнеобразного осадка. На рис. 1 (а, б) представлены данные по гранулометрическому составу свежесинтезированных ОХС и ОХС-2А, а на рис. 2 (а, б) показано распределение размеров частиц для этих же составов после шести месяцев хранения. Как видно из рисунков 1 и 2, наиболее заметное снижение содержания мелких частиц при хранении наблюдается в области до 2 мкм.

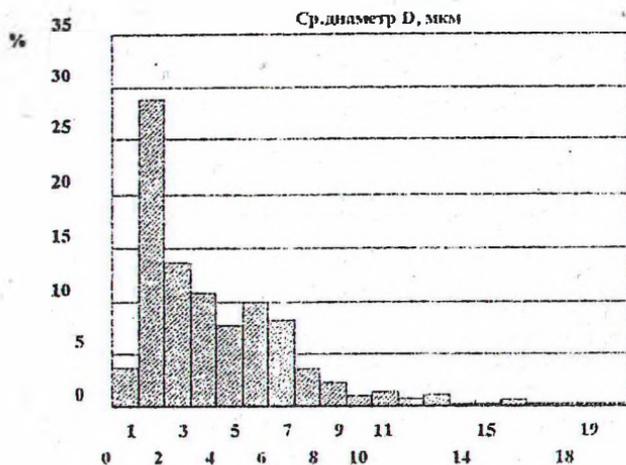


а

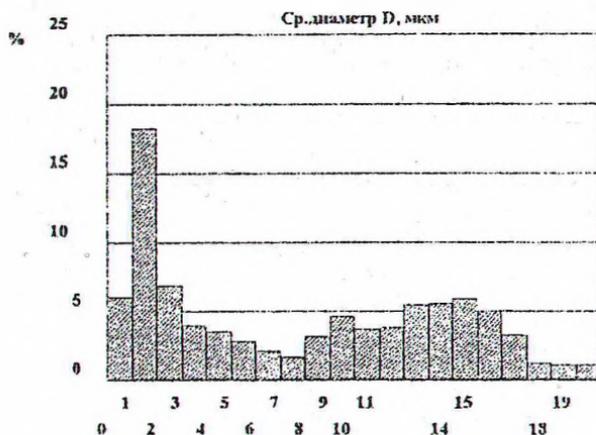


б

Рис. 1. Гранулометрический состав твердой фазы свежесинтезированных огнетушащих составов ОХС (а) и ОХС-2А (б).



а



б

Рис. 2. Гранулометрический состав твердой фазы огнетушащих составов ОХС (а) и ОХС-2А (б); срок хранения составов 6 месяцев.

В табл. 1 приведены данные по огнетушащей эффективности и гранулометрическому составу свежих и хранившихся в течение 0,5 года составов ОХС и ОХС-2А.

Таблица 1

Огнетушащие характеристики и дисперсность составов  
ОХС и ОХС-2А в процессе хранения

Состав	Время хранения, год	Кол-во частиц до 2 мкм, %	Кол-во частиц до 5 мкм, %	Зольность, %	Горимость, %
ОХС	свежий	57,0	84,0	53,4	5,2
ОХС-2А	свежий	70,0	88,4	57,0	4,7
ОХС	0,5	32,5	60,0	52,0	5,8
ОХС-2А	0,5	24,0	38,4	56,6	5,5

Как видно из табл. 1, горимость обработанного огнетушащими составами торфа при хранении составов повышается примерно в 1,2 раза по сравнению с исходными составами, что может быть обусловлено резким снижением содержания частиц мелкой фракции, ответственных за образование сплошного изолирующего покрытия на поверхности торфа.

Для того, чтобы сохранить устойчивость дисперсии и эффективность составов в течение длительного времени, проведено их модифицирование путем введения на стадии синтеза по отдельности водорастворимых полимеров: поливинилового спирта (ПВС), карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), карбамидоформальдегидной смолы (КФС), метилцеллюлозы (МЦ); полисахаридов (крахмал); а также смеси углеводородов фракции  $C_9 - C_{15}$  (солярка) – в концентрации от 0,2 до 5% по отношению к сухому веществу огнетушащих составов. Во всех случаях до введения модификатора для увеличения смачивающих свойств состава использовали 2% анионное поверхностно-активное вещество «Прогресс».

В таблице 2 приведены данные по огнетушащей эффективности и дисперсному составу модифицированных составов.

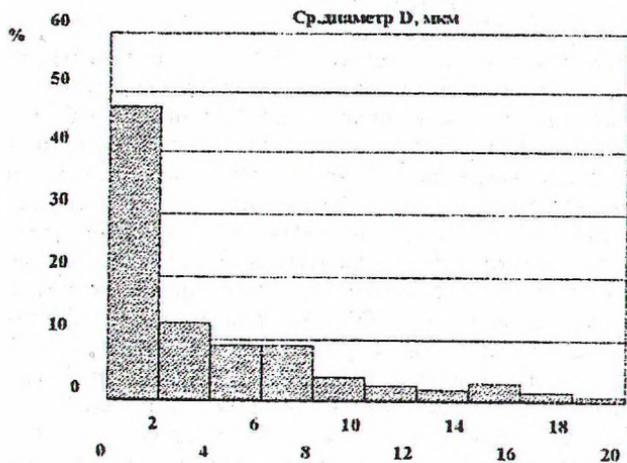
Таблица 2

Огнетушащая эффективность и дисперсность модифицированных составов

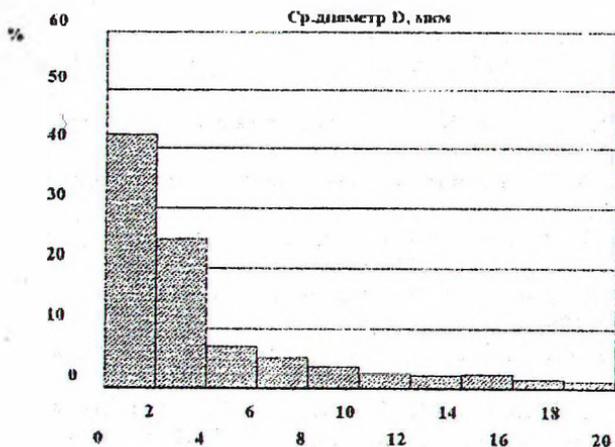
Состав	Модификатор	Содержание, %	Зольность, %	Горимость, %	Кол-во частиц до 2 мкм, %	Кол-во частиц до 5 мкм, %
ОХС	-	-	51,0	5,2	57,0	84,0
	КМЦ	5	54,8	4,5	50,8	76,8
	МЦ	0,7	57,3	4,8	53,2	82,5
	ПВС	0,2	58,4	6,9	39,8	61,8
	Солярка	3,4	56,3	7,9	47,5	65
	Крахмал	0,8	51,0	5,0	48,0	76
	КФС	2,7	55,0	5,6	50,0	74,8
ОХС-2А	-	-	52,4	4,7	70,0	88,4
	КМЦ	1,9	52,1	4,1	50,75	77,6
	МЦ	0,5	53,0	5,2	66,0	70,0
	ПВС	0,1	52,7	5,0	51,0	67,0
	Солярка	2,3	51,6	4,5	58,1	75,0
	Крахмал	0,6	51,3	3,4	48,4	75,8
	КФС	1,0	53,1	5,5	49,9	75,0

Из данных табл. 2 видно, что введение модификаторов в основном не повлияло на огнетушащие свойства исследуемых составов, что, по-видимому, обусловлено практически одинаковым дисперсным составом исходных и модифицированных образцов. Исключения составляют образцы ОХС, модифицированные ПВС и соляркой. Существенно, что в присутствии этих модификаторов наблюдается снижение содержания мелкодисперсных частиц твердой фазы состава и, как следствие, увеличение горимости торфа в 1,3-1,5 раза.

Проследим изменения дисперсного состава и огнетушащей эффективности модифицированных образцов в процессе горения. На примере ОХС, модифицированного соляркой (3,4% от массы сухого вещества состава) и хранившегося в течение 0,5 года, видно (рис. 3), что суммарное количество частиц от 0 до 2 мкм составляет в нем 42% (содержание частиц в этом же интервале для исходного состава составляет 47%). В результате определения огнетушащей эффективности модифицированного состава, подвергнутого старению, установлено, что горимость торфа, обработанного этим составом, составляет 8,1%, что соответствует эффективности свежесинтезированного состава (7,9%).



а



б

Рис. 3. Гранулометрический состав твердой фазы ОХС, модифицированного 3,4% солярки, свеже синтезированного (а) и после 6-месячного хранения (б).

## ВЫВОДЫ

В результате сопоставительных исследований огнетушащей эффективности и размеров частиц твердой составляющей свежеприготовленных модифицированных и хранившихся в течение полугода ОХС и ОХС-2А показано, что их огнетушащая эффективность существенно зависит от размеров частиц твердой фазы. Так, установлено, что, если содержание частиц мелкой фракции (от 0 до 5 мкм) ниже 60%, то в этих случаях происходит уменьшение огнетушащей эффективности исследуемых составов. Кроме того, необходимо подчеркнуть, что огнетушащая эффективность истинного раствора ОС-5, имеющего ту же концентрацию, что и растворимая часть составов ОХС и ОХС-2А, в два раза ниже по сравнению с этими составами. Полученные факты свидетельствуют, что эффективность огнетушащих составов для торфа обусловлена не только эффектом смачивания и пропитки торфа растворами антипиренов, но и высокой способностью мелкодисперсных частиц твердой компоненты образовывать на торфе изолирующее покрытие, затрудняющее процесс горения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лиштван И.И., Базин Е.П., Гамаюнов Н.И., Терентьев А.А. Физика и химия торфа. – М.: Недра, 1989. – 304 с.
2. Демидов П.Г., Шандыба В.А., Щеглов П.П. Горение и свойства горючих веществ. – М.: Химия, 1981. – 270 с.
3. Чулюков М.А., Чайков В.И. Торфяные пожары и меры борьбы с ними. – М.: Недра, 1969. – 112 с.
4. Расчетин Г.А. Профилактика и тушение торфяных пожаров. М.: Химия, 1964. – 134 с.
5. Конев Э.В. Физические основы горения растительных материалов. – Новосибирск: Наука, 1977. – 296 с.
6. Таубкин С.И. Основы огнезащиты целлюлозных материалов. М.: Мин-во ком. хоз-ва, 1960. – 347 с.
7. Курбатский Н.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – 154 с.
8. Лиштван И.И., Маевская Л.Н., Чурдаев Н.В., Лыч А.М. Выбор ПАВ для улучшения смачиваемости высушенного торфа. Коллоидный журнал. – 1984. – Т. 44. - № 1. – С. 29.
9. Богданова В.В., Усень В.В., Кобец О.И., Тищенко В.Г. Исследование эффективности применения химических составов для тушения торфяных пожаров // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб. науч. трудов Института леса НАН Беларуси. Вып. 48, Гомель, 1998. – С. 108-114.

10. Применение огнетушащего состава ОС-5 для борьбы с лесными пожарами: Инструкция. Арцыбашев Е.С., Давыдов Е.Ф., Лорбербаум В.Г. и др. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1980. - 22 с.

