

оне Минской области, в ближайшее время методы стандартного режима для имитации различных ситуаций будут аттестованы, однако это относится больше к проблемам огнестойкости строительных материалов. Что же касается апробации объектов исследования в области защиты леса от огня, то основа, испытательная база создана и функционирует на опытном полигоне Института леса НАН Беларуси. Сегодня требуется разработать и ввести нормы пожарной безопасности для оценки огнетушащей эффективности разрабатываемых и существующих составов и композиций для профилактики и тушения лесных, растительных и торфяных пожаров.

УДК 630\*432

Богданова В.В., Усеня В.В.,  
Кобец О.И., Тищенко В.Г.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ СОСТАВОВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ

Торфяные и почвенные пожары приносят большой вред народному хозяйству Республики Беларусь. В засушливые годы они занимают большой удельный вес среди лесных пожаров, при этом выгорает вся органическая часть почвы и происходит гибель насаждений вследствие обгорания корней.

Особенности торфяных пожаров заключаются в устойчивости процесса горения, обусловленной малой теплоотдачей в атмосферу, в плохой смачиваемости сухого торфа водой и в способности торфа поддерживать горение при незначительном доступе кислорода воздуха.

Тушение торфяных пожаров - весьма трудоемкая работа. Существующие в настоящее время способы и средства тушения торфяных пожаров недостаточно эффективны, не позволяют в короткие сроки их ликвидировать, поэтому торфяные пожары горят, в некоторых случаях, длительное время.

Одним из наиболее широко применяемых способов тушения торфяных пожаров наряду с прокладкой заградительных канав [1] и перемешиванием слоев горящего и негорящего торфа [2], является применение воды, содержащей поверхностно-активные вещества (ПАВ) для увеличения смачиваемости торфа [3-5]. В работе [6] установлено, что применение ПАВ позволяет уменьшить расход воды за счет увеличения смачиваемости торфа до влажности, при которой горение прекращается.

Вместе с тем в литературе имеются противоречивые данные относительно выбора природы ПАВ. По данным работы [4] наибольшая смачиваемость торфа обеспечивается в присутствии неионогенных ПАВ, тогда как в работе [7] для этих же целей предлагается использовать анио-

нактивные ПАВы и водные растворы карбонатов и бикарбонатов щелочных металлов.

По данным [1] горение очагов торфа прекращается только при влажности окружающих слоев более 400%, а в более поздней работе [8] показано, что открытое заглубление тления с последующим развитием подземных пожаров возможно при влажности торфа менее 200%.

Таким образом, из литературных данных не удалось извлечь информацию о величине минимальной влажности торфа, при которой последний не поддерживает самостоятельного горения, и о природе ПАВ, приводящего к наиболее полному и быстрому достижению торфом требуемой влажности. Кроме того в литературе не обнаружены сведения о применении огнетушащих химических составов для борьбы с торфяными пожарами.

Известно [9], что тушение торфяного пожара, кроме создания заградительных канав, возможно при увеличении влажности торфа до того состояния, когда горение прекращается, преградив доступ кислорода воздуха или увеличении зольности торфа до критического значения, выше которого торфяная масса не поддерживает самостоятельного горения.

В данной работе с целью нахождения наиболее эффективных подходов для тушения торфяных пожаров проведено исследование изменения состояния торфа (зольность, горимость, смачиваемость) под воздействием природы и концентрации разрабатываемых нами огнетушащих химических составов. Одновременно для сравнения исследовали такие же параметры исходного торфа и торфа, смоченного водой в присутствии ПАВ различной природы. Для исследования выбран торф низинного типа торфопредприятия "Большевик" Гомельской области. Торф средней и высокой степеней разложения (20-45%) является остаточной донной частью выработанного торфяника. В настоящее время в Республике Беларусь вышеуказанных торфяников насчитывается около 200 тыс.га.

Зольность исходного и обработанного огнетушащими составами торфа определяли согласно методики [10]. Параллельно проводили определение горимости этих же образцов торфа. Специфическое поведение торфа при воздействии на него пламени в лабораторных условиях состоит в том, что распространение огня по массе торфа в отсутствие источника поджигания не происходит. Для того, чтобы смоделировать процесс горения торфа, поступали следующим образом. Навеску торфа, имеющего различную влажность, пропитывали дозированным количеством ацетона и поджигали. После выгорания ацетона наблюдалось тление торфа. В зависимости от влажности определяли потерю массы торфа, после чего рассчитывали горимость по формуле:  $C_{от} = \Delta m / m_{в.т.} \cdot 100$  %, где  $\Delta m$  - разность масс торфа до и после горения;  $m_{в.т.}$  - масса влажного торфа.

При подборе огнетушащих добавок для торфа учитывали такие факторы, как их огнегасящую эффективность на лесных горючих материалах, доступность, стоимость, а также агрегатное состояние, техноло-

гичность получения и применения. В соответствии с этими критериями в качестве замедлителей горения исследовали одно- и двухзамещенный фосфат аммония, карбамид, огнетушащий состав ОС-5, состоящий из смеси фосфата аммония, карбамида и ПАВ, аммофос и синтетический алюмосиликофосфат (ОХС), представляющий собой пастообразную суспензию с содержанием сухого вещества до 60%. Из выбранных агентов готовили растворы различных концентраций, которыми затем пропитывали торф, предварительно высушенный до постоянного веса, а затем при пропитке водой доведенный до определенной влажности.

В таблице 1 представлены данные по изменению времени тления и потере массы торфом различной влажности.

Таблица 1

## Влияние влажности торфа на его горимость

Влажность торфа, ( $W_{отн}$ ), %	Время тления, мин	Потеря массы, ( $C_{отн}$ ), %
сухой торф	40	69,5
16	20	42,6
27	3	41,8
34	2	39,4
40	1	2,4
51	0	1,2
57	0	0,6

Как следует из данных таблицы 1, время горения и потеря массы торфа уменьшаются с увеличением его влажности и достигают минимальных значений при относительной влажности торфа 57%. Полученные данные согласуются с результатами Белорусского НИИ мелиорации и водного хозяйства [11]. Следует отметить, что попытка получить образец торфа с влажностью 400% в нашем случае не увенчалась успехом, так как экспериментально установлено, что максимальное количество жидкости, которое поглощается исследуемым нами торфом, не превышает 150% по отношению к массе сухого торфа, а остальная жидкость уходит в дренаж.

Для того, чтобы установить, какую влажность имеет торф в условиях пожара, проведен отбор проб на различных глубинах и расстояниях от кромки пожара на очагах пожаров, различающихся местоположением дна болота. В первом очаге местоположение дна болота низкое, глубина прогорания торфа составляет 65-70 см. Во втором очаге пожара местоположение дна болота высокое, глубина прогорания торфа - до 10 см. Образцы торфа отобраны непосредственно у кромки пожара и на расстоянии 0,5 м, 1,5 м и 5 м от кромки пожара. В таблице 2 приведены данные по влажности и зольности торфа из описанных выше очагов торфяных пожаров в зависимости от удаления от кромки пожара и глубины отбора проб.

Изменение влажности и зольности торфа в зависимости от места отбора проб по отношению к кромке пожара

Глубина отбора проб, см	Расстояние от кромки пожара, м	Очаг № 1		Очаг № 2	
		W <sub>опп</sub> , %	зольность, %	W <sub>опп</sub> , %	зольность, %
0-5	кромка пожара	38,2	-	12,7	-
0-5	0,5	54,3	44,0	20,8	11,7
0-5	1,5	57,1	47,6	24,2	11,0
0-5	5,0	55,9	52,8	25,1	12,1
10-20	кромка пожара	43,1	-	30,4	-
10-20	0,5	60,8	15,3	40,2	11,9
10-20	1,5	72,7	11,8	43,2	11,5
10-20	5,0	76,1	16,0	42,7	11,7
40-50	кромка пожара	63,8	-	40,3	-
40-50	0,5	73,4	30,3	45,2	11,4
40-50	1,5	72,5	29,6	41,6	16,5
40-50	5,0	71,9	34,0	47,2	44,3
60-70	кромка пожара	68,4	-	51,7	-
60-70	0,5	70,2	81,6	49,4	11,9
60-70	1,5	72,3	86,1	51,4	16,4
60-70	5,0	75,4	84,0	51,0	18,2

Как следует из данных таблицы 2, наименьшую влажность (13-30 %) и зольность (12-16%) имеют образцы торфа, отобранные в непосредственной близости от кромки пожара: глубине 0-20 см и расстоянии 0,5-1,5 м. При отборе с большей глубины отмечается увеличение влажности торфа даже у кромки пожара, а при дальнейшем заглублении проб из очага № 1 (60-70 см) наблюдается резкое увеличение зольности торфа, что обусловлено наличием минеральных включений, подстилающих торф.

Таким образом, в результате сопоставления лабораторных данных по горимости торфа в зависимости от его влажности (табл. 1) и данных по влажности торфа в условиях реального торфяного пожара (табл.2) определены интервалы влажности торфа- 20-45%, при которых последний уже способен к горению с ощутимой потерей массы.

Исходя из полученных данных исследовали влияние природы различных ПАВ на смачиваемость торфа с использованием образцов торфа, имеющих относительную влажность 20-45%. Смачиваемость торфа определяли следующим образом. Навеску торфа (10 г) определенной влажности помещали в воронку Бюхнера и заливали 15 мл жидкости. В течение 30 минут избыточная влага проходила через слой торфа и количест-

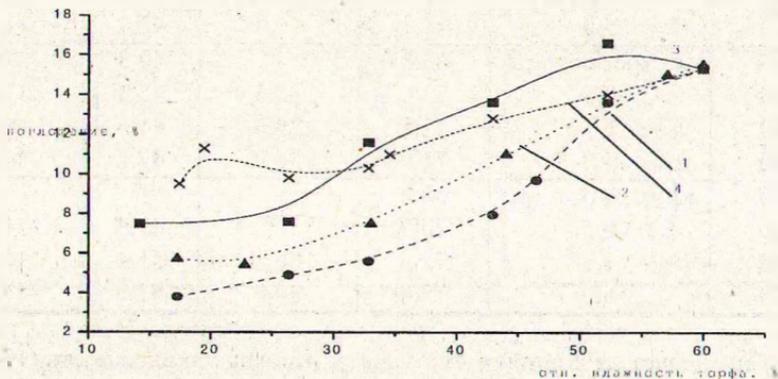
во ее измерялось. для получения сопоставимых результатов количество поглощенной торфом жидкости выражали в процентах в пересчете на 1 г сухого торфа.

После проведения опытов по смачиваемости торфа, через который пропускали воду и растворы огнетушащих составов с ПАВ и без ПАВ, высушивали до постоянного веса и определяли его зольность и горимость.

Установлено, что с уменьшением влажности торфа от 60% до 17% его поглотительная способность по воде уменьшается в 3,5 раза, тогда как при использовании ОХС в этих же условиях поглотительная способность торфа снижается только в два раза, причем смачивающая способность ОХС выше такого же показателя для воды во всем исследованном интервале влажности торфа (рис. 1).

Рис. 1. Зависимость поглощения растворами от влажности торфа:

1 - вода, 2 - вода + ПАВ, 3 - 1% ОХС, 4 - 1% ОХС + ПАВ



Известно, что при добавлении ПАВ к воде смачиваемость торфа существенно увеличивается. С целью выбора оптимального ПАВ для увеличения смачиваемости торфа водой или огнетушащими составами проведены эксперименты с использованием анион-, катионактивных и неионогенных ПАВ. Найдено, что наибольшая смачиваемость (33,3 % и 50 %) торфа водой достигается соответственно применением в качестве добавок 0,3% анионактивного ("Прогресс") и катионактивного (СЖК - моноэтаноламида синтетических жирных кислот) ПАВ. Для ОХС наибольшая смачиваемость торфа (63,5 %) наблюдается в присутствии 0,3 % "Прогресса". Установлено, что и для других огнетушащих агентов в присутствии "Прогресса" наблюдается наиболее высокая смачиваемость торфа. Существенно, что по сравнению с другими ПАВ скорость поглощения ОХС торфом в присутствии "Прогресса" была в 1,5-2 раза выше, что в условиях тушения пожара имеет весьма важное значение. В соответствии с полученными результатами при проведении дальнейших экспериментов по модифицированию огнетушащих составов в качестве ПАВ использовали "Прогресс".

Ранее было установлено, что одно- и двузамещенный фосфат аммония существенно увеличивает зольность и снижает горимость торфа, однако применение этих солей для тушения торфяных пожаров весьма проблематично из-за их высокой стоимости.

С учетом этого обстоятельства для повышения тушащих характеристик ОХС (увеличения зольности и снижения горимости) решено использовать аммофос, представляющий собой смесь одно- и двузамещенных фосфатов аммония. Основное отличие аммофоса от перечисленных фосфатов состоит в его весьма малой растворимости, обусловленной технологией его получения. Увеличение растворимости аммофоса достигали подкислением его растворов 30% фосфорной кислотой, при этом рН раствора был равен 3.

Для создания огнетушащего состава, имеющего максимальные показатели по смачиваемости, зольности и горимости торфа, проведена серия экспериментов по определению перечисленных выше характеристик для смесей, содержащих различные количества ОХС и аммофоса в виде взвеси или в виде истинного раствора. Количество ПАВ ("Прогресс") во всех случаях было постоянно и составляло 0,3 % по отношению к массе всего состава. В таблице 3 приведены данные по поглощению растворов, зольности и горимости торфа, обработанного исследуемыми составами.

Таблица 3

Данные по смачиваемости, зольности и горимости торфа (относительная влажность 44,26%), обработанного огнетушащими составами

Огнетушащий состав	Концентрация компонентов, %	Поглощение раствора 1 г сухого торфа, %	Зольность, %	Горимость, %
вода	-	7,96	34,5	69,5
ОХС	9	8,2	52,0	18,0
	12	11	48,7	9,4
	18	8,9	52,3	7,3
	24	9,7	54,3	7,0
аммофос (взвесь)	4	4,8	56,8	19,5
	6	7,2	52,5	17,3
	10	4,2	47,2	11,4
аммофос (раствор)	3	11,2	54,6	12,6
	4	12,5	51,2	9,8
	6	12,8	57,7	11,4
ОХСА 1	6,6	7,9	53,4	18,1
	7,6	9,5	59,0	15,7
	9,6	8,5	58,0	16,6
ОХСА 2	7,6	6,4	56,5	13,2
	10,6	10,5	57,4	10,6
	13,6	7,7	54,3	10,1

Как видно из таблицы 3, наилучшие результаты по всем трем показателям получены для состава ОХСА 2. Существенно, что в составах, где аммофос переведен в раствор, наблюдаются более высокие значения поглощения их торфом.

Максимальная зольность, смачиваемость и минимальная горимость наблюдается при применении огнегасящего состава ОХСА 2. Выбранный состав может оказаться весьма эффективным в реальных условиях за счет комплексного воздействия на верхние и нижние слои торфа: нерастворимая часть ОХС способна предотвратить тление поверхностных слоев, а растворимая составляющая состава в виде истинного раствора аммофоса приводит к увеличению зольности и снижению горимости глубоких слоев за счет проникновения в толщу подсушенного торфа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Курбатский Н.П., Красавина Н.Н., Жданко В.А. Лесные почвенные пожары и борьба с ними. М.: Изд. МСХ РСФСР, 1957. - С.41.
2. Сретенский В.А. Тушение торфяных пожаров. // Лесное хозяйство.- 1980.- № 7.- С. 54-56.
3. Шукин Е.Д. и др. Гидрофилизирующая торф добавка. Авт. свид. СССР № 489513
4. Лиштван И.И., Маевская Л.Н., Чураев Н.В., Лыч А.М. Выбор ПАВ для улучшения смачиваемости высушенного торфа // Коллоидный журнал.-1984.- т.44.- №1.- С.29.
5. Красавина Н.Н., Лорбенбаум В.Г. «Мокрая» вода для тушения лесных торфяных пожаров // Лесное хозяйство.-1965.-№3.-С.45-47.
6. Красавина Н.Н., Лорбенбаум В.Г. Применение смачивателей при тушении лесных пожаров // Лесное хозяйство. - 1961. - №5.- С.45-48.
7. Фридман Г.Е. Смачиваемость торфа водными растворами ПАВ и щелочных солей // Химия твердого тела. -1975.- №1.- С. 104.
8. Софронов М.А., Волокитина А.В. Лесные почвенно-торфяные пожары на юге Западной Сибири // Лесное хозяйство. - 1986.- № 5.- С. 56.
9. Усеня В.В., Богданова В.В., Кобец О.И. Проблемы тушения торфяных пожаров. //Лесная наука на рубеже XXI века. Сб. науч. трудов. Вып. 46. - Гомель, 1997. - С.182-183.
10. Костюк Н.С. Физика торфа.- Минск: «Высшая школа», 1967.- 214 с.
11. Рекомендации по противопожарным мероприятиям на осушенных торфяниках сельскохозяйственного назначения. Минск: БелНИИ-МиВХ,1983. - 67 с.