



5. ОХРАНА И ЗАЩИТА ЛЕСА

УДК 630.432

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ОГНЕПРЕГРАЖДАЮЩИХ СВОЙСТВ СИНТЕТИЧЕСКИХ СОСТАВОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ДРЕВЕСИНЕ И ТОРФУ

¹Богданова В.В., ¹Кобец О.И., ²Усеня В.В., ²Гордей Н.В., ³Матюха С.Л.

¹*Учреждение Белорусского государственного университета
«Научно-исследовательский институт физико-химических проблем»
(г. Минск, Беларусь)*

²*Государственное научное учреждение «Институт леса НАН Беларуси»
(г. Гомель, Беларусь)*

³*Учреждение «Гомельское областное управление
Министерства по чрезвычайным ситуациям»
(г. Гомель, Беларусь)*

Получены новые экономичные атмосферостойкие химические составы с заданными свойствами, обладающие огнезащитным и огнетушащим эффектом по отношению к лесным горючим материалам и торфу и исследованы их огнезащитно-огнетушащие, физико-химические и термические свойства. Установлено, что во время терморазложения огнезащитных образцов древесины и торфа изменяется тепло- и массообмен за счет образования поверхностных вспененных структур, экранирующих расплавов, теплопоглощающей способности, коксообразующих свойств ОТС, а также выделения в газовую фазу летучих продуктов их терморазложения – ингибиторов горения. Проведены натурные испытания огнезащитной и огнетушащей эффективности разрабатываемого ОТС в

условиях леса и на горящем торфянике. Выполнены также исследования по лесоводственно-экологическим аспектам применения нового ОТС.

ВВЕДЕНИЕ

Лесные насаждения на территории Беларуси в силу своего возрастного, породного, структурного состава и сильного антропогенного воздействия характеризуются высоким классом природной пожарной опасности и горимостью. К настоящему времени в лесном фонде страны 67,3% лесов отнесены к наиболее пожароопасным (I-III) классам природной пожарной опасности.

Современный уровень охраны лесов от пожаров и проводимый комплекс мероприятий по их противопожарному обустройству не позволяют в полной мере обеспечить экологическую целостность лесных фитоценозов, сохранить их природоохранные и средообразующие функции.

На протяжении 2000-2013 гг. в лесном фонде было отмечено свыше 17 тысяч пожаров общей площадью более 32 тыс.га. Следствием лесных пожаров являются значительный материальный ущерб, ухудшение качественного состава лесного фонда, снижение экологических функций лесов и их устойчивости.

Известно, что прекращение горения и тления древесины, лесных горючих материалов (ЛГМ) и торфа возможно при одновременном воздействии антипиреновых систем на процессы тепло- и массообмена, протекающие в конденсированной и газовой фазах. Вместе с тем информация о факторах, лимитирующих прекращение горения этих природных материалов, отсутствует. Очевидно, состав комплексного действия, способный воздействовать на ингибирование горения разных по своей природе горючих материалов, должен иметь широкий диапазон температур образования защитных расплавов, вспененных структур и поступления летучих азотсодержащих ингибиторов горения в газовую фазу, что обусловлено различными температурными интервалами разложения древесины и торфа. В то же время разрабатываемый химический состав должен быть экологически безопасен и не оказывать негативного воздействия на рост лесных фитоценозов и окружающую среду.

Снижение горючести целлюлозосодержащих материалов может быть достигнуто при их обработке антипиренами, среди которых наиболее эффективными являются содержащие азот-фосфор синергическую пару элементов [1]. В этом плане перспективными оказались неорганические соединения, принадлежащие к классу смешанных фосфатов металлов-аммония, поскольку в их состав входят необходимые элементы-синергисты, а также существует возможность получения продуктов различного фазового состава и широкого спектра свойств при изменении условий синтеза и природы исходных реагентов [2].

Огнезадерживающие средства на основе фосфатов двух-, трехвалентных металлов-аммония, разработанные нами ранее [3], производятся и успешно применяются для превентивной огнезащитной обработки лесных горючих материалов (Метафосил – ОТС 1) и тушения очагов горения торфа (Тофасил – ОТС 2). Важным шагом на пути расширения сферы применения азот и фос-

форсодержащих антипиреновых систем является получение эффективного экономичного огнезащитно-огнетушащего средства, единого для таких разных по происхождению и свойствам горючих материалов как древесина и торф.

С целью создания новых экономичных замедлителей горения с заданными свойствами исследованы огнезащитно-огнетушащие, физико-химические и эксплуатационные свойства продуктов, полученных с использованием природного сырья.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Огнезащитно-огнетушащие водные металлофосфатные суспензии получали в две стадии с использованием золь-гель технологии [3]. Огнезащитные свойства синтезированных продуктов по отношению к древесине определяли в лабораторных условиях по ГОСТ 16363-98 с дополнительной фиксацией температуры отходящих газов. Огнетушащие свойства металлофосфатных суспензий по отношению к торфу определяли по трем основным параметрам (смачивающая способность торфа растворами ОТС, потеря массы огнезащищенных образцов торфа при горении и их зольность) [4]. Эффективность этих же суспензий при тушении древесины определяли по лабораторной методике [5], учитывающей пожарную нагрузку, коэффициент поверхности горения нормативных очагов. Атмосферостойчивость огнезащитных средств (способность огнезащищенных образцов древесины после обработки водой сохранять свои огнезащитные свойства) определяли по методике, заключающейся в моделировании выпадения осадков в природных условиях (до 34-40 мм за сезон) [6]. Изолирующую способность огнетушащих средств сравнивали по высоте образовавшегося вспененного слоя при их нагревании до температур 300-350°C в течение фиксированного времени (40 мин). Температурный интервал выбран в соответствии с данными о температурах, реализующихся в предпламенной зоне конденсированной фазы на первой стадии термического разложения природных горючих материалов. Растекаемость расплавов продуктов синтеза характеризовали согласно лабораторной методике [7]. Микроструктуру поверхности исходной и огнезащищенной древесины исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа LEO 1420 (К. Цейс, Германия). Данные получены при анализе реплик, снятых с внутренней поверхности сколов, сделанных вдоль волокон древесины на расстоянии 5 мм от поверхности образца. Калориметрические и термогравиметрические данные (ДСК, ТГ) для синтезированных продуктов и огнезащищенных ими образцов древесины и торфа сняты в интервале температур 20-350 и 20-600°C (скорость 10 К/мин в атмосфере кислород/азот) на установке Netzsch STA 449 C. Теплопоглощающие свойства исследуемых образцов определяли как суммарную теплоту Q , Дж/г, поглощенную в процессе физико-химических превращений синтезированных продуктов в интервале температур 20-350°C. Расчет проводили с помощью программного приложения по площади комплексных пиков эндотермических эффектов при обработке кривых ДСК (дифференциальной сканирующей калориметрии). Про-

ведение биометрических работ в насаждениях, определение в образцах почвы кислотности, гумуса, общего содержания азота, фосфора, калия, кальция, магния, содержания обменных форм фосфора и калия, легкогидролизуемого азота осуществлялось по общепринятым методикам [8-11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В реакционную массу при синтезе ОТС вводили соединения щелочных и/или щелочноземельных металлов, способных образовывать с фосфорсодержащими компонентами легкоплавкие стекла в широком интервале температур, а для увеличения количества поступающих в газовую фазу химических ингибиторов реакций горения в составе синтезируемых продуктов регулировали содержание азота. Одновременно варьировали природу и соотношения исходных реагентов для получения металлофосфатных растворов, а также состав нейтрализующих смесей. В таблицах 1 и 2 приведены данные по химическому составу и огнезащитно-огнетушащим свойствам продуктов синтеза.

Таблица 1 – Содержание основных компонентов ОТС

№ ОТС	Недефицитное сырье	Содержание основных компонентов ОТС										
		Al ₂ O ₃	ZnO	MgO	CaO	P ₂ O ₅	SO ₃	B ₂ O ₃	HCl	NH ₃	Na ₂ O	K ₂ O
1	ОТС1	1	2,4	0	0	17,3	0	0	0	3,9	0	0
2	ОТС2	1	2,4	0	0	30,3	0	0,4	0	8,9	0	0
3	Бентонит	0,32	0	0	0,8	15,9	7,9	0	0	8	2	0
4	Бентонит	0,32	0	0	0,8	15,9	7,9	0	0	8	0	2
5	Бентонит	0,32	0	0	0,8	14,9	0	0	2,6	10,1	2,4	0
6	Бентонит	0,32	0	0	0,8	14,9	0	0	2,6	10,1	0	2,4
7	Трепел	0,17	0	0	0	8,0	5,9	0	0	2,5	5,5	0
8	Трепел	0,17	0	0	0	8,0	5,9	0	0	2,5	0	5,5
9	Трепел	0,17	0	0,4	0	11,7	0	0	2,8	3,4	0	4,8

Примечание. Содержание SiO₂ во всех суспензиях одинаково – 1.

Таблица 2 – Огнезащитные и огнетушащие свойства продуктов синтеза

№ ОТС	Огнезащитная эффективность по отношению к древесине, ГОСТ 16363				Огнетушащая эффективность			
	Δm, %	T г, °C	после водной обработки		по отношению к древесине, дм ³ /м ²	по отношению к торфу		
			Δm, %	T г, °C		Δm, %	смачивающая способность, %/г	зольность, %
вода	39,1	627	–	–	0,31	46,6	7,6	10,9
1	8,6	268	8,0	254	0,18	5,8	14	21
2	10,0	272	–	–	0,25	5,1	14	22,6
3	8,1	194	10,2	288	0,17	2,2	15,7	23,3
4	6,4	199	10,1	228	0,17	2,0	14,9	23,3

5	6,7	172	5,0	178	0,13	1,6	17,1	25,7
6	6,2	174	4,0	176	0,11	1,8	17,1	25,2
7	11,6	269	20,7	422	0,16	3,7	14,1	25,1
8	18,8	317	23,6	564	0,20	2,9	11,8	25,4
9	8,7	201	20,6	462	0,21	1,1	16,1	22,8
<i>Примечание. Содержание сухих ОТС на всех образцах древесины одинаково – 7,5%</i>								

Сравнением огнетушащей эффективности синтезированных продуктов по отношению к древесине и торфу установлено, что наиболее высокая комплексная эффективность присуща бентонитсодержащим ОТС 5 и ОТС 6. Кроме того, обращает на себя внимание ОТС 9, полученный на основе трепела. Его эффективность при тушении торфа наиболее высокая (минимальная Δm), а при тушении древесины расход состава на ликвидацию горения очага сопоставим с этим же параметром для специализированного ОТС 1.

Из сопоставления данных (таблица 2) по атмосфероустойчивости следует, что в результате обработки водой огнезащитная способность всех ОТС падает, но из всех испытанных составов ее минимальные изменения наблюдаются для ОТС 1, ОТС 5 и ОТС 6. Для них сохраняется первая группа огнезащитной эффективности ($\Delta m \leq 9\%$). Остальные продукты синтеза после водных обработок огнезащищенной ими древесины относятся ко второй группе огнезащитной эффективности ($\Delta m \leq 25\%$).

Исследованием микроструктуры исходной и огнезащищенной устойчивыми к водной обработке составами методом сканирующей электронной микроскопии (рисунок 1 а, б) установлено, что после водных обработок на образце скола огнезащищенной древесины ее пористая структура почти не просматривается, так как поры заполнены гидролизированными продуктами исследуемых ОТС.

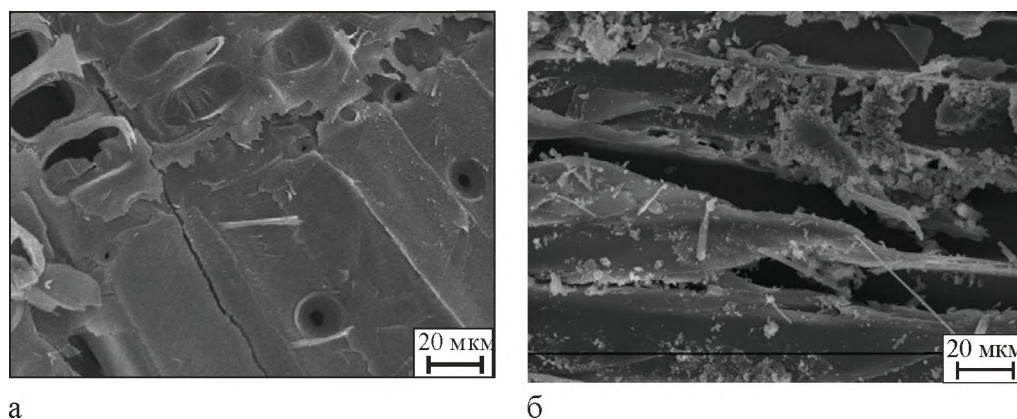


Рисунок 1 – Микроструктура поверхности исходной и огнезащищенной древесины: а – исходная древесина; б – древесина, обработанная композицией 6

При исследовании теплопоглощающих свойств, вспенивающей способности, растекаемости и температуры начала образования расплавов продуктов синтеза, проявляющих различные огнезащитно-огнетушащие свойства по от-

ношению к древесине и торфу (таблица 3), установлено, что вспенивание ОТС в области температур 20-350°C зависит от природы используемого для синтеза минерального сырья. Так, для ОТС 8 и 9 на основе трепела характерна более высокая вспенивающая способность, чем для ОТС 6 на основе бентонита, тогда как растекаемость расплава, наоборот, выше у бентонитсодержащего состава. Температура начала образования расплавов, характеризующая экранирующие свойства ОТС, для всех составов, кроме наименее эффективного ОТС 8, сопоставима с базовыми ОТС. На кривых дифференциальной сканирующей калориметрии этих же ОТС в исследуемом температурном интервале наблюдается серия перекрывающихся эндотермических эффектов (таблица 3), обусловленных протеканием на начальных стадиях их термолиза процессов удаления воды, конденсации и разложения компонентов огнезащитно-огнетушащих композиций. Суммарное теплопоглощение синтезированных в данной работе суспензий на основе природного сырья в 1,8-2,2 раза больше по сравнению с ОТС 1 и 2, что свидетельствует об их способности существенно замедлять термолиз огнезащищенных твердых горючих материалов в предпламенной зоне.

Исходя из данных ДСК и сведений литературы [12, 13], предполагается, что термолиз ОТС 6 и 9, имеющих близкий состав сухой кристаллической фазы протекает с разложением обнаруженных рентгенографически $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, NH_4Cl , KH_2PO_4 , KCl . При этом дегидратация KH_2PO_4 происходит с образованием сначала дифосфата (240-290°C), затем метафосфата калия (330°C) [12]. Одновременно в области температур 250-338°C происходит распад хлорида аммония на NH_3 и HCl [13]. Поскольку сульфат калия, присутствующий наряду с $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ в кристаллической фазе ОТС 8, в рассматриваемом температурном интервале термически устойчив, то его терморазложение обусловлено эндотермическими реакциями, происходящими с дигидрофосфатом аммония [12, 14].

Таблица 3 – Данные о термических свойствах ОТС

№ ОТС	Температура начала образования расплавов, °С	Высота вспененного слоя ОТС, мм	ΣQ эндоэффектов ДСК для ОТС, Дж/г	Коэффициент растекаемости расплавов ОТС, Fs
1	210	2,5	168	1
2	190	1,3	189	1,25
6	200	2,0	416	1,30
8	220	4,1	418	0,91
9	200	4,0	345	1,03

Примечание. Общая потеря массы исходных опилок – 98,8%, торфа – 88%.

На рисунке 2 (а, б) приведены кривые ДСК для образцов древесных опилок и торфа, огнезащищенных составами сравнения ОТС 1 и ОТС 2, ОТС 6 и ОТС 8, проявляющих, соответственно, максимальную и минимальную огнезащитно-огнетушащую эффективность на древесине и торфе, а также ОТС 9, проявляющего наилучшие огнетушащие свойства только по отношению к торфу.

Смещение первого экзо-пика на кривых ДСК образцов огнезащищенных древесных опилок в сторону более низких температур на 18-64°C (рисунок 2, а) и одновременное уменьшение почти в 1,5 раза их общей потери массы по сравнению с такими же данными для исходных опилок (таблица 3), свидетельствует о карбонирующей способности всех ОТС по отношению к древесине [15].

В присутствии ОТС происходит изменение термического разложения основных компонентов торфа – гуминовых кислот (рисунок 2, б) как на стадии начала его интенсивного разложения и газификации (250-350°C), так и на стадии глубокой термодеструкции (400-600°C) [16]. Так, для огнезащищенного торфа по сравнению с исходным наблюдается снижение интенсивности 1 и 2 экзо-максимумов на кривых ДСК, смещение второго пика тепловыделения в сторону более высоких температур на 20-53°C, а также сокращение потери массы на кривых ТГ. Обнаружено, что для торфа в присутствии композиции 9, полученной на основе трепела и хлоридов, наблюдается максимальное снижение интенсивности второго основного пика ДСК.

Снижение интенсивности основных экзотермических пиков ДСК, ответственных за термолиз древесины и торфа, снижение потери массы свидетельствуют об изменении тепло- и массообмена при термолизе огнезащищенных опилок и торфа как за счет образования поверхностных вспененных структур и изолирующих расплавов ОТС, так и за счет выделения в газовую фазу летучих ингибиторов горения при их разложении.

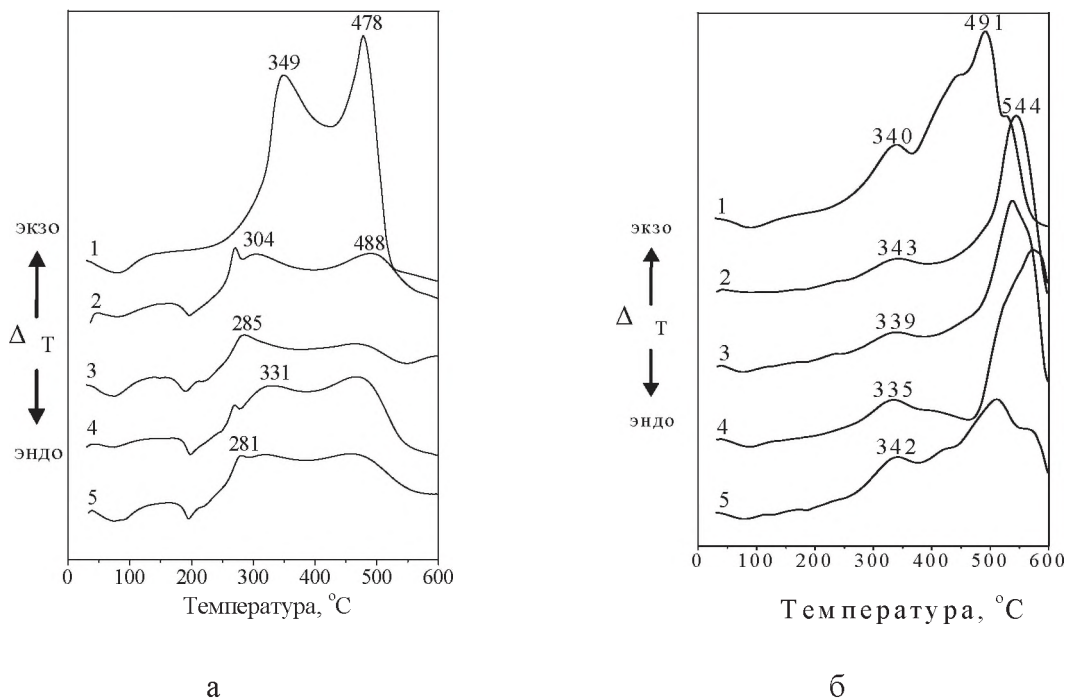


Рисунок 2 – Данные ДСК для исходных и огнезащищенных древесины и торфа: (а) – кривые ДСК для древесных опилок: 1– исходных; 2, 3, 4, 5 – обработанных композициями 1, 6, 8, 9; (б) – кривые ДСК для торфа: 1– исходного; 2, 3, 4, 5 – обработанного композициями 2, 6, 8, 9

Следовательно, полученные металлофосфатные суспензии дают удовлетворительные показатели по атмосфероустойчивости, дисперсности, теплопоглощению, вспениванию и карбонизирующей способности, которые обеспечивают снижение тепло-, массообмена в предпламенной зоне пиролизующихся древесины и торфа и увеличение огнезащитно-огнетушащей эффективности. Максимальной огнезащитно-огнетушащей эффективностью по отношению к древесине и торфу обладает состав с соотношением основных компонентов: $Al_2O_3 : CaO : P_2O_5 : SiO_2 : NH_3 : K_2O : HCl = 0,32 : 0,8 : 14,9 : 1 : 10,1 : 2,4 : 2,6$.

В условиях экспериментальной базы НПЦ ГОУ МЧС проведены испытания огнетушащей эффективности ОТС комплексного действия при тушении очагов пожара класса А, а также полигонные испытания огнезащитной и огнетушащей эффективности ОТС в лесном массиве и в очаге горения торфа [17, 18].

Натурные испытания показали высокую надежность применения ОТС комплексного действия при тушении очагов пожара ранга 2А: при этом израсходовано в 2 раза меньшее количество рабочего раствора ОТС по сравнению с водой при отсутствии повторного воспламенения горючего материала (древесины).

Проведением испытаний по определению огнезащитной эффективности ОТС в условиях лесорастительной среды установлено, что огнезащитно-огнетушащий состав комплексного действия обладает удовлетворительными огнезащитными свойствами в течение 20 суток при пожарной опасности в сосняке мшистом по условиям погоды соответствующей 4 классу и плотности вылива 7%-ного рабочего раствора 1,5-2,0 л/м². При этом суммарное количество выпавших осадков с момента нанесения состава до его испытаний составило 40,5 мм. Следовательно установлено, что ОТС может быть использован при создании огнезащитных заградительных полос и опорных полос для пуска встречного огня во время лесных пожаров.

Натурные испытания огнетушащих свойств ОТС на торфянике показали, что при плотности вылива 40 л/м² 9% р-р ОТС имеет более высокую смачивающую способность по отношению к торфу по сравнению с водой: глубина смачивания торфа в присутствии ОТС увеличилась в 10-15 раз (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты натурных испытаний огнетушащей эффективности ОТС на торфе.

Количество подач раствора ОТС (или воды), раз	Время подачи, мин	Время поглощения, мин		Глубина смачи- вания торфа, см		Расход, л/м ²	
		р-ра ОТС	воды	р-ра ОТС	воды	р-ра ОТС	воды
1	3,05	3,00	1,60	2-2,5	0,5	33	33
2	2,18	3,06	2,00	5-7	0,8	19	19
3	1,08	2,40	5,00	15-20	1-1,5	17	17
4	1,00	2,90	6,40	30	2-3	14	14

При этом после подачи ОТС относительная влажность торфа в очаге пожара существенно увеличилась (в 2-3 раза) по сравнению с торфом до тушения и составила: на глубине 0-10 см – 55,7%, 11-20 см – 62,5%, 21-30 см – 70,2%.

При применении ОТС для тушения торфяного пожара процесс горения и тления торфа в очаге был локализован, по истечении суток тления и повторного возгорания торфяной залежи не наблюдалось, тогда как после применения воды на аналогичном очаге тление торфа продолжалось в течение суток, вследствие чего его горение возобновилось.

Выполненные в 2011-2013 гг. исследования по лесоводственно-экологическим аспектам применения нового ОТС показали, что наряду с его высокой антипирлирующей эффективностью при борьбе с лесными и торфяными пожарами, состав одновременно улучшает условия минерального питания и рост лесных фитоценозов. Так, ежегодно проводимые по общепринятым методикам [15] по окончании вегетационного периода биометрические работы на протяжении трех лет после внесения ОТС в 11-13-летних культурах сосны позволяют утверждать, что за этот срок средний прирост по диаметру 13-летних культур сосны оказался выше на 6%, чем на контроле (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние ОТС на рост культур сосны в течение трех лет

Вариант	Средние таксационные показатели культур								
	до внесения ОТС (май 2011 г.)			после внесения ОТС (октябрь 2012 г.)			после внесения ОТС (октябрь 2013 г.)		
	d, см	h, м	запас, м ³ /га	d, см	h, м	запас, м ³ /га	d, см	h, м	запас, м ³ /га
ОТС	7,4	5,5	84,7	8,5	6,8	98,8	8,7	7,5	124,5
Контроль	7,3	5,3	75,2	8,3	6,8	89,5	8,2	7,3	109,0

При изучении влияния ОТС на динамику содержания элементов минерального питания в почве 11-13-летних культур сосны установлено, что в первый год после применения огнетушащего состава не наблюдалось достоверных различий по содержанию в почве элементов минерального питания: содержание валовых форм фосфора, калия, азота не изменилось по сравнению с контрольным участком. Однако, после окончания, как второго, так и третьего вегетационного периодов отмечено увеличение в почве насаждений с применением ОТС содержания легкогидролизуемого азота и подвижного фосфора. При этом существенных различий в изменении кислотности почвы не обнаружено. Следовательно, при прокладке длительнодействующих огнезащитных полос водным рабочим раствором ОТС он может служить минеральной подкормкой для роста сосновых насаждений.

ВЫВОДЫ

Таким образом, использование в синтезе ОТС минерального сырья (бентонита, трепела, доломита), снижение концентраций дефицитных компонен-

тов, варьирование соотношения и природы исходных реагентов позволило получить экономичные составы с удовлетворительными огнезащитно-огнетушащими свойствами по отношению одновременно и к древесине и к торфу. Установлено, что наиболее экономичными являются ОТС, полученные на основе трепела, подвергнутого механо-химической обработке. Проведены сопоставительные исследования физико-химических свойств ОТС различной эффективности в сравнении с соответствующими свойствами известных специализированных составов – огнезащитного для древесины (Метафосил) и огнетушащего для торфа (Тофасил). Полигонными огневыми испытаниями установлено, что составы обладают высокой огнезащитно-огнетушащей эффективностью и надежностью при борьбе с лесными и торфяными пожарами. При этом ОТС не влияет на агрохимические показатели почвы и даже улучшает условия минерального питания и рост лесных фитоценозов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Сарсембинова Б.Т. Фосфор- и азотсодержащие антипирены в ингибировании горения полимеров / Б.Т. Сарсембинова, И.И. Никитина, К.М. Гибов // Исследование высокомолекулярных соединений: труды ин-та хим. наук АН Каз. ССР. – Алма-Ата: Наука, 1990. – С. 270.

2 Продан Е.А. Стабильность и реакционная способность фосфорных солей. // Е.А. Продан, В.В. Самусевич. – Минск: Навука і тэхніка, 1994. – 235 с.

3 Богданова В.В. Огнегасящий эффект замедлителей горения в синтетических полимерах и природных горючих материалах // Химические проблемы создания новых материалов и технологий. – Минск: БГУ, 2003. – Вып. 2. – С. 344-375.

4 Богданова В.В. Увеличение эффективности огнезащитных составов для древесины путем регулирования реакций в конденсированной фазе // Вестник КИИ МЧС РБ, 2008. – № 1. – С. 50-58.

5 Огнетушащая эффективность жидкостных химических составов при тушении пожаров класса А распылительными устройствами пожаротушения / В.В. Богданова [и др.] // Вестник Команд.-инж. ин-та МЧС Респ. Беларусь. – № 1, 2008. – С. 35-41.

6 Методика определения атмосфероустойчивости огнетушащих химических составов (ОХС) для предотвращения и тушения лесных и торфяных пожаров: МИ 100050710.0098; введ. 16.06.2011 / НИИ ФХП БГУ, ГУО КИИ МЧС РБ. – Минск, 2011. – 6 с.

7 Методика определения растекаемости расплавов огнетушащих химических составов (ОХС) для предотвращения и тушения лесных и торфяных пожаров по ГОСТ Р 50045-92: МИ 100050710.0097-2011, введ. 16.07.2011 / НИИ ФХП БГУ, ГУО КИИ МЧС РБ. – Минск, 2011. – 5 с.

8 Мирошник В.С. Справочник таксатора [Текст] / В.С. Мирошников, О.А. Труль, В.Е. Ермаков и др. / Под общ. ред. В.С. Мирошникова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Ураджай, 1980. – 360 с.

- 9 Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв [Текст] / – М., 1970. – С. 487.
- 10 Коробченко Ю.Т. Определение легкогидролизуемого азота в почвах [Текст] // Агрохимия. – 1975. – № 11. – С. 106-108.
- 11 Методика определения содержания гумуса в почве [Текст] // Агрохимия. – 1972. – № 3. – С. 123-125.
- 12 Лепилина Р.Г. Термограммы неорганических фосфатных соединений – Л.: Наука, 1984. – 334 с.
- 13 Краткая химическая энциклопедия / Под ред. И.Л. Кнунянца. – М.: Советская энциклопедия, 1988. – Т. 1. – С. 154.
- 14 Химическая энциклопедия / Под ред.: Н.С. Зефирова. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1995. – Т. 4. – С. 456.
- 15 Леонович А.А. Огнезащита древесины и древесных материалов. – СПб: СПбГЛТА, 1994. – 148 с.
- 16 Лиштван И.И. Основные свойства торфа и методы их определения. – Минск, 1985. – 168 с.
- 17 Методика определения огнезащитных и огнетушащих свойств химических составов для борьбы с лесными пожарами / Утвержд. Минлесхозом 24.12.1992 г. – Гомель, 1998. – 10 с.
- 18 Методика оценки огнетушащих свойств химических составов для борьбы с торфяными пожарами / Утвержд. НПЦ ПБ ГОУ МЧС Республики Беларусь 12.07.2011 г. – Гомель, 2001. – 6 с.

**INVESTIGATION OF THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES
OF SYNTHETIC AND OGNEPREGRAZHDAYUSCHIH COMPOSITIONS
RELATIVE TO WOOD AND PEAT**

Bogdanova V.V., Kobez O.I., Usenya V.V., Gordei N.V., Matyha S.L.

New low cost weatherproof flame retardant cemics (FRC) were synthesized. Fire-resistant, fire-extinguish, physico-chemical and thermal properties of the resulting products were studied. It is shown that thermal decomposition of treated with the fire-retardant sawdust and peat was accompanied by a change in heat and mass transfer. It was caused by generation of surface foam structures and insulating melts of fire-retardant additives. Simultaneously the heat-absorbing, coke-forming as well as a flame volatile inhibitors emission into the gaseous phase are took place during pyrolysis of treated with FRC wood or peat. Full-scale tests of fire-retardant and extinguishing efficiency of created FRC for forest and peat were carried out. Researches on silvicultural and environmental aspects of the new FRC were carried out too.

Статья поступила в редколлегию 03.04.2014 г.

