

**ЭКОНОМИЧНЫЕ ОГНЕЗАЩИТНО-ОГНЕТУШАЩИЕ СУСПЕНЗИИ НА
ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО МЕТАЛЛОСИЛИКАТНОГО СЫРЬЯ**Богданова В.В.¹, Кобец О.П.¹, Людко А.А.²¹Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», г. Минск²Государственное учреждение образования «Командно-инженерный институт» МЧС Республики Беларусь, г. Минск

Ежегодные лесные и торфяные пожары наносят огромный экономический, социальный и экологический ущерб поскольку носят сложный и затяжной характер. на их ликвидацию задействуется большое количество техники и людских ресурсов. Для локализации и тушения природных пожаров, как правило, применяют следующие способы: захлестывание огня (сбивание пламени) по кромке пожара; засыпка кромок пожара грунтом; прокладка заградительных и опорных минерализованных полос и канав; отжиг горючих материалов перед фронтом пожара. Использование этих способов, технических средств и устройств тушения пожаров в природном комплексе малоэффективно, энергоемко, либо сложно в применении. В качестве средств огнетушения в лесах и на торфяниках чаще всего используют растворы ПАВ и воду, после испарения которой горение торфа и лесных горючих материалов (ЛГМ) – лишайников, мха, опада, мелких древесных остатков, возобновляется.

Применение известных средств огнезащитного (Метафосил, ОС) для ЛГМ, древесины и огнетушащего (Тофасил, ОТС) для торфа [1, 2] сдерживается из-за их относительно высокой стоимости, обусловленной использованием для их синтеза дорогостоящих и дефицитных компонентов (фосфаты, соединения цинка). Вместе с тем применение суспензий на основе фосфатов двух- и трехвалентных металлов-аммония в качестве огнегасящих средств перспективно из-за возможности направленного изменения свойств этих соединений в широком диапазоне в зависимости от условий получения, природы, соотношения компонентов. Затраты на ликвидацию пожаров в природном комплексе предполагается снизить путем создания унифицированного огнезащитно-огнетушащего средства на основе природного сырья Республики Беларусь.

Цель данной работы – исследовать огнезащитно-огнетушащие, эксплуатационные свойства новых продуктов синтеза на основе металлосиликатного природного сырья, пригодных в качестве экономичных унифицированных средств (УС) для предупреждения и тушения лесных и торфяных пожаров. Одновременно изучали влияние природы и соотношения компонентов реакционной смеси на физико-химические свойства УС.

В качестве исходных реагентов при синтезе использовали природные минералы бентонит и трепел, имеющих химический состав в пересчете на оксиды: бентонит – 35 % SiO₂, 11 % Al₂O₃, 27,3 % CaO, 2,5 % Fe₂O₃, 0,1 % TiO₂, трепел – до 70 % SiO₂, 11,5 % Al₂O₃, 1,3 % CaO, 0,7 % MgO, 1,5 % Fe₂O₃. Металлофосфатные суспензии получали с использованием золь-гель технологии [1], при исследовании физико-химических и огнетушащих свойств синтезированных продуктов в качестве составов сравнения использовали Метафосил и Тофасил. Огнетушащие свойства УС по отношению к древесине в лабораторных условиях определяли на очагах (Л0,1А) из сосновых брусков, сложенных слоями в виде штабеля, по методике, моделирующей проведение испытаний огнетушащей эффективности при ликвидации пожаров класса А (твердые горючие материалы) [3]. Показателями огнетушащей эффективности УС по отношению к торфу являлись их смачивающая способность, потеря массы

огнезащитными образцами торфа после горения и их зольность [4]. Огнезащитную эффективность продуктов синтеза по отношению к древесине определяли по ГОСТ 16363 [5]. Атмосферостойчивость продуктов синтеза, как способность огнезащитных образцов древесины после обработки водой сохранять свои огнезащитные свойства (по ГОСТ 16363), определяли по лабораторной методике, заключающейся в моделировании выпадения осадков в природных условиях (до 34-40 мм за сезон). При исследовании кинетики испарения растворов УС (при температуре 100 °С) содержание воды в них принималось за 100 %.

При получении УКС применяли соединения различного химического состава, соотношение которых варьировали в зависимости от прогнозируемых свойств. В синтезе в качестве реагентов использовалось местное недефицитное сырье, добываемое или выпускаемое предприятиями Республики Беларусь (металлосиликаты: бентонитовая глина, трепел; соединение аммония, являющееся отходом производства метилметакрилата), брусит, а также снижалось содержание дорогостоящих цинк-, азот- и фосфорсодержащих компонентов. Основные компоненты огнезащитно-огнетушащих средств, представленные в виде оксидов и соединений водорода, на которые пересчитывали исходные реагенты, следующие: Al_2O_3 , ZnO , MgO , CaO , P_2O_5 , SiO_2 , SO_3 , Na_2O , K_2O , HCl , NH_3 (таблица 1).

Испытания огнезащитной эффективности УКС свидетельствуют (таблица 1), что синтезированные продукты в основном соответствуют первой группе огнезащитной эффективности (кроме составов 8 и 9, относящихся ко второй группе). После огневых испытаний потеря массы образцов древесины, обработанной наиболее эффективными УКС (составы 1-7) по сравнению с исходной снизилась в 5-7 раз, при этом температура отходящих газов уменьшилась до 170-230 °С против 630 °С. Это свидетельствует о способности УКС изменять условия тепло-, массообмена между конденсированной и газовой фазами во время горения огнезащитной древесины.

Результаты испытаний огнетушащей эффективности по отношению к древесине показывают (таблица 2), что удельный расход на тушение лабораторного очага Л0.1А при использовании новых композиций снизился по сравнению с водой в 1,5-2,8 раза, а такой же показатель для наиболее эффективных УКС (составы 6 и 7) в 1,6 раза ниже, чем у Метафосила. При этом после тушения водой и УКС в первом случае гленье очага сохранялось, что приводило к повторному воспламенению, а во втором – возгорания не наблюдалось.

В применении к торфу показано (таблица 2), что направленное изменение условий синтеза при получении новых композиций, варьирование природы и содержания исходных реагентов позволяют улучшить основной показатель огнетушащей эффективности УС (Δt) по сравнению с водой более, чем в четыре раза (составы 4, 6, 7), увеличить зольность в 1,9-2,8 раза. Обнаружено, что высокая смачивающая способность характерна для тех новых продуктов, в рецептуре которых наряду с фосфатами, частично замененными на сульфаты (составы 1, 4, 5) или галогениды (составы 6, 7), содержат соединения аммония, натрия или калия. Для них количество поглощенного комплексного средства одним граммом сухого торфа в процентах в 1,6-2,3 раза выше по сравнению с водой и раствором ПАВ. Важно, что галогенсодержащие композиции по сравнению с известным огнетушащим средством для торфа ОТС1 проявляют на 20-25 % более высокую смачивающую способность, что дает возможность сократить расход ОС при тушении и уменьшить время ликвидации пожара.

Таблица 1. – Огнезащитная эффективность и атмосфероустойчивость новых и известных огнезащитных средств по отношению к древесине

№ п/п	Огнезащитное средство	Массовое соотношение основных компонентов Al ₂ O ₃ :ZnO:MgO:CaO:P ₂ O ₅ :SiO ₂ :NH ₃ :Na ₂ O(K ₂ O):SO ₃ :HCl	Огнезащитная эффективность (ГОСТ 16363-98)			
			Δт, %	Т отход ящих газов, °С	после обработки водой	
					Δт, %	Т отходящи х газов, °С
1	УКС 1НС	1:0:1.2:0:11.7:1:3.9:0.4(0); 2.5:0	7.0	195	12.4	346
2	УКС 2Н	0.32:0:0:0.8:23.5:1:6.3:1.1(0):0:0	5,6	234	16,1	280
3	УКС 2К	0.32:0: 0:0.8:23.5:1:6.3:0(1,2):0:0	8,3	224	10,9	258
4	УКС 2СН	0.32:0:0:0.8:15.9:1:8.2(0):7.9:0	8.1	194	10.2	288
5	УКС 2СК	0.32 :0:0.8:15.9:1:8.0(2.1):7.9:0	6.4	199	10.1	228
6	УКС 2ХН	0.32:0:0:0.8:14.9:1:10,1:2.3(0):0: 2.6	6,7	172	4,8	178
7	УКС 2ХК	0.32:0:0:0.8:14.9:1:10,1:0(2.4):2, 6	6,2	174	3,7	176
8	УКС 3СН	0.17:0:0:0.8:1:2.5:5.5(0):5.9:0	11.6	269	20.7	422
9	УКС 3СК	0.17:0:0:0.8:1:2.5:0(5.6):5.9:0	18.8	317	23.6	564
10	Метафосил	1:2.4:0:0:17.3:1:3.9:0(0):0:0	8,6	268	7,5	254
11	Древесина	-	39,1	627	-	-

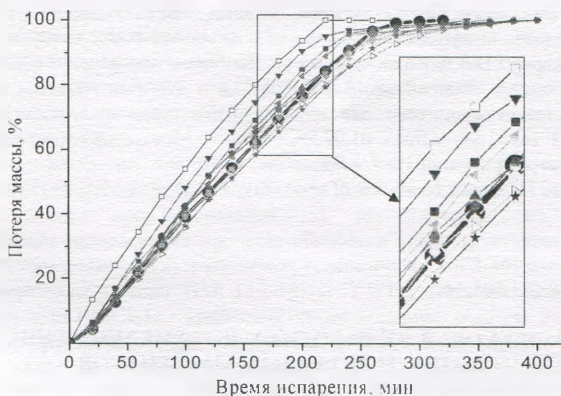
Таблица 2. – Огнетушащая эффективность УКС* и известных огнетушащих средств по данным лабораторных испытаний

№ п/п	Огнетушащее средство	Огнетушащая эффективность по отношению к торфу			Огнетушащая эффективность по отношению к древесине	
		смачивающая способность, %/г	Δт после горения, %	зольность, %	расход на тушение очага, V×10 ⁻³ , дм ³	удельный расход на тушение очага, дм ³ /м ²
1	УКС 1НС	16.1	4.7	30.3	23.7	0.15
2	УКС 2Н	15.1	6.4	24.0	22.0	0.14
3	УКС 2К	13.5	5.6	23.2	23.0	0.15
4	УКС 2СН	15.7	2.2	23.3	27.5	0.17
5	УКС 2СК	14.9	2.0	23.3	27.3	0.17
6	УКС 2ХН	17.1	1.6	25.7	21.0	0.13
7	УКС 2ХК	17.1	1.8	25.2	18.0	0.11
8	УКС 3СН	14.1	3.7	25.1	25.0	0.16
9	УКС 3СК	11.8	2.9	25.4	31.0	0.20
10	Метафосил	16.2	4.2	21.1	28.3	0.18
11	Тофасил	14.0	5.1	22.6	-	-
12	Вода	7.6	46.6	10.9	49.0	0.31

* – концентрация растворов огнетушащих средств – 7%.

Проведены испытания по определению атмосфероустойчивости разработанных УС (таблица 1). Установлено, что все УС успешно выдерживают водную обработку, соответствующую 17 мм атмосферных осадков, сохраняя после этого 1-2 группу огнезащитной эффективности (потеря массы образцов древесины после горения не более 9 и 25 %). Найдено, что среди исследованных композиций лучшими являются составы 2-7, полученные с использованием бентонита, в особенности в присутствии соединений калия. Это, по-видимому, может быть обусловлено меньшей растворимостью в воде соединений калия по сравнению с соединениями натрия [6]. Установлено, что составы, полученные с использованием трепела (составы 8, 9), проявляют низкую атмосфероустойчивость, связанную с потерей во время водной обработки значительного количества вещества с поверхности огнезащищенных образцов древесины.

Известно, что более высокая влажность природных материалов во время лесных пожаров удлиняет период индукции, предшествующий началу их подсушивания и термодеструкции. Варьирование соотношения и природы исходных реагентов дает возможность оптимизировать химический состав УС, увеличить их эффективность по сравнению с водой и известными огнезащитными средствами в том числе за счет способности замедлять скорость испарения влаги. Так, при исследовании кинетики испарения растворов УС выявлено (рисунок), что скорость испарения воды при температуре 100 °С превышает скорость ее удаления в тех же условиях из 7 % растворов УС. Эти данные свидетельствуют о том, что УС способствуют сохранению влажности огнезащищенных природных материалов более длительное время. Процесс увлажнения-высушивания ЛГМ в течение пожароопасного периода в природных условиях моделировали в лабораторной методике с целью его ускорения прогреванием растворов УС при 100 °С. Необходимо отметить, что композиции 1, 3, 6, 7 (УС 1НС, УС 2К, УС 2ХИ) в большей степени способствуют замедлению потери влаги, чем известный огнезащитный состав Метафосил.



Обозначения кривых скорости испарения влаги: —□— Вода; —●— Метафосил; —▲— УС 2ХК; —▼— УС 2Н; —◆— УС 2К; —◄— УС 2СН; —▷— УС 1НС; —*— УС 2СК; —*— УС 2ХН; —●— УС 3СН; —■— УС 3СК

Рисунок. — Кинетические кривые испарения воды и растворов огнезащитно-огнетушащих составов (массовая доля сухого вещества 7 %).

Следовательно, максимальной атмосфероустойчивостью, огнезащитно-огнетушащей эффективностью на древесине и торфе обладают составы 6 и 7 (УС 2ХК и УС 2ХН), с использованием бентонита в качестве одного из реагентов. На основании данных по математическому планированию эксперимента ведется работа по оптимизации рецептуры наиболее эффективного УС.

Таким образом, показана принципиальная возможность создания экономичного эффективного универсального огнезащитно-огнетушащего средства для предупреждения и тушения лесных и торфяных пожаров. За счет меньшего содержания дефицитных компонентов (соединений фосфора, цинка) оценочная стоимость составов по сырью снизилась в 1,3-1,5 раза. Дополнительные возможности в энерго- и ресурсосбережении при тушении пожаров в лесном комплексе республики связаны со снижением концентрации рабочих растворов (с 8-10 до 7 %) новых универсальных огнезащитно-огнетушащих суспензий по сравнению с известными огнезащитным и огнетушащим составами.

Список литературы

1. Состав для профилактики, локализации лесных пожаров и/или борьбы с ними: пат. 2149 Респ. Беларусь. МПК А 62 Д 1/00, С 09 К 21/02 / Л.В. Кобец, В.В. Богданова, Н.М. Кобзева; заявитель НИИ ПФП БГУ, НИИ ФХП БГУ, Гомельский хим. завод. – № 950285; заявл. 08.06.95. Оpubл. 30.06.98.
2. Огнетушащий химический состав для борьбы с торфяными пожарами: пат. 6460 Респ. Беларусь, МПК А 62 D 1/00. А 62 С 3/02 / В.В. Богданова, О.И. Кобец, В.В. Усень, Г.Ф. Ласута; заявитель НИИ ФХП БГУ – № а 20001029; заявл. 20.11.2000. опубл. 30.09.2004.
3. Богданова, В.В. Огнетушащая эффективность жидкостных химических составов при тушении пожаров класса А распылительными устройствами пожаротушения / В.В. Богданова, В.В. Лавич, А.В. Врублевский, А.С. Дмитриченко // Вестн. Команд.-инженер. ин-та МЧС Респ. Беларусь. – № 1 (7). – 2008. – С. 35–41.
4. Исследование эффективности применения химических составов для тушения торфяных пожаров / В.В. Богданова [и др.] // Проблемы лесоведения и лесоводства: тр. ИЛ НАНБ. – Гомель. 1998. – Вып. 49. – С. 108-114.
5. Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств: ГОСТ 16363-98. – Введ. 01.07.99. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 1999. – 9 с.
6. A.Dean, J. Lange's handbook of chemistry / J. A.Dean // McGraw-Hill, Inc. – 1999. – 1150 p.

УДК 621.9.048:621.785.54

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОБРАБОТКА УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТЫХ И НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лобанов В.Ю.

ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», г.Витебск

В последнее время большое внимание уделяется изучению физического и механического поведения нанокристаллических материалов в связи с повышенными значениями их физических, химических, прочностных, усталостных и других свойств [1-2]. Перспективными методами получения этих материалов являются деформационные методы, такие, как равноканальное угловое прессование, кручение под квазигидростатическим давлением, всесторонняя изотермическая ковка и другие.