

УДК 614.841.135.3:630.43

СВОЙСТВА ПРОДУКТОВ ДЫМООБРАЗОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

А.В. ИПАТЬЕВ, кандидат технических наук

УО «Минский государственный высший авиационный колледж», г. Минск, Беларусь

Исследованы свойства продуктов дымообразования лесных пожаров, в том числе размеры и фракционный состав частиц дыма лесных горючих материалов, составляющих основную пожарную нагрузку в природных экосистемах.

Ключевые слова: дым, лесные пожары, механизмы дымообразования, пиролиз, конвекция, частицы дыма, фракционный состав.

Введение.

Видимый дым, это аэрозоль, состоящий из мелкодисперсных частиц и образующийся жидкими, газообразными и твердыми продуктами горения в результате полного или неполного сгорания материала [1]. Он опасен как поражением раскаленными частицами органов дыхания человека, возможностью отравления переносимыми потоками токсичных продуктов горения, так уменьшением видимости [2].

Известно, что дым лесных пожаров в условиях радиоактивного загрязнения является основным переносчиком радионуклидов при горении загрязненных ими лесных горючих материалов, источником вторичного загрязнения территории, воздействует на людей находящихся в зоне его распространения [3].

Постановка задачи.

В настоящее время лесные пожары относятся к основным загрязнителям атмосферы [4], поэтому их дымы требуют детального исследования. Следовательно, исследования требует как процесс образования дымов лесных пожаров, так и влияние на образование дыма других опасных факторов пожара.

В рамках исследований процессов дымообразования лесных пожаров, проводимых группой ученых по гранту БРФФИ в период 2005–2007 гг. [5] было

установлено, что в основе дымообразования лесных горючих материалов лежат как химические, так и физические процессы. Твердые или жидкие конденсированные продукты сгорания часто образуются в результате различных реакций пиролиза и окисления веществ. При этом вначале образуются газообразные продукты, которые в последующем конденсируются по обычному физическому механизму. Конденсация продуктов горения может осуществляться как в зоне пламени, так и вне его пределов. Механизмы образования дыма, в целом, известны и классифицированы ранее [6]. В результате проведенных исследований были получены данные о составе газовой и конденсированной фаз дыма лесных горючих материалов, определены размеры и фракционный состав частиц дыма, получены электронно-микроскопические снимки частиц дыма, позволяющие определить внешний вид и установить наличие у целого ряда исследуемых материалов некоторых из отмеченных в [6] механизмов образования дыма. Остановимся на этом подробнее.

Методы исследований.

Образцы лесных горючих материалов подвергались термической деструкции в рабочей камере установки по определению коэффициента дымообразования [7], а в камере измерений этой установки осаждали на предметное стекло частицы дыма.

Электронно-микроскопический анализ образцов дыма проводился с использованием специальной установки [8], на растровом электронном микроскопе Нанолаб-7. Изображения частиц дыма получали с помощью с автоматического анализатора изображения «Мини-Маджискан».

Внешний вид и форму, размеры и фракционный состав частиц дыма лесных горючих материалов определялись в соответствии с методикой выполнения измерений МВИ. МН 2411-2005 «Методика определения размеров и фракционного состава частиц дыма» [9], которая позволяет путем сочетания экспериментальных измерений и их расчетной обработки установить размер частиц продуктов сгорания лесных горючих материалов и торфа для определения фракционного состава частиц дыма лесных и торфяных пожаров.

Сущность методики заключается в определении размера частиц продуктов сгорания и (или) термоокислительной деструкции (тления) лесных горючих материалов и торфа, с последующим разделением их на фракции.

Обработка результатов анализа изображения сводится к расчету среднего арифметического значения по каждой фракции частиц в соответствии с формулой 1:

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

где: x_i – каждое измеренное значение;

n – число измерений.

За конечный результат измерений принимается среднее арифметическое значение измеренных величин. Погрешность измерения по данной методике принимается равной погрешности анализатора изображения.

Результаты исследований.

Всего было проанализировано 48 образцов дыма лесных горючих материалов. Для каждого материала было получено по 3-5 изображений.

В результате эксперимента были получены стерео и электронно-микроскопические снимки частиц дыма основных лесных горючих материалов, залегающих на территории Беларуси, наиболее типичные из них опубликованы в [10].

Результаты эксперимента, кроме определения внешнего вида, размеров и фракционного состава частиц дыма позволили.

1. Выявить у исследованных лесных горючих материалов основные механизмы дымообразования [9], а именно:

- конденсационный механизм, то есть, пар высокой концентрации, находящийся в воздухе, охлаждается при разбавлении его холодным воздухом или быстром расширении до тех пор, пока не станет пересыщенным и не начнет конденсироваться, образуя аэрозоли, состоящие из жидких или твердых частиц. Таким образом, для подобных веществ, получение дыма сводится к спонтанной конденсации их пересыщенного пара.

- пиролизно-конвективный механизм, то есть пламенное горение или тление материалов в избытке кислорода, а также пиролиз отдельных компонентов материалов при недостатке кислорода, и наступающее затем частичное удаление продуктов пиролиза под воздействием конвективных потоков газа.

2. Предположить, что процесс дымообразования зависит от соотношения мелкодисперсной и крупнодисперсных фракций частиц дыма.

Анализ результатов экспериментов позволил констатировать, что в составе продуктов дымообразования лесных горючих материалов в березовых и сосновых древостоях присутствуют продукты пиролиза. Частиц другого типа не наблюдается. Это позволяет сделать вывод о том, что преобладающим механизмом дымообразования у этих материалов является пиролизно-конвективный.

У дыма лесных горючих материалов в еловых древостоях отмечено наличие как пиролизно-конвективного, так и конденсационного механизмов дымообразования, а также, наблюдаются вторичные процессы агломерации, по всей видимости, связанные со строением опада, и требующие дальнейших исследований [9].

В результате исследований были определены также размеры и фракционный состав частиц дыма лесных горючих материалов в сосновых, еловых и березовых древостоях (составляющих более 90% лесопокрытой площади Беларуси).

Из анализа экспериментальных данных следует, что основная доля частиц дыма (80-90%) относится к категории субмикронных. Сравнительные данные размеров основной доли частиц дыма лесных горючих материалов приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Сравнительные данные размеров основной доли частиц дыма

Вид древостоя	Размер основной доли частиц дыма (80-90%) в интервале, мкм	
	по количеству	по массе
Сосняк	0-0,7	0-0,8
Ельник	0,1-0,4	0,1-0,5
Березняк	0-0,5	0-0,5

Данные расчета фракционного состава частиц дыма лесных горючих материалов приведены на рис. 1-3.

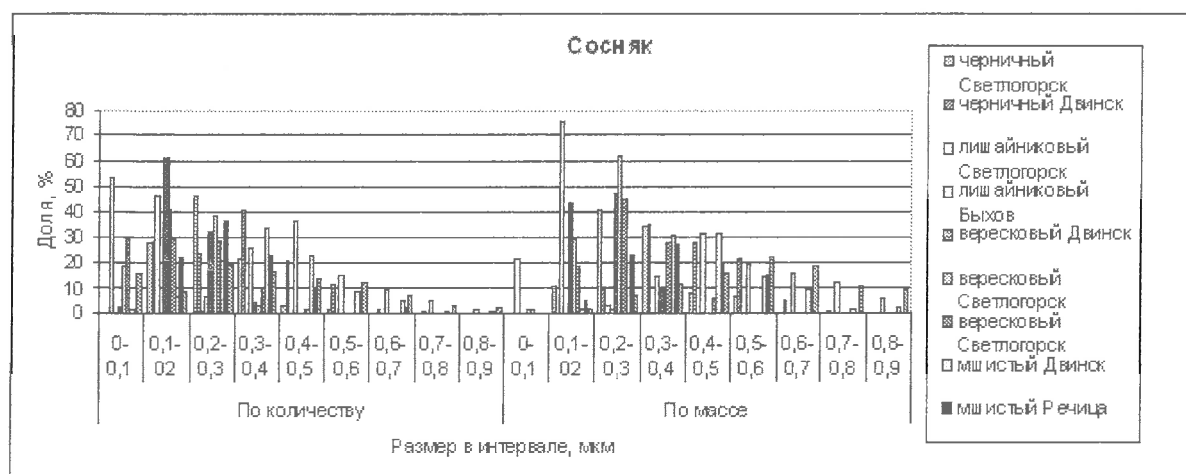


Рисунок 1 – Фракционный состав частиц дыма ЛГМ сосновых древостоев

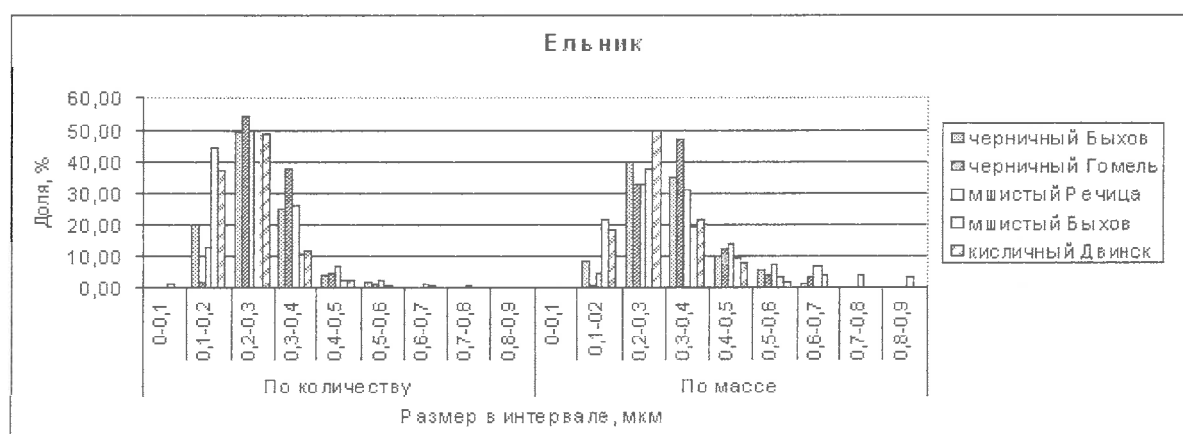


Рисунок 2 – Фракционный состав частиц дыма ЛГМ еловых древостоев

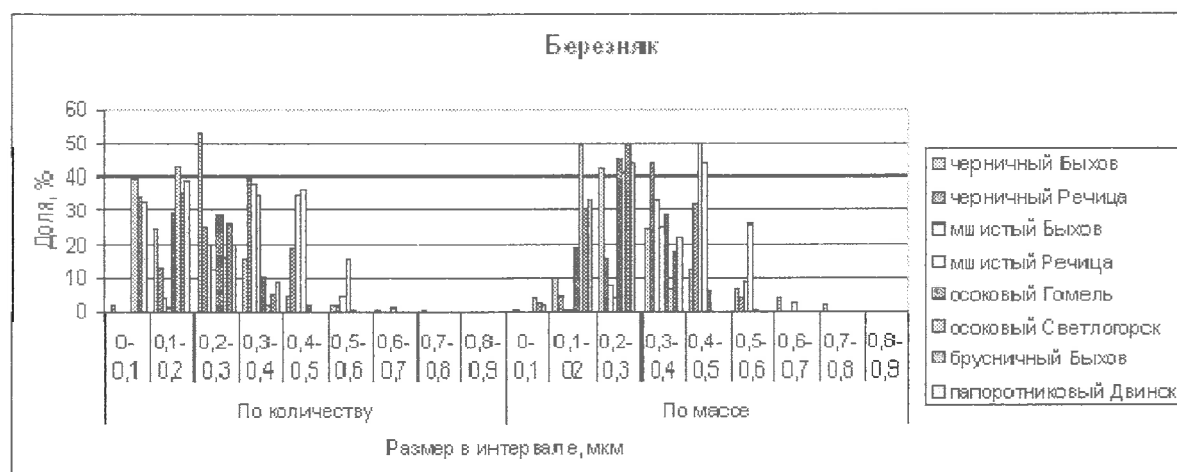


Рисунок 3 – Фракционный состав частиц дыма ЛГМ березовых древостоев

Выводы. 1. Исследованы и определены механизмы образования дыма у лесных горючих материалов (пиролизно-конвективный у лесных горючих материалов в березовых и сосновых древостоях и пиролизно-конвективный в сочетании конденсационным у лесных горючих материалов в еловых древостоях).

2. Разработана методика и определены внешний вид, размеры и фракционный состав частиц дыма лесных горючих материалов в сосновых, еловых и березовых древостоях.

3. Установлено, что самые значительные фракции частиц дыма лесных горючих материалов (более 80 %) характеризуются размерами частиц (0,1- 0,7) мкм.

Обсуждение. Размеры и форма частиц влияют на время достижения дымовым шлейфом конкретной территории, место и время выпадения различных фракций частиц дыма, оптическую плотность дыма.

Возможность определить фракционный состав у различных лесных горючих материалов, составляющих основную пожарную нагрузку в лесных экосистемах Беларуси, позволит прогнозировать влияние негативных последствий подобных пожаров на население, в том числе определить риск поражения территорий в результате переноса частиц потоками дыма.

Таким образом, возможно, повысить эффективность мероприятий по нейтрализации воздействия дыма, образующегося в результате пожаров в природных экосистемах на население и территории.

Литература

1. Пожарная безопасность. Общие термины и определения. СТБ 11.0.02-95 Система стандартов пожарной безопасности. - Введ.10.01.95. - Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белстандарт, 1995.- 16с.
2. Ипатьев А.В. Поражающие факторы природных пожаров / Ипатьев А.В. // Природные ресурсы. – 2005.- вып.4. - С.81-86.
3. Душа-Гудым, С.И. О минимизации последствий смога лесных и торфяных пожаров. / Душа-Гудым С.И., Ипатьев А.В. // Известия Белорусской инженерной академии. - 2004. - вып.1(17). - С.24-31.
4. Абдурагимов, А.В. Опасности лесных пожаров / Абдурагимов А.В., Однолько И.Н. // Наука и жизнь. - 1993. - № 2. - С. 42 - 45.
5. Физико-химические процессы возникновения и распространения смога, образующегося в результате лесных и торфяных пожаров./ /Ипатьев А.В., Касперов

Г.И., Ильюшонок А.В., Субоч В.П., Коледа В.В., Василевич А.Б.// Закл. отчет по гранту Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований № Т04-060 от 03.05.2004г.-№ гос. рег. БелИСА -20044112.- Мн.: Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь, 2005. 210с.

6. Ипатьев, А.В. Дымообразующая способность веществ и материалов (физико-химические процессы, методы исследований, способы управления). / А.В. Ипатьев, В.Н. Яглов - Дымообразующая способность веществ и материалов (физико-химические процессы, методы исследований, способы управления). – М.: РУП “Минсктиппроект”.- 2002. - 81с.

7. ГОСТ 12.1.044-89 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность веществ определения и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

8. Ипатьев А.В. О методологии исследований смога лесных и торфяных пожаров. / Ипатьев А.В. // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі (серыя фіз.-тэхн. навук). - 2005. - вып. 2. - С.109-115.

9. Ипатьев А.В. Механизмы дымообразования лесных и торфяных пожаров / Ипатьев А.В. // Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2006.- №4.- С.69-74.

10. Ипатьев А.В. Образование и поведение дымов лесных и торфяных пожаров / Ипатьев А.В. // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. -2005.- вып.3.- С. 8-14.

Поступила в редакцию 7.05.2008

A.V. Ipatyev

PROPERTY PRODUCTION OF SMOKE GENERATION FROM FOREST FIRE

Properties of smokes of wood fuel which make the basic fire loading of fires in the nature are investigated. The basic processes which result in formation of a smoke are established and mechanisms of formation of a smoke are determined. A method is worked out and sizes and factional composition of the smoke fractions from forest combustibles.