

УДК 614.841.135.3:630.43

ОБРАЗОВАНИЕ И ПОВЕДЕНИЕ ДЫМА ЛЕСНЫХ И ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ

Ипатьев А.В., к.т.н.

Исследованы свойства дымов лесных горючих материалов и торфа, составляющих основную пожарную нагрузку пожаров в природных экосистемах. Установлены основные процессы, приводящие к образованию дыма и определены механизмы дымообразования.

В экстремальных по условиям погоды 1992, 1994-1996, 1999, 2002 и 2005 годах наблюдались вспышки лесных и торфяных пожаров, которые приводили к задымлению значительных территорий.

Разработка эффективных мер по борьбе с этой чрезвычайной ситуацией невозможна без знаний процессов, происходящих при горении и тлении лесных и торфяных материалов, в результате которых образуется дым.

Известно, что дым относится к аэрозолям, и в зависимости от того, какой материал горит, какова температура, скорость горения, каковы доступ кислорода и вентиляция, представляет собой смесь продуктов горения – газообразных, твердых и жидких частиц [1].

Анализ полученных экспериментальных и литературных данных [1-7] показал, что в основе дымообразования лесных и торфяных горючих материалов лежат как химические, так и физические процессы. Твердые или жидкие конденсированные продукты сгорания часто образуются в результате различных гомогенных реакций пиролиза и окисления веществ. При этом вначале образуются газообразные продукты [8], которые в последующем конденсируются по обычному физическому механизму. Причем конденсация продуктов горения может осуществляться как в зоне пламени, так и вне его пределов.

Механизмы образования дыма, в целом, известны и классифицированы [5], это:

- сублимация вещества при нагревании с последующим процессом гидролиза;
- спонтанная конденсация пересыщенного пара;
- взаимодействие различных газов с образованием продуктов, имеющих при обычных температурах низкое давление пара;
- фотохимические реакции;

-образование первичных кристаллических частиц в результате взаимодействия в газовой фазе молекул и радикалов с последующей перегруппировкой их в стабильные частицы;

-перенос конвективными газовыми потоками частиц твердых остатков пиролиза материала.

Известно и то, что материалы, представляющие собой, как правило, сложные композиции, состоящие из нескольких ингредиентов, могут образовывать дым по нескольким вышеуказанным механизмам.

Именно к сложным композициям различных веществ с различным химическим строением и составом относятся исследуемые лесные и торфяные материалы [9].

При изучении процессов дымообразования у этих горючих материалов нами использовались методы оптической и электронной микроскопии, масс-спектрометрии, рентгеновского и хроматографического анализов [10].

В результате исследований были получены данные о составе газовой и конденсированной фаз дыма лесных и торфяных горючих материалов, определены размеры и фракционный состав частиц дыма, получены электронно-микроскопические снимки частиц дыма, позволяющие определить внешний вид и установить у целого ряда исследуемых природных горючих материалов наличие некоторых из вышеперечисленных механизмов образования дыма. Остановимся на этом подробнее.

Образцы лесных и торфяных горючих материалов подвергались термической деструкции в рабочей камере установки по определению коэффициента дымообразования [11], а в камере измерений этой установки осаждали на предметное стекло частицы их дыма.

Электронно-микроскопический анализ образцов дыма проводился с использованием специальной установки (рис.3), на растровом электронном микроскопе (РЭМ) с микрозондом.

Изображение частиц получали в светлом поле. Освещение образцов проводили при помощи вмонтированного в микроскоп осветителя падающего света LEICA GLS 50C с двумя волоконными световодами (1). Световоды устанавливались таким образом, чтобы частицы дыма на стеклах были видны наиболее четко. Общее увеличение применяемого микроскопа составляло 400х.

Изображения частиц дыма получали с помощью аналоговой видеосистемы LEICA IC A, (2), осуществляющей вывод получаемых изображений через черно-белый монитор (3) на компьютер (4).

Обработка микроизображений (коррекция резкости, яркости и размеров изображений) производилась с помощью программы "Adobe

Photoshop”. Архивирование рисунков осуществляли, используя программное обеспечение концерна LEICA “Image Database”. При помощи этой же программы была составлена база данных всех полученных микроизображений.

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

Распечатка микроизображений осуществлялась в черно-белом варианте с использованием принтера (5).

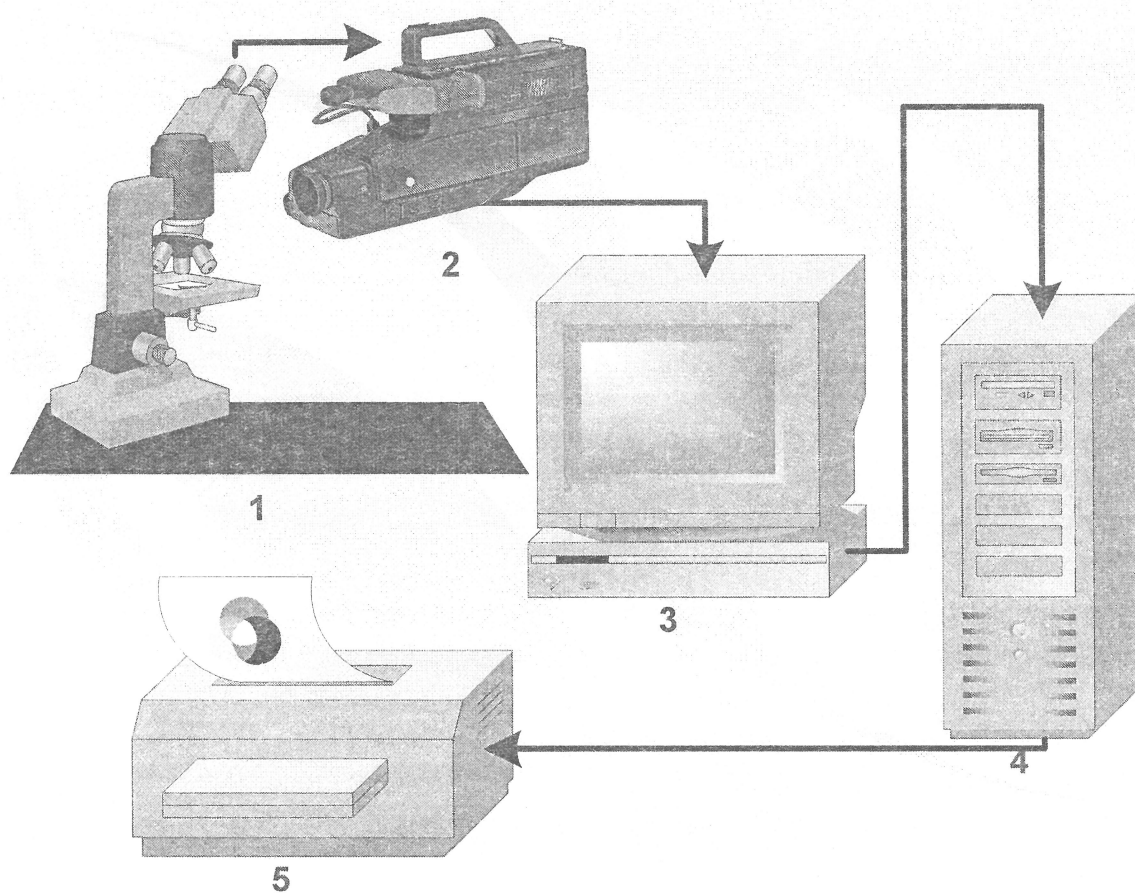


Рис.1. Схема установки для микроскопического анализа частиц дыма

В результате эксперимента были получены стереоскопические и электронно-микроскопические снимки частиц дыма основных лесных и торфяных горючих материалов, залегающих на территории Беларуси, наиболее типичные из них представлены на рис. 2-7.

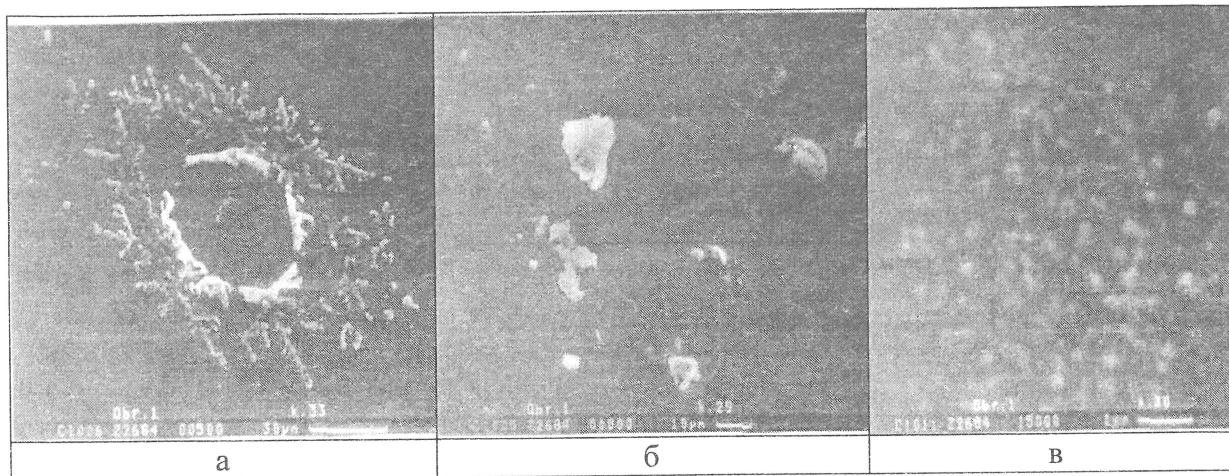


Рис.2. Электронно-микроскопические снимки частиц дыма ельника мшистого, 30 лет, Быховский лесхоз

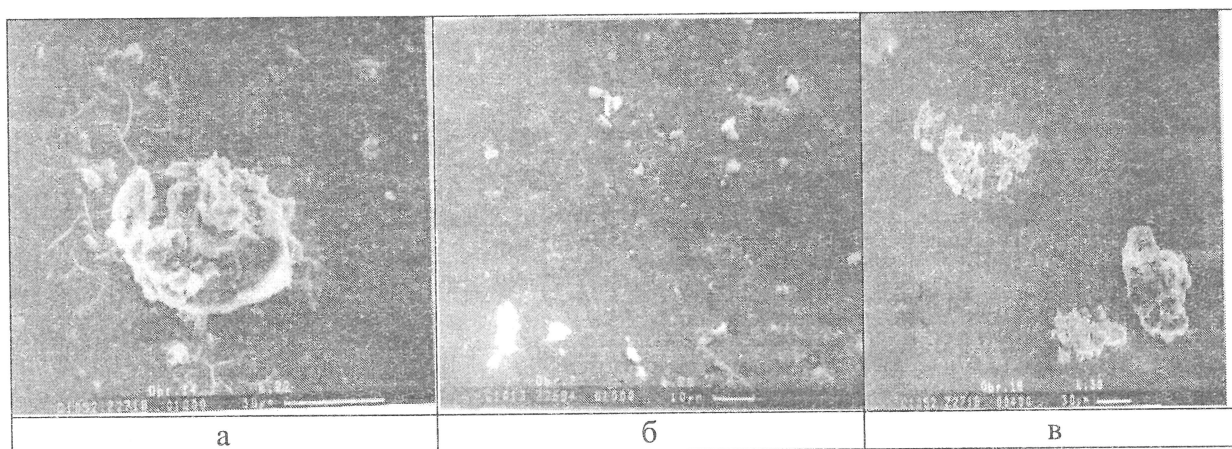


Рис.3. Электронно-микроскопические снимки частиц дыма березняка папоротникового, 30 лет, Двинский лесхоз

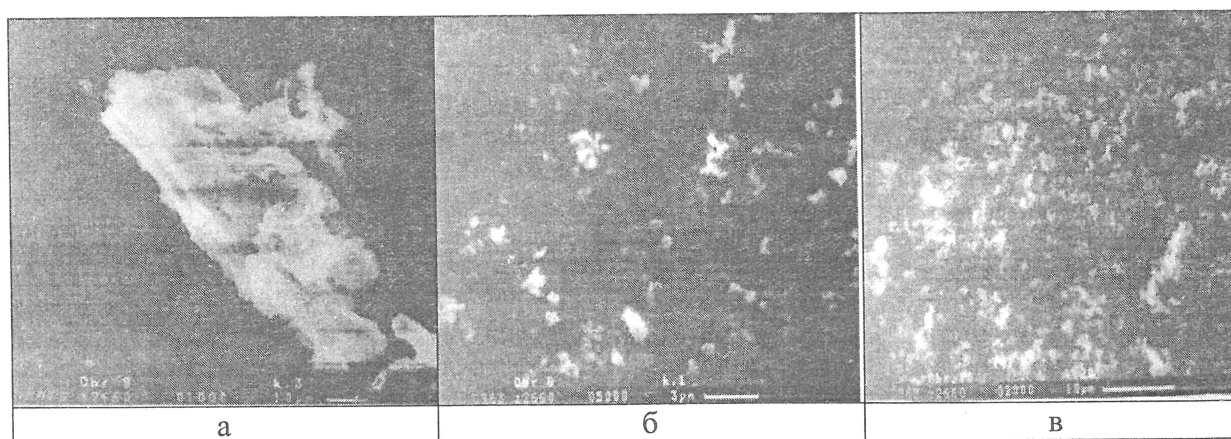


Рис.4. Электронно-микроскопические снимки частиц дыма сосняка мшистого, 25 лет, Светлогорский лесхоз

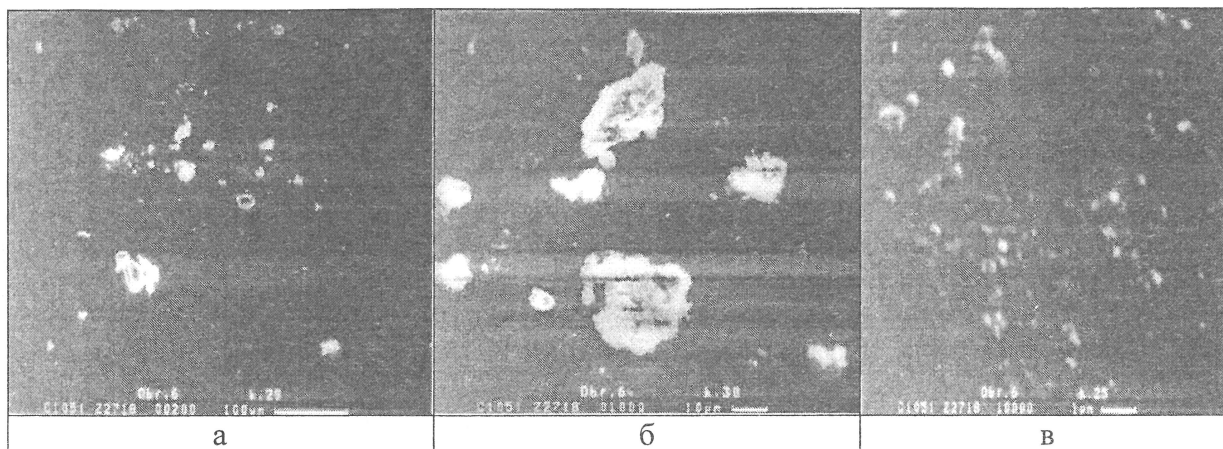


Рис.5. Электронно-микроскопические снимки частиц дыма низинного торфа Ошмянско-Слуцкого торфяного района

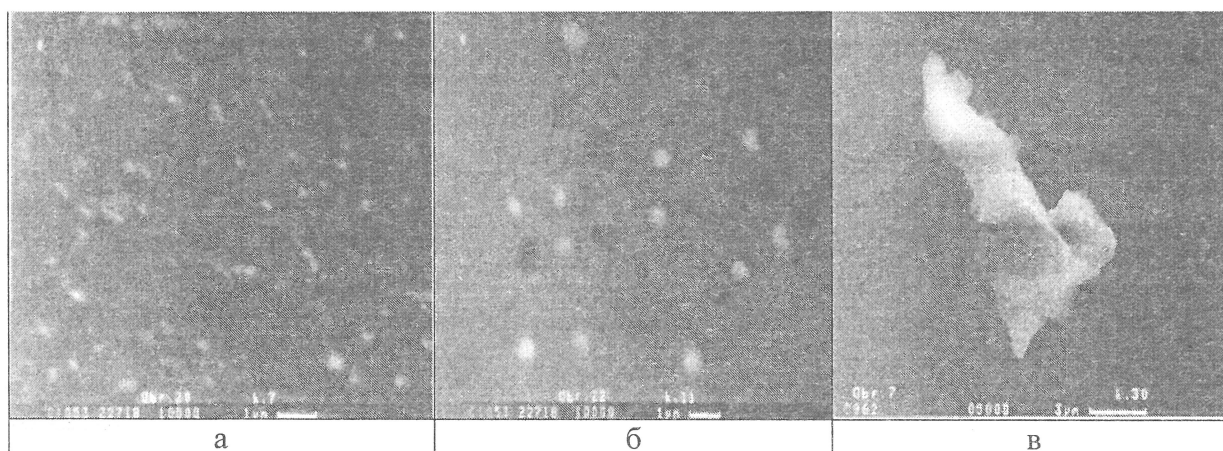


Рис.6. Электронно-микроскопические снимки частиц дыма переходного торфа Лунинецко-Любанского торфяного района

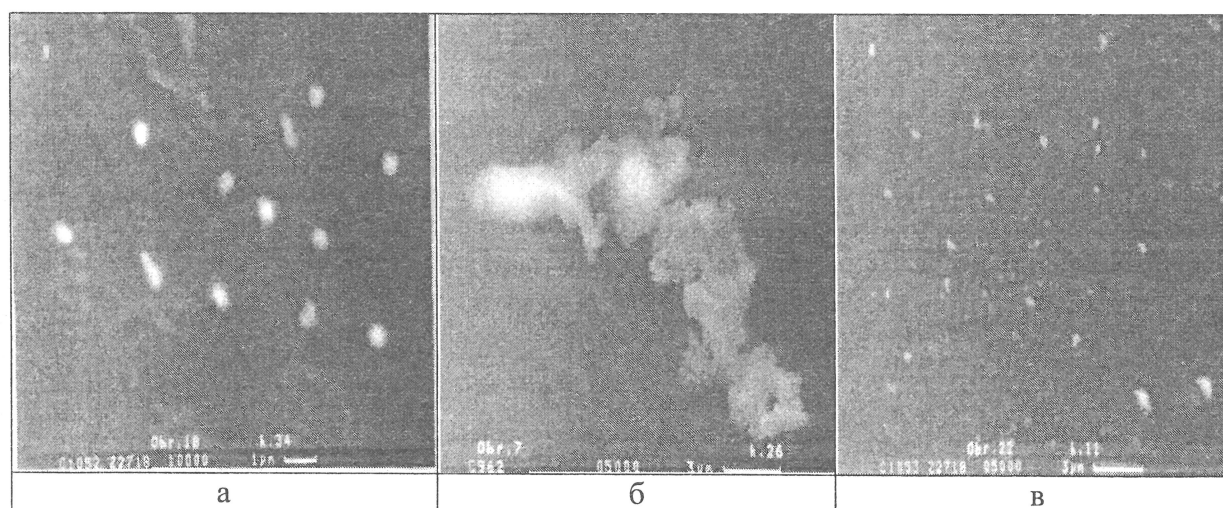


Рис.7. Электронно-микроскопические снимки частиц дыма верхового торфа Городокско-Чашникского торфяного района

Приведенные на электронно-микроскопических снимках результаты эксперимента позволяют, кроме определения внешнего вида, размеров и фракционного состава частиц дыма, выявить у основной массы исследованных лесных и торфяных горючих материалов два основных механизма дымообразования:

1. 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 [1]. Таким образом, для подобных веществ получение дыма сводится к спонтанной конденсации их пересыщенного пара.

2. 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, испарения или сублимации под воздействием конвективных потоков газа.

На электронно-микроскопических снимках частиц дыма лесных горючих материалов в березовых и сосновых древостоях отчетливо видны разного размера продукты пиролиза (рис.3-4). Частиц другого типа не наблюдается. Это позволяет сделать вывод о том, что преобладающим механизмом дымообразования у этих материалов является пиролизно-конвективный.

Анализ электронно-микроскопических снимков частиц дыма лесных горючих материалов в еловых древостоях позволяют отметить наличие у этих материалов как пиролизно-конвективного, так и конденсационного механизмов дымообразования. Причем, как видно из рис.2, у дыма лесных горючих материалов в еловых древостоях наблюдаются некие вторичные процессы агломерации, требующие дальнейших исследований.

Анализ снимков каплевидных частиц дыма торфяных материалов (рис.5-7) позволяет сделать вывод о преобладании у них конденсационного механизма. Вместе с тем, в дыму торфяных горючих материалов обнаружены и частицы пиролизного остатка, как правило, размером от нескольких до нескольких десятков микрон. То есть дым торфяных материалов образуется по двум вышеописанным механизмам, а их поведение в окружающей среде, несомненно, будет зависеть от соотношения мелкодисперсной и крупнодисперсной фракций.

Автор выражает признательность д.х.н., профессору, Б.И. Огородникову за помощь в подготовке статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грин Х. Лейн В. Аэрозоли - пыли, дымы и туманы.-Л.: Химия, 1969, 300с.
2. Пуздриченко В.Д. Дымовые шлейфы и особенности их развития. Проблемы лесоведения и лесоводства: Сборник научных трудов Института леса Национальной Академии наук Беларуси, вып.49; Сост. В.Ф. Багинский и др. – Гомель, 1998. – С.54-61
3. Р.М. Асеева, Г.Е. Зайков Снижение горючести полимерных материалов.–М.: Знание, 1981.–С.36-50.
4. Иличкин В.С. Токсичность продуктов горения полимерных материалов. Принципы и методы определения. Санкт-Петербург: Химия, 1993.–136 с.
5. Ипатьев А.В., Яглов В.Н. Дымообразующая способность веществ и материалов (физико-химические процессы, методы исследований, способы управления). Минск: РУП “Минсктиппроект”, 2002.– 81 с.
6. Усеня В.В. Лесные пожары, последствия и борьба с ними: -Речица: КУПП “Титул”, 2003.–205 с.
7. Цай Ю.Т. Методика исследований опасных факторов лесного пожара // Лесной журнал.–2003. –№1.–С.33-38.
8. Уваров А.Д. Образование и свойства аэрозольных продуктов пиролиза горючих материалов. Автореферат канд.дисс. по спец. 25.00.29 «Физика атмосферы и гидросферы» и 03.00.16. «Экология». Обнинск, 2004.–25 с.
9. Душа-Гудым С.И., Ипатьев А.В. О минимизации последствий смога лесных и торфяных пожаров. Известия Белорусской инженерной академии, вып.1(17) 2004. –С.24-31.
10. Ипатьев А.В. О методологии исследований смога лесных и торфяных пожаров. Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі (серыя фіз.-тэхн. навук), вып. 2\, 2005.–С.109-115.
11. ГОСТ 12.1.044-89 Система стандартов безопасности труда. Пожаро-взрывобезопасность веществ определения и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – Взамен ГОСТ 12.1.044-85; Введ. 01.01.91. –М.: Изд-во стандартов, 1990.-С.74-76.