

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА АТМОСФЕРУ

**Лобода Ю.А.<sup>1,2</sup>, Касымов Д.П.<sup>1,2</sup>, Агафонцев М.В.<sup>1,2</sup>, Рейно В.В.<sup>2</sup>, Луценко А.В.<sup>1,2</sup>, Перминов В.В.<sup>1</sup>,  
Орлов К.Е.<sup>1</sup>, Мартынов П.С.<sup>1,2</sup>, Лобода Е.Л.<sup>1,2</sup>, Климентьев А.С.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский государственный университет

<sup>2</sup> Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск

e-mail: loboda@mail.tsu.ru

Ежегодно в мире возникают природные пожары на лесных и лесостепных территориях. Причинами их являются как хозяйственная деятельность человека, так и природные факторы (грозы, сухие грозы). В результате развития и распространения природные пожары могут приводить к чрезвычайным ситуациям, в том числе и к катастрофическим последствиям. Проблема природных пожаров характерна для большинства регионов России: Западная Сибирь, Европейская часть России, Забайкалье, Дальний Восток, а также для ряда европейских стран, Австралии и Северной и Южной Америки. Для успешной борьбы с природными пожарами особую важность имеет их раннее обнаружение, что крайне затруднено в населенных районах. Поэтому представляет особый интерес исследование природных пожаров в контексте их влияния на атмосферу, что позволит производить раннее удаленное обнаружение очага горения.

Исследования природных пожаров проводились на территории Базового экспериментального комплекса (БЭК) Института оптики атмосферы СО РАН. Измерение термодинамических характеристик в пламени производилось с применением методов ИК-термографии, а оценка характеристик турбулентности – по методике [1]. Для регистрации метеопараметров и оценки флуктуаций показателя преломления применялись метеостанции АМК-03. Анализ газового и аэрозольного составов атмосферы производился с применением мобильных измерительных комплексов [2], а параметры турбулентности в конвективной колонке над зоной горения регистрировались при помощи пассивной системы оптического мониторинга [3].

С использованием методики [1] по результатам термографических измерений полей температуры в пламени получен спектр изменения температуры. В нем доминируют пульсации с частотами 1–4 Гц, которым соответствуют масштабы турбулентности  $b=20\text{--}80$  см, рассчитанные по методике [1]. Следует отметить, что в спектре изменения температуры в пламени присутствует частота 0,6 Гц, которой соответствует  $b=132$  см. Данное значение нельзя рассматривать как масштаб турбулентности, т. к. оно коррелирует с высотой пламени во фронте горения. Полученные масштабы турбулентности следует рассматривать как крупномасштабную турбулентность. Согласно [5], крупный масштаб турбулентности по К.И. Щелкину превышает ширину зоны горения и оказывает преимущественное влияние на основные характеристики горения. Следует отметить, что если в лабораторных условиях [1] в спектре изменения температуры в пламени присутствуют характерные частоты до 8 Гц, которым соответствуют существен-

но меньшие масштабы турбулентности, то в полунатурных условиях мелкомасштабная турбулентность не регистрируется.

Анализ турбулентности атмосферы в конвективной колонке над очагом горения и в его окрестностях с применением пассивного оптического метода и при помощи измерений флуктуации скорости звука показал, что структурная характеристика показателя преломления  $C_n^2$  существенно возрастает от фоновых значений во время проведения эксперимента, что является следствием тепловыделения в зоне горения и диссипации турбулентных структур в пламени.

В результате измерений метеопараметров зарегистрирован рост температуры воздуха, от 2 до 5 градусов (в зависимости от места измерения и направления ветра), снижение относительной влажности воздуха, рост горизонтальной и вертикальной компоненты скорости ветра, что может служить подтверждением гипотезы проф. А.М. Гришина, что массовые природные пожары способны формировать «собственный ветер» [4].

При измерениях газового и аэрозольного состава атмосферы установлено, что вследствие горения растительных горючих материалов при проведении эксперимента на 2 порядка от фоновых значений возрастает концентрация  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{SO}_2$ , в 4 раза снижается концентрация озона, в 20 раз увеличивается концентрация  $\text{CO}$ . Отдельное внимание было уделено росту концентраций метана и углекислого газа. Рост концентрации метана вызван тем фактом, что не весь образовавшийся в зоне пиролиза метан успевает вступить в химическую реакцию во фронте пожара. Рост концентрации  $\text{CO}_2$  вполне ожидаем и является одним из характерных признаков природного пожара.

### Список литературы

1. Loboda E.L., Matvienko O.V., Vavilov V.P., Reyno V.V. Infrared thermographic evaluation of flame turbulence scale // Infrared physics and technology. 2015. Vol. 72. P. 1–7.
2. Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Давыдов Д.К., Ивлев Г.А., Козлов А.В., Пестунов Д.А., Покровский Е.В., Толмачев Г.Н., Фофанов А.В. Посты для мониторинга парниковых и окисляющих атмосферу газов // Оптика атмосф. и океана. 2007. Т. 20, № 1. С. 53–61.
3. A.L. Afanasiev, V.A. Banakh, D.A. Marakasov Passive Optical Monitoring of Wind Conditions and Indication of Aircraft Wakes Near Airport Runways // Atmospheric and Oceanic Optics, 2019, Vol. 32, No. 5, pp. 506–510.
4. Гришин А.М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. Новосибирск: Наука, 1992. 407 с.
5. Избранные труды / К.И. Щелкин; под ред. д-ра техн. наук, проф. Б.Г. Лобойко. – Снежинск: Изд-во РФЯЦ – ВНИИТФ, 2011. – 268 с.

*Работа поддержана РФФ (грант № 20-71-10068)*