

PROCEEDINGS OF SPIE

27th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics, Atmospheric Physics

Gennadii G. Matvienko
Oleg A. Romanovskii
Editors

5–9 July 2021
Moscow, Russian Federation

Organized by

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS (Russian Federation)
A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS (Russian Federation)
M.A. Sadovsky Institute of Geosphere Dynamics RAS (Russian Federation)
Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS (Russian Federation)
V.M. Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory SB RAS (Russian Federation)

Sponsored by

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS (Russian Federation)
Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (Russian Federation)
"Atmosphere" an Open Access Journal by MDPI (Switzerland)
SOLAR LASER SYSTEM (Belarus)
Photonics Journal (Russian Federation)

Published by
SPIE

Volume 11916
Part One of Three Parts

Proceedings of SPIE 0277-786X, V. 11916

SPIE is an international society advancing an interdisciplinary approach to the science and application of light.

КОНФЕРЕНЦИЯ С

ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ НА АТМОСФЕРУ И НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ИХ ОБНАРУЖЕНИЯ

Лобода Е.Л.^{1,2}, Касымов Д.П.^{1,2}, Агафонцев М.В.^{1,2}, Рейно В.В.¹, Луценко А.В.^{1,2}, Орлов К.Е.²,
Мартынов П.С.^{1,2}, Гордеев Е.В.¹, Аршинов М.Ю.¹, Афанасьев А.Л.¹, Маракасов Д.А.¹,
Лобода Ю.А.^{1,2}, Климентьев А.С.²

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

e-mail: loboda@mail.tsu.ru, denkasymov@gmail.com, kim75_mva@gmail.com, reyno@iao.ru,
anastas_mex_mat434@mail.ru, humermor@yandex.ru, martypavel@bk.ru, gordeev@ioa.ru,
michael@ioa.ru, afanasiev@ioa.ru, mda@ioa.ru, yenchurova@yandex.ru, kas@mail.ru

В докладе представлены результаты исследований природных пожаров, характерных для лесной и лесостепной зоны Западной Сибири. Исследование зоны горения проводилось с применением оригинальных методик, основанных на ИК термографии, а также с применением оборудования для анализа газового и аэрозольного состава атмосферы, метеопараметров и оптических свойств атмосферы. Установлено, что природный пожар оказывает значительное влияние на изменение метеопараметров в окрестности очага горения, в результате диссипации турбулентных структур в пламени формируется наведенная атмосферная турбулентность в конвективной колонке над фронтом пожара, а также определены характерные продукты горения, сопутствующие природному пожару. На основе анализа экспериментальных данных предлагаются новые подходы для дистанционного обнаружения природных пожаров.

Природные пожары регулярно возникают в Западной Сибири 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. Следует отметить, что проблема природных пожаров характерна не только для Западной Сибири, но и для Европейской части России, Забайкалья, Дальнего Востока, 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 незаселенных 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. В качестве основной экспериментальной площадки выбирались участки растительности длиной 10 м и

шириной 2 м. Измерение полей температуры в пламени производилось с применением методов ИК термографии, а оценка характеристик турбулентности – по оригинальной методике [1]. Для регистрации метеопараметров и оценки флуктуаций показателя преломления применялись метеостанции АМК-03, расположенные на 3 и 10 метровых мачтах в окрестности очага горения. 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].

В результате измерений метеопараметров установлено, что интенсивное тепловыделение при пожаре и развитая турбулентность в пламени в результате диссипации турбулентных структур, выделение энергии и выброс горячих аэрозольных и газовых компонент будут оказывать влияние на окружающую атмосферу в непосредственной близости от фронта горения. На рис. 1а показано изменение температуры воздуха во время проведения эксперимента на высоте 3 м и на высоте 10 м. Следует отметить, что метеостанция на высоте 10 м была расположена в направлении ветра и распространения фронта пожара, метеостанция на высоте 3 м была расположена сбоку от направления распространения фронта пожара и переноса продуктов горения. Также во время проведения эксперимента за счет конвекции продуктов горения наблюдались флуктуации вертикальной составляющей скорости ветра (рис. 1с, 1d). Очевидно, что на высоте 3 м они имеют большую амплитуду несмотря на то, что метеостанция находилась сбоку от направления распространения фронта пожара. При этом максимум соответствует прохождению фронта пожара в непосредственной близости от места измерения. Зарегистрировано существенное изменение флуктуаций показателя преломления атмосферы C_n^2 (рис. 1е, 1f). Следует отметить, что ультразвуковая метеостанция АМК-03 рассчитывает C_n^2 по флуктуациям скорости звука между ультразвуковыми датчиками. Поэтому флуктуации C_n^2 являются отражением турбулентных процессов, протекающих в воздухе, находящемся между датчиками метеостанции. Особое внимание необходимо обратить на рост концентрации метана (рис. 1b), который вызван тем фактом, что не весь образовавшийся в зоне пиролиза метан успевает вступить в химическую реакцию во фронте пожара.

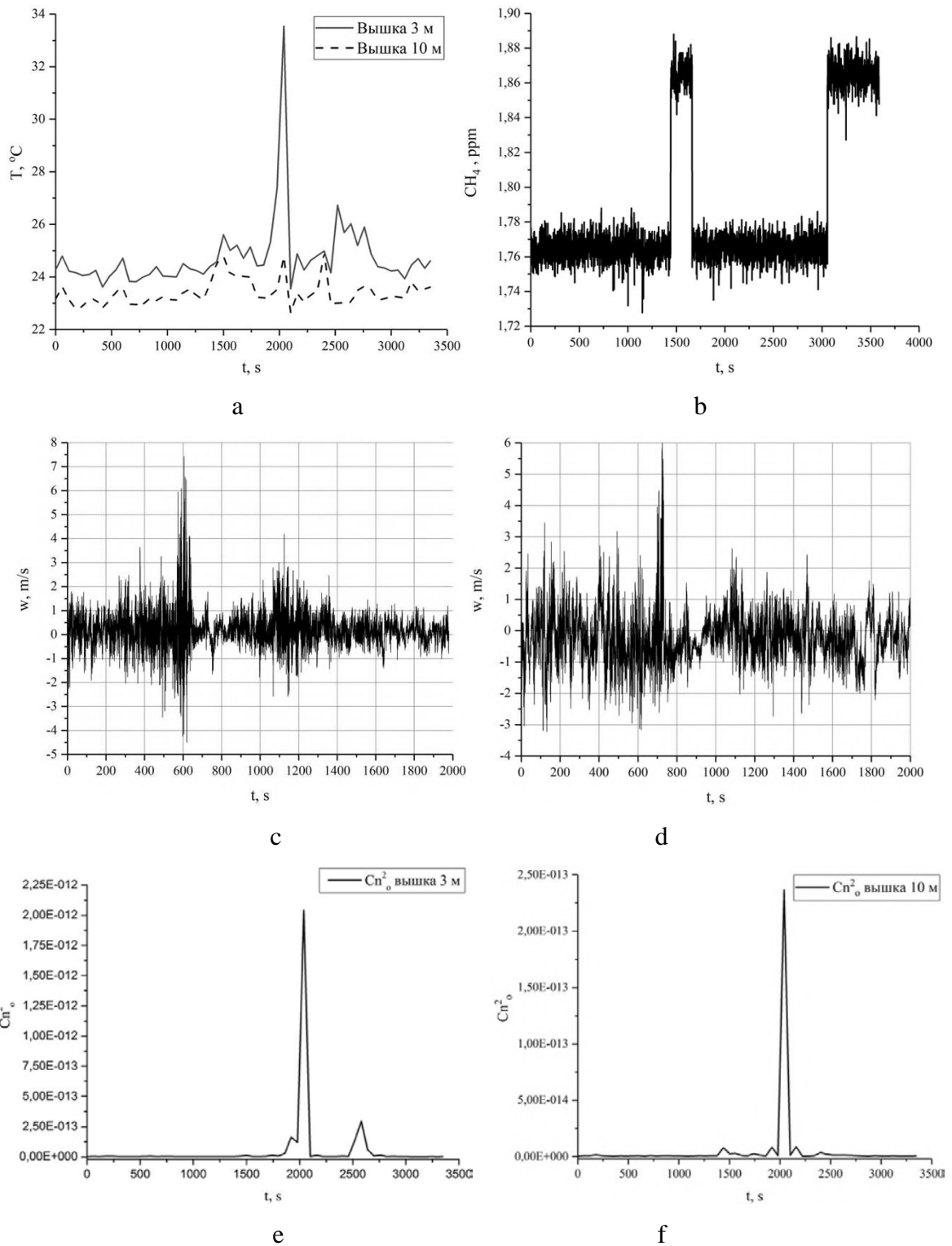


Рисунок 1 – Изменение метеопараметров во время проведения экспериментов. а – температура воздуха вблизи экспериментальной площадки (2019 г.), б – изменение концентрации метана в атмосфере, с – изменение вертикальной компоненты скорости ветра на высоте 3 м, д – изменение вертикальной компоненты скорости ветра на высоте 10 м, е – изменение флуктуаций показателя преломления C_n^2 на высоте 3, ф – м изменение флуктуаций показателя преломления C_n^2 на высоте 10 м

При помощи пассивного метода оценки турбулентности в атмосфере по дрожанию центра тяжести пучка было установлено, что в окрестности очага пожара в приземном слое атмосферы формируются крупные турбулентные структуры с достаточной для регистрации пожара интенсивностью.

На основании вышеизложенного можно утверждать, что в основу новой системы раннего обнаружения природных пожаров [4] необходимо положить анализ газового и аэрозольного состава атмосферы, учитывающий перенос характерных продуктов пиролиза и горения, а также пассивные методы оценки турбулентности, которые позволят с достаточной достоверностью обнаруживать удаленные очаги горения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-71-10068). В рамках государственного задания ИОА СО РАН были произведены исследования турбулентности в конвективной колонке над очагом горения, регистрация выбросов метана и предоставлено мобильное и стационарное оборудование БЭК.

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., Фофонов А.В.* Посты для мониторинга парниковых и окисляющих атмосферу газов // *Оптика атмосф. и океана*. 2007. Т. 20, № 1. С. 53–61.

3. *Afanasiev A.L., Banakh V.A., Marakasov D.A.* Passive Optical Monitoring of Wind Conditions and Indication of Aircraft Wakes Near Airport Runways // *Atmospheric and Oceanic Optics*. 2019. Vol. 32. No. 5. P. 506–510.

4. *Лобода Е.Л., Касымов Д.П., Агафонцев М.В., Рейно В.В.* О принципах построения системы раннего загоризонтного обнаружения природных пожаров с использованием существующих объектов инфраструктуры // *Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXXII Международной научно-практической конференции*. М.: ВНИИПО, 2020. С. 389-396.