

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗВИТИЯ СУХИХ ГРОЗ НА ПРИМЕРЕ МОЛНИЕВОЙ АКТИВНОСТИ В СИБИРИ

**А.П. Попыкина, Ф.Г. Сарафанов, С.О. Дементьева, Н.В. Ильин**

Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики РАН», Нижний Новгород, Россия  
oceanen@ipfran.ru

## DRY THUNDERSTORMS' FEATURES RELATED TO FOREST FIRES: CASE STUDY FOR SIBERIA

**A.P. Popykina, F.G. Sarafanov, S.O. Demytyeva, N.V. Ilyin**

Federal Research Center Institute of Applied Physics RAS, Nizhni Novgorod, Russia  
oceanen@ipfran.ru

**Аннотация.** В настоящей работе проводится исследование особенностей разделения заряда в атмосфере в условиях задымления лесными пожарами. Рассматриваются такие метеорологические параметры, как максимальная радиолокационная отражаемость, влажность воздуха, температура у поверхности земли. Проводится анализ данных об очагах лесных пожаров и сравнение с данными о молниевой активности над выбранной территорией по данным сетей грозопеленгации.

**Ключевые слова:** сухие грозы, лесные пожары, дымовые аэрозоли.

**Abstract.** The work is devoted to investigate changes in charge separation in dry thunderstorm clouds. Smoke from wildfires provokes some changes in atmospheric parameters connected to electricity. There is an analysis of maximum radar reflectivity, surface temperature and relative humidity. A comparison between lightning location network data and wildfires locations is given as well.

**Keywords:** dry thunderstorms, wildfires, smoke aerosol.

### ВВЕДЕНИЕ

Леса покрывают более 45 % территории России и оказывают значительное влияние на формирование климата. При этом ежегодно, по данным Единой межведомственной информационно-статистической системы, в лесах регистрируется более 20000 очагов возгорания. Серьезное внимание проблеме лесных пожаров в нашей стране уделяется и со стороны ученых. Проводится анализ доступных способов пожаротушения, предотвращения распространения пожаров. С точки зрения науки интересны исследования обусловленных пожарами изменений химического состава атмосферы, физических параметров атмосферы, включая электрические, а также влияние, оказываемое пожарами на климат.

Известно, что загрязнение атмосферы меняет ее электрические свойства. Наличие аэрозолей может провоцировать изменение скорости и механизма разделения заряда. Так, в работе [Ипполитов и др., 2013] изучается отклик суточной вариации напряженности электрического поля на задымление атмосферы и его связь с суточной вариацией температуры и других метеорологических параметров.

Данная работа посвящена определению особенностей разделения заряда в атмосфере, связанных с дымовым шлейфом. Описываются изменения электрических и метеорологических характеристик атмосферы, выявленные при учете аэрозольной нагрузки от дыма лесных пожаров.

### ВЫБОР ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА

Для определения метеорологической и пожарной обстановки используется архив данных о погоде на метеостанции Богучаны [gr5.ru], архив данных всемирной грозопеленгационной сети World Wide Lightning Location Network (WWLLN), результаты

численных расчетов погоды с помощью Weather Research and Forecasting model (WRF), а также архив открытых данных о лесных пожарах в Красноярском крае [<http://lpcentr.ru>].

В настоящее время численные модели активно применяются для прогнозирования погоды и для изучения особенностей различных атмосферных процессов [Дементьева и др., 2020; Мартынова и др., 2014]. Моделирование погодной ситуации в сезоне 2020 г. с помощью модели WRF-ARW проводилось на двух вложенных доменах: внешний домен 1890×1890 км с горизонтальным шагом сетки 3 км, внутренний домен — 210×210 км с горизонтальным шагом сетки 1 км. Центром расчетов выбран пос. Богучаны, что определяется несколькими соображениями: во-первых, центральное положение во время пожаров лета 2020 г. (по данным Лесопожарного центра Красноярского края [<http://lpcentr.ru>]); во-вторых, отсутствие сильной антропогенной аэрозольной нагрузки (крупных городов и предприятий) внутри меньшей расчетной области, что позволяет рассуждать о влиянии именно природных источников аэрозолей на изучаемые параметры.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Авторами работы был проанализирован архив данных наземных сетей грозопеленгации и построена тепловая карта плотности молниевых вспышек для выбранного региона за различные промежутки времени (рис. 1). Дни для детального анализа были выбраны исходя из данных о фактических погодных условиях по следующим признакам: наличие грозовой активности, зафиксированной на метеостанции; дополнительно были выделены грозовые события без осадков и дни с задымлением. Таким образом было определено четыре грозовых события за сезон 2020 г.

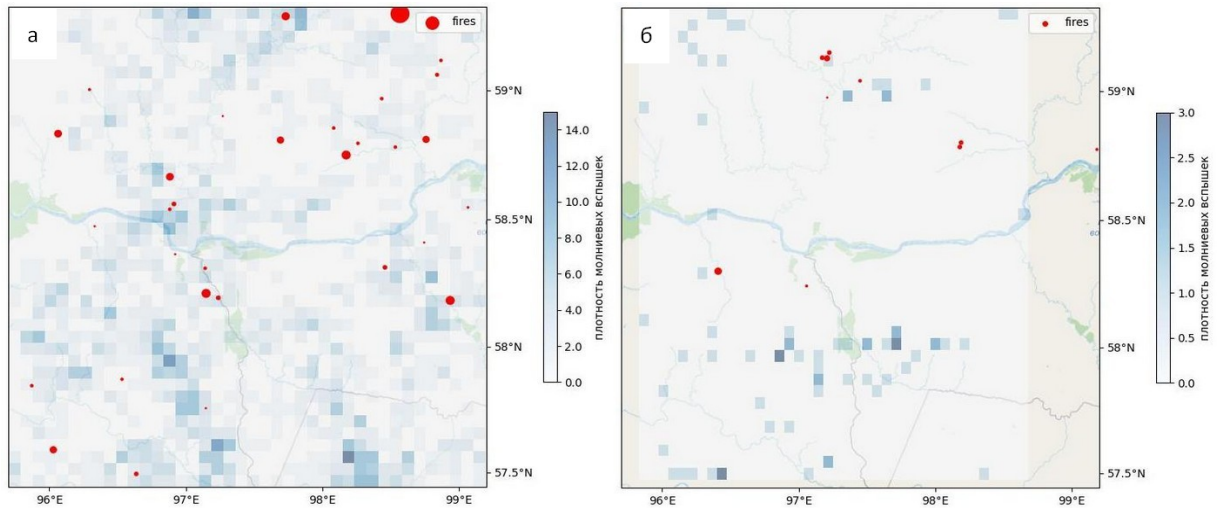


Рис. 1. Тепловая карта плотности молниевых разрядов и местоположение очагов лесных пожаров для двух периодов 2020 г.: а — с 22 по 25 июня; б — с 4 по 8 августа

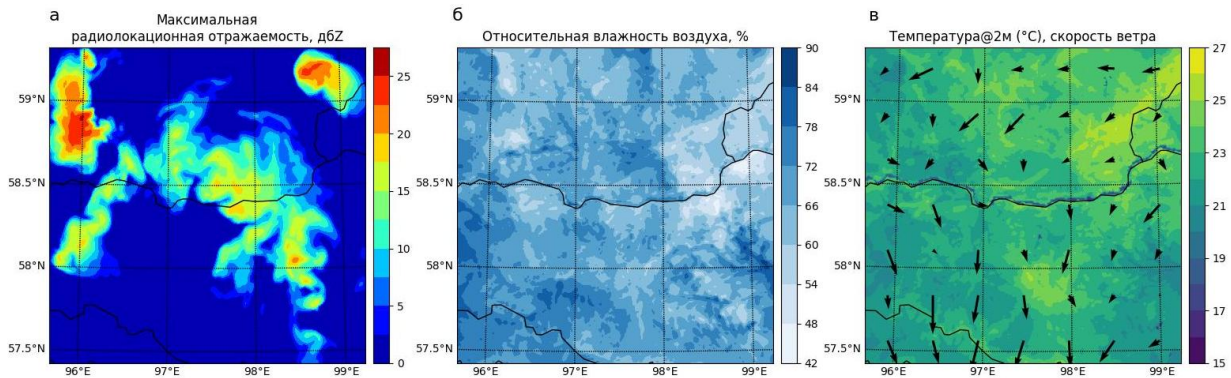


Рис. 2. Результаты моделирования WRF-ARW 22-06-2020, 15:00 UTC+7: а — максимальная радиолокационная отражаемость; б — влажность воздуха на высоте 2 м; в — температура на высоте 2 м, скорость и направление ветра на высоте 1 км

На карту (рис. 1) также нанесены очаги лесных пожаров по данным Лесопожарной охраны Красноярского края за выбранный период времени. Аэрозольная нагрузка от дыма лесных пожаров изменяет электрические характеристики облаков. Чтобы исключить явление «сбивания» дыма, для анализа необходимо выбирать именно сухие грозы, во время которых продукты горения достигают облаков. На рис. 1 для сравнения приведены данные за 22–25 июня 2020 г., когда наблюдалась гроза, но отсутствовали осадки (рис. 1, а), и 4–8 августа того же года, во время грозы и ливня (по данным из архива погоды [<http://rp5.ru>]) (рис. 1, б). Красными маркерами обозначены очаги лесных пожаров, размер маркера пропорционален площади обнаружения пожара.

На рис. 1 прослеживается корреляция высокой плотности молниевых разрядов и областей эмиссии дымового аэрозоля. При этом в условиях дождливой погоды (рис.1, б) плотность молниевых вспышек заметно снижается.

Кроме того, интерес для исследования представляют следующие характеристики атмосферы: влажность воздуха, максимальная радиолокационная отражаемость в столбе атмосферы, температура и направление ветра у поверхности земли. Распреде-

ние данных параметров, полученное при численном моделировании погодной ситуации 22 июня 2020 г., приведено на рис. 2.

Следует обратить внимание на верхний правый угол приведенных изображений. Согласно рис. 1, в области 58.6°–59.4° N, 98°–99° E расположены крупные очаги возгорания. Рисунок 2 показывает наличие области с высокой максимальной радиолокационной отражаемостью, низкой относительной влажностью и высокой температурой, что соответствует критериям сухой грозы.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-77-00089, [<https://rscf.ru/project/21-77-00089>].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Дементьева С.О., Ильин Н.В., Шаталина М.В., Марсеев Е.А. Прогноз конвективных явлений и его верификация по данным наблюдений атмосферного электричества. *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. 2020. Т. 56, вып. 2. С. 150–157.
- Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Нагорский П.М. Суточные вариации напряженности электрического поля в дымах от лесных пожаров. *Доклады академии наук*. 2013. Т. 453, № 2. С. 207. DOI: [10.7868/S0869565213320182](https://doi.org/10.7868/S0869565213320182).

Мартынова Ю.В., Зарипов Р.Б., Крупчатников В.Н.  
Оценка качества прогноза динамики атмосферы в  
Сибирском регионе мезомасштабной моделью WRF-  
ARW. *Метеорология и гидрология*. 2014. Т. 7. С. 14–23.

URL: <http://lpcentr.ru> (дата обращения 27 мая 2022 г.).

URL: [https://rp5.ru/Архив\\_погоды\\_в\\_Богучанах](https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Богучанах) (дата  
обращения 27 мая 2022 г.).

URL: <https://rscf.ru/project/21-77-00089> (дата обращения  
27 мая 2022 г.).