*Секция В. Физика атмосферы Земли, включая околоземное космическое пространство. БШФФ-2026. С. 376–378.*

УДК 551.51, 528.88
DOI: 10.62955/0135-3748-2026-376
ORCID: 0000-0002-0462-8896

# МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВО ВРЕМЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ ОТ ГРОЗ В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

**О.А. Томшин[1], В.С. Соловьев[1], Л.Д. Тарабукина[1], П.Г. Мордовской[2]**

[1]Институт космофизических исследований и аэрономии им. Ю.Г. Шафера
Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, Россия,
tomshinoa@gmail.com
[2]Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, Россия

# METEOROLOGICAL CONDITIONS DURING IGNITION OF WILDFIRES FROM LIGHTNING IN EASTERN SIBERIA

**O.A. Tomshin[1], V.S. Solovyev[1], L.D. Tarabukina[1], P.G. Mordovskoi[2]**

[1]Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia, tomshinoa@gmail.com
[2]Yakut Scientific Centre SB RAS, Yakutsk, Russia

**Аннотация.** В работе проведен анализ метеоусловий во время возникновения природных пожаров от гроз в Восточной Сибири за период 2009–2024 гг. по данным дистанционного зондирования и реанализа ERA5. Рассмотрено пространственное распределение стартовых точек пожаров, ассоциированных с молниевым разрядом. Показано, что метеорологические условия во время возгораний заметно различаются для пожаров, возникающих в день удара молнии или на следующий день, и пожаров, возникающих с задержкой от 2 до10 дней.

**Ключевые слова:** природные пожары, молнии, Восточная Сибирь.

**Abstract.** This study analyzes meteorological conditions during the occurrence of wildfires caused by lightning in Eastern Siberia for the period 2009–2024, using remote sensing data and ERA5 reanalysis. The spatial distribution of fire ignition points associated with lightning discharges is examined. It is shown that meteorological conditions during ignitions differ significantly between fires that start on the day of the lightning strike or the following day, and those that occur with a delay of 2 to 10 days.

**Keywords:** wildfires, lightning, Eastern Siberia.

## ВВЕДЕНИЕ

Природные пожары играют важную роль в глобальном углеродном цикле. Наблюдаемое в последние десятилетия потепление климата ведет к нарушению естественной частоты природных пожаров [Luo et al., 2024]. Одним из основных источников возгорания на обширных труднодоступных территориях Сибири являются грозовые разряды. Ожидается, что потепление климата может привести к росту грозовой активности на высоких широтах Северного полушария [Chen et al., 2021]. Понимание взаимосвязей между грозовой активностью, метеорологическими условиями и природными пожарами является актуальной задачей в условиях меняющегося климата. Исследованиям взаимосвязи природных пожаров и гроз с использованием различных методических подходов посвящен большой ряд публикаций, например, [Kharyutkina et al., 2024; Kalashnikov et al., 2023; Xu et al., 2022].

Цель работы — анализ метеоусловий во время возникновения природных пожаров от гроз в Восточной Сибири за период 2009–2024 гг. по данным дистанционного зондирования и реанализа ERA5.

## ДАННЫЕ И МЕТОДЫ

Для поиска пожаров, возникших от гроз, в работе использован подход, основанный на идентификации стартовых точек возгораний природных пожаров и поиске ассоциированных с ними молний. Данные о природных пожарах получены в результате объединения данных спектрорадиометра MODIS (продукт MCD64A1 C6) о пройденной огнем территории и данных прибора VIIRS (продукты VNP14IMGTDL_NRT и VJ114IMGTDL_NRT) об очагах активного горения с использованием модифицированной версии подхода, предложенного в [Xu et al., 2022]. Данные MODIS и VIIRS получены из сервиса NASA EarthData [https://www.earthdata.nasa.gov/]. Этот набор данных о датах сгорания отдельных участков поверхности использовался для идентификации отдельных пожаров на основе пространственно-временного критерия [Tomshin, Solovyev, 2022] и последующей идентификации начальных точек возгораний пожаров (рис. 1) по критерию локального минимума даты в радиусе 5 км. Такой подход позволил корректно учитывать стартовые точки пожаров, являющихся результатом слияния нескольких пожаров. Полученный таким образом набор стартовых точек возгораний показал хорошее согласие с аналогичным набором данных Arctic-Boreal Fire Atlas [Scholten et al., 2024].

Для каждой стартовой точки, идентифицированной на основе описанной выше методики, осуществлялся поиск ассоциированных молний в радиусе 3 км на временном интервале 0–10 дней от даты регистрации возгорания с помощью индекса близости A с оценкой вероятности возникновения конкретной точки от молнии [Kharyutkina et al., 2024]. Стартовые точки,

ассоциированные с грозовым разрядом, были разделены на две группы: точки, которые возникли в день удара молнии или на следующий, и точки, которые возникли с задержкой 2–10 дней после удара. Далее собиралась статистика по метеопараметрам для дня и места удара ближайшей молнии.

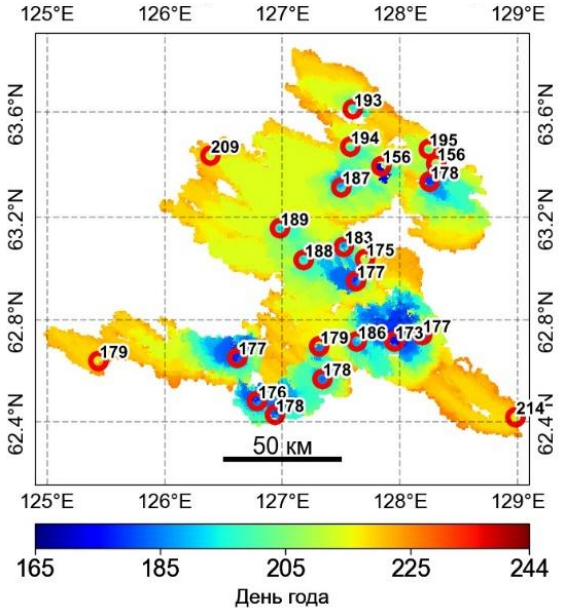


*Рис. 1.* Пример идентификации стартовых точек пожара. Красными кругами отмечены стартовые точки, числами рядом с ними показаны даты появления стартовых точек в формате дня года. Цветом показаны даты сгорания отдельных 500 м пикселей

Данные о суточном количестве осадков с пространственным разрешением 0.1° получены из проекта GPM IMERG [https://gpm.nasa.gov/data/imerg]. Данные о дефиците давления насыщенного пара (VPD), температуре приземного воздуха, индексе пожароопасности FWI и индексах влагосодержания в лесных горючих материалах DMC и FFMC получены из реанализа ERA5 [https://cds.climate.copernicus.eu/], пространственное разрешение данных 0.1°. Сведения о молниевых разрядах получены по данным мировой сети грозопеленгации WWLLN [Lay et al., 2005].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 2, *а* представлена карта общего количества стартовых точек пожаров, ассоциированных с молнией, за период 2009–2024 гг. Наибольшее количество начальных точек возгораний природных пожаров, ассоциированных с грозовыми разрядами за рассматриваемый период (2009–2024 гг.), наблюдается в южной части Восточной Сибири. Доля таких пожаров от общего числа (рис. 2, *б*) варьирует от 0–20 % в южной части региона до 80–100 % в его северной части.

К основным метеорологическим факторам, оказывающим влияние на возникновение и развитие природных пожаров, можно отнести количество осадков, температуру воздуха, дефицит давления насыщенного пара (VPD), индекс пожароопасности по метеоусловиям (FWI), влагосодержание в лесных горючих материалах (DMC, FFMC). Метеоусловия в день регистрации возгораний (рис. 3) отличаются для пожаров, возникших в день удара молнии или на следующий, и для пожаров, возникших с задержкой.

Медианное значение количества осадков для пожаров, возникших сразу, составило 2.1 мм/день, для пожаров, возникших с задержкой, — 5.1 мм/день, для молний, не приведших к возгоранию, — 6.7 мм/день. Аналогичные значения приземной температуры воздуха составили 20.4 °C (возникшие сразу); 20.1 °C (возникшие с задержкой) и 17.7 °C (не приведшие к возгоранию). Медианные значения дефицита давления насыщенного пара (VPD) составили соответственно 0.95, 0.86 и 0.51 кПа.

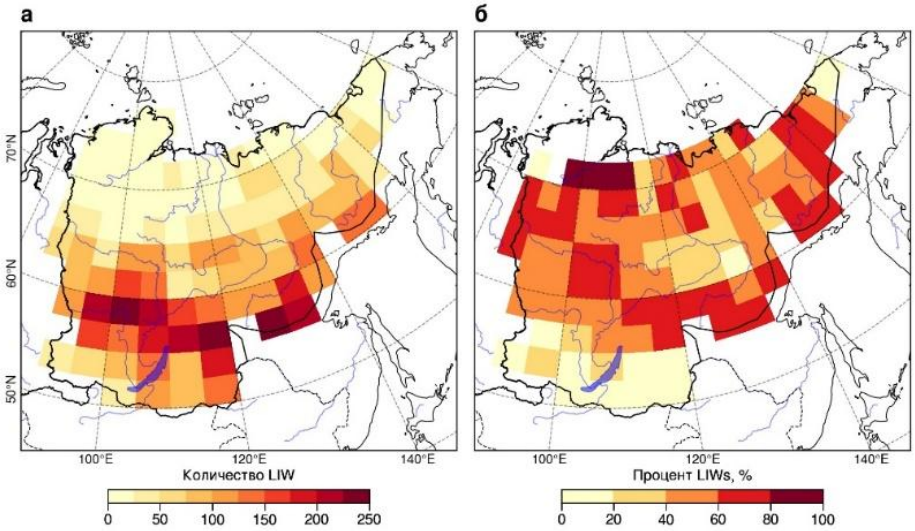


*Рис. 2.* Общее количество (*а*) и процент (*б*) пожаров, вызванных молнией за рассматриваемый период

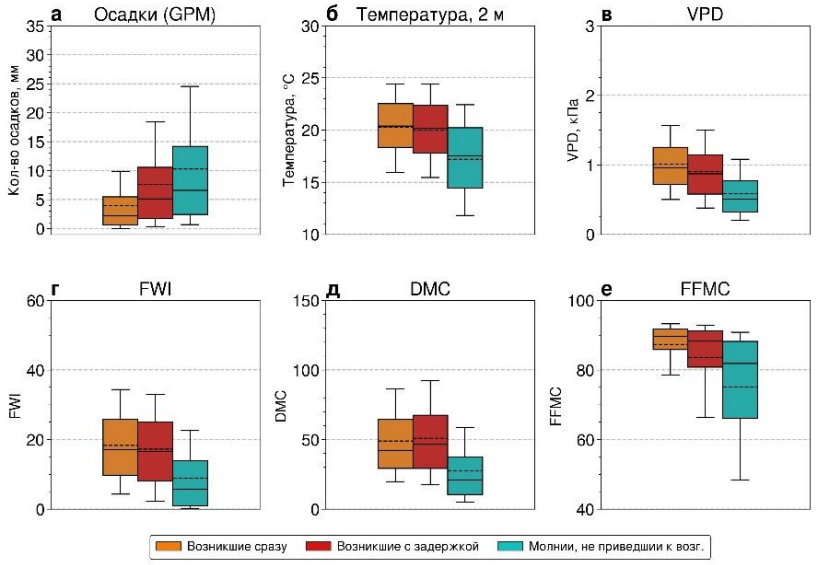


*Рис. 3.* Значения метеопараметров в день удара молний: количество осадков (*а*), температура приземного воздуха (*б*), дефицит давления насыщенного пара (*в*), индекс пожароопасности FWI (*г*), индекс влагосодержания DMC (слой 5–10 см) (*д*), индекс влагосодержания FFMC (слой 1–2 см) (*е*). Оранжевым цветом показаны метеоусловия для молний, приведших к возгоранию сразу, красным — с задержкой, голубым — не приведшим к возгоранию. Для построения графиков использовались пожары с высокой вероятностью возникновения от молнии (>0.8)

Для комплексной оценки пожароопасности по метеоусловиям широко используется индекс FWI канадской противопожарной службы, учитывающий предысторию осадков, температуру, скорость ветра и влагосодержание в нескольких видах лесных горючих материалов. Медианные значения индекса FWI составили 17.1 (возникшие сразу); 16.5 (возникшие с задержкой) и 5.8 (не приведшие к возгоранию). Аналогичным образом ведут себя индексы DMC и FFMC, являющиеся составными частями FWI, характеризующими влагосодержание в слое почвы глубиной 5–10 см (DMC) и 1–2 см (FFMC), — наибольшие значения, соответствующие более засушливым условиям, наблюдаются для пожаров, возникших сразу.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе проведен анализ метеоусловий во время возникновения природных пожаров от гроз в Восточной Сибири по данным дистанционного зондирования и реанализа ERA5. Наибольшее количество начальных точек возгораний природных пожаров, ассоциированных с грозовыми разрядами за рассматриваемый период (2009–2024 гг.), наблюдается в южной части региона. Метеоусловия в день регистрации возгораний различаются для пожаров, возникших в день удара молнии и с задержкой 1–10 дней после удара молнии, и для ударов молний, не приведших к возгораниям. Эта информация в дальнейшем может быть использована в системах оперативного мониторинга пожарной опасности для дифференциации молниевых разрядов по вероятности возгорания.

Работа выполнена в рамках государственного задания (номер государственного учёта НИОКТР 125102712109-5).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Chen Y., Romps D.M., Seeley J.T., et al. Future increases in Arctic lightning and fire risk for permafrost carbon // Nature Climate Change. 2021. V. 11, N 5. P. 404–410.

Kalashnikov D.A., Abatzoglou J.T., Loikith P.C., et al. Lightning-ignited wildfires in the Western United States: Ignition precipitation and associated environmental conditions // Geophys. Res. Lett. 2023. V. 50, N 16, e2023GL103785.

Kharyutkina E., Moraru E., Pustovalov K., Loginov S. Lightning-ignited wildfires and associated meteorological conditions in Western Siberia for 2016–2021 // Atmosphere. 2024. V. 15, N 1, 106.

Lay E., Rodger C., Holzworth R., Dowden R. Introduction to the World Wide Lightning Location Network (WWLLN) // Geophys. Res. Abstracts. 2005. V. 7, 02875.

Luo B., Luo D., Dai A., et al. Rapid summer Russian Arctic sea-ice loss enhances the risk of recent Eastern Siberian wildfires // Nat. Commun. 2024. V. 15, N 1, 5399.

Scholten R.C., Veraverbeke S., Chen Y., Randerson J.T. Spatial variability in Arctic–boreal fire regimes influenced by environmental and human factors // Nat. Geosci. 2024. V. 17. P. 866–873.

Tomshin O., Solovyev V. Spatio-temporal patterns of wildfires in Siberia during 2001–2020 // Geocarto International. 2022. V. 37, N 25. P. 7339–7357.

Xu W., Scholten R.C., Hessilt T.D., et al. Overwintering fires rising in Eastern Siberia // Environ. Res. Lett. 2022. V. 17, N 4, 045005.

URL: https://www.earthdata.nasa.gov/ (дата обращения 20.03.2026).

URL: https://gpm.nasa.gov/data/imerg (дата обращения 20.03.2026).

URL: https://cds.climate.copernicus.eu/ (дата обращения 20.03.2026).