

# ENVIRO MIS 22



## INTERNATIONAL CONFERENCE

and Early Career Scientists School  
on Environmental Observations,  
Modeling and Information Systems

September 12–17, 2022,  
Tomsk, Russia

## МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

и школа молодых ученых по измерениям,  
моделированию и информационным системам  
для изучения окружающей среды

12–17 сентября 2022 года,  
Томск, Россия

# SELECTED PAPERS

## **ENVIROMIS 2022** organizers

Institute of Monitoring of Climatic  
and Ecological Systems SB RAS

G.I. Marchuk Institute of Numerical  
Mathematics RA

Moscow Center of Fundamental  
and Applied Mathematics

MSU Research Computing Center

Scientific Council of the Russian Academy  
of Sciences on the problems of the Earth,  
Future Earth and NEFI programs

## Организаторы **ENVIROMIS 2022**

Институт мониторинга климатических и экологи-  
ческих систем СО РАН

Институт вычислительной математики  
им. Г.И. Марчука РАН

Научно-исследовательский вычислительный  
центр МГУ

Московский центр фундаментальной  
и прикладной математики

При содействии Научного совета РАН  
по проблемам климата Земли,  
координирующего соответствующие  
фундаментальные и поисковые научные  
исследования РАН,  
Сибирского отделения РАН,  
Российского национального комитета  
Международной программы «Будущее Земли»  
и программы NEFI.

© ИМКЭС СО РАН 2022

© SCERT, 2022

ISBN 978-5-89702-488-9

Также получены и проанализированы оценки температуры почвы и с помощью методов математического моделирования выявлены тенденции их изменений до конца XXI века для арктического региона Западной Сибири, где в основном, располагается зона многолетнемерзлых пород.

Таким образом, по оценкам методов математического моделирования к концу XXI века температура воздуха, также, как и температура почвы, будет продолжать расти, что, в свою очередь, приведет к увеличению глубины слоя сезонного протаивания и смещению границы зоны многолетнемерзлых пород к северу.

Исследование выполнено в рамках госбюджетной темы № 121031300154-1 и за счет гранта Российского научного фонда № 21-71-10052.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2014 год. – М.: Росгидромет, 2015. – 107 с.
2. Анисимов О.А., Белолуцкая М.А. Оценка влияния изменения климата и деградации вечной мерзлоты на инфраструктуру в северных регионах России // Метеорология и гидрология. – 2002. – № 6. – С. 15–22.
3. Стрелецкий Д.А., Шикломанов Н.И., Гребенец В.И. Изменение несущей способности мерзлых грунтов в связи с потеплением климата на севере Западной Сибири // Криосфера Земли. – 2012. – Т. 16, № 1. – С. 22–32.
4. Анисимов О.А., Лавров С.А., Ренева С.А. Эмиссия метана из многолетнемерзлых болот России в условиях изменения климата // Проблемы экологического моделирования и мониторинга экосистем. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – С. 124–142.
5. Харюткина Е.В., Логинов С.В. Тенденции временных изменений температуры почвы на глубинах в Западной Сибири по данным реанализа // География и природные ресурсы. 2019. №2. С. 95-102. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2019-2(95-102).
6. Павлов А.В. Тренды современных изменений температуры почвы на севере России // Криосфера Земли. – 2008. – Т. 12, № 3. – С. 22–27.
7. Шерстюков А.Б. Температура почвогрунтов России на глубинах до 320 см в условиях изменяющегося климата // Труды ВНИИГМИ-МЦД. – 2007. – Вып. 173. – С. 72–88.
8. Бышев В.И., Кононова Н.К., Нейман В.Г., Романов Ю.А. Особенности динамики климата Северного полушария в XX столетии // Доклады Академии наук. 2002. Т. 384, № 5. С. 674–681.
9. Володин Е.М., Грицун А.С. Воспроизведение возможных будущих изменений климата в XXI веке с помощью модели климата INM-CM5 // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2020. Т. 56, №3. С. 1–12.
10. O'Neill B.C., Tebaldi C., van Vuuren D.P., Eyring V., Friedlingstein P., Hurtt G., Knutti R., Kriegler E., Lamarque J.-F., Lowe J., Meehl G.A., Moss R., Riahi K., Sanderson B.M. The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6 // Geosci. Model Dev. 2016. V. 9. P. 3461–3482.
11. Харюткина Е. В., Логинов С. В., Морару Е. И., Пустовалов К. Н., Мартынова Ю. В. Динамика характеристик экстремальности климата и тенденции опасных метеорологических явлений на территории Западной Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2022. Т. 35. № 02. С. 136–142. DOI: 10.15372/AOO20220209.

## Зависимость между разрядами молний и очагами возгораний на территории Западной Сибири за 2016-2021 гг.

Харюткина Е.В., Морару Е.И., Пустовалов К.Н.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия  
E-mail: kh\_ev@imces.ru

Учитывая возросший интерес к ситуации с пожарной активностью во всем мире, вызванное глобальным изменением климата, и недостатком знаний о природных пожарах в Западной Сибири, оценка пространственной и временной изменчивости природных пожаров, вызванных молниями, в различных ландшафтах представляется актуальной с этой точкой зрения. Ранее было выявлено, что несмотря на наибольшее количество пожаров на юге территории, вероятность возгорания от молнии в течение всего теплого сезона выше в северных районах Западной Сибири; она достигает до 30% [1].



Целью настоящего исследования является анализ количественных оценок связи между грозовой активностью и природными пожарами в Западной Сибири с 2016 по 2021 гг.

В качестве исходных данных использовались данные Всемирной грозопеленгационной сети (WWLLN) и данные о тепловых аномалиях для теплого сезона (май–сентябрь) для различных природных зон Западной Сибири, которые рассчитывались для каждой ячейки  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ . Учитывались такие параметры, как количество дней (период), за которые определялось общее количество грозовых разрядов и очагов, количество очагов в ячейке за период, количество ударов молнии в ячейке за период. Корреляционный анализ выявил: наибольшие значения наблюдаются на 3-й и 4-й дни между первым ударом молнии и возникновением пожара (коэффициент корреляции изменяется от 0,76 до 0,85).

Результаты исследования связи между грозовой активностью и количеством очагов пожаров, а также оценки вероятности возникновения молниевых пожаров позволяют лучше понять изменчивость этих событий и выявить районы с наибольшим риском пожарной опасности от молнии.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (РНФ), проект № 22-27-00494, <https://www.rscf.ru/en/project/22-27-00494>.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Kharyutkina, E., Pustovalov, K., Moraru, E., Nechepurenko, O. Analysis of spatio-temporal variability of lightning activity and wildfires in Western Siberia during 2016–2021. *Atmosphere*. 2022, 13, 669. <https://doi.org/10.3390/atmos13050669>.

## Relationship between lightning discharges and hotspots for the territory of Western Siberia during 2016–2021

Kharyutkina E.V., Moraru E.I., Pustovalov K.N.

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia  
E-mail: [kh\\_ev@imces.ru](mailto:kh_ev@imces.ru)

Considering the increasing attention to fire activity worldwide driven by global climate change [1–4] and the lack of knowledge on natural fires in Western Siberia, the estimation of the spatial and temporal variability of lightning-ignited wildfires in different landscapes, appears relevant from this point of view. Early it was revealed that areas of hotspots and lightning activity most often coincide in the southwestern part of the territory (near Khanty-Mansiysk and Tyumen), in the mountain regions (Kuznetsk Alatau, Altai), and in the northern part of Kazakhstan. Despite the largest number of fires in the south of the territory, the probability of ignition from lightning over the whole warm season is higher in the northern parts of Western Siberia; it reaches up to 30% [5].

The present study aims to analyze quantitative estimates of the relationship between lightning activity and natural fires in Western Siberia from 2016 to 2021.

The study is based on the World Wide Lightning Location Network and The Fire Information for Resource Management System for the warm (May–September) season for different natural zones of West Siberia.

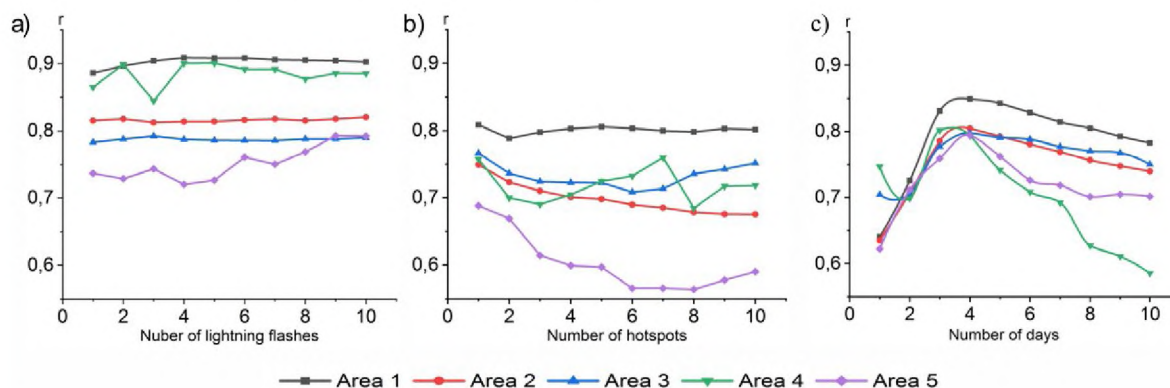
According to the most specific vegetation types for Western Siberia, we have chosen the following zones:

- Area 1 (65–75 N, 60–95 E) - the northern part, where shrubs and grasslands are dominated;
- Area 2 (55–65 N, 60–95 E) - the central part, occupied to a greater extent by the mixed forest and savannah zones;
- Area 3 (45–55 N, 60–95 E) - the southern part (including the north-eastern Kazakhstan), dominated by grasslands, with cropland, savannah and mixed forest;
- Area 4 (56–59 N, 75–84 E) - the Great Vasyugan Mire;
- Area 5 (61–64 N, 69–77 E) - permanent wetlands.

As a result of the foregoing investigation, similar patterns of spatial and temporal variability of lightning discharges and fire outbreaks in different zones of Western Siberia were identified. The correlation study during the warm season (May–September) was carried out to get these parameters in each cell  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ . In this scenario, the timeframe was chosen based on the received data on lightning discharge recurrence. The number of days used to determine the total of lightning discharges and hotspots ( $N_d$ ), the number of hotspots in a cell for the period  $N_d$  ( $N_h$ ), and the number of lightning strikes in a cell for the period  $N_d$  ( $N_s$ ) were all factors taken into account. Each of the characteristics has a 0 to 10 range of variations. Changes in the correlation coefficient ( $r$ ) between the number of lightning discharges and the number of hotspots as a function of the previously mentioned time series features are shown in Figure 1. The value of the correlation coefficient remains constant for all regions when  $N_s$  changes, with the exception of Area 5 (Fig. 1a), where  $r$  increases as the number of



lightning discharges in a cell increases. Simultaneously, estimations of  $r$  appear to be more sensitive to changes in  $N_h$  in the cell:  $r$  drops to  $N_h = 6-7$  in Areas 2, 3, and 5, whereas maximum  $r$  values are found in Area 4 at  $N_h = 7$  (Fig. 1b). In the southern part of Western Siberia,  $r$  practically does not change with changes in  $N_s$  and  $N_h$  (Figs. 1a,b). It is worth considering that a fire does not necessarily start right after a lightning strike; it might also start after some time has passed. According to [3], this period is called the "smoulder period" and may take up to 3 days (for 80% of cases) and in some cases (in boreal ecosystems) – up to 10 days. The correlation analysis (Fig. 1c) verified the conclusion: the highest  $r$  values are seen on the 3rd and 4th days between the first lightning strike and the fire occurrence ( $r$  varies from 0.76 to 0.85).

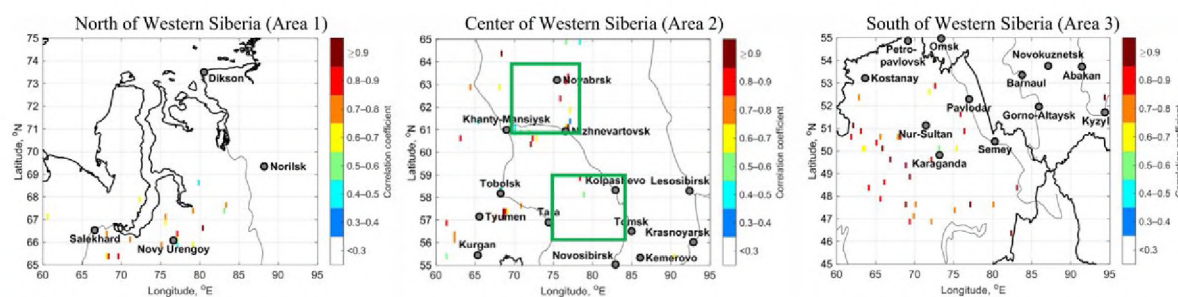


**Figure 1.** Correlation coefficients between the number of lightning discharges and hotspots in Western Siberia as a function of changes in time series characteristics: a)  $N_d$ , b)  $N_h$ , and c)  $N_s$ .

As a consequence of the analysis, we were able to determine the characteristics of the examined time series (samples), which will be utilized in the future to build maps of the regional distribution of correlation coefficients across Western Siberia (Fig. 2).

In Area 3, the greatest  $r$  values are found primarily in northern Kazakhstan, where steppe zones prevail. The western section of Western Siberia has the highest  $r$  values in Area 2 (in particular, near Tyumen and Khanty-Mansiysk). There are also  $r$  maximum that occupy several cells near Noyabrsk; the permanent wetlands encompass this zone (Area 5). In the Bolshoi Great Vasyugan Mire, there are also regions with high  $r$  near Kolpashevo (Area 4). The highest  $r$  values are seen around the Gulf of Ob in the northern part of the region (Area 1).

In general, the largest estimates of the correlation between the number of lightning discharges and hotspots are found in Western Siberia, where the maximum values of the above parameters were previously mentioned [5].



**Figure 2.** Spatial distribution of the correlation between the number of lightning discharges and hotspots in Western Siberia during the warm season from 2016 to 2021. Green boxes: Area 4 – the lower one, Area 5 – the upper one.

Thus, the findings in the study on the associations between lightning activity and number of hotspots and on the estimation of lightning-ignited fire probability allows us to better understand these events' variability and to identify the areas with the greatest risk of fire danger from lightning. However, other climatic parameters and meteorological conditions should be taken into account in the future to identify the phenomenon of dry thunderstorms and their associations with fire ignition in more detail.

*This research is supported by Russian Science Foundation (RSF), project # 22-27-00494, <https://www.rscf.ru/en/project/22-27-00494>.*

## REFERENCES:

1. Larjavaara, M.; Kuuluvainen, T.; Rita, H. Spatial distribution of lightning-ignited forest fires in Finland. *For. Ecol. Manag.* 2005, 208, 177–188.
2. Vasiliev, M.S.; Boroyev, R.N. Remote method determining the formation of forest fires from thunderstorms on the example of Yakutia. *Atmos. Phys.* 2020, 11560, 1156050.
3. Peterson, D.; Wang, J.; Ichoku, C.; Remer, L.A. Effects of lightning and other meteorological factors on fire activity in the North American boreal forest: Implications for fire weather forecasting. *Atmos. Chem. Phys.* 2010, 10, 6873–6888.
4. Moris, J.V.; Conedera, M.; Nisi, L.; Bernardi, M.; Cesti, G.; Pezzatti, G.B. Lightning-caused fires in the Alps: Identifying the igniting strokes. *Agric. For. Meteorol.* 2020, 290, 107990.
5. Kharyutkina, E., Pustovalov, K., Moraru, E., Nechepurenko, O. Analysis of spatio-temporal variability of lightning activity and wildfires in Western Siberia during 2016–2021. *Atmosphere*. 2022, 13, 669. <https://doi.org/10.3390/atmos13050669>.