

# Эффекты солнечных вспышек в вариациях грозовой активности на территории Северной Азии (летние сезоны 2009-2014 гг.)

ТАРАБУКИНА Л. Д., КОЗЛОВ В. И.

<sup>1</sup>Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН  
г. Якутск, Россия

<sup>2</sup>Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова г. Якутск, Россия  
email: tarabukina@ikfia.sbras.ru vkozlov@ikfia.sbras.ru

## Введение

Вопрос о влиянии космической погоды на грозовую активность остается открытым. Считается, что поток галактических космических лучей (ГКЛ) является основным источником воздействия космической погоды на грозовую активность. Космические лучи ионизируют воздух и создают заряженные частицы аэрозоля. Предполагаются разные механизмы воздействия: на облачный покров и атмосферные циркуляционные процессы [1-3], либо непосредственно на глобальную электрическую цепь [4]. Солнечная активность оказывает модулирующее интенсивность потока ГКЛ действие [4]. В [5] влияние солнечной активности и потока ГКЛ на вариации очень низкочастотного (ОНЧ) радиошума выражается в понижении уровня ОНЧ-шумов ко дню, в который наблюдается форбуш-понижение космических лучей и дальнейшем повышении уровня шума в течение двух-трех дней после проявления форбуш-эффекта (ФЭ).

## Методика

Данные по грозовой активности получены с помощью всемирной сети локализации молний World wide lightning location network (WWLLN), которая регистрирует радиоимпульсы молнии (грозового разряда) с токами более 30 кА с эффективностью более 15%, а молнии с током более 100 кА – с эффективностью около 30% [6]. С 2009 г. станция сети установлена в г. Якутске, другие ближайшие станции находятся в населенных пунктах: с. Паратунка (Камчатский край, Россия), г. Пекин и г. Нанкин (КНР), г. Осака (Япония). Рассматривались вариации суточного количества зарегистрированных импульсов молний суммарно по территории 40-80 с.ш. и 60-180 в.д. в течение летних сезонов (1 июня – 31 августа) 2009-2014 гг., когда грозовая активность повышена по всей рассматриваемой площади.

Данные по дневному количеству солнечных вспышек взяты из ресурсов открытого доступа службы "Space weather prediction center", NOAA [7]. Данные по вариациям космических лучей получены с наземных измерений на нейтронных мониторах, расположенных в г. Оулу (Финляндия) [8] и г. Якутске [9]. Даты дней с форбуш-эффектом ГКЛ (не менее 3%) взяты с [10, 11] для периода 2012-2014 гг. Данные среднесуточной скорректированной частоты импульсов нейтронов подвергались нормализации на среднюю величину значений трех дней (-5, -4, -3) до форбуш-эффекта.

Методом наложения эпох проведено сравнение временных рядов суммарного количества грозовых разрядов, зарегистрированных радиотехническим методом в пределах территории 60-180 в.д. и 40-80 с.ш., в течение 6 дней до и после солнечных рентгеновских вспышек X и M класса. До применения метода ряды нормировались на максимальное за выбранные 13 дней значение согласно методике, предложенной в [5]. Таким же образом проведено сравнение рядов суточного количества молний в течение 5 дней до и 10 дней после дня форбуш-эффекта космических лучей.

## Результаты и обсуждение

За летние периоды (1 июня – 31 августа) 2009-2014 гг. из произошедших 5 солнечных вспышек X класса и 66 вспышек M класса были выбраны 4 и 17 солнечных вспышек соответственно. Отбор производился таким образом, что в течение 3 дней могла произойти только 1 вспышка одного класса. Эффект каждой вспышки рассмотрен индивидуально. Наблюдается во всех случаях подъем грозовой активности на третьи или четвертые сутки в 1,25-3,8 раза.

Далее, методом наложения эпох получен усредненный отклик в виде повышения суммарного по территории количества грозовых разрядов (в 1,7 раза по сравнению с днем отсчета) на 3-4 день после вспышки X класса (рис.1). Точкой отсчета был принят день вспышки. Проведено нормирование суточного количества молний на стандартное отклонение за сезон. Для вспышек M класса методом наложения эпох выделить однозначный отклик в пределах статистической значимости не удалось из-за большой величины флуктуаций относительно величины отклика (рис.2).

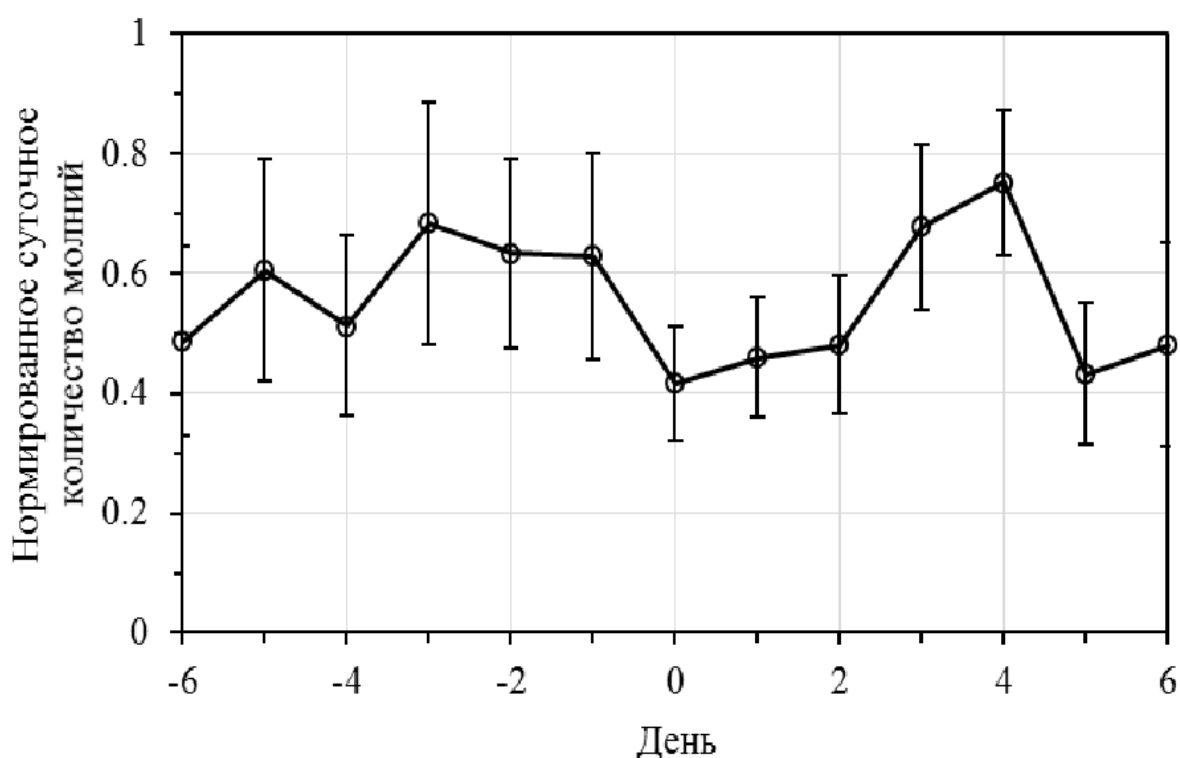


Рис. 1. Распределение нормированного суммарного по территории суточного количества молний относительно дня возникновения вспышки X класса. Вертикальными линиями обозначено стандартное отклонение значений.

Известно, что большие форбуш-эффекты потока ГКЛ наблюдаются после мощных рентгеновских вспышек [12]. Для анализа выбраны 7 случаев дней с форбуш-понижениями ГКЛ (более 3%), произошедшие в летние сезоны 2009-2014 гг. (рис.3). В 6 из 7 случаев форбуш-эффекту за 2-3 дня предшествовали рентгеновские вспышки C класса и хотя бы одна вспышка M класса, в 1 из этих 6 случаев за 3 дня до дня с форбуш-эффектом произошла вспышка X класса. В 4 случаях из 6 в день форбуш-понижения, или за 1 день до него, наблюдался всплеск на 20 дБ потока солнечных протонов с энергией более 1 МэВ. Для 6 случаев из 7 форбуш-эффект наблюдался во время прохождения границы секторной структуры с отрицательной полярности на положительную. Один день соответствует сектору отрицательной полярности.

В 4 случаях вариаций суточного количества зарегистрированных системой молний наблюдался стабильный возрастающий тренд с пиками на 4 или 6 день после форбуш-

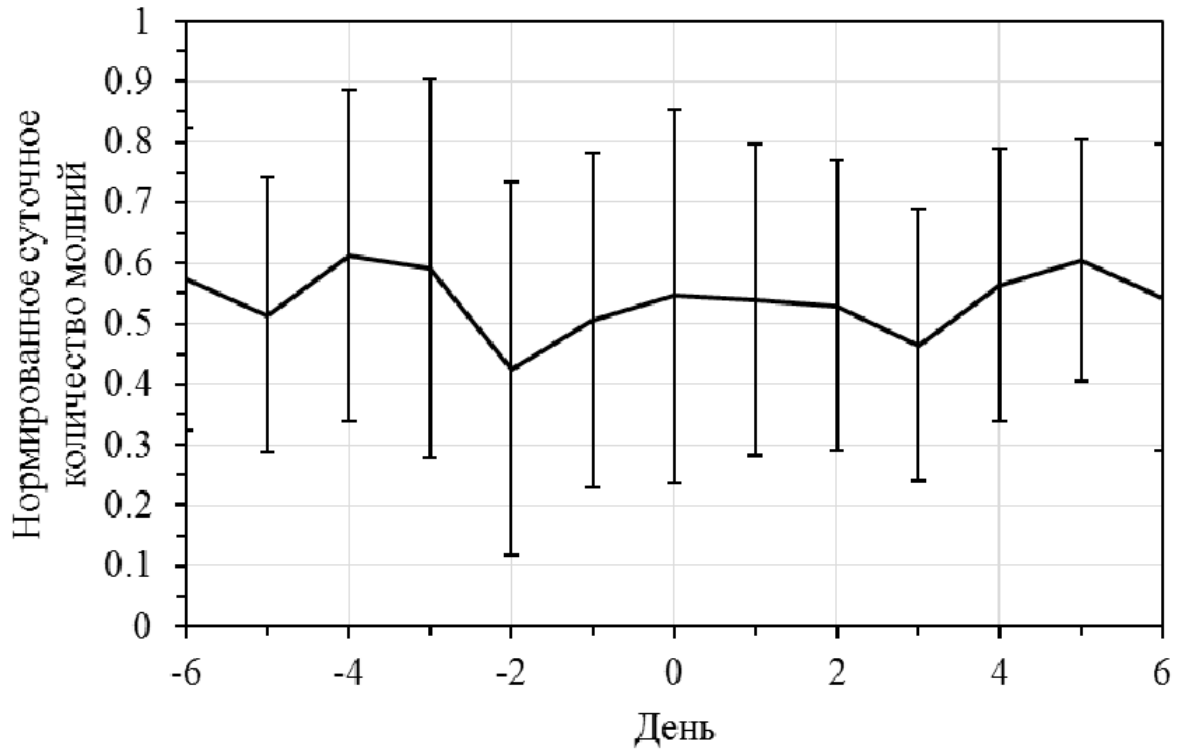


Рис. 2. Распределение нормированного суммарного по территории суточного количества молний относительно дня возникновения вспышки М класса.

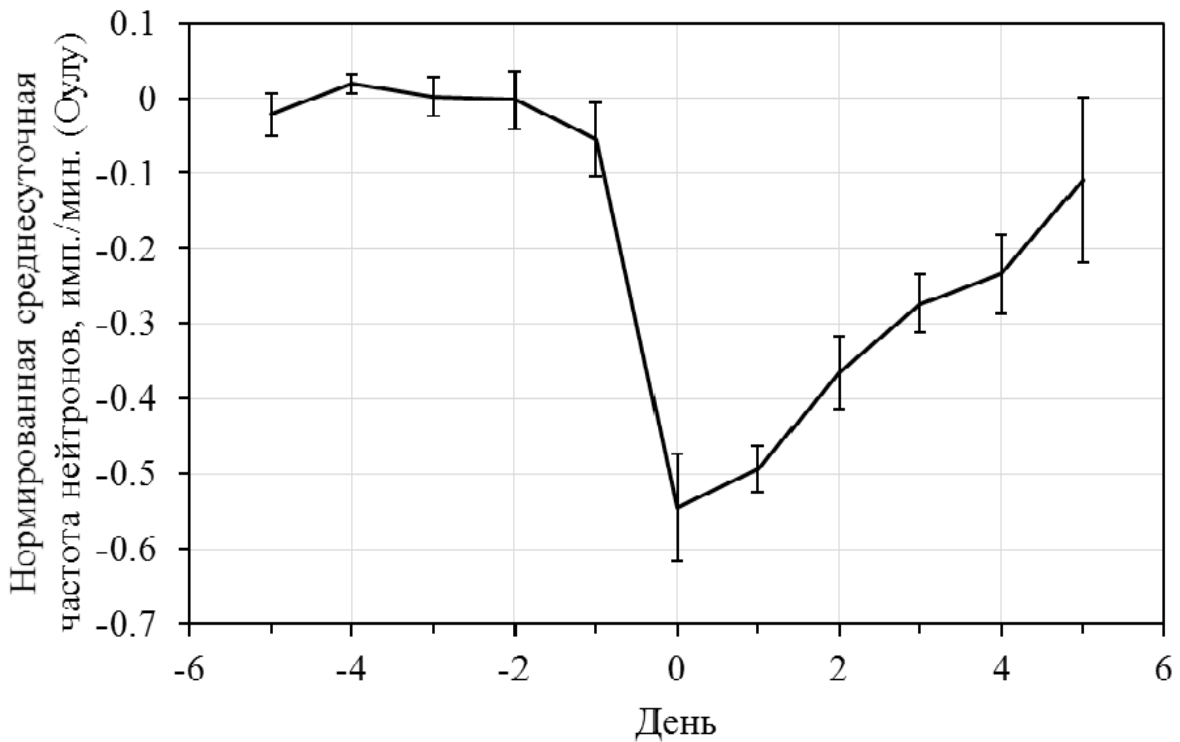


Рис. 3. Форбуш-понижение ГКЛ по данным нейтронного монитора станции Оулу. Вертикальными линиями обозначены стандартные отклонения.

эффекта (рис.4). В остальных 3 случаях преобладал отрицательный тренд к 5-7 дням и отмечалось некоторое увеличение грозовой активности за два дня или в день форбуш-эффекта (рис.4). В двух случаях убывающей активности в день пика грозовой активности до форбуш-эффекта наблюдались вспышки М класса и всплеск на 20 дБ потока высокоэнергичных протонов.

В пределах рассматриваемых величин параметров космической погоды их отличия для обеих сценариев (убывающего и возрастающего) откликов грозовой активности не обнаружены. Таким образом, наблюдается два вида отклика грозовой активности на форбуш: понижение космических лучей с равной вероятностью возникновения (примерно по 50%): 1 - повышение грозовой активности в день солнечной вспышки или на следующий день с последующим спадом до пятого дня после форбуш понижения, 2 – начало повышения грозовой активности на третий день после форбуш понижения с достижением максимума примерно на шестой день и далее плавно спадающее. Вероятно, это связано с развитием циклонической активности и смещением ее центра по контролируемой грозопеленгатором площади.

Работа частично поддержана РФФИ 15-45-05005 р\_восток\_а, 15-45-05135 р\_восток\_а, а также программой комплексных научных исследований в Республике Саха (Якутия) на 2016-2020 годы.

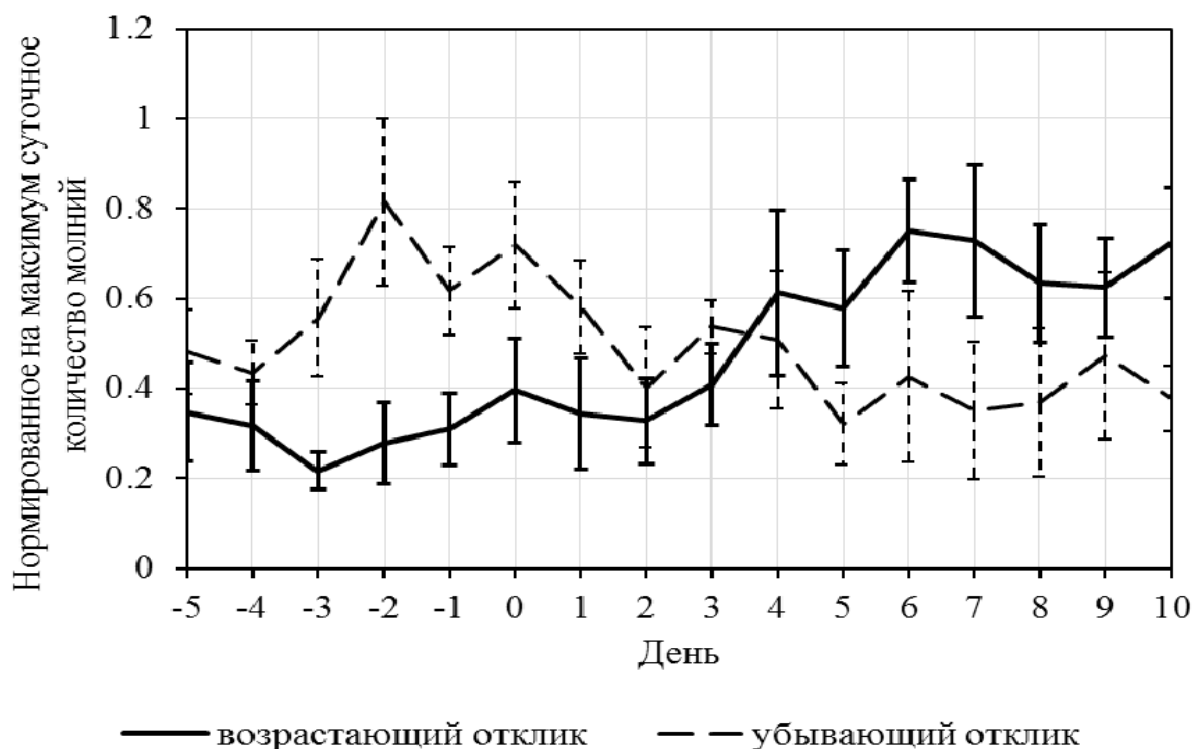


Рис. 4. Распределение суточного количества молний относительно дня Форбуш-эффекта. Вертикальными линиями обозначены стандартные отклонения.

#### Литература

1. Веретененко С. В., Огурцов М. Г. Природа долговременных корреляционных связей между состоянием облачности и вариациями потока галактических космических лучей // Геомagnetизм и аэрoномия. – 2015. – Т. 55. – № 4. – С. 457–465.
2. Dragic A., Anicin I., Banjanac R., Udovicic V., Jokovic D., Maletic D., Puzovic J. Forbush decreases – clouds relation in the neutron monitor era // Astrophys. Space Sci. Trans. – 2011. – V. 7. – P. 315–318.

3. Svensmark H., Friis-Christensen E. Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage – a missing link in solar-climate relationships // *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. – 1997. – V. 59. – No. 11. – P. 1225-1232.

4. Слюняев Н.Н., Мареев Е.А. Влияние солнечной активности на динамику ионосферного потенциала // *Материалы Второй Всероссийской конференции “Глобальная электрическая цепь”*. – 2015. – С. 14.

5. Муллаяров В.А., Каримов Р.Р., Козлов В.И., Мурзаева Н.Н. Связь грозовой деятельности с солнечной активностью по наблюдениям фонового ОНЧ-излучения. // *Метеорология и гидрология*. – 1998. – № 8. – С.48-56.

6. Hutchins M.L., Holzworth R.H., Brundell J.B., Rodger C.J. Relative detection efficiency of the world wide lightning location network // *Radio Science*. – 2012. – V. 47. – No. 6. – P. RS6005.

7. Space Weather Prediction Center. National Oceanic and Atmospheric Administration. – URL <http://www.swpc.noaa.gov> (дата обращения: 20.01.2016)

8. Cosmic Ray Station of the University of Oulu. Sodankyla Geophysical Observatory. - URL <http://cosmicrays.oulu.fi/> (дата обращения: 14.04.2016)

9. Neutron monitor primary data from Yakutsk station. – URL <http://www.ysn.ru/ipm/ykt/> (дата обращения: 10.03.2016)

10. Space Weather Services, Bureau of Meteorology. Australian Antarctic Division, Cosmic Ray. – URL <http://www.sws.bom.gov.au/Geophysical/1/4> (дата обращения: 21.03.2016)

11. Kang J., Oh S., Yi Y., Kim Y. Forbush decreases observed by Daejeon neutron monitor // *Advances in Space Research*. – 2016. – V. 57. – P. 912–918.

12. Белов А.В., Ерошенко Е.А., Оленева В.А., Янке В.Г. О связи Форбуш-эффектов с рентгеновскими вспышками // *Известия РАН. Серия физическая*. – 2007. – Т. 71. - № 7. – С. 1019-1021.