

# Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Г. Ф. Крымский, А. И. Кузьмин, П. А. Кривошапкин, С. А. Стародубцев, И. А. Транский, А. Т. Филиппов, Вспышка космических лучей 29 IX 1989 г. по данным Якутского комплекса установок, *Докл. АН СССР*, 1990, том 314, номер 4, 824–826

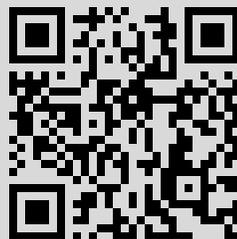
Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 188.123.230.120

11 марта 2021 г., 15:38:53



## ЛИТЕРАТУРА

1. Шокальский Ю.М. Океанография. Л.: Гидрометиздат, 1959. 538 с.
2. Герман В.Х., Левиков С.П. Вероятностный анализ и моделирование колебаний уровня моря. Л.: Гидрометиздат, 1988. 233 с.
3. Голубев Ю.Н., Черкесов Л.В. — Изв. АН СССР. ФАО, 1986, т. 22, № 7, с. 779–781.
4. Армеев В.Ю., Арсеньев С.А., Губарь А.Ю. и др. В кн.: Проблемы стратифицированных течений. Саласпилс, 1988, т. 1, с. 5–7.
5. Munk W.H., Bullard E.C. — J. Geophys. Res., 1963, vol. 68, № 12, p. 3627–3634.
6. Filloux J.H. — J. Phys. Oceanogr., 1980, vol. 10, № 12, p. 1959–1971.
7. Ефимов В.В., Куликов Е.А., Рабинович А.Б., Файн И.В. Волны в пограничных областях океана. Л.: Гидрометиздат, 1985. 280 с.
8. Reed J.W. — J. Appl. Meteorol., 1971, vol. 10, p. 666–673.
9. Арсеньев С.А., Шелковников Н.К. Динамика вод шельфов. М.: Изд-во МГУ, 1990. 94 с.
10. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. М.: Наука, 1979. 384 с.
11. Ахманов С.А., Хохлов Р.В. Проблемы нелинейной оптики. М.: ВИНТИ, 1964. 295 с.
12. Armstrong J.A., Bloembergen N., Ducuing J., Pershan P.S. — Phys. Rev., 1962, vol. 127, № 6, p. 1918–1939.
13. Ламб Г. Гидродинамика. М.; Л.: Гостехиздат, 1947. 928 с.
14. Арсеньев С.А., Губарь А.Ю., Шелковников Н.К. Деп. ВИНТИ, 1989, № 3448–В89. 40 с.
15. Арсеньев С.А. Тез. докл. Всес. совещ. по проблеме цунами. Обнинск, 1988, с. 19–21.

УДК 524.1:523.9

ГЕОФИЗИКА

© Член-корреспондент АН СССР Г.Ф. КРЫМСКИЙ,  
А.И. КУЗЬМИН, П.А. КРИВОШАПКИН, С.А. СТАРОДУБЦЕВ,  
И.А. ТРАНСКИЙ, А.Т. ФИЛИППОВ

### ВСПЫШКА КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ 29 СЕНТЯБРЯ 1989 Г. ПО ДАННЫМ ЯКУТСКОГО КОМПЛЕКСА УСТАНОВОК

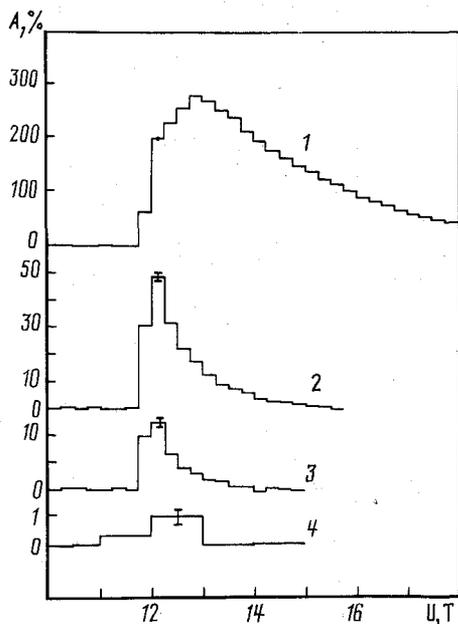
Более 30 лет ведется непрерывная регистрация интенсивности галактических и солнечных космических лучей (КЛ) Якутским комплексом установок (ЯКУ), включающим в себя нейтронный супермонитор, мезонные телескопы на поверхности Земли и под Землей на глубинах 7, 20 и 60 м в.э. с минимальной энергией регистрации частиц 2, 6, 15, 34 и 85 ГэВ соответственно. За весь период наблюдений было отмечено около 20 возрастаний интенсивности КЛ, обусловленных генерацией релятивистских протонов в солнечных вспышках с энергией менее 10 ГэВ и амплитудой менее 10% для частиц с энергией  $\sim 2$  ГэВ. При этом показатель энергетического спектра меняется от 5,5 до 7 в диапазоне энергий от 2 до 10 ГэВ. До настоящего времени ЯКУ не зарегистрированы вспышки солнечных КЛ с энергией более 10 ГэВ за исключением события 23 II 1956 г. [1], когда возрастание дополнительного потока частиц наблюдалось на поверхности Земли.

В августе–октябре 1989 г. солнечная активность резко возросла (ожидаемый максимум солнечной активности 1990–1991 гг.) и проявилась в виде серий возрастаний потоков энергичных частиц с  $E > 1$  ГэВ, обусловленных вспышечной деятельностью Солнца. Это события 16 VIII, 29 IX, 19, 22 и 24 X 1989 г., которые имели максимальные амплитуды вторичного потока частиц относительно спокойного уровня 13, 280, 20, 12 и 80% соответственно по данным нейтронного супермонитора ЯКУ. Из перечисленных событий только вспышка 20 IX регистрировалась мезонными телескопами на поверхности Земли и на глубине 7 и 20 м в.э., энергетическая чувствительность которых характеризуется значениями медианной энергии 54,

Рис. 1. Вспышка космических лучей 29 IX 1989 г. по данным: 1 — нейтронного супермонитора; 2, 3, 4 — мезонных телескопов соответственно на поверхности Земли и на глубинах 7 и 20 м. в.э.

78 и 120 ГэВ соответственно. В этой работе приведены энергетические и пространственно-временные характеристики этого уникального события.

На рис. 1 приведены временная картина возрастания интенсивности КЛ для события 29 IX 1990 г. по данным ЯКУ. В табл. 1 даны энергетические характеристики детекторов ЯКУ и наблюдаемые параметры события:  $A$  — амплитуда возрастания,  $t_H$  — начало возрастания,  $\Delta t$  — время достижения максимума вспышки,  $E_m$  — минимальные энергии наблюдаемых частиц и  $\sigma$  — статистическая ошибка наблюдений. Энергетический спектр дополнительного потока описывается законом  $AE^{-\gamma}$  в диапазоне энергий  $1 < E < 50$  ГэВ, где  $\gamma = 3,7 \pm 0,3$ . С течением времени спектр непрерывно смягчается.



Несмотря на то, что ст. Якутск находилась на ночной стороне Земли, амплитуда возрастания составила примерно 280% по данным нейтронного супермонитора и около 1% на уровне 20 м в.э., что указывает на очень жесткий спектр ускоренных в солнечной вспышке частиц. Ранее события с таким энергетическим спектром не наблюдались [1, 2]. Предварительные расчеты показывают, что энергетический спектр частиц в источнике можно оценить, используя амплитуды максимумов интенсивности по данным ЯКУ, т.е. используя его спектрографические свойства. Факт регистрации частиц космических лучей с энергией больше 50 ГэВ указывает на необходимость пересмотра ранее сделанных теоретических оценок максимальных энергий частиц, ускоряемых в солнечной вспышке.

Таблица 1

Станция Якутск	$E_m$	$\sigma, \%$	$t_H$	$A, \%$	$\Delta t, \text{мин}$
18 NM64	1,85	0,36	11,45	280	75
0 м в.э.					
вертикаль	5,0	0,33	11,45	48	30
30 °С	6,0	0,52	11,45	38	30
20 °Ю	6,0	0,52	11,45	36	30
60 °Ю	12,0	1,2	11,45	11,3	30
7 м в.э.					
вертикаль	15	0,45	11,45	12,5	30
60 °С	25	1,7	11,45	4,8	15
60 °Ю	25	1,6	11,45	3,7	15
20 м. в.э.					
вертикаль	35	0,2	11,00	0,94	—

Приведенные характеристики вспышки 29 IX показывают, что процессы ускорения заряженных частиц на Солнце имеют значительно большую мощность, чем считалось ранее.

Институт космических исследований и аэронавтики  
Якутского научного центра  
Сибирского отделения Академии наук СССР  
Якутск

Поступило  
29 XII 1989

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин А.И., Скрипин Г.В. и др. – ДАН, 1956, т. 108, № 1.
2. Кузьмин А.И., Крымский Г.Ф. и др. – ДАН, 1961, т. 137, № 4.

УДК 550.433

ГЕОФИЗИКА

© Г.Л. РЫБНИКОВ, В.А. МОРГУНОВ, Ю.Г. ХАБАЗИН

### ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ИОНОСФЕРЕ ОТ ПРИЗЕМНОГО ИСТОЧНИКА

(Представлено академиком М.А. Садовским 6 II 1989)

1. Экспериментальное обнаружение аномальных изменений в ионосфере по данным спутников и наземных станций зондирования в периоды, предшествующие землетрясениям (см., например, обзор [1]), определяет актуальность анализа возможных физических факторов сейсмоионосферных связей.

Одним из возможных факторов, способных осуществлять такие связи, является электрическое поле в атмосфере.

Решение задачи о проникновении в ионосферу электрических возмущений от локального источника, даже при предельно допустимых (пробойных) напряженностях поля у земной поверхности, не дало ожидаемых результатов, в связи с чем в работе [2] был сделан вывод о несостоятельности рассмотрения электрических полей в качестве возможного переносчика взаимодействия.

Однако если горизонтальные линейные размеры источника сравнимы с расстоянием до ионосферы, то, как показано в [3], коэффициент затухания электрического поля уменьшается на порядки и это оставляет возможность передачи от приземных слоев атмосферы к нижним слоям ионосферы электрических полей с напряженностями, достаточными для возбуждения возмущений в ионосфере при умеренных ( $\sim 10^3 - 10^4$  В/м) значениях у поверхности Земли.

Аналитическое исследование решения задачи о распространении электрического поля для области атмосферы с изотропной проводимостью в приближении экспоненциальной зависимости проводимости от высоты, проведенное в работе [4], позволило качественно описать картину затухания поля и получить расчетные формулы.

Анизотропия и сильная неоднородность проводимости нижней ионосферы не позволяют продвинуться в аналитическом исследовании далее высот  $\sim 70$  км, и поэтому приходится привлекать численные методы.