

АНАЛИЗ СОБЫТИЙ 28–29.10.2003 г. ПРИБОРАМИ ASEC, ACE И GOES

© 2005 г. А. А. Чилингарян, В. Х. Бабалян, Н. Х. Бостаджян, В. Еганов, Г. Г. Карапетян
 Ереванский физический институт, Армения

Проведен анализ октябрьских событий 2003 г. Сопоставлены временные профили солнечной вспышки (СВ) 28.10.2003 г., зарегистрированной приборами Арагацского центра солнечно-земных связей (ASEC) и протонными детекторами спутника GOES-11, и показана возможность предсказывать солнечную радиационную опасность за 45 мин до наступления критического повышения интенсивности солнечных ионов на околоземной орбите. Приведены параметры форбуш-повышения (ФП), зарегистрированного приборами ASEC 29.10.2003 г. и показана возможность предсказания магнитных бури.

ВВЕДЕНИЕ

До последнего времени исследование вариаций галактических космических лучей (ГКЛ) проводилось главным образом с целью понять природу явления, вызывающих эти вариации. С появлением возможности представлять данные вариаций ГКЛ, получаемых от детекторов мировой сети, в реальном времени возникла возможность предсказывать радиационную и геомагнитную опасность [1, 2]. В этом отношении особое место в мировой сети детекторов, измеряющих вариации ГКЛ, занимает комплекс приборов ASEC [3], где проводятся одновременные измерения интенсивности различных компонент космического излучения.

СОБЫТИЕ 28.10.2003

28.10.2003 произошла СВ, координаты которой были S16E08. Во время этой СВ спутник GOES-12 регистрировал рентгеновскую вспышку класса X17 с началом в 10.25 UT, спутник RHESSI зарегистрировал возрастание счета фотонов с энергиями 7–20 МэВ с началом в 10.29 UT, а GOES-11 зарегистрировал возрастание счета протонов в диапазоне энергий 0.8–700 МэВ. Все приборы ASEC, за исключением детектора μ -мезонов с порогом >5 ГэВ и канала солнечного нейтронного телескопа (SNT) с порогом >700 МэВ, зарегистрировали возрастания скорости счета КЛ, результаты которых представлены в таблице.

Числа, приведенные в четвертой колонке таблицы, показывают число стандартных отклонений, содержащихся в пике возрастаний, зарегистрированных на различных приборах ASEC. Из рис. 1, где приведен временной профиль ГКЛ, зарегистрированный на нейтронном мониторе (НМ) станции Арагац, видно, что начиная с 11.25 UT происходит быстрый рост интенсивности. Максимальный счет достигается через 15 мин в 11.40 UT, в то время как поток солнечных протонов с энергиями

40–80 МэВ, начиная возрастать с 11.40 UT (спутник GOES-11) достигает интенсивностей: 1 частица/(см² · с · ср) в 12.25 UT, 10 частиц/(см² · с · ср) в 12.55 UT, и 100 частиц/(см² · с · ср) в 13.35 UT, т.е. на 0.75, 1.25 и 4 часов позже времени пика, наблюдаемого на НМ Арагаца. Приведение различных интенсивностей объясняется отсутствием точной информации о значении интенсивности, которое представляет опасность для электроники спутников и космонавтов. Следовательно, мы можем констатировать, что высокоэнергичные солнечные частицы от СВ регистрируются на наземных мониторах значительно раньше, чем протоны с энергиями 40–80 МэВ, что хорошо видно на рис. 1.

Коэффициенты корреляции между скоростями счета, полученными на установках ASEC в интервалах времени 00.00–02.20 UT до СВ и во время СВ – 11.25–11.45 UT, показывают, что до СВ коэффициенты корреляций между данными различных детекторов ASEC малы, в то время как во время СВ коэффициенты корреляции достигают значений 0.6–0.9.

Таким образом, анализ данной СВ показывает, что высокоэнергичные солнечные частицы, регистрируемые наземными приборами, достигают своего пика раньше, чем солнечные частицы с энергиями >50 МэВ, в то же время коэффициенты корреляции между детекторами ASEC на фазе роста солнечных частиц, в отличие от коэффициентов корреляции от фона, весьма значимы. Следовательно, одновременное наблюдение быстрого и непрерывного роста скорости счета КЛ на различных детекторах ASEC, а также одновременное наблюдение коэффициентов корреляций между различными детекторами ASEC во время роста КЛ, дают возможность для предсказания радиационной опасности.

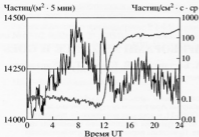


Рис. 1. Временные профили СВ 28.10.2003, зарегистрированные на НМ Арагац (тонкая линия) и на протонном канале спутника GOES11 (широкая линия).

АНАЛИЗ СОБЫТИЯ 29.10.2003

Во время СВ 28.10.2003 г. наряду с испусканием электромагнитного излучения и протонов имел место также выброс корональной массы [4] по направлению к Земле. Скорость передвижения намагниченного облака и ударной волны, по нашим оценкам, равнялась $2100 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$ (по времени начала регистрации γ -лучей 7–20 МэВ спутником RHESSI 10.29 UT и по времени начала магнитной бури 6.10 UT станцией Мошпри). Скорость передвижения СМЕ мы вычислили, потому что детектор, измеряющий скорость солнечного ветра на спутнике ACE в течение этого времени, вышел из строя – пример влияния радиационной бури на электронику приборов, а детектор на спутнике SOHO неэффективен к скоростям больше $1000 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$. Приблизительно через 20 ч ударная волна, опережающая магнитное облако, достигла Земли, и в результате взаимодействия с магнитосферой Земли 29.10.2003 г. в 6.10 UT началась очень сильная магнитная буря с $K_p = 9$. Одновременно с бурей наблюдалась и огромное для средних широт (жест-

Таблица

Тип прибора	Высота над ур. м.	Порог, МэВ	Значимость пика, σ	Величина ФП, % (5 мин)
Нор-Амберд НМ	2000	150	3.6	20 ± 0.45
Арагац НМ	3200	150	4.2	20 ± 0.46
SNT Порог 1	3200	130	3	16 ± 0.3
SNT Порог 2	3200	240	2.7	18 ± 0.6
SNT Порог 3	3200	420	1.6	18 ± 0.9
SNT Порог 4	3200	700	–	17 ± 0.15
Детекторы "е и μ "	3200	10	1.2	15 ± 0.2
Детектор " μ "	3200	5000	–	6 ± 0.5

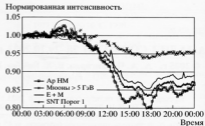


Рис. 2. Временные профили ФП, зарегистрированные детекторами ASEC 29.10.2003. Видно, что за 2 ч до начала ФП наблюдается рост скорости счета ГКЛ приблизительно на 2%.

кость геомагнитного обрезания 7.6 ГВ) ФП: 20% в нейтронном компоненте. Все приборы ASEC зарегистрировали это ФП. Параметры ФП для различных компонент космических лучей, зарегистрированных приборами ASEC, приведены в таблице, где во 2-й и 3-й строках приведены данные нейтронных мониторов (18 – НМ – 64) – Нор-Амберда и Арагац, в 4–7-й строках приведены данные солнечного нейтронного телескопа (SNT) [5] для каналов, детектирующих частицы с энергиями от >100 до >700 МэВ. 7-я строка – детекторы электронов и μ -мезонов с энергиями >10 МэВ, на последней строке – данные детектора μ -мезонов с порогом >5 ГэВ. Из таблицы видно, что наибольшее понижение (20%) показывает НМ Арагац, а наименьшее – детектор μ -мезонной компоненты с порогом >5 ГэВ – 6%.

На рис. 2 приведены временные профили ФП, зарегистрированные на детекторах ASEC, откуда видно, что за 2 ч до начала ФП наблюдается рост скорости счета ГКЛ приблизительно на 2%. Наблюдаемый рост можно объяснить отражением ГКЛ при встречном столкновении или усоренении на фронте ударной волны, в котором магнитное поле достигает напряженности 30–50 нТл [6]. Для данного события магнитометр спутника ACE/MAG показывал напряженность магнитного поля ударной волны почти 60 нТл.

Как видно из рис. 2, возрастание скорости счета КЛ перед ФП сильно отличается от характера возрастания, наблюдаемого при СВ: здесь максимум достигается по истечении 2 ч, в то время как для СВ 28.10.03 максимальное значение скорости счета достигалось в течение 15 мин. Другой важный факт: если детекторы μ -мезонов с порогом >5 ГэВ регистрируют рост КЛ перед ФП для данного события, то во время событий 07.09.2002 и 20.11.2003, где возрастания скорости счета были

обусловлены магнитосферными эффектами, повышения скорости счета не наблюдались.

Таким образом можно констатировать, что одновременное наблюдение постепенного и непрерывного возрастания скорости счета КЛ перед ФП на нескольких наших установках, регистрирующих различные компоненты КЛ, совместно с изменением коэффициентов корреляции между разными компонентами дает возможность предсказания магнитной бури.

Конечно, на этом пути существуют большие трудности, и для преодоления их требуется всестороннее изучение отклика различных компонент КЛ на изменения межпланетных условий вследствие деятельности Солнца.

В заключение выражаем благодарность группам GOES, RHESSI и ACE/MAG, а также группе MM ст. Мошири за свободный доступ к информации в Интернете, а также сотрудникам лаборато-

рии космической физики станции Арагац. Работа была выполнена при финансовой поддержке фонда ISTC (проект A1058), INTAS (проект IA-2000-01).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Dorman L.I. et al. // Proc. 23rd ICRC. Calgary. 1993. V. 3. P. 699.*
2. *Chilingarian A.A. et al. // Adv. Space Res. 2003. V. 31. № 4. P. 861.*
3. *Chilingarian A.A. et al. // J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 2003. V. 29. P. 939.*
4. *Gosling J.T. et al. // J. Geophys. Res. 1974. V. 79. P. 4581.*
5. *Tsuchiya H. et al. // Proc. 27 ICRC. Hamburg. 2001. V. 8. P. 3040.*
6. *Дорман Л.И. // Изв. РАН. Сер. физ. 1970. Т. 34. № 11. С. 2367.*