

## ГЕОЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЛНЕЧНЫХ ЭРУПТИВНЫХ СОБЫТИЙ

И.А. Биленко

GEOEFFICIENCY OF SOLAR ERUPTIVE EVENTS

I.A. Bilenko

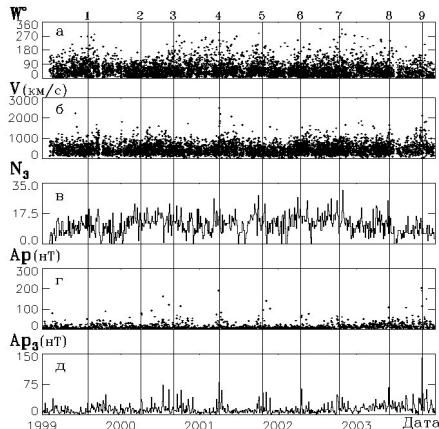
Обсуждаются источники геомагнитных возмущений за период 1999–2003 гг. Рассматривается связь между геомагнитной активностью и частотой возникновения корональных выбросов массы (КВМ), их параметрами и динамикой солнечных фотосферных магнитных полей. Показано, что во время реорганизаций униполярных областей фотосферного магнитного поля (МП) число корональных выбросов возрастает и их параметры изменяются. В эти же периоды наблюдается увеличение геомагнитной возмущенности.

Sources of geomagnetic disturbances occurred during 1999–2003 period are discussed. The relation between geomagnetic activity and number of coronal mass ejections (CME), their parameters, and dynamics of solar photospheric magnetic fields is considered. It is shown that during reorganization of unipolar regions of the photospheric magnetic field, the number of CMEs increases, and their parameters change. Geomagnetic disturbance also increases at these periods.

КВМ играют важную роль в динамике межпланетного пространства. КВМ формируют космическую погоду на орбите Земли и являются источниками геомагнитных возмущений. Современные космические обсерватории предоставляют огромный наблюдательный материал и много новой информации о параметрах и структуре КВМ. В данной работе использованы данные космической обсерватории SOHO/LASCO. Рассматривается примерно 10146 КВМ, наблюдавшихся в течение 1999–2003 гг.

В ходе цикла солнечной активности как число ежедневно наблюдаемых КВМ, так и их параметры изменяются от минимума солнечной активности к максимуму [1]. Однако установить источники возникновения КВМ и однозначную связь их с другими проявлениями солнечной активности пока не удается [2]. По своим параметрам и характеру их эволюции КВМ принято разделять на КВМ, связанные с активными областями, и на КВМ, связанные с эрупцией волокон.

На рисунке показана эволюция КВМ за период 1999–2003 гг. На рисунке *а* показано изменение видимого угла раствора КВМ, на рисунке *б* – эволюция скорости КВМ, на рисунке *в* – изменение количества КВМ, суммированного за каждые три дня. На панели *г* показано изменение индекса геомагнитной активности  $A_p$  за рассматриваемый период, а на панели *д* – усредненное за три дня значение  $A_p$ -индекса. Из анализа рисунков *а*–*в* видно, что не наблюдается постепенного нарастания числа КВМ и увеличения их параметров к максимуму солнечной активности.



Солнечные магнитные поля (МП) играют важнейшую роль во всех проявлениях солнечной активности. В структурной организации фотосферных солнечных МП была выявлена кластерная структура [3]. Размеры и время жизни отдельных кластеров зависят от фазы солнечного цикла. Было показано, что эволюция кластерной структуры униполярных фотосферных МП происходит не плавно, а характеризуется периодами резкой реорганизации [3]. Сами периоды реорганизации делятся приблизительно 1–3 мес. С 1999 г. в распределении фотосферных МП на поверхности Солнца наблюдается чередование долготных униполярных структур [4] и кластерная структура выделяется наиболее четко. Вертикальные линии на рисунке отмечают периоды реорганизации униполярных фотосферных МП. Из рисунка видно, что распределение и параметры КВМ изменяются во время реорганизации солнечных фотосферных МП. Число КВМ в эти периоды возрастает (рисунок *в*) и наблюдаются КВМ с наибольшими (более 180°) углами раствора (панель *а*). Практически во все эти периоды наблюдаются и высокоскоростные КВМ со скоростями более 1000 км/с (рисунок *б*). В работе [1] было показано, что число низкоскоростных ( $V \leq 350$  км/с) КВМ с 1998 по 2005 г. остается приблизительно постоянным, а наблюдаемая изменчивость в основном сосредоточена в изменении числа КВМ с  $V > 350$  км/с.

КВМ являются одним из главных источников геомагнитной активности [5]. Для оценки геомагнитной активности использовался индекс  $A_p$  [6]. Данные по значениям геомагнитного индекса  $A_p$  были получены из базы данных NGDC. Из рисунка *г* и *д* следует, что наибольшие геомагнитные возмущения также наблюдаются именно в периоды реорганизации униполярных фотосферных МП.

Таким образом, реорганизация униполярных фотосферных МП влияет на продуктивность КВМ, их параметры и геомагнитную активность. Наибольшую геоэффективность проявляют КВМ в период реорганизации униполярных фотосферных МП. В эти периоды возрастает частота наблюдаемых КВМ, наблюдаются КВМ с наибольшими углами раствора, в большинстве случаев наблюдаются высокоскоростные КВМ. Геомагнитная активность значительно повышается в эти периоды.

Увеличение числа КВМ в эти периоды можно объяснить тем, что во время реорганизации значительных областей униполярных фотосферных МП происходит потеря стабильности корональных МП. Существующая корональная магнитная структура разрушается. Это приводит к облегчению различного рода эрупций. Вследствие этого, всплытие новых магнитных потоков в уже существующих активных областях или в формирующихся новых, вызывая резкие изменения в структуре локальных магнитных полей активных областей, может приводить к КВМ. Также при движении оснований арочных структур, вызванных резкими изменениями фотосферных МП, возникает скручивание и натяжение силовых линий корональных МП, что, при превышении определенного порогового значения, вызовет эruptionю коронального вещества – КВМ. Если в данной области находилось волокно, будет наблюдаться эruptionя волокна и КВМ, связанный с эruptionью этого волокна. И, следовательно, реорганизация крупномасштабного МП инициирует усиление локальной активности.

В заключение следует отметить, что знание времени наступления моментов реорганизации униполярных фотосферных МП даст возможность предсказания моментов увеличения числа КВМ и изменения их параметров, что, несомненно, имеет важнейшее значение для прогнозирования космической погоды.

В работе использован каталог КВМ, составленный Nat Gopalswamy, Seiji Yashiro, Grzegorz Michalek. Этот каталог создается и поддерживается NASA и Католическим университетом Америки при участии Морской исследовательской лаборатории, SOHO/LASCO. SOHO является проектом международного сотрудничества между ESA и NASA.

#### *СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

1. Биленко И.А. Корональные выбросы массы в минимуме и максимуме солнечной активности // Квазипериодические процессы на Солнце и их геоэффективные проявления: Труды X Пулковской международной конференции по физике Солнца. СПб., 2006. С. 23–30.
2. Webb D.F. The solar cycle variation of the rates of CMEs and related activity // Adv. Space Res. 1991. V. 11, N 1. P. 37–40.
3. Bilenko I.A. Longitudinal distribution of coronal holes during 1976–2002 // Solar Phys. 2004. V. 221. P. 261–282.
4. Bilenko I.A. Coronal holes and the solar polar field reversal // Astron. Astrophys. 2002. V. 396. P. 657–666.
5. Zhang J., Dere K.P., Howard R.A., Bothmer V. Identification of solar sources of major geomagnetic storms between 1996 and 2000 // Astrophys. J. 2003. V. 582. P. 520–533.
6. Акасофу С.-И., Чепмен С. Солнечно-земная физика. М.: Мир, 1975. Т. 2. С. 293–301.

*Астрономический институт им. П.К. Штернберга РАН, Москва*