

ПОВЕДЕНИЕ  $B_z$  КОМПОНЕНТЫ МАГНИТНОГО ПОЛЯ  
В КОРОНАЛЬНЫХ ВЫБРОСАХ МАССЫThe Behaviour of the  $B_z$  Component of the Magnetic Field  
in Coronal Mass Ejections

**Abstract.** Particulars in the behaviour of the  $B_z$  component of the magnetic field in coronal mass ejections are considered. Characteristic features in the  $B_z$  component structure that affect the development of magnetic storms have been revealed.

К настоящему времени, многочисленные исследования показали, что наиболее эффективными параметрами солнечного ветра являются динамическое давление и  $B_{zs}$  компонента межпланетного магнитного поля. Практически все мощные вспышки на Солнце сопровождаются корональными выбросами массы (КВМ), передний фронт которых обладает повышенным динамическим давлением и поэтому при приближении к Земле сжимает магнитосферу, приводя её в возбуждённое состояние. Причём важную роль здесь, очевидно, играет поведение  $B_z$  компонента межпланетного магнитного поля. В случаях, когда  $B_z$  компонента имеет большие отрицательные значения, велика вероятность того, что при взаимодействии межпланетного магнитного поля и поля магнитосферы Земли происходит процесс магнитного пересоединения. В результате этого в магнитосфере выделяется дополнительная энергия, которая способствует развитию магнитной бури. Поведение  $B_z$  компонента рассматривалось нами в самых различных по структурным и физическим свойствам КВМ, влияние которых привело к возникновению геомагнитных бурь разной мощности, от слабых до экстремальных. Для исследований использовались наблюдательные данные (с временным разрешением 1 час), полученные на космических аппаратах, а также на различных геомагнитных станциях и представленные на сайте «OMNIWeb Results». При выборе КВМ для изучения в них распределения  $B_z$  компонента магнитного поля учитывались следующие требования:

1. Рассматривались только изолированные КВМ, на которые не влияли другие выбросы. Невозмущённый солнечный ветер существовал за сутки до прибытия переднего фронта, а также в течение  $\sim 1.5$  суток после прохождения задней границы выброса.
2. Каждый КВМ имел чётко выраженный передний ударный фронт.
3. В каждом случае действие переднего ударного фронта и присутствие направленной к югу компоненты  $B_{zs}$  приводило к возникновению и развитию геомагнитной бури с внезапным началом.

При соблюдении этих требований были отобраны 15 КВМ, в которых изучено поведение  $B_z$  компонента (таблица 1).

В 3-м столбце таблицы приведены минимальные значения  $B_{zs}^{\min}$ , в 4-м – минимальные значения индекса  $D_{st}^{\min}$ , характеризующего мощность геомагнитных бурь, развитие которых связано с воздействием КВМ на магнитосферу. Все значения индекса  $D_{st}^{\min}$  следуют после наступления  $B_{zs}^{\min}$ , и часто характер изменения со временем  $D_{st}$  подобен

Таблица 1: Характеристики  $B_z$  компоненты магнитного поля и структуры КВМ

№	Момент прихода переднего фронта КВМ	$B_{zs}^{\min}$ , нТ	$D_{st}^{\min}$ , нТ	$\Delta T$ , час	$V_{\text{средн}}$ , км/с	$L$ , а.е.
1	2	3	4	5	6	7
1	18.10.98 19h00m	-22.2	-112	12	396	0.37
2	21.10.99 01h33m	-28.2	-237	3	463	0.32
3	12.12.99 15h14m	-7.8	-85	3	514	0.42
4	06.04.00 16h21m	-22.1	-288	5	577	0.28
5	04.06.00 14h25m	-7.4	-35	2	476	0.35
6	15.07.00 14h17m	-49.3	-301	6	896	0.60
7	31.01.01 07h35m	-10.6	-45	11	417	0.25
8	31.03.01 00h23m	-46.3	-387	3	666	0.48
9	18.04.01 00h05m	-13.2	-114	5	495	0.14
10	11.10.01 16h20m	-11.7	-71	11	529	0.27
11	21.10.01 16h12m	-16.9	-187	3	581	0.45
12	24.11.01 05h38m	-33.0	-221	7	779	0.64
13	07.09.02 16h10m	-22.3	-181	9	490	0.40
14	26.07.04 22h30m	-17.7	-197	2	886	0.51
15	15.05.05 02h19m	-41.2	-263	3	802	0.54

характеру изменений  $B_{zs}$ . Эти факты указывают на определяющую роль  $B_z$  компоненты в развитии геомагнитных бурь. В 5-м столбце таблицы для каждого события приведены интервалы задержки  $D_{st}^{\min}$  относительно  $B_{zs}^{\min}$  ( $\Delta T_{\text{ср}} = 5.7$  часа).

Выбранные нами распределения  $B_z$  компоненты относятся к периоду 1998–2005 гг. и имеют значения от +42.7 нТ до -49.3 нТ. Все моменты прихода переднего фронта КВМ сведены вместе и отмечены на рисунке 1 вертикальной стрелкой. Стрелкой отмечены также моменты старта геомагнитных бурь с внезапным началом. Данные, представленные в таблице, и общий вид рисунка с наложенными распределениями значений  $B_z$  позволяют рассмотреть основные свойства поведения  $B_z$  компоненты в КВМ. КВМ выделяются на фоне спокойного солнечного ветра своеобразным поведением вертикальной компоненты магнитного поля, которое проявляется в значительных по амплитуде колебаниях напряжённости в сторону как положительных, так и отрицательных значений. Амплитуда колебаний значений  $B_z$  компоненты в невозмущённом солнечном ветре вблизи Земли составляет +5 нТ. Следовательно, заслуживают внимания значения  $B_{zs}$ , превышающие фоновые ( $B_{zs} < -5$  нТ) в течение как минимум нескольких часов. Наибольшие амплитудные изменения  $B_{zs}$  компоненты наблюдаются через 4–6 часов после прихода переднего фронта. После прохождения задней границы КВМ вновь наблюдаются фоновые значения. При сопоставлении  $B_{zs}^{\min}$  и  $D_{st}^{\min}$  хорошая корреляционная связь между этими величинами ухудшается при значениях  $B_{zs}^{\min} < -20$  нТ. Это указывает на то, что для мощных магнитных бурь заметную роль играет влияние и других параметров. Используя характерные свойства поведения  $B_z$  компоненты в теле выброса, можно оценить геометрическую протяжённость структуры КВМ в направлении Солнце–Земля. Основную трудность представляет определение местоположения задней границы выброса. Можно принять за положение задней границы место, после которого изменения значений  $B_z$  становятся в пределах фоновых (+5 нТ). Установив границы выбросов и определив среднюю скорость их движения (6-й столбец таблицы), мы рассчитали геометрические размеры КВМ в долях астрономической единицы (7-й столбец).

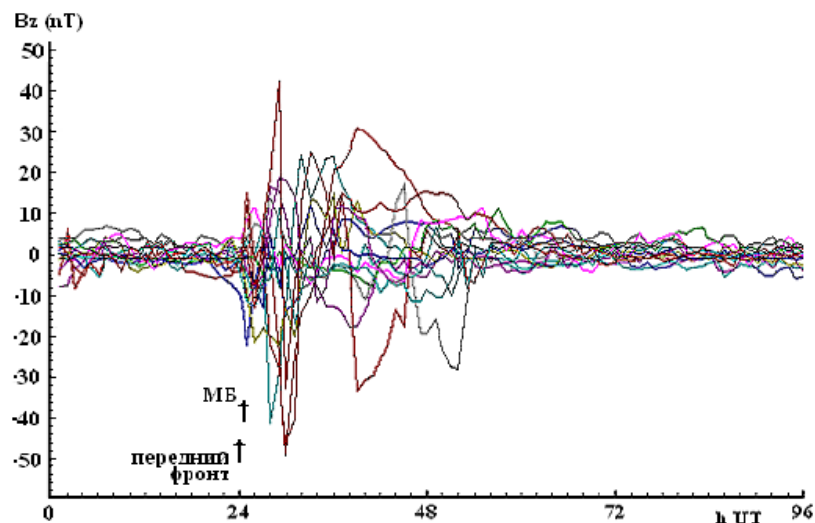


Рис. 1: Общий вид наложенных друг на друга 15 распределений  $B_z$  компоненты магнитного поля в плазме различных корональных выбросов массы и в участках со спокойным солнечным ветром.

При довольно неплохой взаимосвязи между значениями средней скорости и размерами выброса (коэффициент корреляции  $k = 0.78$ ) наблюдается слабое влияние скорости  $V$  ( $k = -0.61$ ) и размера выброса  $L$  ( $k = -0.53$ ) на мощность магнитной бури.

#### Основные результаты работы:

1. Характерным для поведения  $B_{zs}$  компоненты магнитного поля в КВМ является существование колебаний напряженности во всём теле выброса, превышающих фоновые в сторону как положительных, так и отрицательных значений.

2. Средние значения  $B_{zs}$  компоненты для спокойного солнечного ветра составляют +5 нТ.

3. Значения индекса  $D_{st}^{\min}$  для каждого события наступают с временной задержкой относительно  $B_{zs}^{\min}$ , в среднем на 5.7 часа.

4. Ухудшение зависимости между значениями  $D_{st}^{\min}$  индекса геомагнитных бурь и соответствующими величинами  $B_{zs}^{\min}$  при  $B_{zs}^{\min} < -20$  нТ указывает на то, что имеются ещё и другие факторы, эффективно влияющие на мощность магнитных бурь.

Астрофизический институт  
имени В.Г. Фесенкова  
Обсерватория 23, Алма-Ата, 050020, Казахстан.  
*minas@aphi.kz*

Г.С. Минасянц  
G.S. Minasyants  
Т.М. Минасянц  
T.M. Minasyants

Received December 25, 2012.