

М. И. ПУДОВКИН, А. Д. ЧЕРТКОВ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК

(Представлено академиком С. Н. Верновым 5 X 1970)

Поскольку развитие магнитных бурь обусловлено воздействием солнечного корпускулярного потока на магнитосферу Земли, вполне обоснованы попытки связать магнитную активность с явлениями на Солнце. Магнитной буре, как правило, предшествует (1—6 суток) хромосферная вспышка или прохождение через центральный меридиан Солнца активных областей флоккулов. Однако обратное утверждение неверно: имеется очень много вспышек, в том числе и сильных, или прохождений через центральный меридиан Солнца активных областей, за которыми не следуют сколько-нибудь интенсивные бури ⁽¹⁾. В связи с этим неоднократно предпринимались попытки выявить какие-либо особенности тех вспышек и флоккулов, которые определенно связаны с геомагнитными бурями. Эти исследования показали, что наиболее эффективными являются вспышки, сопровождаемые всплесками радиоизлучения IV типа ^(2, 3), и активные области, характеризующиеся слабыми униполярными магнитными полями ⁽⁴⁾. Однако и при учете этих характеристик активных образований на Солнце связь между солнечной активностью и развитием магнитных возмущений на Земле оказывается далеко не однозначной ⁽⁵⁾. В связи с этим обратим внимание на следующее. В экспериментах на искусственных спутниках Земли обнаружилось, что чрезвычайно существенное влияние на эффективность воздействия потоков солнечной плазмы на магнитосферу Земли оказывают собственные магнитные поля этих потоков ^(6, 7). При этом направление магнитного поля солнечного ветра вполне однозначно определяет самый факт развития магнитной бури, хотя на амплитуду последней, по-видимому, влияют, помимо интенсивности B_z , и какие-то другие факторы, например, скорость солнечного ветра ⁽⁸⁾. Следовательно, для определения эффективности потока, выбрасываемого из атмосферы Солнца во время вспышки, необходимо определить направление магнитного поля в этом потоке, причем необходимо знать прежде всего знак вертикальной (по отношению к плоскости эклиптики) компоненты этого поля. Поскольку намагниченность солнечного ветра имеет своим источником магнитные поля на Солнце, кажется естественной попытка связать магнитное поле в возмущенном потоке солнечной плазмы с магнитным полем солнечных пятен.

Конфигурация магнитного поля, искаженного заданным радиальным потоком плазмы конечной проводимости, исследована в ⁽⁹⁾. Показано, что поток плазмы вытягивает магнитное поле таким образом, что конфигурация силовых линий сохраняет свой характер и становится лишь более вытянутой в направлении движения плазмы. В частности, дипольное поле искажается таким образом, что знак компоненты, параллельной оси диполя, не изменяется. Таким образом, можно полагать, что существуют вспышки, которые вытягивают магнитное поле активной области, не изменяя знака его вертикальной компоненты. Это предположение частично подтверждается экспериментальными данными относительно связи секторной структуры межпланетного магнитного поля и конфигурацией магнитных полей на Солнце ⁽¹⁰⁾.

В связи с изложенным можно, по-видимому, принять в качестве одного из основных факторов, определяющих эффективность солнечной вспышки, ориентацию магнитного поля в области вспышки. Для проверки этого предположения был выполнен анализ развития нескольких магнитных бурь в зависимости от конфигурации магнитных полей на Солнце в области вспышки. В качестве исходного материала были использованы данные за 1968 и 1969 гг., публикуемые в сборниках «Солнечные данные». К сожалению, в этих сборниках карты магнитного поля не приводятся и дается лишь интенсивность и полярность магнитных полей солнечных пятен. Поэтому далеко не всегда оказывается возможным точно определить знак меридиональной компоненты магнитного поля в области вспышки. А так как для анализа отбирались лишь вспышки, для которых, с одной стороны, можно было уверенно указать направление магнитного поля на Солнце, а, с другой стороны, уровень магнитной активности на Земле был таким, что геомагнитный эффект вспышки также мог быть выявлен достаточно уверенно, то пригодных для анализа случаев оказалось всего 22. Три из них приведены на рис. 1—3.

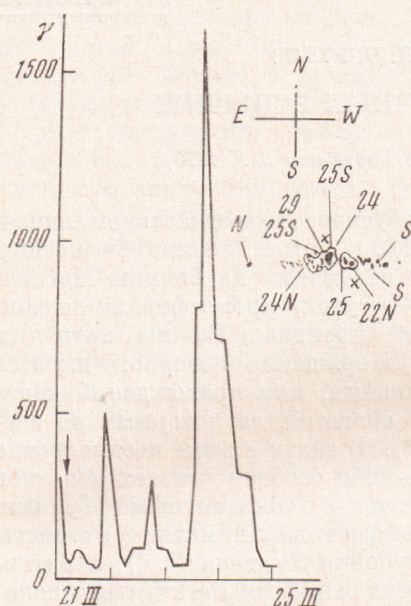


Рис. 1. Геомагнитная активность 21—25 марта 1969 г. (эквивалентные амплитуды, рассчитанные по K -индексам Мурманска) и конфигурация магнитного поля на Солнце в районе вспышки 21 III 1969 г.

туды, рассчитанные по K -индексам) в Мурманске. Видно, что через 2 суток после вспышки (отмечена стрелкой), на Земле началась интенсивная магнитная буря. При этом, как и следовало ожидать, магнитное поле в области вспышки направлено на юг.

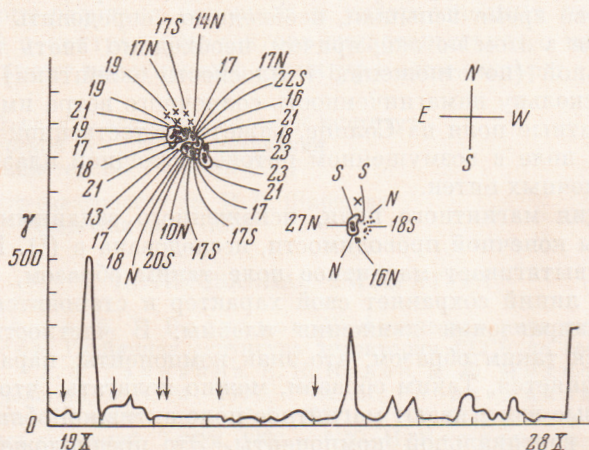


Рис. 2. Серия вспышек классов 2n—2b 19—24 X 1968 г. Магнитная активность минимальна с 20 по 28 X. Поле в области вспышек направлено на север

На рис. 2 показана серия вспышек 2 балла 19—24 X 1968 г. Как видно на рис. 2, все они наблюдались в области, где меридиональная компонента магнитного поля направлена на север. При этом, как видно из приведенного на рис. 2 хода магнитной активности, ни одна из указанных вспышек не вызвала на Земле магнитной бури.

Особенно интересная ситуация имела место в случае, представленном на рис. 3: вспышка 2 II 1969 г. также наблюдалась в области, где магнитное поле солнечных пятен направлено на север, и, следовательно, не должна давать геомагнитного эффекта. Тем не менее, через 2 суток после вспышки наблюдалось резкое уменьшение магнитной активности на Земле. Таким образом, поток плазмы, связанной с этой вспышкой, «погасил» бурю, вызванную предшествующей вспышкой. Однако этого и следовало ожидать. В самом деле, если вспышка может вытянуть магнитное поле активной области, не изменяя его направления в пространстве, вплоть до орбиты Земли, то наряду со случаями, когда вспышка вызывает бурю, должны существовать и случаи, когда поток плазмы от вспышки, связанной с полями северного направления, меняет конфигурацию магнитного поля в окрестностях Земли таким образом, что прекращает предшествующее геомагнитное возмущение.

Анализ 22 рассмотренных вспышек и связанных с ними геомагнитных эффектов показал, что во всех случаях, когда магнитное поле в области вспышки было направлено на юг, вспышки вызывали увеличение магнитной активности на Земле, и во всех случаях, когда это поле было направлено на север, вспышки либо не сопровождалось заметными геомагнитными эффектами, либо, как в только что рассмотренном случае, гасили предшествующие им возмущения.

Ленинградский государственный университет
им. А. А. Жданова

Поступило
18 IX 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ J. R. Ballif, D. R. Jones, J. Geophys. Res., 74, № 14, 3499 (1969). ² D. J. McLean, Austr. J. Phys., 12, 404 (1959). ³ P. Simon, Ann. Astrophys., 23, 102, (1960). ⁴ H. W. Babcock, H. D. Babcock, Astrophys. J., 121, 349 (1955). ⁵ Э. Р. Мустель, Н. В. Егоров, Сборн. Солнечная активность, Изд. АН СССР, 1, 1961. ⁶ D. H. Fairfield, L. J. Cahill, J. Geophys. Res., 71, № 1, 155 (1966). ⁷ J. M. Wilcox, K. H. Schatten, N. F. Ness, J. Geophys. Res., 72, № 1, 19 (1967). ⁸ C. Snyder, M. Neugebauer, Space Res., 4, 89 (1964). ⁹ А. Д. Чертков, The Efficiency of Solar Flares, докл. на XV Ассамблее IAGA, М., август, 1971. ¹⁰ J. M. Wilcox, Space Sci. Rev., 8, 258 (1968).

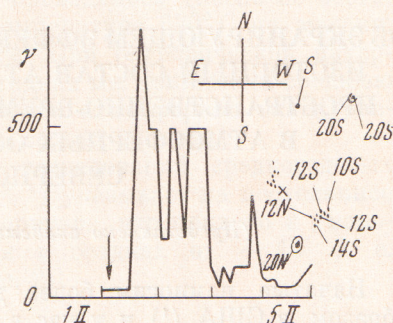


Рис. 3. Вспышка 2 II 1969 г., погасившая бурю на Земле. На Земле через двое суток после вспышки резко снизилась активность