

УДК 523.745

Связь магнитных потоков на видимой и обратной стороне Солнца

В.Н. Обридко, Н.С. Шилова

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Троицк

Поступила в редакцию 2 февраля 2007 г.

Аннотация. Исследуются изменения магнитного поля на видимой и обратной стороне Солнца. Показано, что моменты крупных рентгеновских вспышек (больше C2) на видимой стороне Солнца совпадают с увеличением яркости акустических антиподальных изображений фотосферы противоположной стороны Солнца. Однако есть случаи, позволяющие утверждать, что яркость акустического изображения сопоставима скорее с общей активностью области, чем, собственно, с возникновением вспышки балла X. А при малых яркостях акустических изображений – с быстрым изменением магнитного поля даже небольших пятен.

В настоящем кратком сообщении мы хотим обратить внимание на несколько неожиданный факт совпадения изменений магнитных потоков на наблюдаемой и обратной сторонах Солнца.

Данные исследований вспышек методом гелиосейсмологии (Жао и др., 2001; Меинер и Косовичев, 2002) в настоящее время ограничены крупными вспышками видимой стороны Солнца. В то же время в ИНТЕРНЕТ (Донеа и др., 1999) приводятся акустические изображения фотосферы противоположной стороны Солнца, начиная с августа 2000 года. К сожалению, изучаемые области должны находиться на расстоянии, не превышающем 45 градусов от лимба Солнца, и фиксация изображений происходит только в 00 и 12 часов каждого дня. Так что определить гелиокоординаты области на невидимой стороне Солнца невозможно. Тем не менее, изучение этих данных, как в спокойные, так и в активные дни, и сравнение их с явлениями на видимой поверхности Солнца, наблюдаемыми с Земли, по-видимому, могло бы дать дополнительные сведения о природе солнечной активности.

В доступных через ИНТЕРНЕТ данных (Донеа и др., 1999) малые интенсивности обозначены желтым цветом, затем, по мере усиления интенсивности, идут области оранжевые, красные и темно-красные. Более темные участки изображений соответствуют аккумуляции магнитного поля на поверхности обратной стороны Солнца.

Как было показано Браун и Линдсей (1999), звуковое изображение сложной активной области демонстрирует акустический звуковой нимб и звуковые возмущения, идущие от пятна. Этот нимб называют глори.

Анализ имеющихся данных показывает, что желтое изображение противоположной стороны Солнца есть практически всегда. Введем следующие обозначения яркости звуковых изображений на обратной стороне Солнца: I – оранжевая малая точка, II – более чем одна малая оранжевая точка, III – оранжевая площадка, IV – две или более оранжевых площадок, V – красная площадка, VI – несколько красных площадок. Такие события мы будем называть far-side brightenings (FSB). Оказалось, что достаточно мощные рентгеновские вспышки на видимой стороне Солнца совпадают с точностью до временного разрешения с FSB в

антиподальных точках на обратной стороне. Этого эффекта нет у слабых вспышек баллов В и менее С2. В таблице 1 приведено такое сопоставление для 15 вспышек балла Х. В четвертом столбце указаны время и яркость в нашей системе измерений.

Таблица 1. Связь появления рентгеновских вспышек балла Х на видимой стороне Солнца с яркостью звуковых изображений его противоположной стороны

Число	Балл вспышки	Интервал времени этой вспышки	Яркость звуковых изображений в этот день
3 апреля 2001	X1.2	0330–0400UT	–12–III, 00–0, 12–0
20 мая 2002	X2.1	1520–1530	00–V, 12–IV, 24–VI
20 июля 2002	X3.3	2100–2130	00–III, 12–III, 24–0
23 июля 2002	X4.8	0020–0030	–12–0, 00–0, 12–0
30 августа 2002	X1.5	1250–1330	00–VI, 12–VI, 24–VI
19 октября 2003	X1.1	1630–1650	00–I, 12–V, 24–III
23 октября 2003	X.5.4	1820–1840	00–V, 12–V, 24–V
	X1.1	1950–2000	
15 июля 2004	X1.8	0130–0140	00–V, 12–IV, 24–IV
	X1.6	1815–1820	
19 января 2005	X1.3	0800–0822	–12–III, 00–0, 12–0
20 января 2005	X7.1	0640–0700	00–VI, 12–VI
14 июля 2005	X1.2	1020–1100	00–II, 12–III
30 июля 2005	X1.3	0620–0700	00–V, 12–VI
7 сентября 2005	X17	1720–1740	00–0, 12–VI, 24–III
			VGVIII
9 сентября 2005	X6.2	1910–2000	
9 сентября 2005	X3.6	0940–1000	
9 сентября 2005	X1.1	0240–0300	00–vi, 12–00, 24–1
8 сентября 2005	X5.4	2100	00–II, 12–II, 24–VI

Согласно таблице 1 и построенным нами графикам, в день с такими вспышками звуковые изображения обратной стороны чаще всего показывают яркости, в наших условных единицах IV, V, VI. Временные интервалы совпадают, если можно говорить о совпадении при временном разрешении изображений обратной стороны 12 часов.

В двух случаях вспышка Х не сопровождалась увеличением интенсивности на обратной стороне. В эти дни в той же области, что и вспышка Х, происходили вспышки балла М и С более С2, после которых и наблюдалось FSB. Вероятно, это определяется тем, что FSB следует сопоставлять с деятельностью в этот день всей активной области, а не только с появлением в ней вспышки балла Х. Вспышка Х лишь отмечает возникновение на Солнце очень активной

области, на появление которой реагирует интенсивность акустического изображения оборотной стороны Солнца. Особенно наглядно это можно видеть по вспышкам 7 сентября 2005 г. В этот день произошла очень яркая вспышка X17 в 17–18 UT, а FSB было отмечено в 12 UT в районе появления вспышки C9.6.

Вспышки баллов M и C больше C2 без X могут как дать FSB, обычно меньшее IV, так и не проявляться в яркости обратной стороны Солнца.

Рассмотрим период в глубоком минимуме активности – январь–март 2006 года. Изображения обратной стороны в большинстве случаев желтого цвета, но иногда появляются в них небольшие оранжевые участки. Эти моменты были связаны с возникновением новых групп пятен на видимой прилиम्бовой поверхности или их исчезновением. Группы пятен были очень малы, редко их площадь достигала 100 м. д. п., но динамика их появления была высока. При этом FSB происходит не в день их появления, а только на следующий день. Так, 10 февраля появилась группа 0853, 11 февраля изображение обратной стороны стало иметь яркость III. 28 февраля появилась группа 0856, уярчение 28 февраля составило I, 1 марта – II, 2 марта – III. Динамика этой группы была любопытна: она исчезла 2 марта, появилась 5 марта и вновь исчезла 10 марта. Исчезновение 2 марта дало FSB 3 марта с яркостью IV. Исчезновение 10 марта сопровождалось уярчением FSB яркости I, а на следующий день, 11 марта, – яркость II. 15 марта появились группы 0859 и 0860, что дало уярчение III 16 марта. И еще один случай – 29 марта появилась группа 0865. FSB 28, 29 марта было V, поскольку группа была необычно сильна для марта 2006, максимум ее площади составил 0620 м. д. п. 5 апреля. 30 марта появилась группа 0866, что дало FSB 31 марта IV.

Отметим, что активности в H α в январе–марте 2006 не было совсем, только субвспышка C 4–5 января. На диске в этой длине волны наблюдались лишь слабые флоккулы и волокна.

Таким образом, изменения магнитного потока при появлении и исчезновении пятен и возникновении крупных активных областей на видимой с Земли поверхности, по-видимому, сопровождаются изменением яркости участков звукового изображения на обратной стороне Солнца. Наши рассуждения показали, что крупный выход поля на видимой поверхности Солнца сопровождается крупным выходом поля на его оборотной стороне.

На первый взгляд, связь событий на противоположных сторонах Солнца кажется весьма удивительной. Следует, однако, напомнить, что еще в 80-х годах прошлого века Огирь (1980) показала коррелированность яркостей флоккулов на расстояниях, сравнимых с радиусом Солнца. Сегодня мы знаем, что организация деятельности Солнца выходит далеко за пределы одной активной области. Корональные выбросы массы часто охватывают весь видимый диск Солнца. Бадалян и др. (2005) отметили одновременное увеличение яркости короны на антиподальных долготах. Наконец, хорошо всем известное явление двухсекторной структуры также указывает на повышенную активность в антиподальных секторах.

Появление работ по гелиосейсмологии поставило вопрос о природе процессов, происходящих в ядре Солнца, общности природы нашей звезды с природой холодных, быстро вращающихся звезд. При этом исследования явлений на поверхности Солнца уже стали давать сведения о глубинных процессах. Так, изучение Косовичевым (2006) сейсмических явлений на видимой поверхности, связанных со вспышками, так называемых солнечных трясений, показало, что их возникновение обусловлено не распространением звуковых волн по солнечной поверхности, а их следованием через глубокие слои звезды. При этом назывались глубины порядка 120 Мм и скорости до 100 км в секунду. Появлялись сейсмические возмущения через 20–30 минут после вспышки. При такой скорости за полчаса эти волны могли проходить расстояние 1.8 Мм, т. е. более четверти радиуса Солнца. Если учесть известный в гелиосейсмологии факт, что внутри Солнца скорость волн должна расти с глубиной вдоль радиуса, по крайней мере вблизи экватора (Корбард и Томпсон, 2002), то квазиодновременность выхода волн с обоих концов солнечного диаметра уже не покажется столь невероятной. Важность

подфотосферных потоков показана в настоящее время также для динамики не только вспышек, но и активных областей (Хейбер и др., 2004).

Как было отмечено, координаты событий оборотной стороны, использованных в нашей таблице, не даны. Однако существуют изображения оборотной стороны Солнца во время прохождения по видимому диску области 10808 в сентябре 2005 года, на которых хорошо видна линия солнечного лимба, и можно оценить координаты области (Гонзалес Хернандес, 2006). Автор этого сообщения заметила, что на оборотной стороне область появилась заметно раньше, чем на видимой. Область была очень активной, со множеством вспышек. Уже при ее появлении на видимом восточном лимбе градусов на 10 южнее экватора она дала вспышку X17. В дни получения на оборотной стороне изображения области 10808 (30 августа – 7 сентября) на видимом диске находились довольно крупные области 10805 и 10806. Они располагались по соседству друг с другом к югу от экватора на 10–30 градусов. На видимом диске была два дня еще очень малая область 10803, которая исчезла к 1-му сентября. Ее мы не учитываем. Оказывается, что различие абсолютных долгот области 10808 оборотной стороны и областей 10806, 10805 видимой стороны было в диапазоне 190–160 градусов.

Наша работа позволяет сделать принципиальное утверждение: выход магнитного потока из глубин с одной стороны солнечного диаметра сопровождается в тот же день выходом потока с другой стороны этого диаметра и соответствующим увеличением активности.

Работа сделана при поддержке фонда фундаментальных исследований РАН, грант 06–02–16424

Литература

- Бадалян О.Г., Обридко В.Н., Сикора // Астрон. журн. 2005. Т. 82. N. 6. С. 535.
Браун и Линдсей (Braun D.C., Lindsey C.) // *Astroph. J.* 1999. V. 513. issue 1. P. L. 79–L82.
Гонзалес Хернандес (Gonzalez Hernandez I.) // Preprint 2006. Meridional circulation variability from large aperture ring diagrams analysis of GONG and MDI data. irenegh@nso.edu
Донеа и др. (Donea A.C., Braun D.C., Lindsey C.) // *Astroph. J.* 1999. V. 513. issue 2. P. L143–L146.
Жао (Zhao Z., Kosovichev A.G., Duvall T.L., Jr.) // *Astroph. J.* 2001. V. 557. P. 384.
Косовичев (Kosovichev A.G.) // *Solar Phys.* 2006. V. 238. N. 1. P. 1–11.
Корбард и Томпсон (Corbard T. and Thompson M.J.) // *Solar Phys.* 2002. V. 205. N. 2. P. 211.
Менер и Косовичев (Meuner N. and Kosovichev A.) // Proc. SOLMAG “Magnetic coupling of the solar atmosphere”. Euroconference and IAU colloq. 188. Santorini. Greece. 11–15 June. 2002.
Огирь М.Б. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1980. V. 62. P. 131.
Хейбер и др (D.A. Haber, B.W. Hindman, J. Toomre and M.J. Thompson) // *Solar Phys.* 2004. V. 220. N. 2. P. 371.