

I+V профилей, и положения их максимумов по длине волны могут быть различными.

На рис.2 приводятся профили I+V для случая, когда температурное распределение изменялось на величину $-ax$ с коэффициентами 0,09 и 0,12. Мы видим, что есть та же тенденция – сохранение обычной формы I+V профиля для значений поправочных коэффициентов $< 0,1$ и значительные искажения профиля линии при больших значениях коэффициентов. И в первом и во втором случае значения коэффициентов $\leq 0,1$ означают, что основной вклад в эквивалентную ширину дают слои фотосферы с оптическими глубинами 0–0,1.

В дальнейшем планируется систематическое исследование изменения эквивалентной ширины и профилей Стокса, а также аналогичный анализ для случая, когда отклонения от существующих моделей определяются зависимостями другого вида.

Работа выполнена при поддержке Программы N 16 Президиума РАН и грантов ДВО РАН 09–I–П7–01, 09–II–СО_02–002 и 09–III–А–02–49.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов А.В., Вяльшин Г.Ф., Сурков Э.П. Поведение магнитного поля и лучевых скоростей в пятне во время дробления // Солнечные данные. 1972. № 4. С. 91-97.
2. Баранов А.В., Баранова Н.Н. Влияние температурного распределения в солнечной атмосфере на зависимость измеряемой напряженности магнитного поля от эквивалентной ширины линий // Глобальные вариации Солнца и физика активных областей. Владивосток: Дальнаука. 1993. С. 30-54.
3. Вяльшин Г.Ф. О быстрых изменениях магнитных полей солнечных пятен // Солнечные данные. 1960. № 10. С.
4. Вяльшин Г.Ф. Измерение магнитных полей солнечных пятен // Автореферат дис-сертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Ленинград. 1960. с.8.
5. Лозицкая Н. И., Лозицкий В.Г., Редченко Д.О. Быстрые изменения магнитного поля в солнечных пятнах // Известия КрАО. 2008. № 104. С.27-27.
6. Brunckow K., Grotrian W. Uber die zeitliche Anderung der magnetischen Feldstärke von Sonnenflecken im Laufe eines Tages // Z. Astrophys. 1949. V. 26. P. 313-324.
7. Grotrian W., Künzel H. Statistische Untersuchung der täglichen Anderung der magnetischen Feldstärke von Sonnenflecken // Z. Astrophys. 1949. V. 26. P. 325-336.

А.В. Баранов, Л.Ф. Лазарева

ЛУЧЕВЫЕ СКОРОСТИ, НАЙДЕННЫЕ ПО МАГНИТОАКТИВНЫМ ЛИНИЯМ, В СПЕКТРЕ СОЛНЕЧНОГО ПЯТНА

В работах [1,2] мы анализировали профили круговой поляризации (r_v -профили) и остаточные интенсивности (r_l -профили) ряда магнитоактивных линий в диапазоне $\lambda\lambda$ 6213 -6337 ÅÅ в спектре солнечного пятна группы 289 СД от 03.08.89 г [1].

Найдены следующие особенности – неантисимметричный r_v -профиль и почти симметричный r_l -профиль в участке полутени ближе к лимбу, а также симметричный r_v -профиль и несимметричный r_l -профиль в участке полутени ближе к центру диска.

Совокупность наблюдательных данных позволяет предполагать, что в полутени пятна присутствует компонент с небольшим магнитным полем и значительными лучевыми скоростями. Методика определения лучевых скоростей по профилям Стокса линий подробно описана в наших работах [1,2].

Во время анализа профилей выяснилось, что наиболее надежной является картина, получаемая по триплетным линиям FeI $\lambda\lambda$ 6270,2 и 6302 ÅÅ. При этом, широко применяемая в магнитных измерениях линия FeI λ 6302,5 Å дает надежные результаты из-за хорошей точности определения r_v -профилей. Линия FeI λ 6270,2 Å удобна для определения лучевой скорости за счет того, что ее профиль интенсивности в пятне и полутени является достаточно узким для того, чтобы в результате наблюдаемого в пятне доплеровского смещения искомая часть фиолетового профиля проявлялась в ее крыле. Наиболее сложным является определение характеристик профилей Стокса для сложных линий с $1,0 \leq g \leq 1,4$. Основной причиной трудности является то, что максимум искажений профилей Стокса приходится на участок наибольшей крутизны профилей интенсивности используемых линий, что может приводить к заметным

ошибкам в анализе профилей. Напомним, что и эти линии также показывают выраженную фиолетовую асимметрию.

Для каждой из двух указанных линий на двух спектрограммах наилучшего качества за 3.08.89 г. выполнено по 16 разрезов поперек дисперсии с шагом 16 пикселей, что составляет 1,87", или 1,36 тыс.км. Вдоль дисперсии 1 пиксел составляет 4,56 mÅ.

Помимо методов, описанных в [1,2] нами использованы следующие обстоятельства. Линия FeI λ 6270,2 Å имеет сравнительно небольшую эквивалентную ширину (46 mÅ в фотосфере) простую структуру расщепления и фактор Ланде $g=0,5$ и, в итоге, показывает, что фиолетовое крыло линии имеет явно большую глубину, чем красное. Поэтому обработка профилей этой линии велась по следующей схеме. По ядру линии, в области $>0,5$ от глубины линии находился ее центр. Красное крыло, где нет заметных искажений, симметрично отображалось в фиолетовое крыло линии. Разница между наблюдаемой частью профиля и построенной в результате симметризации профиля линии позволяет в этом случае построить некоторую «добавку», искажающую ее фиолетовое крыло. Для этой линии подобный метод является основным.

Линия FeI λ 6302,5 Å ввиду ее большого расщепления имеет искажения, почти совпадающие по длине волны с фиолетовым σ -компонентом (часто ближе к центру линии) и – в итоге – практически неискаженное красное крыло.

Возможны следующие варианты анализа.

1. Берем точки профиля с одинаковой остаточной интенсивностью в крыльях линии, близкие к уровню непрерывного спектра. Некоторым ограничением здесь является взаимное наложение далеких крыльев данной линии и линии атомарного кислорода O_2 6302,771 Å, часто используемая как репер при измерениях по линии FeI λ 6302,5 Å. Середина расстояния между этими точками принимается за центр линии

2. За центр линии принималась точка в которой профиль круговой поляризации (r_v -профиль) равен нулю, и симметризация линии с последующим выделением фиолетового компонента проводилась относительно нее.

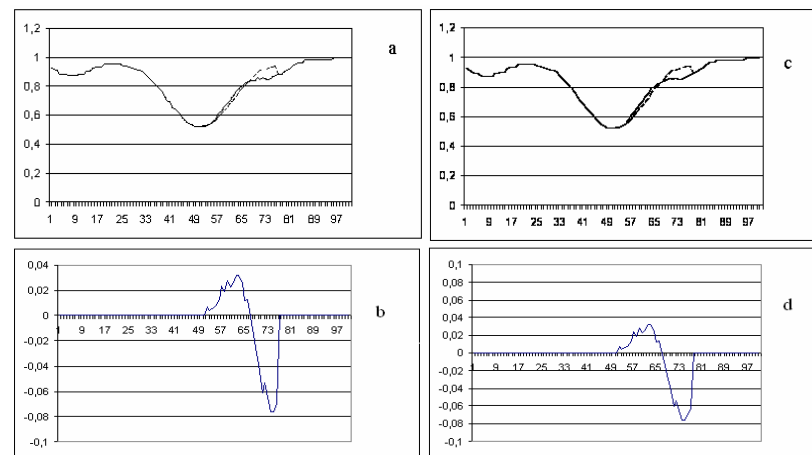


Рис.1. На рисунках а и с сплошной линией даны наблюдаемые профили интенсивности, пунктиром приводятся профили после симметризации. Пояснения даны в тексте

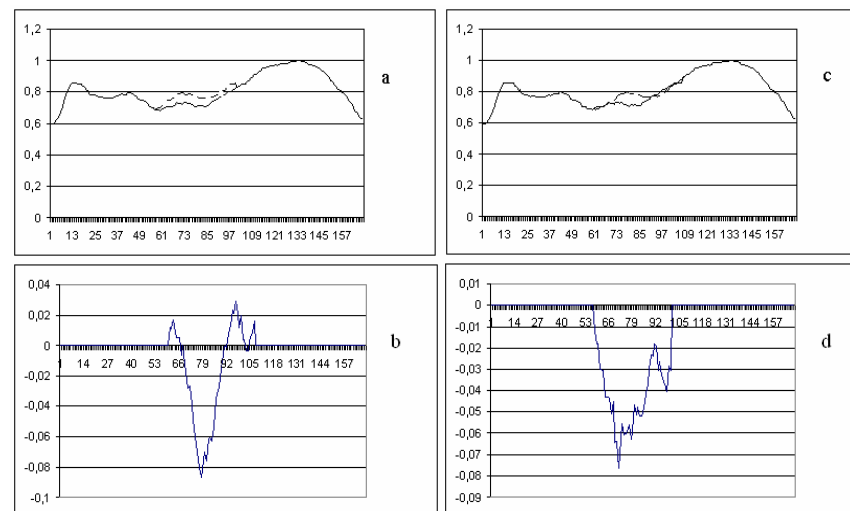


Рис. 2. Обозначения те же, что на рис.1. Пояснения даны в тексте

3. За центр линии при симметризации принималась точка, находящаяся на середине расстояния между пиками γ_v -профиля.

Сравнение описанных выше способов показывает, что они, за редкими исключениями, связанными со значительными искажениями γ_v -профиля в отдельных частях полутени, показывают количественно близкую картину. В итоге, после сравнительного анализа, мы остановились на первом методе, как менее подверженном влиянию инструментальной поляризации, в той или иной мере искажающей форму γ_v -профиля.

При этом количественные различия в получаемых величинах лучевой скорости, как правило, не превышают величины 0,5 км/сек. Сказанное поясняют рис. 1 и 2, на которых приведены максимальные различия между профилями, проанализированными методами 1 и 3 для участка тени пятна, расположенного вблизи границы тень-полутень.

На рис.1 приведены профили интенсивности линии Fe I λ 6302,5 Å. Правый профиль (рис.1,а) рассчитан для первого варианта, когда центр линии определен по точкам профиля в крыльях линии. Приводится симметричный профиль и «добавка», создающая асимметрию. На рис1,б приведена разность между симметричным и асимметричным профилями, показывающая величину фиолетового смещения компонента, создающего асимметрию. Аналогичная ситуация показана на рис. 1,с,d. Здесь приведены аналогичные профили для случая, когда за центр линии принята середина расстояния между пиками профиля круговой поляризации в линии. На рис. 2 приведены соответствующие величины для линии FeI λ 6270,2 Å.

Итоги измерений сведены в табл.1–4, в которых величинами V1-V4 обозначены величины скоростей, следующие из анализа положений по длинам волн максимальных отклонений профилей интенсивности в синем крыле от симметричных относительно центра линии значений. Величинами D1-D4 обозначены отношения величины отклонений к глубине профиля интенсивности в данной точке линии. Значения D1-D4 показывают степень надежности того или иного измерения скорости.

Таблица 1

Линия FeI λ 6270,2 Å 4^h36^m

| № | V1 | D1 | V2 | D2 | V3 | D3 | V4 | D4 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | -1,3 | 0,09 | 3,7 | 0,10 | – | – | 6,8 | 0,07 |
| 2 | -1,1 | 0,04 | 2,4 | 0,08 | 5,0 | 0,10 | – | – |
| 3 | – | – | – | – | 4,4 | 0,16 | – | – |
| 4 | – | – | – | – | 4,8 | 0,17 | – | – |
| 5 | – | – | -2,2 | 0,07 | 5,2 | 0,17 | – | – |
| 6 | – | – | -2,0 | 0,10 | 5,0 | 0,09 | – | – |
| 7 | – | – | -2,4 | 0,15 | 5,0 | 0,09 | – | – |
| 8 | – | – | -3,1 | 0,11 | 5,2 | 0,09 | – | – |
| 9 | – | – | -2,4 | 0,17 | 5,0 | 0,06 | – | – |
| 10 | – | – | -2,0 | 0,10 | 5,0 | 0,08 | – | – |
| 11 | – | – | -2,4 | 0,10 | -5,0 | 0,02 | -6,5 | 0,03 |
| 12 | – | – | -2,4 | 0,16 | – | – | -7,0 | 0,08 |
| 13 | – | – | -2,4 | 0,12 | – | – | – | – |
| 14 | – | – | -2,6 | 0,15 | – | – | -7,0 | 0,08 |
| 15 | – | – | -3,3 | 0,12 | -4,8 | 0,06 | – | – |
| 16 | – | – | -3,1 | 0,15 | -4,6 | 0,13 | – | – |

Таблица 2

Линия FeI λ 6270,2 Å 4^h40^m

| № | V1 | D1 | V2 | D2 | V3 | D3 | V4 | D4 |
|----|------|------|------|------|-----|------|------|-------|
| 1 | – | – | 3,9 | 0,13 | – | – | – | – |
| 2 | – | – | 2,8 | 0,04 | – | – | – | – |
| 3 | – | – | – | – | 3,9 | 0,12 | – | – |
| 4 | – | – | – | – | 4,8 | 0,14 | – | – |
| 5 | – | – | – | – | 4,6 | 0,13 | – | – |
| 6 | – | – | – | – | 4,8 | 0,08 | – | – |
| 7 | – | – | -2,4 | 0,05 | 5,0 | 0,10 | – | – |
| 8 | – | – | – | – | 4,6 | 0,09 | – | – |
| 9 | – | – | -2,2 | 0,10 | 5,5 | 0,10 | – | – |
| 10 | -0,2 | 0,04 | -2,8 | 0,06 | 5,0 | 0,11 | – | – |
| 11 | – | – | -3,1 | 0,14 | – | – | – | – |
| 12 | – | – | -3,3 | 0,03 | 4,8 | 0,04 | -6,3 | 0,03? |
| 13 | – | – | 2,4 | 0,08 | – | – | -6,8 | 0,04? |
| 14 | – | – | -3,1 | 0,07 | – | – | -6,8 | 0,08 |
| 15 | – | – | – | – | 4,8 | 0,06 | – | – |
| 16 | – | – | -3,9 | 0,10 | – | – | – | – |

Таблица 3

Линия FeI λ 6302,5 Å $4^h 36^m$

| № | V1 | D1 | V2 | D2 | V3 | D3 | V4 | D4 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | – | – | 3,5 | 0,28 | – | – | – | – |
| 2 | – | – | 3,5 | 0,29 | – | – | – | – |
| 3 | -0,9 | 0,04 | 3,9 | 0,26 | – | – | -7,8 | 0,06 |
| 4 | – | – | 4,1 | 0,27 | – | – | – | – |
| 5 | -0,7 | 0,09 | 4,3 | 0,13 | – | – | – | – |
| 6 | -0,7 | 0,04 | 4,1 | 0,25 | – | – | 8,0 | 0,08 |
| 7 | -0,7 | 0,07 | 3,7 | 0,18 | – | – | -7,8 | 0,07 |
| 8 | – | – | 3,9 | 0,12 | – | – | -7,6 | 0,04 |
| 9 | -1,3 | 0,11 | 4,1 | 0,07 | 6,1 | 0,06 | -9,8 | 0,08 |
| 10 | -1,1 | 0,11 | 4,1 | 0,09 | – | – | -7,6 | 0,09 |
| 11 | -0,9 | 0,04 | 3,9 | 0,03 | -5,6 | 0,04 | 8,0 | 0,08 |
| 12 | 0,9 | 0,07 | 4,6 | 0,07 | – | – | -7,0 | 0,06 |
| 13 | – | – | -3,0 | 0,08 | 4,8 | 0,04 | -6,9 | 0,11 |
| 14 | 1,1 | 0,04 | -3,0 | 0,08 | 6,3 | 0,08 | – | – |
| 15 | – | – | -2,8 | 0,03 | – | – | -8,0 | 0,07 |
| 16 | 1,1 | 0,06 | – | 0,11 | -6,3 | 0,09 | – | – |

Таблица 4

Линия FeI λ 6302,5 Å $4^h 40^m$

| № | V1 | D1 | V2 | D2 | V3 | D3 | V4 | D4 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 1 | – | – | 3,3 | 0,17 | – | – | – | – |
| 2 | – | – | 3,5 | 0,19 | – | – | – | – |
| 3 | – | – | 3,3 | 0,23 | – | – | – | – |
| 4 | – | – | 3,3 | 0,27 | – | – | – | – |
| 5 | – | – | 4,1 | 0,31 | – | – | – | – |
| 6 | -1,1 | 0,04 | 3,9 | 0,28 | – | – | -8,0 | 0,06 |
| 7 | – | – | 3,7 | 0,36 | – | – | 9,1 | 0,10 |
| 8 | – | – | 3,5 | 0,20 | – | – | -7,2 | 0,06 |
| 9 | – | – | 3,3 | 0,13 | – | – | 8,7 | 0,11 |
| 10 | – | – | 3,7 | 0,07 | -4,1 | 0,03 | 8,9 | 0,13 |
| 11 | – | – | 3,9 | 0,12 | -6,5 | 0,03 | 8,7 | 0,07 |
| 12 | -0,9 | 0,07 | 4,1 | 0,07 | – | – | -8,5 | 0,07 |
| 13 | – | – | 4,6 | 0,04 | – | – | 9,5? | 0,04? |
| 14 | 1,1 | 0,04 | – | – | – | – | 9,3? | 0,03? |
| 15 | 1,1 | 0,07 | -3,7 | 0,08 | – | – | 8,5 | 0,05 |
| 16 | 1,1 | 0,04 | 3,3 | 0,06 | -5,6 | 0,07 | – | – |

Анализ профилей круговой поляризации и остаточных интенсивностей линий показывает, что в пятне есть компоненты с малым магнитным полем и большими лучевыми скоростями.

Рассмотрение профилей дает основания полагать, что есть несколько потоков вещества, искажающих профили линии FeI 627,0 нм. Первый локализован в основном в полутени и характеризуется скоростями опускания около 1 км/сек. Второй, наиболее интенсивный из всех, наблюдающийся дальше в крыле, имеет особенности, близкие к классическому эффекту Эвершеда, со скоростями 2,0-3,7 км/сек. Однако в участке полутени со стороны центра диска отмечен подъем, а в остальной части пятна, включая тень – опускание. Третий поток направлен в другую сторону и имеет характерные скорости подъема от 4,4 до 5,5 км/сек., но в полутени со стороны лимба отмечено опускание вещества с теми же скоростями. И, наконец, есть определенные указания на поток того же знака, что и эвершедовские движения, но имеющий скорости 6,5-7 км/сек, хотя и те же особенности, что и второй поток.

В линии FeI 630,2 нм первый поток имеет скорости опускания около 1 км/сек в большей части пятна, но со стороны лимба скорость имеет другой знак. Второй поток соответствует подъему вещества на большей части пятна и имеет характерные скорости от 2,8 до 4,6 км/сек, однако со стороны лимба в полутени отмечается опускание. Следующий поток проявляется слабее, но имеет, в основном, те же особенности, что и второй поток, в том числе и опускание в полутени со стороны лимба, и имеет скорости от 5 до 6,5 км/сек. Явно проявляется четвертый пик со скоростями от 7 до 9,8 км/сек, хотя в некоторых точках пятна скорость имеет обратный знак. Однако небольшие значения D не позволяют уверенно говорить об однозначном определении данного смещения по длине волн. Кроме того, надежность подобного анализа в далеком крыле низка из-за возможного влияния бленд и мелкомасштабных элементов с сильным магнитным полем.

Полученные результаты имеют непосредственную связь с рядом опубликованных в последнее время работ [6–13]. Так, в работе [12] отмечено, что солнечные пятна на поздних стадиях эволюции

обычно окружены кольцевыми рвами (областями, где наблюдаются систематические горизонтальные движения, направленные радиально от пятна). Эти течения рассматриваются как проявления подфотосферной конвекции.

В полутени обнаружены движущиеся внутрь магнитные усиления. Локальные усиления продольного магнитного поля во внутренней части полутени движутся внутрь к границе тень-полутень с радиальной скоростью около 0,3 км/сек. Подтверждено также наличие движущихся наружу магнитных усилений во внешней половине полутени [13].

В работе [6] изучена временная эволюция течений Эвершеда., а именно пакетов скорости, названных облаками Эвершеда (ОЭ). ОЭ появляются в средней полутени и распространяются наружу вдоль волокон, показывая большие сигналы линейной поляризации и усиливая течения Эвершеда. Линии, возникающие глубже в атмосфере, показывают большие доплеровские скорости, так же как и «спокойные» течения Эвершеда. ОЭ можно разделить на две группы: тип I, который исчезает во внешней полутени, и тип II, который пересекает внешнюю границу полутени и входит в ров солнечного пятна. Этими же авторами в [7] отмечено, что ОЭ отражают наиболее заметную вариацию течений Эвершеда в полутени солнечных пятен. Физическое моделирование позволило авторам предполагать, что результаты измерений свидетельствуют в пользу тонкой структуры полутени.

С помощью ИСЗ Hinode проведены наблюдения выхода мелкомасштабного магнитного потока в области рва солнечного пятна. Отмечено явление, когда выходящая трубка потока расширялась в стороны в фотосфере со скоростью 3,8 км/сек [9].

В работе [10] проанализирован полный спектр Стокса 51 точки тени, зарегистрированные спектрополяриметром ИСЗ Hinode в солнечном пятне вблизи центра диска. Исследовано пространственное распределение в полутени пятна с помощью панорамного регистратора с узкополосным фильтром на ИСЗ Hinode в линии FeI 630,2 нм на больших промежутках времени. Наблюдения показали наличие мелкомасштабных вытянутых биполярных магнитных

структур, которые появляются в средней полутени и радиально движутся наружу [10].

Проведены спектрополяриметрические измерения нескольких пор и окружающих областей, полученные на ИСЗ Hinode. Проанализирована асимметрия площади параметра круговой поляризации, подтверждено, что она подавлена в центре пор, в то время как большие положительные значения (голубая доля больше, чем красная) она показывает в окружающей площадке. Вариации от центра к лимбу асимметрии площади параметра круговой поляризации могут быть интерпретированы как систематическое втекание плазмы в магнитные концентрации из окружающей их среды [9].

Резюмируя приведенные выше результаты измерений лучевых скоростей в полутени, можно отметить, что картина движений очень сложна, что вполне согласуется с полученными нами результатами. Но проведенные нами измерения лучевых скоростей в центральной части пятна также указывают на значительные лучевые скорости и сложный характер их распределения.

В заключение следует отметить, что прямое сравнение найденных лучевых скоростей по указанным линиям вряд ли возможно. Линии имеют разную глубину образования и наличие градиента лучевой скорости по высоте, как это отмечено в классической схеме потока Эвершеда, может приводить к тому, что фактически нужно (осторожно!) сравнивать потоки в разных интервалах для разных линий, оценивая градиент скорости по высоте. Но очень большая неоднородность поля скоростей во всем пятне, по-видимому, очевидна. Важным моментом, отмеченным в данной работе, является наличие больших лучевых скоростей в тени солнечного пятна.

Авторы благодарны Н.Н.Барановой за помощь в обработке материала. Работа выполнена при поддержке Программы N 16 Президиума РАН и грантов ДВО РАН 09-I-P7-01, 09-II-CO_02-002, 09-III-A-02-49.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов А.В., Баранова Н. Н., Лазарева Л.Ф. Особенности кроссвер эффекта в полутени солнечного пятна и проблема его интерпретации. Солнечная активность и ее влияние на Землю. Владивосток: Дальнаука, 2008. Вып.11. С.13-

2. Баранов А.В., Баранова Н.Н., Лазарева Л.Ф. Анализ асимметрии профилей магнитоактивных в спектре солнечного пятна // Солнечная активность и ее влияние на Землю. Владивосток: Дальнаука, 2008. Вып. 11. С.24-35.

3. Брей Р., Лоухед Р. Солнечные пятна. М: Мир.1967. С.384.

4. Бумба В. Результаты исследования эффекта Эвершеда в одиночных солнечных пятнах // Изв. КраАО. Москва. Изд-во АН СССР, 1959, Том XXIII, С.253-276.

5. Обридо В.Н. Солнечные пятна и комплексы активности. М: Наука. 1985. С. 256.

6. Cabrera Solana D., Bellot Rubio L., Del Toro Iniesta J. Temporal evolution of the Evershed flow in sunspots. 1. Observational characterization of Evershed clouds // Astron. and Astrophys. 2007. V.475, № 3. P.1067-1079

7. Cabrera Solana D., Bellot Rubio, L., Borrero J.M., Del Toro Iniesta J. Temporal evolution of the Evershed flow in sunspots. Physical properties and nature of Evershed clouds // Astron. and Astrophys. 2008. V.477, № 1. P.273-283.

8. Morinaga Shuji et. al. Center-to-limb variation of Stokes V-asymmetries in solar pores observed with the Hinode spectro-polarimeter // Publ. Astron. Soc. Jap. 2007. v.59. P.613-617

9. Otsuji Kenichi et. al. Small-scale magnetic-flux emergence observed with Hinode Solar Optical Telescope // Publ. Astron. Soc. Jap. 2007. V.59. P.649-654

10. Rieethmuller T. L., Solanki S. K., Lagg A..Stratification of sunspot umbral dots from inversion of Stokes profiles recorded by Hinode // Astrophys. J. 2008. V.678. № 2. Part 2. P.157-160.

11. Sainz Dalda A., Bellot Rubio L., Detection seaserpent field lines in sunspot penumbrae// Astron. and Astrophys. 2008. V.481, № 1. P. L.21-L24

12. Sobotka M., Roudier T. Properties of sunspot moats derive from horizontal motions // Astron. and Astrophys. 2007. V.472, № 1. P.277-282.

13. Zang J., Solanki S. K., Woch J. Discovery of inward moving magnetic enhancements in sunspot penumbrae // Astron. and Astrophys. 2007. V.475, № 2. P.695-700.

ФЛУКТУАЦИИ НАПРАВЛЕНИЯ ВЕКТОРА МЕЖ-ПЛАНЕТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ, СВЯЗАННЫЕ С АЛЬВЕНОВСКИМИ ВОЛНАМИ БОЛЬШОЙ АМПЛИТУДЫ

Хорошо известно, что межпланетное магнитное поле (ММП) подвержено флуктуациям, амплитуда которых сравнима с его регулярной составляющей [5,6,8]. Эти флуктуации содержат поперечную (по отношению к невозмущенному магнитному полю) компоненту, вызывающую значительные вариации направления ММП. Статистика угловых распределений ММП исследовалась в ряде работ, хотя полученные результаты не всегда согласуются. Так, в [2] не было найдено связи между колебаниями направления ММП, происходящими в разных плоскостях, а также существенных вариаций углового распределения магнитного поля с фазой солнечного цикла. Однако в статье [7] показано, что вблизи минимумов солнечной активности имеет место корреляция между флуктуациями ММП, происходящими в азимутальной и меридиональной плоскостях гелиосферы. При этом знак корреляции оказался зависящим от направления радиальной компоненты ММП и ориентации дипольного магнитного поля Солнца. Обнаруженные в [7] факты свидетельствуют о том, что изучение угловых распределений ММП далеко не закончено и обещает дать новые интересные результаты относительно физических процессов в гелиосфере, а также их связи с процессами на Солнце.

В настоящей работе использованы измерения вектора ММП на околоземных орбитах в 1965–2008 гг., собранные в хорошо известной базе данных OMNI-2 [9]. Среднечасовые значения компонент вектора магнитного поля \mathbf{V} даны в системе отсчета RTN (орт \mathbf{R} направлен радиально от Солнца, $\mathbf{T}=[\mathbf{W},\mathbf{R}]$, $\mathbf{N}=[\mathbf{R},\mathbf{T}]$, где \mathbf{W} – единичный вектор, параллельный солнечной оси вращения). При усреднении данных за год можно считать, что плоскость RT совпадает с плоскостью гелиоэкватора. Направление ММП принято описывать