

периодичностью ~ 60 лет (за последние 400 лет этот период составил 57 лет), при этом отклонения глобальных температур от средней величины за последние 10 000 лет (современная межледниковая эпоха – голоцен) не превышали, как правило, 1°C. Небезынтересно напомнить, особенно тем, кто усиленно пропагандирует и кто верует в безудержное и катастрофическое глобальное потепление, что на предыдущей фазе похолодания (1940–1970 гг.) прогнозировалось опасное похолодание...

5. Успешное прогнозирование будущего климата Земли возможно только при всестороннем учете воздействия Солнца на нашу планету.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баширцев В.С., Машинич Г.П.* Связь климата Иркутска с солнечной активностью // Межд. конференция «Солнечная активность и ее земные проявления», 25-29 сентября 2000. Иркутск. 2000. Тез. докл., С. 64.
2. *Баширцев В.С., Машинич Г.П.* Ожидает ли нас глобальное потепление в ближайшие годы? // Геомagnetизм и аэрономия. 2003. т. 43, №1, С. 132-135.
3. *Баширцев В.С., Машинич Г.П.* Переменность Солнца и климат Земли // Солнечно-земная физика. 2004. № 6, С.135-137.
4. *Баширцев В.С., Машинич Г.П.* Солнечная активность и изменения климата Земли // Солнечно-земная физика. 2005. № 8, С.179-181.
5. *Израэль Ю.А., Груза Г.В., Катцов В.М., Мелешко В.П.* Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий // Метеорология и гидрология. 2001. №5, С. 5-21.
6. Солнечно-атмосферные связи в теории климата и прогнозах погоды // Под ред. Мустеля Э.Р. Гидрометеоздат, Ленинград, 1974. Труды 1-го Всесоюзного совещания 30 октября – 1 ноября 1972 г.
7. *Сорохтин О.Г., Ушаков С.А.* Природа парникового эффекта // Вестник МГУ. 1996. сер.5, География, №5, С.27-37.
8. *Чистяков В.Ф.* О структуре вековых циклов солнечной активности // Солнечная активность и ее влияние на Землю. Владивосток: Дальнаука, 1996. С.98-105.
9. *Friis-Christensen E., Lassen K.* Length of the solar cycle: an indicator of solar activity closely associated with climate // Science 1991, v. 254, N5032, P.698 – 700.
10. IPCC Third Assessment Report v.1. Climate Change 2001. The Scientific Basis. Cambridge Univ. Press, 2001, P.881.
11. *Reid G.C.* Solar variability and the Earth's climate: introduction and overview // Eds. by E.Friis-Christensen, C.Fröhlich, J.D.Haigh, M. Schüssler and R. von Staiger. Kluwer Academy Publ., 2000, v.11, P.1-11 (Space Science Series of ISSI).

В. М. Григорьев, Л. В. Ермакова*, И. И. Салахутдинова*,
А. И. Хлыстова**

ДИНАМИКА МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ В АКТИВНОЙ ОБЛАСТИ NOAA 10488 НА СТАДИИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Изучались изменения магнитного поля и поля скоростей в фотосфере на ранней стадии развития мощной биполярной активной области NOAA 10488. Использовались магнитограммы продольного магнитного поля, доплерограммы и изображения в континууме, полученные на SOHO MDI. Данные по магнитному полю и лучевым скоростям имеют временное разрешение 1 мин. Продольное магнитное поле активной области появилось в фотосфере 26 октября 2003 г. в 09:07–09:09 UT. Лучевые скорости анализировались в промежутке времени 06:00–14:00 UT, магнитное поле – с 06:00 UT 26 октября до 03:00 UT 27 октября. Получены следующие результаты.

За 6–8 минут до появления продольного магнитного поля в фотосфере начался подъём вещества со скоростью, превышающей скорость подъёма в супергрануле. Скорость продолжала расти в течение 20 мин (см. *рис. 1*), после чего стала уменьшаться (и через три часа сравнялась с супергранульной). Максимальное значение скорости подъёма составило 2 км/с. опережение подъёма вещества по сравнению со временем появления в фотосфере продольного магнитного поля активной области говорит о выходе горизонтального магнитного поля, расположенного в вершине поднимающейся магнитной петли.

Область подъёма расширялась по мере выхода нового магнитного потока в течение двух часов, её окружала зона опускания. Максимальный размер составлял около 40 дуг сек. По перечисленным характеристикам имеется сходство с конвективной ячейкой –

* Институт солнечно-земной физики СО РАН, 664033 Иркутск, а/я 4026

супегранулой. Однако данная ячейка, по-видимому, образуется при подъеме петли магнитного поля и сопровождает ее до выхода на поверхность. Zwaan [3] отмечал, что поднимающаяся петля потока может создать конвективный пузырь. Позднее такая упорядоченная картина нарушилась. Область подъёма раздробилась, в «дырках» началось опускание вещества. Возможно, направление движений теперь связано с конкретными магнитными структурами.

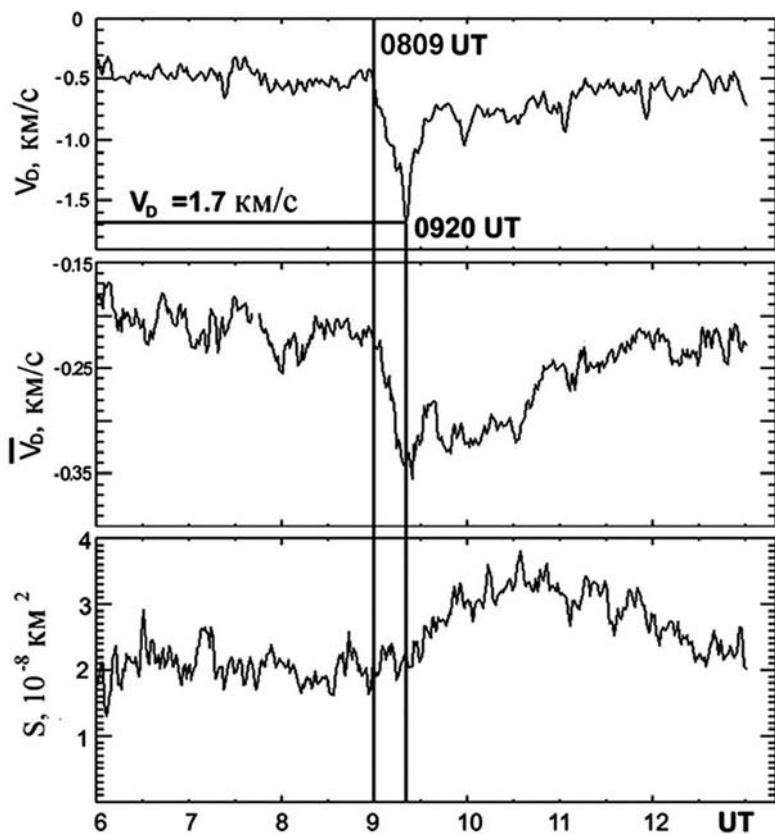


Рис. 1. Динамика доплеровских скоростей в области выхода магнитного потока: верхний график – максимальная доплеровская скорость, средний – средняя скорость внутри изолинии -100 м/с, нижний – площадь, ограниченная изолинией -100 м/с

Спустя три часа после начала выхода первичного магнитного потока новое поле стало появляться к востоку от места первичного выхода. В поле скоростей, на этот раз, не было столь ярких проявлений, как в первом случае.

Распределение магнитного поля в рассматриваемый период характеризуется высокой степенью неоднородности, часто соседствуют элементы поля противоположных полярностей. В динамике магнитного поля отмечаются «втекания» магнитных элементов в более крупные холмы поля соответствующей полярности и гашения магнитных элементов противоположной полярности. Особый интерес представляют случаи гашения отрицательного магнитного потока величиной в 10^{20} Мкс на положительном поле образующегося ведущего пятна. При этом, полное исчезновение гасящегося элемента отрицательной полярности сопровождается объединением прилегающих структур поля положительной полярности. Это приводит к образованию более однородной и ярко выраженной единой структуры поля ведущего пятна. Поле постепенно концентрируется на границах области. Линия раздела полярностей, сначала параллельная экватору, в конце дня слегка наклонена к меридиану. Получился треугольник: западная сторона – головная полярность, две другие – хвостовая (рис. 2). Внутри множество мелких холмов поля обеих полярностей, расположенных в виде дорожек. Несмотря на сложность картины, идёт формирование биполярной группы пятен.

По нашему мнению, описанная картина согласуется с моделью Strous, Zwaan [2]: всплывающее магнитное поле представляет собой ряд слабо искривлённых почти параллельных слоёв. В каждом слое масса волнообразных трубок потока плывёт вверх. В результате этого и наблюдается тесное соседство магнитных полей противоположных полярностей. В соответствии с этой моделью структура трубки потока, образующей рассматриваемую активную область, показана на рис. 3. Укрупнение магнитных структур формирующегося головного пятна, сопровождающее выше упомянутое гашение поля хвостовой полярности, связано с продолжающимся подъёмом трубки потока.

Для получения количественных оценок развития магнитного поля мы применили метод структурных функций, в отдельности для

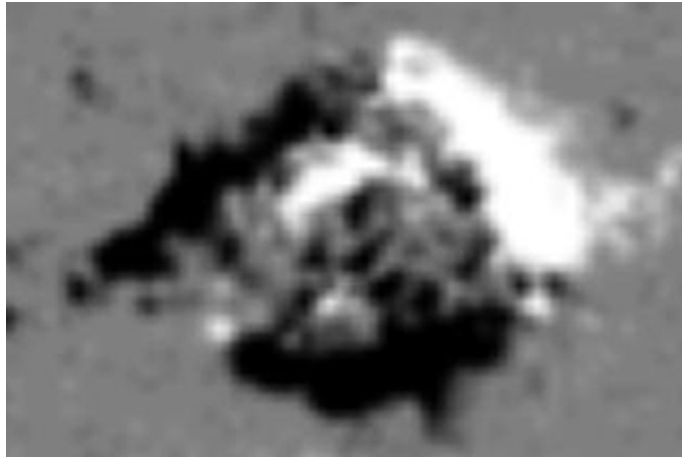


Рис.2. Фрагмент магнитограммы SOHO MDI, полученной 27 октября 02:31 UT, запад – справа, север – сверху

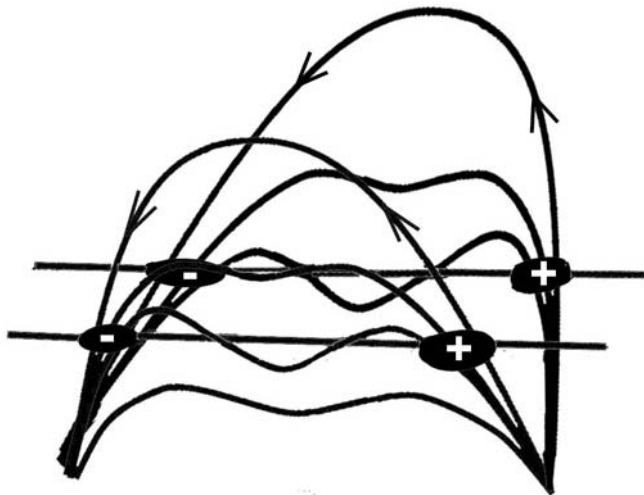


Рис.3. Предполагаемая структура трубки магнитного потока, образующей рассматриваемую активную область

головной (+) и хвостовой (-) полярностей. Расчёты проводились по методу Абраменко [1].

$$S_q(r) = \langle |B_{II}(x) - B_{II}(x+r)|^q \rangle \sim r^{\zeta(q)},$$

$$h(q) = d\zeta / dq,$$

где $S_q(r)$ – структурная функция порядка q , $\zeta(q)$ и $h(q)$ – скейлинговые параметры.

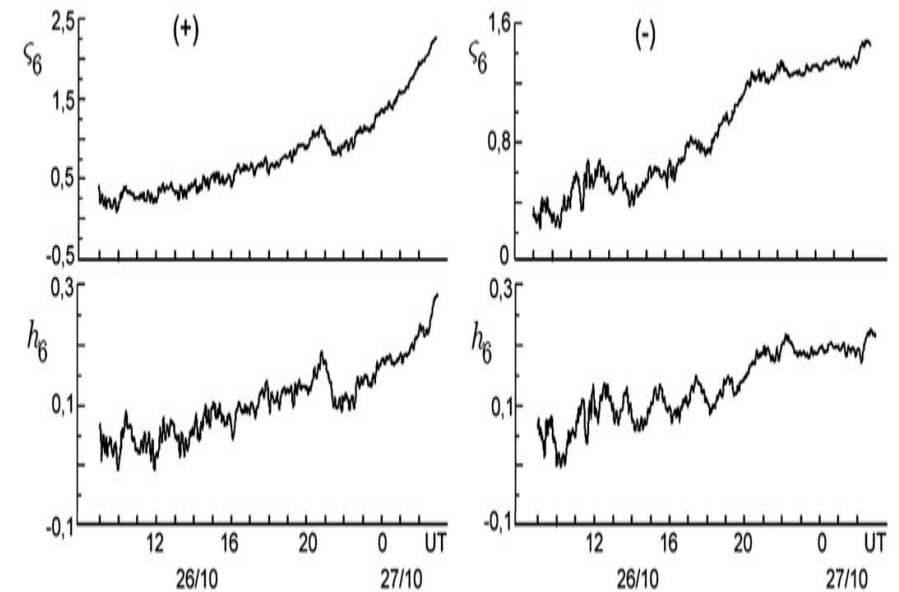


Рис. 4. Изменение во времени скейлинговых параметров $\zeta(q)$ и $h(q)$ для $q=6$

Обнаружены различия во временном поведении структурных функций различных полярностей. На рис. 4 приведены скейлинговые параметры для $q = 6$ (при таком значении q анализируются относительно сильные магнитные поля). Видно, что для поля головной полярности ζ_6 и h_6 монотонно изменяются в течение суток

от величин, характерных для спокойной фотосферы, до величин, характерных для развитой области. Иная картина для поля хвостовой полярности: на фоне аналогичной тенденции существуют значимые флуктуации рассматриваемых параметров. Это указывает на значительную фрагментарность выходящего магнитного поля хвостовой полярности.

В заключение перечислим основные результаты.

1. Обнаружено существование области усиленного подъёма вещества в фотосфере при прохождении через неё вершины петли магнитного потока, образующей активную область. Размер её достигает 30000 км. Максимальная скорость подъёма 2 км/с. Время жизни ~2 часа.

2. Подтверждена волнообразная форма трубок потока во всплывающей петле при пересечении ими фотосферы.

3. Методом структурного анализа показано наличие более высокой структурированности поля хвостовой полярности по сравнению с головной на стадии формирования активной области.

Полученные данные дополняют и развивают современную картину возникновения активных областей.

Авторы благодарны команде SOHO/MDI за возможность доступа к базам данных по сети Интернет. Работа выполнена при поддержке грантов господдержки ведущих научных школ РФ НШ-4741.2006.2, интеграционного проекта СО РАН и ДВО РАН и программы Президиума РАН “Солнечная активность и физические процессы в системе Солнце-Земля”.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абраменко В. МГД-турбулентность в областях на Солнце с различным уровнем вспыхивающей активности // Астрон. Журнал. 2002. Т. 79, № 2. С.182-192.
2. Strous L. H., Zwaan C. Phenomena in an emerging active region. II. Properties of the dynamic small-scale structure // The Astrophysical Journal. 1999. V. 527, № 1. P. 435-444.
3. Zwaan C. The emergence of magnetic flux // Solar Phys. 1985. V. 100, № 2. P. 397-414.

Д.В. Ерофеев

ГЕОМЕТРИЯ СИЛОВЫХ ЛИНИЙ ММП В МЕРИДИОНАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ ГЕЛИОСФЕРЫ

ВВЕДЕНИЕ

Меридиональная компонента межпланетного магнитного поля B_θ , как и другие компоненты ММП, содержит регулярную и флуктуационную составляющие. Однако регулярная составляющая B_θ в среднем мала по сравнению с флуктуационной, поэтому выводы о регулярной геометрии ММП в меридиональной плоскости можно сделать только на основе статистического анализа данных, охватывающих большой интервал времени. Хорошо известно, что измерения на околоземных орбитах показывают наличие слабой линейной корреляции между радиальной и меридиональной компонентами ММП, которая изменяется в течение года при изменении гелиографической широты Земли [1,2]. Этот сезонный ход корреляции можно объяснить небольшой сверхрадиальной расходимостью силовых линий ММП относительно гелиографического экватора.

Структура ММП определяется главным образом дипольной составляющей крупномасштабного магнитного поля Солнца (которая далее для краткости именуется «солнечным диполем»), причём из-за наклона диполя к оси вращения Солнца «гелиомагнитный» экватор не совпадает с гелиографическим. Можно ожидать, что силовые линии ММП обладают симметрией по отношению именно к «магнитному экватору» гелиосферы, который следует отождествить с поверхностью $B_r=0$, то есть с гелиосферным токовым слоем (ГТС) [7]. Действительно, по крайней мере в периоды, близкие к минимумам солнечного цикла, меридиональная компонента ММП имеет регулярную составляющую, которая симметрична относительно ГТС и изменяет направление в зависимости от ориентации солнечного диполя [3]. Поведение этой регулярной составляющей, очевидно, от