ПОТОКИ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ФОТОСФЕРЕ СОЛНЦА

Вернова Е.С.¹, Тясто М.И.¹, Баранов Д.Г.²

¹Санкт-Петербургский филиал ИЗМИРАН, Санкт-Петербург, Россия

²Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

FLOWS OF MAGNETIC FIELD IN THE SUN'S PHOTOSPHERE

Vernova E.S.¹, Tyasto M.I.¹, Baranov D.G.²

¹IZMIRAN, St. Petersburg Filial, St. Petersburg, Russia

²A.F. Ioffe Physical-Technical Institute, St. Petersburg, Russia

Synoptic maps of the photospheric magnetic field (NSO Kitt Peak, 1976–2016) were used to construct a time-latitude diagram. To stress weak magnetic fields in each synoptic map, only pixels with a field strength of $|B| \leq 5$ G were left unchanged, while fields $B > 5$ G and $B < -5$ G were replaced by limits of $+5$ G or -5 G, respectively, which reduced the influence of strong fields. The modified synoptic maps were used to plot the time-latitude diagram. Due to this transformation, the time-latitude diagram clearly shows the distribution of weak magnetic fields over the surface of the Sun. The diagram displays inclined bands associated with flows of magnetic fields of alternating polarity drifting from the equator to the poles of the Sun. The rate of meridional drift of magnetic flows was 17 ± 3 m/s for the northern hemisphere and 19 ± 2 m/s for the southern. Properties of these flows (surges) and their relation to changes of polar field sign are considered. Alternating flows of different polarities are observed between two maxima of solar activity, mainly in the hemisphere where the polar field is positive. The effect of alternating dominance of one of the polarities is clearly manifested in weak fields $|B| < 15$ G and is absent for the fields $|B| > 50$ G.

DOI: 10.31725/0552-5829-2021-79-82

Среди характеристик солнечной активности можно выделить ряд явлений, связанных с изменением распределения активности по поверхности Солнца. Магнитные поля, ответственные за возникновение и развитие всех видов солнечной активности, распределены по Солнцу сложным образом в зависимости от напряженности поля и фазы солнечного цикла. Если закономерности распределения сильных полей (в основном, полей солнечных пятен) давно и подробно изучены, то свойства слабых полей начали изучаться существенно позже. При этом оказалось, что распределение слабых полей далеко неравномерно и проявляет определенную пространственно-временную структуру. Этим вопросам посвящены работы [1, 2], в которых обнаружены циклические изменения магнитных полей в виде чередующихся потоков разной полярности. В настоящей работе продолжено изучение свойств этих потоков, их связи с периодическими изменениями солнечной активности.

На основе синоптических карт фотосферного магнитного поля обсерватории NSO Kitt Peak (1978–2016 гг.) изучено распределение магнитных полей положительной и отрицательной полярности по поверхности Солн-

ца. Синоптические карты, усредненные по долготе с учетом знака магнитного поля, использованы при построении диаграммы широта–время. Чтобы подчеркнуть вклад слабых полей для каждой синоптической карты было установлено насыщение при 5 Гс.

Основная особенность полученной диаграммы широта–время – это чередование полос шириной порядка одного года с доминированием положительного или отрицательного магнитного поля. Эти полосы представляют собой потоки магнитного поля, которые начинаются почти у экватора и дрейфуют к полярным районам. Наклон этих полос на диаграмме говорит о том, что во времени доминирующая полярность смещается по широте.

Рис. 1.

Чередование полос с положительной и отрицательной полярностью, по-видимому, связано со знаком полярного поля. Из шести периодов с постоянным знаком полярного поля в 5 случаях наблюдается закономерность: циклические изменения полярности потоков проявляются в том полушарии, в котором полярное поле положительно и не проявляются в полушарии с отрицательным полем. На рис. 1 показано, как меняется во времени магнитное поле на широте 40° южного полушария. Максимумы и минимумы кривой на рис. 1 соответствуют положительным и отрицательным магнитным потокам. Видно, что доминирующая полярность потоков магнитного поля (surges) периодически меняется. Эта вариация наблюдается в течение 9 лет от одного rush-to-the-poles (RTTP) до другого. RTTP – потоки магнитного поля, отмеченные на рис. 1 штриховкой, которые начинаются на широтах $\sim 40^\circ$ и имеют ту же полярность, что и хвостовые сол-

нечные пятна. Приход этих потоков к полюсам совпадает с переполюсовкой полярного поля.

Вариации полярности потоков наблюдаются для фазы спада, минимума и фазы роста солнечной активности от одного RТТР до другого. Четыре промежутка времени, в течение которых полярность потоков периодически меняется, в сумме составляют порядка 40 лет.

В зависимости от широты структура чередования полярностей меняется. На рис. 2 показано изменение магнитного поля в интервале широт от -20° до -50° с шагом 5° . Для наглядности кривые смещены на +1 Гс относительно друг друга. Максимумы и минимумы кривых соответствуют положительным и отрицательным потокам, дрейфующим к полюсам Солнца. Можно видеть, что на разных широтах максимумы и минимумы кривых смещены относительно друг друга. Наклонные прямые на рис. 2 показывают, как положительные потоки смещаются по широте в зависимости от времени. Наклон этих прямых позволяет оценить скорость меридионального дрейфа магнитных потоков V , которая несколько отличалась для северного и южного полушарий: $V_N = 17 \pm 3$ м/с и $V_S = 19 \pm 2$ м/с, соответственно.

Рис. 2.

При построении диаграммы широта–время поля с модулем $|B| > 5$ Гс не исключались, а были заменены предельными значениями +5 и –5 Гс. Чтобы выяснить, какие именно значения магнитных полей являются определяющими для возникновения чередующихся потоков разной полярности, были рассмотрены диаграммы широта–время для трех групп магнитных полей: от 0 до 15 Гс, от 15 до 50 Гс и поля больше 50 Гс.

На рис. 3 представлено изменение этих магнитных полей на широте 40° южного полушария. Периодическая смена знака магнитного поля от-

четливо проявляется для полей 0–15 Гс от одного RTTP до другого (рис. 3а). Для средней группы 15–50 Гс чередование полярностей существует только при достаточно высоком уровне солнечной активности и вариации исчезают около минимума (рис. 3б). Периодические изменения полярностей почти полностью отсутствуют для полей $|B| > 50$ Гс (рис. 3с). Таким образом, чередование доминирующей полярности потоков является характерным свойством слабых полей.

Рис. 3.

Полученные результаты свидетельствуют о присутствии в фотосфере потоков магнитных полей с чередованием доминирующей полярности. Эти потоки обладают рядом устойчивых характерных особенностей и появляются или исчезают в связи с переменной знака полярного поля.

Литература

1. Vecchio A., Laurenza M., Meduri D., Carbone V., Storini M. // *ApJ*, 749, 27, 2012.
2. Ulrich R. K., Tham Tran // *ApJ*, 768, 189, 2013.