© Маевский Е.В., Кислов Р.А., Малова Х.В., Хабарова О.В., Попов В.Ю., Петрукович А.А., Зеленый Л.М., 2019, Океанологические исследования, 2019, Том 47, № 1, С. 85–87

УДК 533.9.01 DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2019.47(1).25

СТРУКТУРА СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА В ГЕЛИОСФЕРЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАЗЫ СОЛНЕЧНОГО ЦИКЛА: КРУПНОМАСШТАБНАЯ ДИНАМИКА ГЕЛИОСФЕРНОГО ТОКОВОГО СЛОЯ

Маевский Е.В.[1,2], Кислов Р.А.[2,3], Малова Х.В.[4,2], Хабарова О.В.[3], Попов В.Ю.[5,6,2], Петрукович А.А.[2], Зеленый Л.М.[2]

[1] Финансовый университет при Правительстве РФ, *Москва, Ленинградский* пр-кт, *49, e-mail*: emaevskiy@mail.ru
[2]*Институт космических исследований РАН, Москва, ул. Профсоюзная 84/32, e-mail:* hmalova@yandex.ru
[3] *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова (ИЗМИРАН), Троицк, Москва*
[4]*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. И. Скобельцина, 119234, Москва, Ленинские горы*
[5]*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, физический факультет, кафедра математики, Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2*
[6]*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 20*
Статья поступила в редакцию 25.12.2018, одобрена к печати 30.01.2019

Построена стационарная осесимметричная МГД-модель солнечного ветра, позволяющая исследовать практически на всех гелиоширотах пространственное распределение характеристик магнитного поля и плазмы на радиальных расстояниях от 20 до 400 радиусов Солнца. В модели учтены изменения магнитного поля Солнца в течение четверти солнечного цикла, когда доминирующее дипольное магнитное поле сменяется квадрупольным. Получены самосогласованные решения для магнитного поля, поля скорости, концентрации плазмы и плотности тока в солнечном ветре в зависимости от фазы солнечного цикла. Показано, что в период доминирования дипольной магнитной компоненты в солнечном ветре в экваториальной плоскости располагается гелиосферный токовый слой (ГТС), который является частью системы продольных и поперечных токов, симметричных в Северном и Южном полушариях. По мере возрастания относительного вклада квадрупольной компоненты в полное магнитное поле, форма ГТС становится конусообразной; раствор конуса постепенно уменьшается, вследствие чего токовый слой перемещается целиком в одно из полушарий. При этом на высоких широтах противоположного полушария зарождается второй конический ГТС, раствор которого увеличивается. Когда квадрупольное поле становится доминирующим (в максимуме солнечной активности), оба ГТС лежат на конусных поверхностях, наклоненных под углом 35 градусов к экватору. Модель описывает переход от быстрого солнечного ветра на

высоких гелиоширотах к медленному солнечному ветру на низких гелиоширотах: относительно пологий переход в период малой солнечной активности сменяется более резким при максимуме солнечной активности. Модель также предсказывает укручение профилей основных характеристик солнечного ветра с ростом радиального расстояния от Солнца. Сравнение полученных зависимостей с имеющимися данными наблюдений обсуждается.

Ключевые слова: солнечный ветер, солнечное магнитное поле, гелиосферная токовая система

THE STRUCTURE OF THE SOLAR WIND IN THE HELIOSPHERE DEPENDING ON THE PHASE OF THE SOLAR CYCLE: LARGE-SCALE DYNAMICS OF THE HELIOSPHERIC CURRENT SHEET

Maiewski E.V.[1,2], Kislov R.A.[2,3], Malova H.V.[4,2], Khabarova O.V.[3], Popov V.Yu.[5,6,2], Petrukovich A.A.[2] Zelenyi L.M.[2]

[1] Financial University under the Government of the Russian Federation, Leningradskii pr. 49, Moscow, 125993 Russia, e-mail: emaevskiy@mail.ru
[2] Space Research Institute (IKI), Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, e-mail: hmalova@yandex.ru
[3] Heliophysical Laboratory, Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radiowave Propagation RAS (IZMIRAN), Troitsk, Moscow 142190, Russia
[4] Scobeltsyn Nuclear Physics Institute (NPI), Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
[5] National Research University "Higher School of Economics", Moscow, Russia
[6] Physics Department of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
Submitted 25.12.2018, accepted 30.01.2019

A stationary axisymmetric MHD model of the solar wind has been constructed, which allows us to study the spatial distribution of the magnetic field and plasma characteristics at radial distances from 20 to 400 radii of the Sun at almost all heliolatitudes. The model takes into account the changes in the magnetic field of the Sun during a quarter of the solar cycle, when the dominant dipole magnetic field is replaced by a quadrupole. Self-consistent solutions for the magnetic and velocity fields, plasma concentration and current density of the solar wind depending on the phase of the solar cycle are obtained. It is shown that during the domination of the dipole magnetic component in the solar wind heliospheric current sheet (HCS) is located in the equatorial plane, which is a part of the system of radial and transverse currents, symmetrical in the northern and southern hemispheres. As the relative contribution of the quadrupole component to the total magnetic field increases, the shape of the HCS becomes conical; the angle of the cone gradually decreases, so that the current sheet moves entirely to one of the hemispheres. At the same time, at high latitudes of the opposite hemisphere, a second conical HCS arises, the angle of which increases. When the quadrupole field becomes dominant (at maximum

solar activity), both HCS lie on conical surfaces inclined at an angle of 35 degrees to the equator. The model describes the transition from the fast solar wind at high latitudes to the slow solar wind at low latitudes: a relatively gentle transition in the period of low solar activity gives way to more drastic when high solar activity. The model also predicts an increase in the steepness of the profiles of the main characteristics of the solar wind with an increase in the radial distance from the Sun. Comparison of the obtained dependences with the available observational data is discussed.

Keywords: solar wind, solar magnetic field, heliospheric current system