СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАЗЕМНЫХ И СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ФОТОСФЕРНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ПРИЛОЖЕНИИ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ КОРОНАЛЬНЫХ ДЫР И СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА

Березин И.А.¹, Тлатов А.Г.^{1,2}

¹*Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН, Кисловодск, Россия*

²*Калмыцкий государственный университет, Элиста, Россия*

COMPARATIVE ANALYSIS OF GROUND-BASED AND SATELLITE OBSERVATIONS OF PHOTOSPHERIC MAGNETIC FIELD IN APPLICATION TO CORONAL HOLES AND SOLAR WIND PARAMETERS MODELING

Berezin I.A.¹, Tlatov A.G.^{1,2}

¹*Kislovodsk Mountain Astronomical Station of the Pulkovo Observatory, Kislovodsk, Russia*

²*Kalmyk State University, Elista, Russia*

Currently, for the quantitative forecasting of solar wind parameters, the WSA coronal model (Wang-Sheeley-Arge) is most widely used. The model requires synoptic maps of the photospheric magnetic field, which can be compiled on the basis of ground-based or satellite telescopic observations. In this work we analyzed solar wind and coronal holes modelling accuracy for satellite magnetograms (SDO/HMI) and various ground-based observations (STOP, WSA, GONG). The parameters of the coronal holes were determined from the calculation of regions with an open magnetic configuration. For some periods, a high positive correlation (>0.5) between model calculations and satellite observations (ACE and SDO/AIA193) was found. In periods of weak correlation (<0.4), it is possible to increase the accuracy of solar wind modeling by optimization the empirical coefficients of the WSA model. SDO/HMI and STOP magnetograms provide the best accuracy in the simulation.

DOI: 10.31725/0552-5829-2019-39-42

1. Введение

В настоящее время для количественного прогнозирования параметров солнечного ветра наиболее широкое распространение имеет корональная модель WSA (Wang-Sheeley-Arge) [1, 2]. Для модели необходимы синоптические карты фотосферного магнитного поля, которые могут быть составлены на основе данных наземных или спутниковых телескопических наблюдений. С 2014 года на Кисловодской Горной астрономической станции (ГАС ГАО РАН) функционирует телескоп-магнитограф СТОП, осуществляющий измерения крупномасштабных магнитных полей с точностью ~ 0.3 Гаусса. Основное назначение телескопа — предоставление оперативных прогнозов космической погоды [3, 4]. Чтобы составить представление о качестве наблюдений СТОП, модель WSA, используемая в прогнозах на ГАС, была применена к спутниковым магнитограммам

SDO/HMI и к магнитограммам наземных станций WSO и сети GONG. Полученные в результате моделирования ряды скоростей солнечного ветра сопоставлены между собой и с наблюдаемыми на спутнике ACE значениями. Кроме скорости солнечного ветра смоделированы также параметры корональных дыр по данным расчёта областей с открытой магнитной конфигурацией и сопоставлены со спутниковыми наблюдениями телескопа SDO/AIA193. В сопоставлениях скоростей спокойного солнечного ветра использовались сглаженные окном за 7 дней значения (рис. 1, 3).

Рис. 1. Спутниковые измерения скорости солнечного ветра (ACE) и модельные расчёты в 2017 году

Рис. 2. Коэффициент корреляции между смоделированными и наблюдаемыми (ACE) параметрами спокойного солнечного ветра.

2. Результаты

На рис. 2 представлена информация о корреляции между модельными расчётами и наблюдаемыми величинами (ACE). Модельные расчёты демонстрируют достаточно точное соответствие с данными ACE в определённые периоды, например, в 2016 г. и в первой половине 2017 г. (рис. 1),

вместе с тем наблюдаются и довольно большие расхождения в 2015 и 2019 году (рис. 3). Большие продольные сдвиги в скорости солнечного ветра могут быть вызваны ошибками наблюдения магнитного поля, особенно на полюсах [5]. Также расхождения могут быть связаны с возмущениями солнечного ветра и, кроме того, с неустойчивостью эмпирической части модели WSA. Простая корректировка одного из эмпирических коэффициентов WSA позволяет заметно улучшить корреляцию расчётов СТОП и НМИ с данными ACE в 2019 году (рис. 3). Можно ожидать, что более тщательный подбор коэффициентов WSA позволит существенно снизить ошибки в расчётах.

Рис. 3. Корректировка коэффициентов WSA для данных НМИ (HMIc) и СТОП (STOPc) в 2019 году.

Рис. 4. Наблюдаемые (AIA) и смоделированные площади корональных дыр

Расчёты площадей корональных дыр неплохо согласуются с величинами, определёнными по снимкам SDO/AIA193 до осени 2016 года (2182 оборот Кэррингтона), затем различия между расчётами и наблюдениями увеличиваются (рис. 4). Возможная причина – значительное снижение солнечной активности в 2016 году и, как следствие, увеличение ошибок в измерении фотосферного магнитного поля.

3. Заключение

Среди рассмотренных приборов SDO/HMI и СТОП обеспечивают наиболее высокую точность расчета, как параметров солнечного ветра, так и параметров корональных дыр. Несколько хуже результаты, в среднем, показывают магнитограммы WSO. Наименее точную информацию, с отрицательной корреляцией за отдельные периоды (2016, 2018 гг.), предоставляют данные сети GONG. Для повышения точности прогноза скорости спокойного солнечного ветра предлагается оптимизировать эмпирические коэффициенты WSA.

Работа выполнена при поддержке проектов РФФИ 18-02-00098 –а и проекта РНФ N 15-12-20001.

Литература

1. *Arge, C.N., Pizzo, V.J.* Improvement in the prediction of solar wind conditions using near-real time solar magnetic field updates // *J. Geophys. Res.*, 2000, Vol. 105, p. 10465,
2. *Arge, C.N., Luhmann, J.G., Odstrčil, D., et al.* Stream structure and coronal sources of the solar wind during the May 12th, 1997 CME // *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 2004, Vol. 66, p. 1295.
3. *Tlatov, A.G., Pashchenko, M.P., Ponyavin, D.I., et al.* Forecast of solar wind parameters according to STOP magnetograph observations // *Geomagnetism and Aeronomy*, 2016, Vol. 56, p. 1095.
4. *Tlatov, A.G., Shramko, A.D., Chernov, et al.* Space Weather Parameters: Modeling and Prediction from the Data of Groundbased Observations of Solar Activity // *Geomagnetism and Aeronomy*, 2017, Vol. 57, p. 854.
5. *Jian, L.K., Russell, C.T., Luhmann, J.G., et al.* Comparison of Observations at ACE and Ulysses with Enlil Model Results: Stream Interaction Regions During Carrington Rotations 2016–2018 // *Solar Phys.*, 2011, Vol. 273, p. 179.