

SELF-ORGANIZATION of MAGNETO-PLASMA STRUCTURES IN UPPER LAYERS OF THE SUN САМООРГАНИЗАЦИЯ МАГНИТОПЛАЗМЕННЫХ СТРУКТУР В ВЕРХНИХ СЛОЯХ СОЛНЦА

O.V. Chumak¹

¹ Shternberg Astronomical Institute of Moscow State University
Universitetskiy prpspekt 13, Moscow 119992 Russia, *chumak@sai.msu.ru*

ABSTRACT. The dynamic model of arising and evolution of a solar active region (AR) is proposed. The model realizes diffuse aggregation process of magnetic flux tubes (MFT) in upper levels of the Sun convective zone. Equations of MFT motions subjecting to action of hydrodynamic, magnetic and random forces are discussed. Simulations of MFT diffuse aggregation process based on the equations of MFT motions have been realized. As the result we have received a number of MFT clusters of various sizes and complexity in dependence of initial conditions and values of the model parameters. These results have been compared with observational data. The model has five free parameters: h - typical size of an AR, N - number of MFT, a - typical radius of MFT, d - average magnitude of velocity vector of their random moving, k - ratio of magnitude of vector magnitude of toroidal MFT field to poloidal one. Values of poloidal field of all MFT were let to be equal and constant. Variation of these parameters results in arising of MFT clusters of various types, and, accordingly, to various values of fractal, informational and correlation dimensions of the resulting magnetic field. Parameters of the model have been selected in such a way that all three of the dimensions correspond to observed ones in real ARs. As an example, for AO 10488, which arisen and developed into complete configuration near central meridian, there was shown that good numerical correspondence among the mentioned scaling properties is observed under the next value of the free parameters of model: $h \approx 150Mm$, N from 50 to 300, for various time of evolution, $a \approx 300km$; $d \approx 20km/c$, $k \approx 0.01$. Variations of the free model parameters in physical reasonable limits allow getting all magnetic and morphological types of ARs. It is shown, that the simulation results correspond to observational data, confirm and define more exactly the base points of Parker's 'spaghetti' model.

АБСТРАКТ. Предложена динамическая модель возникновения и эволюции солнечной активной области (АО) как процесса диффузной агрегации

магнитопотоковых трубок (МПТ) в верхних слоях конвективной зоны Солнца. Обсуждаются уравнения движения МПТ под действием гидродинамических, магнитных и случайных сил. Проведено компьютерное моделирование процессов агрегации МПТ и сравнение полученных результатов с данными наблюдений. Модель имеет пять свободных параметра: N - число МПТ, h - характерный размер АО, a - радиус поперечного сечения МПТ, d - модуль средней скорости их хаотических перемещений, k - отношение модулей тороидального и полоидального полей МПТ. Значения полоидального поля всех МПТ полагались равными и фиксированными. Варьирование этих параметров приводит к образованию кластеров МПТ разного вида и, соответственно, к разным значениям хаусдорфовой, информационной и корреляционной размерностей результирующего модельного магнитного поля. Параметры модели подбирались таким образом, чтобы все три фрактальные размерности соответствовали их значениям, наблюдаемым в реальных АО. На примере АО 10488, показано, что хорошее количественное соответствие упомянутых скейлинговых показателей наблюдается при следующих параметрах модели: $h \approx 150$ Мм, N от 50 до 300, в зависимости от времени эволюции; $a \approx 300$ км, $d \approx 20$ км/сек, $k \approx 0.01$. Вариация свободных параметров модели в физически допустимых пределах позволяет получить все известные магнитные и морфологические типы АО. Результаты моделирования не противоречат данным наблюдений, подтверждают и уточняют базовые положения паркерской модели "спагетти".

Key words: Solar Physics, Astrophysics, and Astronomy: Solar active regions

Full version of the paper is prepared to be published in *Astron. and Astroph. Trans.*