

ОЦЕНКИ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ СИНОПТИЧЕСКИХ КАРТ СОЛНЦА

А.В. Тертышников, Д.С. Обельченко

Atert@mail.ru

В наземных наблюдениях магнитных полей Солнца используются сеть магнитографов и спектрогелиографов (Солнечные телескопы оперативного прогноза - «СТОП», телескопы-магнитографы

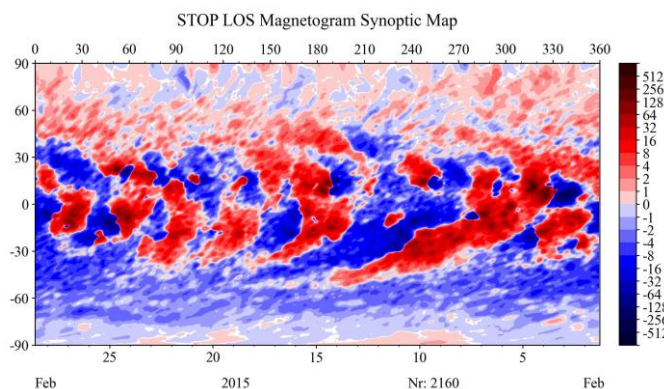


Рис. 1 – Синоптическая карта магнитных полей на Солнце за оборот № 2160 (1.02-28.02.2015 г.) по измерениям с телескопа-магнитографа с Горной астрономической станции А.Г. Тлатова [2].

американского аналога GONG [1], и др.). По наблюдениям формируются синоптические карты магнитных полей (рис. 1).

Магнитная активность северной (верхней) части карты – это признак максимума 24-го 11-летнего цикла солнечной активности и начала переполюсовки магнитного поля Солнца.

Для анализа сложности рельефа синоптических карт использовалась оценка фрактальной размерности (D) их рельефа. Карты преобразовывались в бинарный черно-белый формат, например по нулевому уровню магнитных полей.

Фрактальная размерность оценивалась «методом коробок», который можно применять к любым объектам, независимо от их формы и наличия строгого самоподобия. Карты покрывались «квадратами» одинакового размера и подсчитывалось их количество с установленными значениями анализируемой величины. Размер квадратов постепенно уменьшался, а для полученных оценок строилась регрессионная зависимость логарифма числа квадратов, удовлетворяющих определенному условию (значение параметра внутри квадрата превышает пороговое значение) от логарифма числа квадратов:

$$\ln N(\varepsilon) = D \ln \left(\frac{1}{\varepsilon} \right)$$

где D – фрактальная размерность, N(ε) – число «квадратов», ε – длина стороны «квадрата».

Параметр D показывает, насколько сильно вырастет количество «квадратов», необходимых для покрытия объекта, по мере уменьшения их размера.

Для карт, преобразованных в черно-белый формат с границей

магнитных полей более 0.64 Гс, оценки коэффициента D показаны на рис. 2.

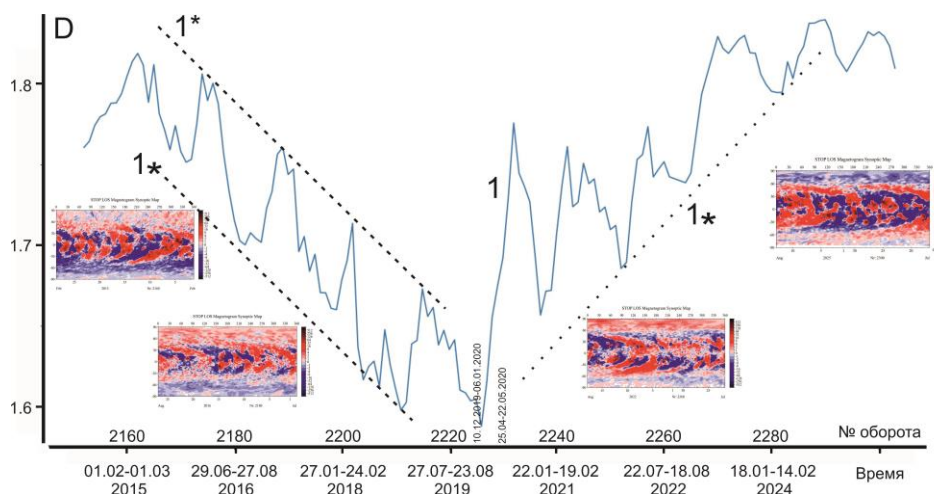


Рис. 2 Изменение коэффициента фрактальности синоптических карт магнитных полей на Солнце по измерениям СТОП с Горной астрономической станции А.Г. Тлатова.

1* и 1* – верхняя и нижняя границы трубки вариаций.

При вариациях размера стороны используемого в расчетах квадрата, покрывающего карту, от двух до 10 оценок углового разрешения телескопа-магнитографа СТОПа изменение D фактически остается стабильным.

На фиг. 2 дополнительно отмечены верхняя и нижняя границы трубки вариаций D .

Перегиб трубки вариаций D пришелся на осень 2019 г., когда начался очередной 25-й «одиннадцатилетний» цикл солнечной активности. Эта оценка с учетом закона Шпёрера и закона Швабе – Вольфа [3], имеющих данные наблюдений солнечной цикличности, соответствует минимуму 24 «одиннадцатилетнего» цикла солнечной активности, который был пройден весной 2019 года. Квартальная оценка минимума D более корректна в отношении экспертизы NASA и NOAA о начале 25 цикла солнечной активности в декабре 2019 года.

Благодарности. Авторы благодарят Андрея Георгиевича Тлатова и Ивана Александровича Березина за предоставленные карты и полезные дискуссии.

Литература

1. GONG. <https://nso.edu/telescopes/nisp/gong/>.
2. Индексы солнечной активности. <http://solarstation.ru/sun-service/indices>.
3. Тертышников А.В. Способ определения начала цикла солнечной активности. Патент № 2023135791, 27.12.2023. Дата регистрации: 23.07.2024. Бюл. № 21.