Спектрально-временной анализ гринвичского ряда измерений диаметра Солнца

А.В.Девяткин[1], **А.В.Мордвинов**[2], **В.В.Пипин**[2]

[1] Главная астрономическая обсерватория РАН, 196140, Санкт-Петербург (E-mail: adev@gao.spb.ru)
[2] Институт солнечно-земной физики, 664033 Иркутск, а/я 4026 (E-mail: avm@iszf.irk.ru, pip@iszf.irk.ru)

Выполнен робастный спектрально-временной анализ гринвичского ряда измерений диаметра Солнца за 1851-1953 гг. Этот ряд был получен в результате обработки оригинальных наблюдений, выполненных на меридианном круге Гринвичской обсерватории (Девяткин, 1991). Показано, что в целом картина временных изменений сложна, нестационарна и охватывает широкий диапазон временных масштабов: от года до ста лет. Кроме того, характер временных изменений диаметра Солнца существенно различается для измерений, выполненных в горизонтальном и вертикальном направлениях. Подтверждены основные выводы, полученные в работе (Девяткин, 1991). Вейвлет-спектры показывают 8-12-летние циклические изменения размеров Солнца, на фоне сложных долгопериодических изменений, прослеживаются 22-35- и 80-100-летние циклы. Изменения диаметра Солнца, связанные с 11-летней цикличностью, заметнее выражены в спектре вертикального диаметра, чем в спектре горизонтального диаметра. Выполнен ортогональный вейвлет-анализ и вейвлет-фильтрация гринвичского ряда, которые позволили выделить циклические составляющие в изменениях диаметра Солнца. Амплитуды 11- и 22-летних вариаций диаметра не превышают 0.4 секунд дуги. Выполнено сопоставление циклических вариаций диаметра Солнца с изменениями относительных чисел солнечных пятен. Показано, что имеет место слабая отрицательная корреляция между циклическими изменениями диаметра и магнитными индексами: коэффициент корреляции не превышает 0.6 по абсолютной величине. Такое соотношение между магнитными и термодинамическими параметрами Солнца подтверждается астрометрическими наблюдениями (Laclare et al. 1996; Rozelot, 1998).

Отрицательная корреляция между циклическими изменениями диаметра и магнитной активностью, а значит и интегральным потоком излучения Солнца, указывает на то, что в изменения основных магнитных и термодинамических параметров Солнца существенный вклад могут давать магнитотепловые возмущения, возникающие в процессе генерации магнитных полей, а также эффекты связанные с вариациями турбулентного давления в магнитном поле. Механизм магнитотепловых возмущений рассматривался, например, Спруитом (1991), и он состоит в следующем. Магнитное поле в 11-летнем цикле генерируется за счет механической энергии дифференциального вращения и тепловой энергии конвективных течений. Затраты тепловой энергии на генерацию поля приводят к изменению баланса потока энергии в конвективной зоне и как следствие к ее охлаждению. В состоянии гидростатического равновесия, эти тепловые возмущения приводят к уменьшению объема звезды. Сложность вопроса состоит в

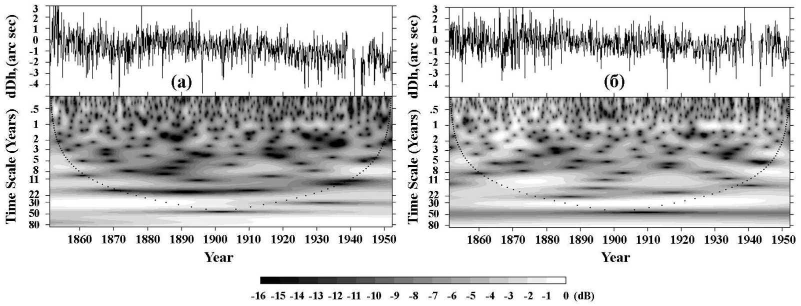

Рис.1. Вариации горизонтального (а) и вертикального (б) диаметров Солнца, сглаженные с помощью робастного медианного фильтра, и их вейвлет-спектры, нормированные на максимальные значения. Точками указаны границы краевых искажений.

том, что генерируемое поле приводит, к нарушению гидростатического равновесия в конвективной зоне. При этом действие крупномасштабных магнитных полей на солнечный радиус может иметь двоякий характер: за счет сил магнитного давления следует ожидать увеличения толщины конвективной оболочки, а ослабление турбулентного давления в магнитном поле приводит к ее уменьшению. Оба эффекта одного порядка величины и могут взаимоуничтожиться. Вследствие этого можно ожидать, что суммарное действие магнитотепловых возмущений и влияние магнитного поля на гидростатическое равновесие конвективной зоны приводят к отрицательной корреляции между магнитной активностью и изменением солнечного радиуса. Для проверки выдвинутых предположений необходимо использование самосогласованных численных моделей солнечного динамо и моделей внутреннего строения Солнца. Более полное обсуждение затронутых вопросов можно найти у Спруита (1994).

Ряд гринвичских измерений диаметра Солнца, кроме чисто солнечных изменений и значительных шумов, содержит также информацию о состоянии атмосферы Земли. В вейвлет-спектрах изменений вертикального и горизонтального диаметров Солнца хорошо выражена годовая периодичность, которая возникает в результате сезонных атмосферных изменений условий видимости, а также климатический цикл Брикнера, продолжительность которого составляет около 35 лет. Вековые, циклические и сезонные изменения условий наблюдений, связанные с изменением прозрачности атмосферы, турбулентности и ее анизотропии в вертикальном и горизонтальном направлениях дают свой вклад в видимые изменения диаметра Солнца. Более того, изменения состояния атмосферы Земли, которые возникают в результате воздействия циклической деятельности Солнца, могут приводить к видимым циклическим изменениям диаметра Солнца и степени его асимметрии. Такие эффекты практически невозможно учесть на большой шкале времени, поэтому важно выполнять высокоточные внеатмосферные измерения диаметра Солнца.

Настоящая работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 99-02-16088.

Литература

Девяткин А.В. В сб. "Проблемы солнечной активности", Ленинград, 1991, с. 71.
Laclare F., Delmas C., Coin J.P., Irbah A.: 1996, Solar Phys. **166**, 211.
Rozelot J.P.: 1998, Solar Phys. **177**, 321.
Spruit H.C.: 1991, in The Sun in Time, eds. C.Sonnet, M.Giampapa и Matthews, University of Arizona Press, Tucson, p.11.
Spruit H.C.: 1994, in The Solar Engine and Its Influence on Terrestrial Atmosphere and Climate, eds. E. Nesme-Ribes, Spriger-Verlag, p.107.