

ЛИТЕРАТУРА

1. *Беневоленская Е.Е.* Структура магнитного цикла Солнца. Спектральный состав // Письма АЖ. 1995. Т. 216, № 7. С. 557-560.
2. *Галицкий В.М., Кузанын К.М., Соколов Д.Д.* Динамо-волна вблизи солнечного экватора // Крупномасштабная структура солнечной активности: достижения и перспективы. СПб.: Изд. ГАО РАН, 1999. С.75-79.
3. *Ерофеев Д.В., Ерофеева А.В.* Северо-южная асимметрия полярного и низкоширотного магнитного поля Солнца // Солнечная активность и ее влияние на Землю. Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 68-74. (Тр.УАФО; Т.6, вып.6).
4. *Крамынин А.П.* Применение метода комплексной демодуляции для исследования северно-южной асимметрии солнечной активности // Солнечная активность и ее влияние на Землю. Владивосток: Дальнаука, 1996. С. 145-149.
5. *Прист Э.Р.* Солнечная магнитогидродинамика. М.: Мир, 1985. 592 с.
6. *Benevolenskaya E.E.* A model of the double magnetic cycle of the Sun // AJ (lett.), 1998. V. 509. P. L49-L52.
7. *Stenflo J.O.* Cycle patterns of the axisymmetric magnetic field // in: Rutten R.J., Schrijver C.J. (eds.). Solar Surface Magnetism. Dordrecht: Kluwer, 1994. P. 365.
8. *Stenflo J.O., Güdel M.* Evolution of solar magnetic field: Modal structure // Astron. Astrophys. 1988. V.191. P.137-148.
9. *Waldmeier M.* Der lange Sonnenzyklus // Zeitschrift für Astrophysik, 1957. V.43. P.149-160.

Д.В. Ерофеев

СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ СЕВЕРО-ЮЖНОЙ АСИММЕТРИЕЙ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И СОЛНЕЧНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ.

1. ВВЕДЕНИЕ

Значительная часть имеющейся в настоящее время информации о солнечном магнитном поле получена при исследовании различных индексов солнечной активности. Наряду с параметрами, характеризующими суммарную активность на всей поверхности Солнца, в ряде работ исследуется северо-южная асимметрия солнечной активности [1,2,4,6,7,9,10]. Это в принципе дает возможность изучать поведение компонент магнитного поля, имеющих разную симметрию относительно экваториальной плоскости Солнца. Хорошо известно, что доминирующая мода магнитного поля является антисимметричной (нечетной) относительно экватора. Солнечная активность, как правило, описывается параметрами, которые не содержат информации о полярности магнитного поля, и поэтому она оказывается преимущественно симметричной относительно экватора. Небольшая северо-южная асимметрия солнечной активности своим существованием обязана присутствию сравнительно слабой симметричной (четной) компоненты магнитного поля. Таким образом, имеется определенное соответствие между компонентами солнечной активности и солнечного магнитного поля, обладающими разной экваториальной симметрией. Однако это соответствие не является взаимно-однозначным, поскольку преобразование, связывающее индексы активности с напряженностью магнитного поля, существенно нелинейно. Нелинейность преобразования приводит к взаимной модуляции разных составляющих магнитного поля, и поэтому на поведение каждой из компонент солнечной активности, симметричной и антисимметричной, в действительности оказывают

влияние компоненты магнитного поля обоих видов симметрии. Этот эффект определенно не является слабым в случае сравнительно небольшой антисимметричной составляющей солнечной активности (обычно именуемой северо-южной асимметрией), и его необходимо учитывать для правильной интерпретации результатов анализа индексов активности. Целью настоящей работы является исследование этого эффекта, для чего мы воспользуемся тем фактом, что обычно используемые индексы активности приблизительно пропорциональны абсолютной величине (модулю) напряженности зонального магнитного поля (см. разд. 3 наст. статьи). Таким образом, интересующий нас вопрос о связи вариаций зонального магнитного поля и индексов активности сводится к тому, каким образом поведение модуля магнитного поля связано с поведением компонент магнитного поля разной экваториальной симметрии.

2. НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

Зональное магнитное поле за 1963–2001 гг. рассчитано по сериям синоптических карт крупномасштабного магнитного поля, полученным на трех обсерваториях: Маунт Вилсон, Китт Пик и Стэнфорд. Для этого синоптические карты были приведены в одну систему и подвергнуты некоторой коррекции (см. подробности в [2] и ст. "Резонансный спектр колебаний..." в наст. сб.).

В качестве характеристики высокоширотной активности Солнца мы использовали ряд чисел полярных факелов P за 1963–1994 гг., а низкоширотная активность представлена рядом суммарных площадей пятен J за 1963–2000 гг. Оба ряда получены на Уссурийской обсерватории и содержат значения индексов в северном и южном полушариях Солнца (ниже они помечены индексами N и S). Кроме того, анализировались ряды индексов P и J за большой (около 150 лет) интервал времени. Ряд среднегодовых чисел полярных факелов, охватывающий период с 1850 по 1979 г., был составлен Ю.А.Наговицыным [3] по наблюдениям семи обсерваторий начиная с 1891 г. (числа факелов за 1850–1890 гг. получены косвенным методом). Эти данные были объединены с числами полярных факелов, определенными в Уссурийской обсерватории в 1963–1994 гг. и приведенными к

веденными к той же шкале. Для анализа низкоширотной активности взят гринвичский ряд среднегодовых площадей пятен за 1874–1976 гг., также дополненный данными Уссурийской обсерватории по 2000 г. Кроме того, мы добавили к этому ряду данные о площадях пятен за период 1850–1873 гг., полученные в работе [5] косвенным методом по числам пятен.

3. СВЯЗЬ ИНДЕКСОВ АКТИВНОСТИ С НАПРЯЖЕННОСТЬЮ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

В настоящей работе мы исходим из того факта, что многие индексы активности, такие как число полярных факелов и суммарная площадь пятен, приблизительно пропорциональны абсолютной величине (модулю) напряженности зонального магнитного поля, усредненного в пределах соответствующих широтных зон. Этот факт хорошо известен в отношении числа полярных факелов (см., например, работу [8], а также [2], где сравниваются северо-южная асимметрия числа полярных факелов и модуля полярного магнитного поля). Корреляция суммарной площади пятен с модулем зонального магнитного поля, по-видимому, еще не исследовалась. На рис.1 сопоставлены вариации суммарной площади пятен (по наблюдениям Уссурийской обсерватории) и модуля зонального магнитного поля, усредненного в пределах экваториальных зон северного и южного полушарий, лежащих между 0° и 35° широты. Сопоставление проводится как для симметричных составляющих, т.е. сумм значений индексов в двух полушариях Солнца (рис.1,а), так и для северо-южной асимметрии, выраженной как разность индексов северного и южного полушарий (рис.1,б). Как можно видеть на рис.1, в обоих случаях имеется неплохое соответствие временного хода сравниваемых величин, в частности их короткопериодических вариаций. Коэффициент корреляции для симметричных составляющих равен 0,88, а для северо-южной асимметрии его значение несколько ниже, 0,68, что, вероятно, связано со сравнительно большим вкладом случайных флуктуаций, поскольку северо-южная асимметрия сама по себе невелика.

Отметим также, что в случае северо-южной асимметрии обнаруживается небольшое запаздывание (около 3 оборотов) короткопериодических вариаций модуля магнитного поля относительно вариаций площади пятен. Итак, можно считать, что северо-южная асимметрия, выраженная как разность значений какого-либо индекса активности, определенных для северного и южного полушарий Солнца, приблизительно пропорциональна разности абсолютных значений напряженности магнитного поля в соответствующих широтных зонах.

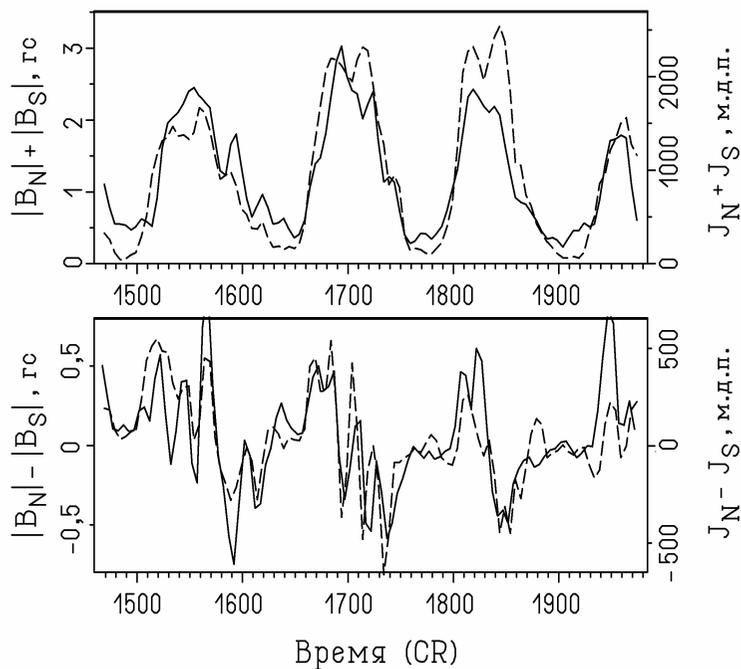


Рис.1. Сопоставление вариаций модуля зонального магнитного поля, усредненного в пределах экваториальной зоны (сплошная линия), и индекса суммарной площади пятен (штриховая линия). Вверху: сумма значений индексов для двух полушарий. Внизу: северо-южная асимметрия. Время выражено в кэррингтоновских оборотах

4. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Пусть $B(f,t)$ – напряженность зонального (т.е. усредненного по долготе) магнитного поля Солнца, заданная в функции широты f и времени t . Зональное магнитное поле всегда можно разложить на две компоненты, имеющие разную симметрию относительно экваториальной плоскости Солнца:

$$B(f,t) = A(f,t) + S(f,t), \quad (1)$$

где A – нечетная (антисимметричная), а S – четная (симметричная) компоненты, которые определяются следующим образом:

$$A(f,t) = \frac{1}{2}[B(f,t) - B(-f,t)], \quad (2a)$$

$$S(f,t) = \frac{1}{2}[B(f,t) + B(-f,t)]. \quad (2б)$$

Имея в виду сказанное выше о приблизительно линейной связи индексов активности и модуля зонального магнитного поля $|B|$, рассмотрим, каким образом $|B|$ связан с компонентами магнитного поля разной симметрии, A и S . Будем исходить из очевидного тождества $|B| = \sqrt{B^2}$, которое с учетом уравнения (1) сводится к выражению

$$|B| = \sqrt{A^2 + S^2 + 2AS}, \quad (3)$$

где для упрощения записи аргументы (f,t) у всех функций опущены. Поскольку $2|AS| \leq A^2 + S^2$ и равенство имеет место только в особом случае $A^2 = S^2$, можно представить $|B|$ с помощью степенного ряда по аргументу $2AS/(A^2 + S^2)$:

$$|B| = \sqrt{A^2 + S^2} \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \frac{2AS}{A^2 + S^2} + \dots \right). \quad (4)$$

Для солнечного магнитного поля характерно сильное преобладание нечетной компоненты A , и, следовательно, аргумент разложения в среднем мал. Поэтому, имея в виду анализ интегральных по времени параметров магнитного поля типа оценок плотности спектра мощности, мы можем отбросить члены ряда (4) с высокими степенями аргумента разложения. Пусть B_N и B_S – значения напряженности зонального магнитного поля в каких-либо широтных зонах северного и южного полушарий Солнца, расположенных симметрично относительно экватора. Тогда для симметричной составляющей $|B|$ получается приближенное выражение

$$\frac{1}{2} (|B_N| + |B_S|) \approx \sqrt{A^2 + S^2}, \quad (5)$$

где отброшены члены ряда со 2-й и высшими четными степенями аргумента разложения. В северо-южную асимметрию модуля магнитного поля дают вклад только члены ряда (4) с нечетными степенями A , что приводит к приближенному выражению:

$$\frac{1}{2} (|B_N| - |B_S|) \approx \frac{AS}{\sqrt{A^2 + S^2}}, \quad (6)$$

причем здесь первый из отброшенных членов ряда – кубичный, а значения нечетной функции широты A следует брать при $f > 0$. Анализ данных о зональном магнитном поле показывает, что выражения (5) и (6) фактически дают неплохое количественное приближение для компонент модуля магнитного поля.

Из выражений (5) и (6) видно, что каждая из составляющих $|B|$, симметричная и антисимметричная, связана с компонентами магнитного поля обоих видов симметрии. Однако при качественном анализе

выражения (5) величиной S^2 можно пренебречь. Отсюда следует, что симметричная компонента модуля магнитного поля (и соответственно симметричная составляющая солнечной активности) характеризует в основном антисимметричную компоненту A зонального магнитного поля, причем приближенно $|B_N| + |B_S|$ представляет собой результат линейного детектирования компоненты A .

В выражении (6) для северо-южной асимметрии в силу его мультипликативной структуры пренебречь любой из величин S или A нельзя. Однако следует иметь в виду, что в спектре мощности нечетной компоненты A магнитного поля имеется одна сильно доминирующая составляющая, которая соответствует 22-летнему (Хэйловскому) циклу (см. ст. "Резонансный спектр колебаний..." в наст. сб.). Поэтому при качественном рассмотрении интересующего нас вопроса можно полагать, что A как функция времени представляет собой почти гармоническое колебание с частотой Хэйловского цикла ω . Спектр мощности компоненты S , напротив, содержит несколько дискретных составляющих, имеющих сравнимые интенсивности (см. ст. "Резонансный спектр колебаний..." в наст. сб.).

В согласии с известной теоремой о свертке, Фурье-спектр величины, стоящей в правой части уравнения (6), получается преобразованием свертки спектра четной компоненты S магнитного поля со спектром функции $a = A(A^2 + S^2)^{-1/2}$. При этом спектр функции a по своей структуре мало отличается от спектра нечетной компоненты A . Действительно, в первом приближении можно пренебречь в знаменателе величиной S^2 по сравнению с A^2 , и тогда a сведется к функции $\text{sign}(A) = A/|A|$, спектр которой содержит доминирующую составляющую на частоте 22-летнего цикла ω , и ряд ее более слабых нечетных гармоник (заметим, что эта функция имеет единичную мощность вариаций, так что умножение на нее любого сигнала само по себе не изменяет интегральную мощность его спектра). Исходя из сказанного можно заключить, что основным результатом преобразования свертки будет расщепление каждой линии в спектре мощности четной компоненты S магнитного поля на пару линий, сдвинутых влево и вправо на частоту хэйловского цикла ω . Иными словами, если в спектре S имеется набор линий с частотами ν_n , $n = 1, 2, 3, \dots$, то спектр

$|B_M| - |B_S|$ должен содержать линии с частотами $\nu_n + \omega$ и $\nu_n - \omega$, не считая слабых компонент, расположенных на частотах $\nu_n \pm k\omega$, $k = 3, 5, \dots$ (это обстоятельство было ранее отмечено в [7]). Как показано в ст. "Резонансный спектр колебаний..." в наст. сб., основные дискретные составляющие в спектре компоненты S образуются в результате взаимодействия Хэйловского цикла и его гармоник с некоторым низкочастотным колебанием. Поэтому можно считать, что выражение в правой части (6) соответствует преобразованию типа синхронного детектирования четной компоненты S зонального магнитного поля, причем нечетная компонента A при этом играет роль опорного ("гетеродинного") колебания.

5. АНАЛИЗ ДАННЫХ О МАГНИТНОМ ПОЛЕ

На рис.2 слева представлены спектры мощности четной компоненты S зонального магнитного поля, усредненные в пределах пяти широтных зон. Справа на рис.2 показаны спектры мощности северо-южной асимметрии модуля зонального магнитного поля, для тех же широтных зон.

Рассмотрим сначала спектры мощности четной компоненты магнитного поля, рассчитанные для среднеширотной и полярной зон (три левых верхних графика на рис.2). Как отмечалось в ст. "Резонансный спектр колебаний..." в наст. сб., спектры мощности компоненты S в этих широтных зонах содержат несколько линий сравнимой интенсивности, расположенных в диапазоне частот между $0,15$ и $0,5 \text{ год}^{-1}$. Частоты этих и нескольких более слабых спектральных линий, лежащих за пределами указанного диапазона, связаны с частотой Хэйловского цикла и его гармоник соотношением

$$\nu_n = n\omega + \Omega, \quad (7)$$

где целое число n – номер гармоники, а $\Omega \approx 0,023 \text{ год}^{-1}$ – приблизительно постоянная величина. Наиболее сильные линии соответствуют номерам 3, 4, 6, 8; в среднеширотной зоне достаточно хорошо вы-

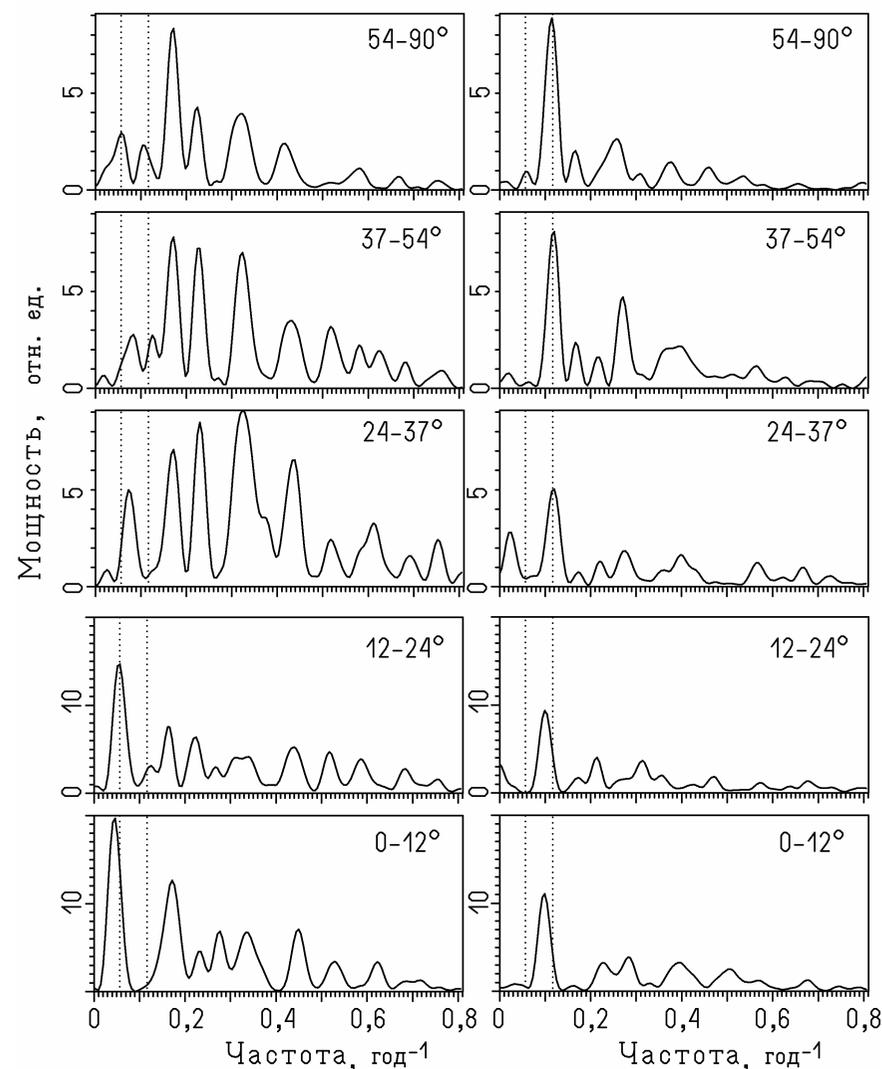


Рис.2. Слева: спектры мощности четной компоненты зонального магнитного поля Солнца для пяти широтных зон (интервалы широт указаны на графиках). Справа: то же для северо-южной асимметрии модуля зонального магнитного поля. Вертикальные пунктирные линии соответствуют колебаниям с периодами 18 и 9 лет

деляются также линии с номерами 1 и 10. Отсюда видно, что в спектрах мощности компоненты S заметную интенсивность имеют линии с малыми нечетными номерами 1 и 3 (из них более интенсивна линия $n = 3$), расположенные в низкочастотной области, и линии с четными номерами от 4 до 10, лежащие в более высокочастотной области спектра.

Спектры мощности северо-южной асимметрии модуля магнитного поля в среднеширотной и полярной зонах (см. три правых верхних графика на рис.2) по своей структуре сильно отличаются от спектров четной компоненты магнитного поля. Как можно видеть, в этих спектрах сильно доминирует одна линия, расположенная вблизи частоты $0,12 \text{ год}^{-1}$ (что соответствует периоду колебаний около 8,8 лет). Прочие дискретные составляющие в спектрах северо-южной асимметрии модуля магнитного поля сравнительно слабы и имеют заметные максимумы интенсивности в узких широтных зонах. Можно сказать, что преобразование, связывающее четную компоненту S магнитного поля с северо-южной асимметрией модуля магнитного поля, приводит не только к изменению частот спектральных линий, но и к подавлению высокочастотной части спектра мощности. Чтобы понять, почему это происходит, следует сопоставить два упоминавшихся выше факта: во-первых, все интенсивные линии в высокочастотной части спектра S соответствуют четным номерам $n = 2m$, так что расстояния между соседними линиями согласно (7) равны удвоенной частоте Хэйловского цикла; во-вторых, каждой линии в спектр компоненты S , имеющей частоту ν_n , соответствуют две линии (дублет) в спектре $|B_N| - |B_S|$ с частотами $\nu_n + \omega$ и $\nu_n - \omega$ (см. разд. 4 наст. работы). Тогда из формулы (7) следует, что в спектре $|B_N| - |B_S|$ высокочастотная составляющая дублета с номером $2m$ и низкочастотная составляющая соседнего дублета с номером $2(m+1)$ будут иметь одинаковые частоты и следовательно будут интерферировать. Результат их интерференции зависит от фазового соотношения между ними (заметим, что это соотношение определяется не только фазами колебаний симметричной компоненты магнитного поля, но и фазой Хэйловского цикла). Сопоставление спектров мощности S и $|B_N| - |B_S|$ показывает, что фазовые соотношения для линий с четными номерами n таковы, что их интерференция приводит в основном к взаимному

гашению колебаний, хотя и не полному. С другой стороны, присутствие в спектре мощности $|B_N| - |B_S|$ сильной линии на частоте около $0,12 \text{ год}^{-1}$ говорит о том, что для сравнительно низкочастотных линий с нечетными номерами $n = 1$ и $n = 3$ фазовые соотношения приводят к сложению амплитуд интерферирующих колебаний (или, по крайней мере, взаимного гашения колебаний не происходит). Получающаяся в результате интенсивная спектральная линия, как следует из (7), должна быть расположена на частоте $2\omega + \Omega$, несколько более высокой по сравнению с частотой 11-летнего цикла, которая равна 2ω . Именно это и наблюдается в действительности.

В низкоширотной зоне спектр мощности четной компоненты S магнитного поля заметно изменяется по сравнению со среднеширотной и полярной зонами (см. два нижних графика на рис.2). Здесь в спектре мощности доминирует составляющая с периодом, близким к периоду Хэйловского цикла, а в высокочастотной области спектр усложняется по сравнению с более высокоширотными зонами (обсуждение этого различия спектров см. в ст. "Резонансный спектр колебаний..." в наст. сб.). Вид спектра мощности северо-южной асимметрии модуля магнитного поля на низких широтах мало изменяется по сравнению со среднеширотной зоной, однако доминирующая линия в спектре имеет несколько более низкую частоту – около $0,10 \text{ год}^{-1}$, которая практически совпадает с частотой 2ω второй гармоники Хэйловского цикла. Это, очевидно, соответствует присутствию в спектре мощности компоненты S сильной линии на частоте ω , которая не наблюдается в среднеширотной и полярной зонах. Однако судя по результатам анализа индексов солнечной активности (см. разд. 6 наст. работы) в среднем за большой интервал времени периоды колебаний северо-южной асимметрии в высокоширотной и низкоширотной зонах совпадают и близки к 9 годам, т.е. найденное различие в спектрах мощности для низких и высоких широт, вероятно, является локальным по времени эффектом.

6. СРАВНЕНИЕ С ДАННЫМИ О СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Как уже отмечалось выше, поведение северо-южной асимметрии, определенной по индексам солнечной активности и по модулю зонального магнитного поля, практически одинаково. К сожалению, непрерывный ряд измерений магнитного поля на всем диске Солнца охватывает сравнительно небольшой интервал времени – около 40 лет, – что делает этот ряд в некоторых отношениях недостаточно представительным. Поэтому интересно сравнить результаты предыдущего раздела с результатами анализа более длинных рядов данных о солнечной активности. Эти ряды, имеющие длину около 150 лет, описаны в разд. 2 наст. работы.

Спектры мощности индексов северо-южной асимметрии числа полярных факелов, P_N-P_S , и площадей пятен, J_N-J_S , приведены на рис.3. Они показывают, что средний за большой интервал времени период вариаций северо-южной асимметрии солнечной активности близок к 9 годам и заметно отличается от периода 11-летнего цикла; это относится в равной степени к высокоширотной (полярные факелы) и низкоширотной (пятна) активности (отметим также, что 9-летняя вариация северо-южной асимметрии была обнаружена Д.Джакетом [7] по интенсивности зеленой короны). Кроме того, в спектрах мощности индексов асимметрии присутствуют существенные низкочастотные составляющие, среди которых можно выделить вариации с периодом около 50 лет и более длительные (это согласуется с результатами работы [4]). Таким образом, поведение северо-южной асимметрии в среднем за большой интервал времени показывает две особенности, которые не проявляются при анализе данных за последние 38 лет: основной период колебаний северо-южной асимметрии в низкоширотной зоне в среднем получается таким же, как и в полярной зоне (9 лет); северо-южная асимметрия обнаруживает присутствие интенсивных низкочастотных компонент, которые сравнительно слабы или отсутствуют в период после 1963 г. Одним из источников этих особенностей, по-видимому, является наличие хорошо известного "векового" цикла солнечной активности, который дает низкочастотные компоненты с периодами

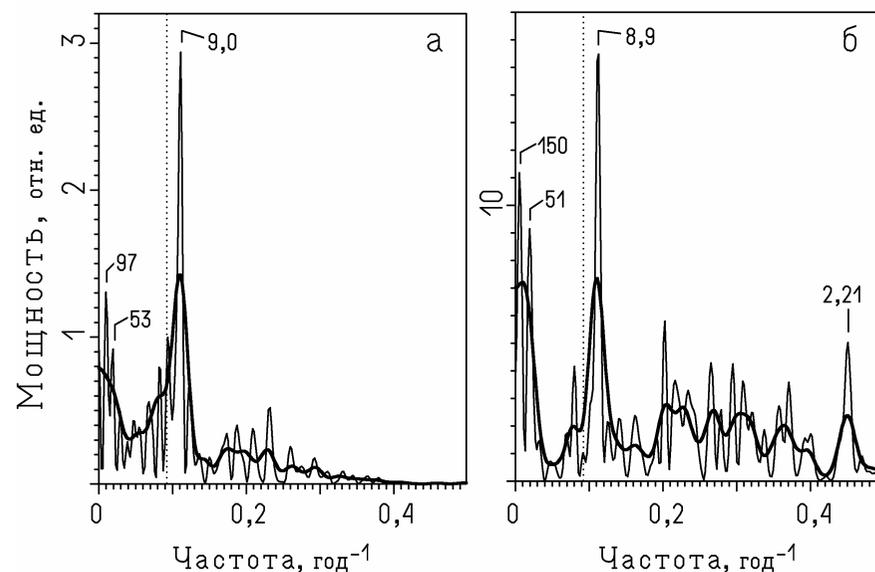


Рис.3. Спектры мощности северо-южной асимметрии солнечной активности: а – по данным о полярной активности за 1850–1994 гг., б – по данным о площадях пятен за 1850–2000 гг. Толстой линией показаны сглаженные оценки спектров мощности. Для нескольких интенсивных компонент спектров на графиках указаны периоды колебаний в годах. Вертикальной пунктирной линией показана частота 11-летнего цикла

около 100 лет в спектрах мощности длинных рядов индексов активности. Второй, вероятно, связан со следующим обстоятельством. Судя по результатам работы Д. Джакета [7], который рассмотрел поведение межпланетного магнитного поля (ММП) за большой интервал времени, в прошлом (с 1920-х по начало 1960-х гг.) наиболее интенсивной составляющей в спектре мощности четной компоненты магнитного поля было колебание с периодом около 16–17 лет. В соответствии со свойствами преобразования, связывающего спектры мощности S и $|B_N|-|B_S|$, это колебание должно быть ответственным за появление низкочастотной составляющей с периодом около 50 лет и отчасти за 9-летнюю составляющую в спектре мощности северо-южной асимметрии модуля магнитного поля. Однако как по

данным о ММП, так и по прямым измерениям магнитного поля Солнца эта составляющая в спектре четной компоненты магнитного поля в последние десятилетия слаба или отсутствует. Точнее, ей соответствует присутствующая в экваториальной зоне составляющая с частотой, близкой к частоте Хэйловского цикла. Это обстоятельство (возможно, также связанное с существованием "векового" цикла), очевидно, должно приводить к некоторым различиям спектров мощности, полученных для разных интервалов времени.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определяющими факторами в формировании спектра мощности северо-южной асимметрии модуля магнитного поля и солнечной активности являются, с одной стороны, регулярная структура спектра мощности симметричной компоненты магнитного поля, которая тесно связана с последовательностью гармоник Хэйловского цикла, и, с другой – характер преобразования спектра вариаций магнитного поля в результате потери информации о полярности магнитного поля. В отношении симметричной компоненты магнитного поля это преобразование подобно преобразованию, происходящему при синхронном детектировании сигнала, причем роль опорного колебания при этом играет Хэйловский цикл. В конечном счете два упомянутых фактора приводят к дублетному расщеплению спектральных линий и попарной интерференции составляющих соседних дублетов. Из-за определенных фазовых соотношений между различными составляющими спектра интерференция приводит к усилению одной из спектральных компонент, имеющей период около 9 лет, в то время как более высокочастотные составляющие существенно ослабляются.

Проделанный анализ показывает, что спектр мощности северо-южной асимметрии солнечной активности имеет более простую структуру по сравнению со спектром симметричной компоненты солнечного магнитного поля. Это обстоятельство связано с потерей информации о полярности магнитного поля, и оно в свою очередь ограничивает возможности извлечения информации о поведении магнитного поля из анализа индексов активности. Так, например,

исходя из поведения северо-южной асимметрии индексов активности (из факта существования их 9-летней вариации) и учитывая соображения, изложенные в разд. 4, можно заключить, что в спектре мощности симметричной составляющей магнитного поля должны присутствовать две или три дискретные компоненты с периодами от 6 до 17 лет (такой вывод был сделан в работе [7]), однако восстановить хотя бы приближенно структуру спектра мощности S на более высоких частотах этим способом вряд ли возможно.

Работа выполнена при поддержке государственного контракта № 40.022.1.1105 по проекту "Пространственно-временные вариации характеристик солнечной активности".

ЛИТЕРАТУРА

1. Витинский Ю.И., Копецкий М., Куклин Г.В. Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца. М.: Наука, 1986, 296 с.
2. Ерофеев Д.В., Ерофеева А.В. Северо-южная асимметрия полярного и низкоширотного магнитного поля Солнца // Солнечная активность и ее влияние на Землю. Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 68-74. (Тр.УАФО; Т.6, вып.6).
3. Наговицын Ю.А. "Синтетический" ряд среднегодовых чисел полярных факелов в 1847-1979 гг. // Солнечные данные. 1988. № 8. С.88-95.
4. Наговицын Ю.А. Асимметрия активности северного и южного полушарий в экваториальной и полярных областях Солнца // Солнечные данные. 1989. № 7. С.71-74.
5. Наговицын Ю.А. Версия ряда площадей пятен в 1826-1874 гг. // Солнечные данные. 1989. № 8. С.86-91.
6. Carbonell M., Oliver R., Ballester J.L. On the asymmetry of solar activity // Astron. Astrophys. 1993. V.274. P.497-504.
7. Juckett D.A. Evidence for a 17-year cycle in the IMF directions at 1 AU, in solar coronal hole variations, and in planetary magnetospheric modulation // Solar Phys. 1998. V. 183. P. 201-224.
8. Sheeley N.R. Polar faculae: 1906-1990 // AJ. 1991. V.374. P.386-389.
9. Verma V.K. On the north-south asymmetry of solar activity cycles // AJ 1993. V. 403. P. 797-800.
10. Verma V.K. Periodic variation of the north-south asymmetry of solar activity phenomenon // Journal of Astrophysics and Astronomy. 2000. V. 21. P. 173-176.