

УДК 523.9-337

У. М. ЛейкоАстрономическая обсерватория Киевского национального университета им. Тараса Шевченко
04053, Киев, ул. Обсерваторная 3**Вариации секторных структур крупномасштабных
солнечного и межпланетного магнитных полей**

На основе сравнительного анализа спектров мощности трех временных рядов 1976—1996 гг.: напряженности общего магнитного поля (ОМП) Солнца, его знака, а также знака межпланетного магнитного поля (ММП) исследованы характеристики секторных структур ОМП и ММП и связь между ними на временных масштабах, соответствующих определенным состояниям солнечной активности (цикл, трехгодичные интервалы разного уровня активности). Получен вывод, что определяющую роль в порождении и контроле секторной структуры ОМП и ММП играет площадь, занимаемая магнитными структурами, а не напряженность поля в их элементах. Показано, что двух- и четырехсекторные структуры — независимые проявления солнечного магнетизма, по-разному ведущие себя в основные фазы циклов. Двухсекторная структура существует почти всегда, а периодичность появления четырехсекторной составляет 8—9 лет. Обнаружено, что на временном масштабе в три года два преобладающие периоды вращения крупномасштабных магнитных структур изменяются в противофазе.

ВАРІАЦІЇ СЕКТОРНИХ СТРУКТУР ВЕЛИКОМАСШТАБНОГО СОНЯЧНОГО ТА МІЖПЛАНЕТНОГО МАГНІТНИХ ПОЛІВ, Лейко У. М. — На основі порівняльного аналізу спектрів потужності трьох часових рядів: напруженості загального магнітного поля (ЗМП) Сонця, його знаку, а також знаку міжпланетного магнітного поля (ММП) досліджено характеристики секторних структур ЗМП та ММП і зв'язок між ними на відповідних певним рівням сонячної активності часових масштабах (цикл, трирічні інтервали різного рівня сонячної активності). Отримано висновок, що визначальну роль у породженні і контролі секторної структури ЗМП та ММП відіграє площа, зайнята магнітними структурами, а не напруженість поля в їхніх елементах. Показано, що дво- та чотирисекторні структури є незалежними явищами сонячного магнетизму, що по-різному ведуть себе в основні фази циклів. Двосекторна структура існує майже завжди, періодичність появи чотирисекторної структури становить 8—9 років. Виявлено, що на часових масштабах в три роки два переважаючі періоди обертання великомасштабних магнітних структур змінюються у протифазі.

VARIATIONS OF SECTOR STRUCTURES OF THE LARGE-SCALE SOLAR AND INTERPLANETARY MAGNETIC FIELDS, by Leiko U. M. — We studied features of sector structures of the large-scale magnetic fields and their connection on the time scales corresponding to specific conditions of the solar activity (the cycle, the three-year intervals of different activity levels). For this purpose we performed a comparative analysis of power spectra of three time series 1976—1996: the intensity and sign of the overall magnetic field (OMF) of the Sun, as well as the sign of the interplanetary magnetic field (IMF). We concluded that the square of the magnetic structures, not the field intensity in their elements, is of crucial importance in forming and controlling of the sector structure of OMF and IMF. We derived that the two-sector and four-sector structures are independent phenomena of the solar magnetism and manifest themselves in different ways during the main phases of the cycles. The two-sector structure can be observed almost without exception and the four-sector one appears regularly every 8-9 years. We detected the change of two dominant rotational periods of the large-scale magnetic structures in antiphase during three-year time intervals.

ВВЕДЕНИЕ

Солнечный магнетизм — явление сложное и многогранное. Одним из его проявлений является секторность крупномасштабного солнечного магнитного поля и ее продолжение в межпланетное пространство. Представление о существующей длительное время жестко вращающейся секторной структуре межпланетного магнитного поля (СС ММП) возникло после обработки первых спутниковых измерений ММП. Почти сразу же после открытия СС ММП пришло понимание, что жестко вращающаяся СС ММП должна быть связана с особым рода крупномасштабными солнечными магнитными полями [17]. Корреляционный анализ направлений ММП и фотосферных магнитных полей привел Вилкокса и Несса [24] к выводу, что источником ММП в конце 1963 г. была большая область фотосферного магнитного поля, расположенная в северной полусфере. Однако анализ для 1965 г. [25] показал отсутствие подобной корреляции, что указывало на неоднозначность и неустойчивость обнаруженной в [24] связи. Как оказалось, довольно трудно выделить границы раздела полярностей для крупномасштабных фотосферных магнитных полей. Они выявляются только при многократном наложении карт крупномасштабных магнитных полей в районе секторной границы, причем секторную структуру гораздо труднее наблюдать при увеличении пространственного разрешения магнитографа [23].

Секторная структура была обнаружена при наблюдениях магнитного поля Солнца как звезды или общего магнитного поля (ОМП) Солнца, которые были начаты впервые в Крымской астрофизической обсерватории в 1968 г. [20] и ведутся регулярно по настоящее время. Позже такие наблюдения проводились в нескольких обсерваториях: Маунт-Вилсон (1970—1982 гг.), Станфордского университета (с 1975 г. по настоящее время), Саянской (с 1982 г. эпизодически). При наблюдении ОМП измеряется разбаланс магнитного потока от видимой полусферы Солнца, пропорциональный разности потоков полей противоположных полярностей. Вскоре после начала наблюдений ОМП было обнаружено, что после изменения знака ОМП через 4.5 сут имеет место смена полярности ММП [19, 21]. Высокий коэффициент корреляции между ОМП и фоновыми полями ($\rho = 0.87$), полученный в работе [5], привел авторов к выводу об основном вкладе этих полей в сигнал ОМП. Имело место и иное мнение: Левин [14] считал, что секторная структура крупномасштабного магнитного поля

Солнца определяется главным образом разбалансом магнитного потока концентрированных полей высокой напряженности. Согласно выводам Ханейчука [13], образования, магнитные поля которых дают наибольший вклад в сигнал ОМП, с течением цикла перемещаются к экватору (как и пятна) и что это, скорее всего, фоновые магнитные поля или магнитные поля активных областей. Следует заметить, что наряду с экваториальным дрейфом для фоновых полей характерен долговременный полярный дрейф [11, 15]. Основные периоды вращения ОМП минимальны в максимуме активности [7, 13], в то время как, согласно выводам Обридо и Шелтинг [8], более высокий уровень активности соответствует более низкой скорости вращения ММП. Эти же авторы, исследовав крупномасштабное магнитное поле Солнца на большом временном интервале, приходят к заключению об отсутствии устойчивой картины внутрициклической вариации периодов вращения секторных структур поверхностного магнитного поля Солнца.

В настоящей статье обсуждается связь между секторными структурами ОМП и ММП на протяжении 21-го и 22-го циклов, выявленная при едином методе анализа наблюдений ОМП и ММП на временных масштабах, отражающих определенное состояние солнечной активности: цикл, интервалы высокого и низкого уровней активности. Предлагаемый метод дает возможность обнаружить общие или отдельно свойственные этим полям особенности на определенном временном масштабе, их изменение от цикла к циклу и в ходе цикла.

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ

Для анализа использованы суточные измерения ОМП, полученные в обсерватории Станфордского университета на протяжении 21-го и 22-го циклов, и суточные измерения знака ММП, выполненные на станции «Восток» в тот же период времени. Пропущенные интервалы наблюдений (15 % и 22 % от общего числа измерений ОМП в 21-м и 22-м циклах; 12 % и 28 % от общего числа измерений ММП для тех же интервалов) заполнялись методом линейной интерполяции с использованием 27-дневных вариаций.

При измерении ОМП магнитографом по эффекту Зеемана измеряется величина H , которую условно называют напряженностью ОМП [2]. Наблюдаемые значения H имеют значения от ± 10 мкТл до ± 150 – 200 мкТл в максимуме активности. Поэтому при изучении вариаций напряженности ОМП на больших временных масштабах, включающих интервалы высоких и низких уровней активности, следует иметь в виду, что вклад таких интервалов в амплитуды изучаемых периодичностей будут не равнозначными.

Усредненные по большой площади фотосферы фоновые магнитные поля считают «освобожденными» от магнитного поля пятен и активных областей. При их изучении принимается во внимание только знак поля (как и при изучении СС ММП). ОМП является интегральной величиной, усредненной по видимой полусфере. На порядок большие в максимуме активности значения H , а также достаточно высокий коэффициент корреляции ($\rho = 0.75$) между ОМП и магнитными полями активных областей [3], дают основание полагать о влиянии сильных локальных магнитных полей на формирование сигнала ОМП. Представляет интерес наряду с изучением вариаций напряженности ОМП изучить вариации «освобожденного» от (предполагаемого) влияния сильных локальных полей вариации знака ОМП. В отличие от ряда напряженности ОМП, такой ряд будет определяться лишь величиной площади, занимаемой полями противоположной полярности, а не напряженностью поля в их элементах. Назовем его секторной структурой ОМП

Некоторые характеристики ОМП по трехгодичным интервалам

Интервал (годы)	H_{cp} , 10^{-2} мТл	$S(-)_{max}$, 10^{-2} мТл	$N(+)_{max}$, 10^{-2} мТл	σ^2
№ 1, 1976—1978	0.017783	-0.79	0.065	0.04335
№ 2, 1979—1981	-0.04688	-1.47	2.18	0.257585
№ 3, 1982—1984	-0.034708	-2.37	1.28	0.262145
№ 4, 1985—1987	-0.008183	-0.5	0.48	0.021378
№ 5, 1988—1990	-0.084785	-2.03	1.5	0.267846
№ 6, 1991—1993	-0.00261	-2.08	2.09	0.321986
№ 7, 1994—1996	-0.01173	-0.62	0.71	0.043946

(по аналогии с временным рядом знака ММП).

Каждый из трех временных рядов — напряженности ОМП (H ОМП), знака ОМП (CC ОМП) и знака ММП (CC ММП) были разбиты на массивы длиной в один цикл (21-й цикл — 1976—1986 гг., длина ряда $N = 4018$, 22-й цикл — 1987—1996 гг., $N = 3653$) фазы роста и спада (1976—1980 гг., 1981—1986 гг., 1987—1990 гг., 1991—1996 гг.), трехлетние интервалы высоких и низких уровней активности ($N = 1096$), одногодичные интервалы. В таблице приводятся некоторые характеристики ОМП — среднее значение H_{cp} , наибольшие $S(-)$ и $N(+)$ по интервалу значения напряженности ОМП и дисперсия σ^2 по трехгодичным интервалам.

Подготовленные таким образом временные ряды подвергались спектральному анализу. Вычислялись спектры мощности и проводился их сравнительный анализ в нескольких выбранных частотных диапазонах.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПЕКТРОВ

В рамках предлагаемого метода сравнительного анализа спектров мощности построен рис. 1, на котором приведены отдельно для 21-го и 22-го циклов спектры мощности временных рядов напряженности и знаков (H ОМП, CC ОМП и CC ММП) в четырех частотных диапазонах, дающих информацию о двухсекторной (область периодов вращения, 26—31 сут), четырехсекторной (область периодов 13—15 сут) и шестисекторной (периоды около 9 сут) структурах и долговременных вариациях ОМП Солнца и ММП (от 100 сут до 10 лет). Видно, что спектры исследуемых рядов в каждом из четырех частотных диапазонов имеют свойственную отдельному временному ряду структуру. Сравнительный анализ структуры спектров трех рядов в каждом из четырех частотных диапазонов показал следующее.

1. В трех высокочастотных диапазонах (область периодов 3—31 сут), различие структуры спектров исследуемых временных рядов состоит в различном, своем для каждого ряда, соотношении мощностей доминирующих пиков. Внутри одного цикла их значения периодов в каждом из этих частотных диапазонов одинаковы или близки для всех трех рядов. Различие структуры спектров напряженности и знака ОМП, по-видимому, обусловлено или тем, что объекты, являющиеся источником секторности и величины напряженности ОМП, независимы, или их неодинаковым влиянием на формирование вышеназванных характеристик ОМП. В четвертом низкочастотном диапазоне (область периодов больше 100 сут) сходство структур спектров наблюдается только для рядов знака ОМП и ММП, а структура спектра напряженности ОМП имеет иной характер. Можно предположить, что долговременные вариации напряженности ОМП (определяемой, по-видимому, участками сильных локальных полей) имеют иной характер, чем

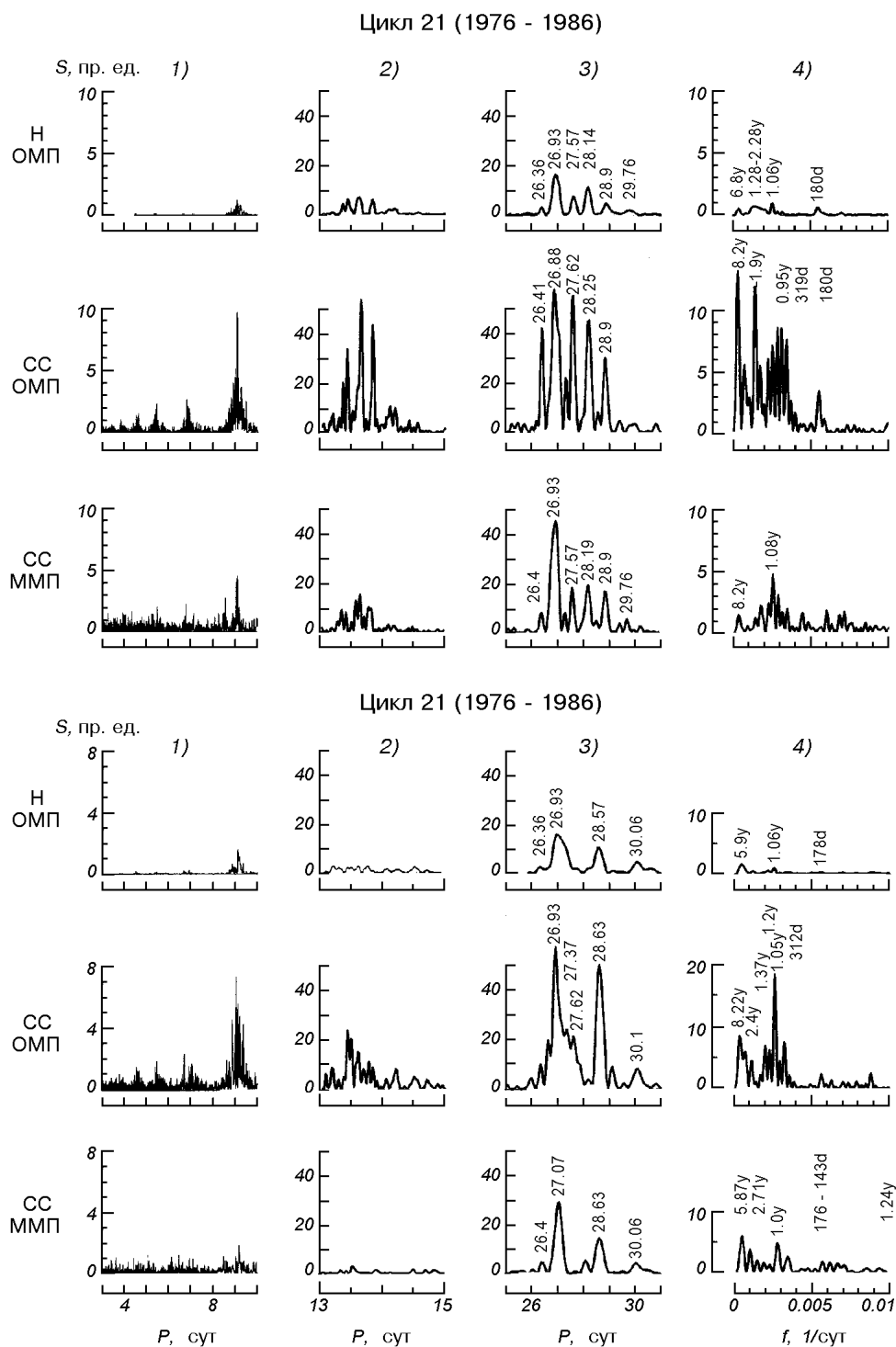


Рис. 1. Спектры мощности в произвольных единицах для двух циклов временных рядов напряженности ОМП (H OMP), знака ОМП (SS OMP) и знака ММП (SS MMP) в четырех частотных диапазонах

вариации суммарных площадей, занимаемых магнитными полями, которые контролируют SS OMP и MMP. Этот вывод согласуется с известным фактом существенного изменения с ходом цикла напряженности ОМП и почти стабильности напряженности MMP [3].

2. Мощность двух-, четырех- и шестисекторной мод изменяется с циклом, причем это изменение свое для каждой из мод. Это подтверждает вывод работы [8] о том, что двухсекторная, четырехсекторная, а также шестисекторная структуры представляют собой независимые объекты на Солнце.

3. Область периодов вращения в 21-м цикле характеризуется наличием пяти дискретных пиков, в 22-м цикле — двух. Значения периодов доминирующих пиков внутри одного цикла совпадают для всех трех рядов, но соотношение их мощностей свое для каждого отдельного ряда. Обращает внимание мощный пик 26.41 сут в спектре знака ОМП для 21 цикла, во всех остальных спектрах пики с таким или близким значением периода очень слабые. Согласно [1, 4] дискретные пики спектра мощности ОМП в области периодов вращения обусловлены широтными зонами преимущественной концентрации фоновых магнитных полей. Их период вращения в экваториальной области составляет 26.9 сут [18, 22], что почти совпадает со значением самого мощного пика во всех спектрах. В работе [12] были обнаружены структуры фонового поля, вращающиеся с периодами 26.5 и 25—25.8 сут. Очевидно, на протяжении 21-го цикла магнитные структуры с периодом вращения 26.41 сут занимали достаточно большую площадь. Низкая мощность пиков в спектрах мощности напряженности ОМП и ММП, по-видимому, обусловлена низкой напряженностью поля в их элементах и их незначительным влиянием на организацию структуры ММП. Вследствие эффектов проекции и дифференциального вращения мощность пиков с увеличением периода должна уменьшаться. Этот эффект хорошо виден в спектре мощности знака ОМП, в особенности для 21-го цикла, в котором наблюдается большое количество пиков (исключая, естественно, пик 26.41 сут). Для пиков в спектрах напряженности ОМП для 21-го цикла, где учитывается не подчиняющееся закону дифференциального вращения распределение напряженности в элементах крупномасштабных магнитных структур (эффект проекции, по-видимому, играет определенную роль), и спектрах знака ММП для 21-го цикла это правило не соблюдается. Структура спектров для 22-го цикла всех трех рядов проще и имеет (возможно в связи с этим) большую степень подобия. Можно предположить, что в исследуемых циклах пространственно-временная организация магнитных полей имела существенно различный характер.

4. Структура спектров, дающая информацию о четырехсекторной моде, различна как для каждого отдельного ряда внутри цикла, так и для разных циклов. Во-первых, следует отметить, что ее мощность в 21-м цикле значительно больше, чем в 22-м цикле. Для 21-го цикла в спектре мощности знака ОМП мощность четырехсекторной моды соизмерима с мощностью двухсекторной моды, в спектре напряженности ОМП и знака ММП — в три раза меньше.

Очевидно, площадь образующих четырехсекторную моду магнитных структур и время их существования достаточно большие, но напряженность поля в их элементах низкая. Значительное ослабление мощности четырехсекторной моды в спектре знака ММП, наверное, говорит о значительно меньшем влиянии малых по площади магнитных структур на организацию СС ММП. В 22-м цикле мощность четырехсекторной моды в спектре знака ОМП приблизительно вдвое меньше мощности двухсекторной моды, распределение пиков иное, чем в 21-м цикле. Следовательно, образующие четырехсекторную структуру объекты также имели существенно различную по циклам организацию.

5. В области периодов 3—10 сут кроме известной группы пиков около 9 сут в спектре напряженности ОМП были обнаружены слабые, но четко

выраженные группы пиков с периодами около 7, 5.5 и 4.5 сут [6]. Они также хорошо видны в спектре знака ОМП. В спектре же знака ММП плохо наблюдаются не только эти группы пиков, но и группа пиков около 9 сут. Согласно [9] такие периодичности соответствуют дробным, короткоживущим структурам фонового поля. В силу сказанного в пп. 3—5 можно сделать вывод, что наибольшее влияние на организацию ММП имеют магнитные структуры, занимающие большую площадь, то есть те, которые формируют двухсекторную структуру. Этим можно объяснить известный наблюдательный факт одновременного существования четырехсекторной структуры крупномасштабного магнитного поля Солнца и двухсекторной ММП.

6. В районе квазигодичной периодичности в спектре мощности знака ОМП наблюдается частокол пиков. Некоторое подобие такого частоккола наблюдается в спектре знака ММП. Наиболее длинные периодичности неодинаковы (см. рис. 1, столбец 4).

Таким образом, анализ обработанных по единой методике наблюдательных данных ОМП и ММП дает возможность получить много важной информации об общих и отдельно свойственных особенностях исследуемых полей, изменении этих особенностей и характера связи этих полей на определенных временных масштабах.

ВНУТРИЦИКЛИЧЕСКИЕ ВАРИАЦИИ СЕКТОРНЫХ СТРУКТУР ОМП И ММП

Опуская подробный анализ спектров трехгодичных интервалов разных уровней активности, проведем анализ вариаций мод секторных структур ОМП и ММП на этих временных масштабах. Отметим только, что в спектрах трехгодичных интервалов в районе двухсекторной моды наблюдается по два-три доминирующих пика, четырехсекторной — один. На рис. 2 приведены внутрициклические вариации мощности и значения периода двух наиболее мощных доминирующих пиков двухсекторной моды в спектрах трех исследуемых рядов. Видно, что мощность как первого, так и второго пиков увеличивается с уровнем активности, по-разному в двух исследуемых циклах. Для ряда напряженности ОМП это увеличение приблизительно на порядок, для рядов знака ОМП и ММП — в 2—2.5 раза. Вариации мощности в спектрах знака ОМП и ММП имеют большое сходство, что подтверждает сделанный раньше вывод об определяющей роли в формировании СС ОМП площади, занимаемой магнитными структурами. О внутрициклическом изменении преобладающего периода вращения двухсекторной структуры, определенного по каждому из трех рядов, можно сказать то же самое, что и о ходе изменения ее мощности: сходство между рядами знака ОМП и ММП и существенно иной характер изменения по ряду напряженности. Для двух трехлетних интервалов (1985—1987 гг. и 1988—1990 гг.) значения вращательного периода одинаково в спектрах всех трех рядов. Обращает на себя внимание то, что период второго по мощности доминирующего пика изменяется в противофазе с изменением периода основного пика. Это может быть отражением известного на сегодня факта одновременных полярного [11, 15] и экваториального [16] дрейфов магнитных полей. В то же время изменение в противофазе первых двух доминирующих пиков не обнаруживается в спектрах для полного цикла, для фаз циклов и для годичных интервалов.

На рис. 3 приведены графики изменения мощности и периода наиболее сильного пика четырех- и шестисекторной мод. Мощность четырехсекторной моды в спектре напряженности ОМП увеличивается с увеличением уровня активности (как и двухсекторной моды). В спектре знака ОМП характер ее изменения плохо совпадает с характером изменения уровня активности. Ход

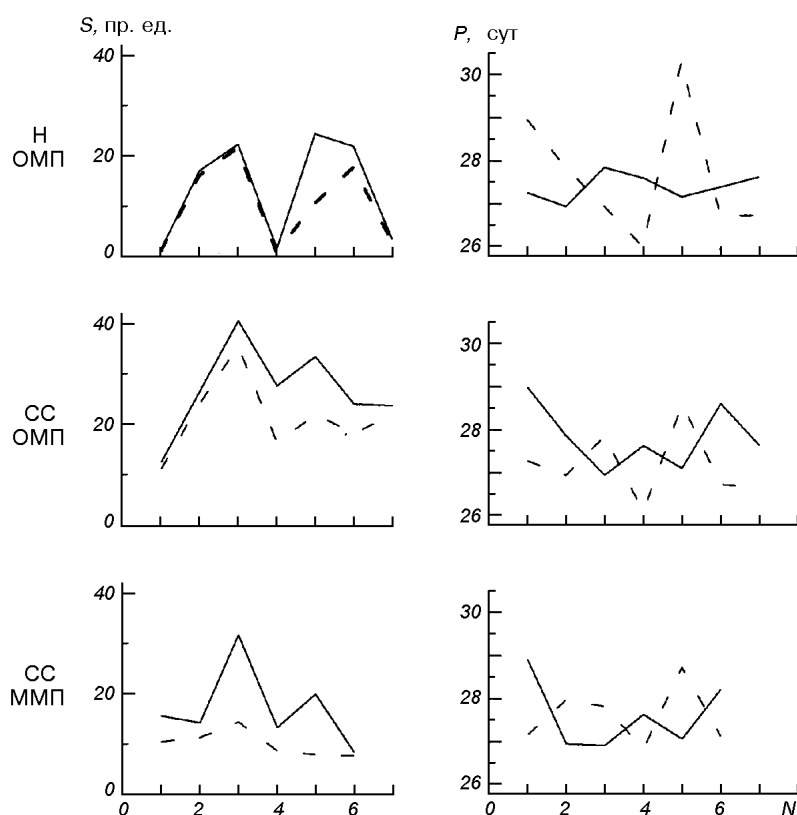


Рис. 2. Вариации мощности S и периода P двух наиболее сильных пиков двухсекторной моды рядов Н ОМП, СС ОМП и СС ММП: сплошная линия — первый пик, штриховая — второй. По оси абсцисс — номера трехгодичных интервалов согласно табл. 1

ее мощности в спектре знака ММП является некоторым отображением изменения мощности четырехсекторной моды в спектре знака ОМП. Это хорошо видно при анализе структуры спектров: в обоих спектрах в первые три интервала мощность четырехсекторной моды большая и сравнима с мощностью двухсекторной моды, в следующие три интервала она низкая и существенно меньше мощности двухсекторной моды. Изменение мощности шестисекторной моды аналогично изменению уровня активности, за исключением двух последних трехгодичных интервалов для спектра ММП. Характер же изменения периода доминирующего пика четырех- и шестисекторной мод похож почти на всем рассматриваемом интервале в спектрах рядов напряженности и знака ОМП, и существенно расходится в некоторых интервалах в спектре знака ММП.

Хорошо прослеживаются вариации мощности двух- и четырехсекторных мод по спектрам годичных интервалов (рис. 4). Следует отметить, что на этом временном масштабе в спектрах ОМП в области двух- и четырехсекторных мод мощный пик в основном один, и значения его периода в спектрах знака и напряженности ОМП почти везде совпадают. Их мощность же изменяется по-разному для каждого ряда. В спектре ряда знака ОМП очень хорошо видно периоды преобладания двух- или четырехсекторной структуры, уже упоминавшееся выше наличие четырехсекторной структуры в первые восемь лет (1976—1983 гг.), почти полное ее отсутствие в следующие девять лет (1984—1992 гг.) и появление после 1993 г.

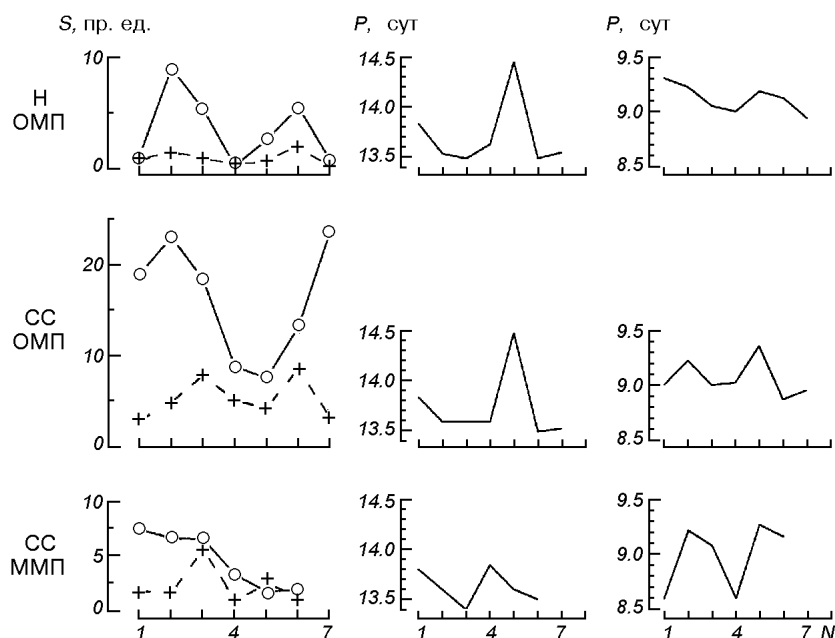


Рис. 3. Вариации мощности S и значения периода P наиболее мощного пика четырехсекторной (кружки) и шестисекторной (крестики) мод для рядов Н ОМП, СС ОМП и СС ММП. По оси абсцис — номера трехгодичных интервалов согласно табл. 1

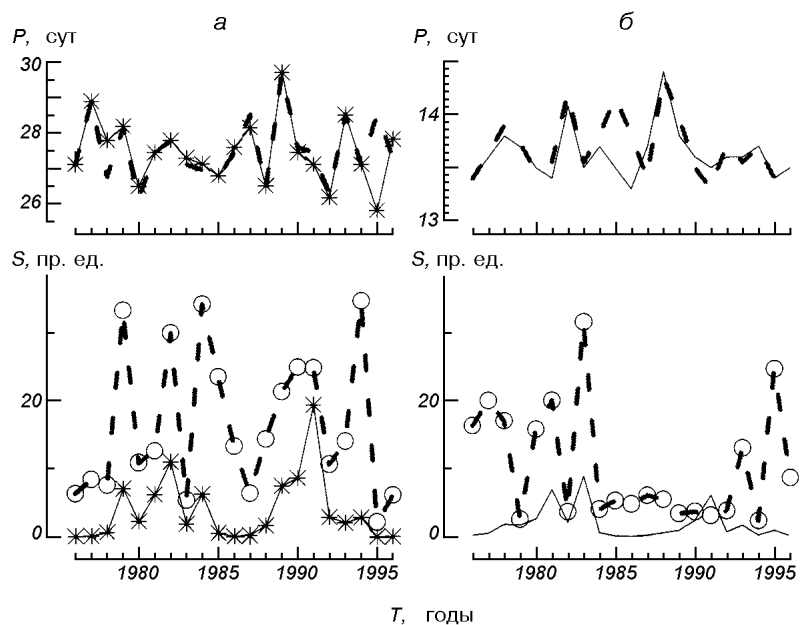


Рис. 4. Изменение периода P и мощности S : а — двухсекторной моды, б — четырехсекторной моды в спектрах одногодичных интервалов временных рядов Н ОМП (сплошная линия) и СС ОМП (штриховая линия)

ВЫВОДЫ

При исследовании связи между различными проявлениями солнечной активности необходимо учитывать следующее. Вследствие цикличности солнечной активности свойства физических объектов, определенные при усреднении по большому временному интервалу и по части этого интервала

(например, по циклу и его фазе), как и при усреднении по двум одинаковым по длительности, но разнесенным во времени интервалам, будут отличаться. Методика обработки также имеет свое влияние на результат исследования. В силу этого желательным является одновременное исследование величин, наблюдаемых в одни и те же интервалы времени и обработанных по одной методике.

Спектральный анализ рядов наблюдений ОМП и ММП 1976—1996 гг. на временных масштабах, отражающих определенное состояние солнечной активности, дал возможность получить новую информацию как об общих, так и отдельно свойственных особенностях ОМП и ММП, определить характер связи между ними. Основные результаты можно сформулировать следующим образом.

1. Секторные структуры ОМП и ММП являются независимыми проявлениями солнечного магнетизма, о чем свидетельствует различная зависимость их характеристик от уровня солнечной активности. Двухсекторная структура есть почти всегда. Четырехсекторная же структура в некоторые интервалы времени имеет мощность, соизмеримую с мощностью для двухсекторной структуры или больше ее, в следующем интервале ее почти нет; периодичность ее появления составляет 8—9 лет.

2. Определяющую роль в порождении и контроле секторной структуры ОМП и ММП играет занимаемая магнитными структурами площадь, а не напряженность поля в их элементах. А. Б. Северный [10] также указывал, что нарушение баланса магнитных потоков различной полярности как для всего диска в целом, так и для полюсов, связано не с перевесом напряженности поля, а с перевесом площади преобладающей полярности [10]. Напряженность же поля внутри секторов определяется распределением локальных сильных полей.

3. При исследовании ОМП и ММП на временном масштабе в три года обнаружено, что два преобладающих периода вращения крупномасштабных магнитных структур на Солнце изменяются с ходом цикла в противофазе. Этот факт можно объяснить одновременным полярным и экваториальным дрейфом крупномасштабных магнитных структур.

Автор выражает благодарность Н. Н. Степанян за полезные советы.

1. Котов В. А. Общее магнитное поле Солнца как звезды // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.—1994.—91.—С. 5—24.
2. Котов В. А., Демидов М. Л., Ханейчук В. И. и др. 25 лет исследований магнитного поля Солнца как звезды // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.—1998.—94.—С. 118—122.
3. Котов В. А., Левицкий Л. С. Вариации межпланетного и солнечного магнитных полей // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.—1982.—66.—С. 110—119.
4. Котов В. А., Степанян Н. Н. Некоторые характеристики крупномасштабных магнитных полей на Солнце // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.—1980.—62.—С. 118—124.
5. Котов В. А., Степанян Н. Н., Щербакова З. А. Роль фонового магнитного поля и полей активных областей в общем магнитном поле Солнца // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.—1977.—56.—С. 75—83.
6. Лейко У. М. О периодичностях общего магнитного поля Солнца // Новый цикл активности Солнца: наблюдательные и теоретические аспекты: Тр. конф., посвященной 50-летию Горной астрономической станции ГАО РАН. — Санкт-Петербург, 1998.—С. 288—292.
7. Лейко У. М. Аналіз спектрів потужності загального магнітного поля Сонця впродовж різних фаз активності 21 та 22 циклів // Вісн. Київ. ун-ту. Астрономія.—2001.—Вип. 37.—С. 29—37.
8. Обридо В. Н., Шелтинг Б. Д. Крупномасштабное магнитное поле на Солнце: экваториальная область // Астрон. журн.—2000.—77, № 2.—С. 124—133.
9. Плюснина Л. А. О периодических компонентах фотосферного и межпланетного магнитных полей // Исслед. по геомагнетизму, аэрономии и физ. Солнца.—1985—Вып. 73.—С. 80—87.

10. *Северный А. Б.* Магнитная асимметрия и колебания общего магнитного поля Солнца // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.—1968.—38.—С. 3—31.
11. *Степанян Н. Н.* Фоновые магнитные поля на Солнце в 1964—1978 гг. // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.—1982.—65.—С. 43—58.
12. *Степанян Н. Н.* Изменение дифференциального вращения фоновых магнитных полей на Солнце // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.—1983.—68.—С. 59—65.
13. *Ханейчук В. И.* Вариации общего магнитного поля Солнца: вращение и 22-летний цикл // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.—2000.—96.—С. 176—187.
14. *Levine R. H.* Spatial distribution of large-scale solar magnetic fields and their relation to the interplanetary magnetic field // Solar. Phys.—1979.—62, N 2.—P. 277—303.
15. *Makarov V. I.* General magnetic field reversal in the solar cycle 22 period: 1986—1992 // Astron. and Astrophys. Transactions.—1994.—5.—P. 333—338.
16. *Newkirk G.* Large-scale solar magnetic fields and their consequences // Solar magnetic fields: Proc. IAU Symp. 43. — Dordrecht, 1971.—Part IV.
17. *Obridko V. N., Shelting B. D.* Structure and cyclic variations of open magnetic fields on the Sun // Solar. Phys.—1999.—187, N 1.—P. 185—205.
18. *Scheeley N. R., Wang Y.-M., Nash A. G.* A new determination of the solar rotation rate // Astrophys. J.—1992.—401, N 1.—P. 378—385.
19. *Scherrer P. H., Wilcox G. M., Howard R.* The mean photospheric magnetic field from the solar magnetograms: comparison with the interplanetary field // Solar. Phys.—1972.—22, N 2.—P. 418.
20. *Severny A. B.* The polar fields and time fluctuations of the general magnetic field of the Sun // Solar magnetic fields: Proc. IAU Symp. N 43. — Dordrecht, 1971.—P. 675—695.
21. *Severny A. B., Wilcox G. M., Scherrer P. H., Colburn D. S.* Comparison of the mean photospheric magnetic field and the interplanetary magnetic field // Solar. Phys.—1970.—15, N 1.—P. 3.
22. *Snodgrass H. B.* Magnetic Rotation of the Solar Photosphere // Astrophys. J.—1983.—270, N 1.—P. 288—289.
23. *Swalgaard L., Wilcox J. M., Scherer P. H., Howard R.* The Sun's magnetic sector structure // Solar. Phys.—1975.—45, N 1.—P. 84—91.
24. *Wilcox G. M., Ness N. F.* Solar source of the interplanetary sector structure // Solar. Phys.—1967.—1, N 2.—P. 437—443.
25. *Winters G. B., Ballif G. R., Jones D. E.* A comparison of the photospheric and interplanetary magnetic field during the flight of Mariner-4 // Solar. Phys.—1969.—7, N 2.—P. 478—486.

Поступила в редакцию 13.09.01