

УДК 523.9

## Солнце как звезда: взгляд из КрАО

*В.А. Котов*

НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, Крым, Научный  
e-mail: vkotov@crao.crimea.ua

Поступила в редакцию 26 января 2006 г.

**Аннотация.** Солнце как звезда, по инициативе Северного, *практически* изучается в КрАО с 1968 г. Ныне каталог общего магнитного поля (ОМП) Солнца, измеренного за 38 лет в шести обсерваториях, включает около 17 тыс. суточных значений. ОМП хорошо коррелирует с секторной структурой межпланетного магнитного поля, меняясь с главным периодом солнечного вращения 26.891(13) сут. А он находится в тесных резонансах 2:7 и 3:7 с орбитальным и осевым вращениями Меркурия. ОМП обладает также периодичностями 1.032(7) г. и 1.59(2) г., чья близость к орбитальным периодам Земли и Венеры не случайна. Первый совпадает еще и со средним синодическим периодом планет-гигантов, бросая вызов теории и наблюдениям. Период 19(3) г. связан с магнитным циклом Солнца, но его наличие у ОМП – тоже загадка. Измерения эффекта Доплера фотосферы Солнца-как-звезды, выполненные в КрАО за последние 32 года, показали присутствие устойчивой вибрации с периодом  $P_1 = 159.9657(4)$  мин. Пульсация  $P_0 = 160.0101(15)$  мин регистрировалась только первые 9 лет (1974–1982 гг.) и может иметь космологическое происхождение. Вибрация же  $P_1$  обусловлена, по-видимому, сверхбыстрым вращением центрального ядра Солнца. Период биений  $P_0$ - и  $P_1$ -вибраций, 400(13) сут, совпадает с синодическим периодом Юпитера 399 сут, что заставляет думать вновь об антропном принципе, реализующимся в Солнечной системе и во Вселенной.

THE SUN AS A STAR: INSIGHT FROM THE CrAO, *by V.A. Kotov.* The Sun as a star has been studied *in practice* at the CrAO since 1968 on Severny's initiative. Today, the 38-year catalogue of the Sun's mean magnetic field (MMF) measured by six observatories, contains about 17 thousand daily values. The MMF well correlates with the sector structure of the interplanetary magnetic field and changes with the main period of solar rotation 26.891(13) d. The latter happens to be in close resonances 2:7 and 3:7 with orbital and spin motions of Mercury. The MMF shows also periodicities 1.032(7) yr and 1.59(2) yr which closeness to orbital periods of Earth and Venus cannot be accidental. The first one coincides, moreover, with the average synodic period of giant planets challenging thus theory and observations. The 19(3) yr period is associated with the solar magnetic cycle but its presence in MMF is also a mystery. The CrAO measurements of the Doppler effect of the Sun-as-a-star's photosphere were performed during last 32 years. They showed the presence of the stable solar periodicity  $P_1 = 159.9657(4)$  min. The vibration with a period of  $P_0 = 160.0101(15)$  min was registered over first 9 years only (1974–1982) and might have a cosmological origin. The  $P_1$  vibration is thought to be connected with the fast rotation of the inner solar core. It is also noted that the beat period of the  $P_0$  and  $P_1$  vibrations, 400(13) d, agrees with a synodic period of Jupiter, 399 d; this makes us think again about the anthropic principle being realized in the Solar system and the Universe.

**Ключевые слова:** Солнце, магнитное поле, пульсации, внутреннее строение

---

## 1 Введение

Вот ученый и поэт Ломоносов, открывший в 1761 г. атмосферу на Венере и веривший в неисчислимость звезд и бесконечность “бездны дна” – пространства:

*“Светило днѣвное блистает лишь только на поверхность тел; но взор Твой в бездну проникает, не зная никаких предел.”*

Позже Гете, в прологе “Фауста”, – тоже обращаясь к Солнцу, – мыслил о “музыке сфер” как о древнем пути эстетического восприятия гармоний в движении Солнечной системы. Еще позже, в 70-х годах прошлого века, астрофизики обнаружили, что и само Солнце “звучит” на различных частотах... Козьма же Прутков, еще в 19-м веке, спрашивал так: “Луна нужна, она ночью светит. А солнце зачем днем, когда и без того светло?” – Наверное, затем, что Солнце – источник жизни и вдохновения...

Современные исследования Солнца как звезды неразрывно связаны с именем Северного (1969). Вернувшись в конце 1967 г. в Крым с научной конференции, он предложил измерять на телескопе БСТ-1 – наряду с локальными магнитными полями фотосферы – поле всего солнечного диска сразу: *общее магнитное поле* Солнца как звезды, ОМП. Расчеты показали, что чувствительность магнитографа достаточна:  $\pm 0.15$  Гс при времени накопления сигнала зеемановской поляризации 20 мин (для спектральной линии Fe I  $\lambda 525.02$  нм с фактором Ланде  $g = 3$ ). Он же предложил для этого: (а) наблюдать Солнце в “параллельном” пучке, когда входная щель спектрографа освещается светом всего диска, и (б) контролировать нуль-пункт магнитографа по сигналу “ОМП” в немагнитной линии Fe I  $\lambda 512.37$  нм,  $g = 0$ .

Говорят, И.С. Шкловский, узнав о наблюдениях в КрАО Солнца-как-звезды, воскликнул: “А не лучше ли звезды изучать как Солнце?” – Конечно, “оба уклона” лучше...

ОМП представляет собой интегральное продольное поле  $B$  всей видимой полусферы Солнца. Измеряется оно по эффекту Зеемана линии поглощения фотосферы, куда потемнение диска к краю входит как весовая функция. ОМП пропорционально перевесу на данный день одной полярности над другой, и по всему диску; по сути это – магнитный разбаланс полусферы. ОМП определяется “спокойной” фотосферой (крупномасштабными, или “фоновыми”, полями) и практически не коррелирует с пятнами и активными областями. ОМП поэтому – новая важная характеристика магнитной активности Солнца как целого, его переменности, цикла и вращения. Напряженность  $B$  мала: она меняется – из-за солнечного вращения и эволюции поля – преимущественно в пределах  $\pm 1.5$  Гс. Поэтому ее измерение – трудная задача, требующая чувствительной техники для измерений круговой поляризации в крыльях линии (солнечный магнитограф).

Первые же измерения 1968 г. показали хорошую корреляцию полярности ОМП с 27-суточной повторяемостью секторной структуры межпланетного магнитного поля, ММП, наблюдаемого на орбите Земли (“Солнце – магнитный ротатор”). С тех пор измерения ОМП в КрАО ведутся систематически, с перерывами в 1977–1990 гг. и 1992 г. Но главные результаты крымской “ОМП-программы” получены с привлечением также обширных массивов ОМП, полученных другими пятью обсерваториями (п. 2).

Второй эксперимент КрАО, по регистрации глобальных колебаний Солнца, начат в 1974 г. и длится уже 32 года. Применяется также магнитограф Бэбкока, но с дифференциальным методом регистрации лучевой скорости фотосферы (“Солнце относительно Солнца”, линия 512.37). Измеряется разность лучевых скоростей между центральной круговой, радиусом  $0.66R_{\odot}$ , и краевой, кольцевой, зонами диска. Метод значительно подавляет влияние земных помех ( $R_{\odot}$  – радиус Солнца или его диска; Котов и др., 1983).

Напомним, что настоящее астрофизическое изучение Солнца началось лишь с применения Бэбкоком (1953) солнечного магнитографа, и многие наши познания о Солнце ограничиваются лишь последними 4–5 циклами. Поэтому, как считают некоторые астрофизики, именно на рубеже 21-го столетия наступил “золотой век” исследований Солнца, и особенно в связи с удачными наблюдениями из космоса (спутники SOHO, TRACE и др.) и успехами гелиосейсмологии. И это имеет основу, т.к. выводы теории часто не подтверждаются экспериментом. Об этом хорошо когда-то сказал Эйнштейн (цит. Фиенберг, 2005): “Справедливость теории в принципе не может быть

доказана, ибо никогда неизвестно, подтвердит или опровергнет ее выводы новый эксперимент”.

Обе многолетние программы КрАО – регистрация эффектов Зеемана и Доплера фотосферы Солнца как звезды – не исключение. Они дают новые важные сведения о свойствах нашей звезды, ставя при этом трудные вопросы, – в частности, для теории динамо, гелиосейсмологии, внутреннего строения звезд и Солнца и моделей цикла, а также для космогонии и космологии.

## 2 Магнитное поле, 1968–2005 гг.

За последние 38 лет измерения ОМП сделаны в шести обсерваториях: КрАО, Обсерватория Маунт Уилсон, Солнечная обсерватория им. Дж. Уилкокса Стэнфордского университета, Саянская солнечная обсерватория, Обсерватория в Южной Африке (группа ViSON Бирмингэмского университета) и Обсерватория Китт-Пик.

Таблица 1. Данные ОМП, 1968–2005 гг.

Обсерватория	Годы	Линия, нм	$N$	$\Delta$ , Гс	$S$ , Гс	$k$
КрАО	1968–2005	Fe I $\lambda$ 525.02	2452	0.15	0.68	0.89
Маунт Уилсон	1970–1982	"	2457	0.07	0.67	0.90
Стэнфорд*	1975–2005	"	9084	0.05	0.42	1.44
Саяны	1982–1993	"	313	0.05	0.77	0.78
Южная Африка	1992–2001	K I $\lambda$ 769.90	1988	0.01	0.43	1.41
Китт-Пик	2003–2005	Fe I $\lambda$ 630.15	421	0.01	0.65	0.93
Вместе**	1968–2005	–	16715	–	0.60	–

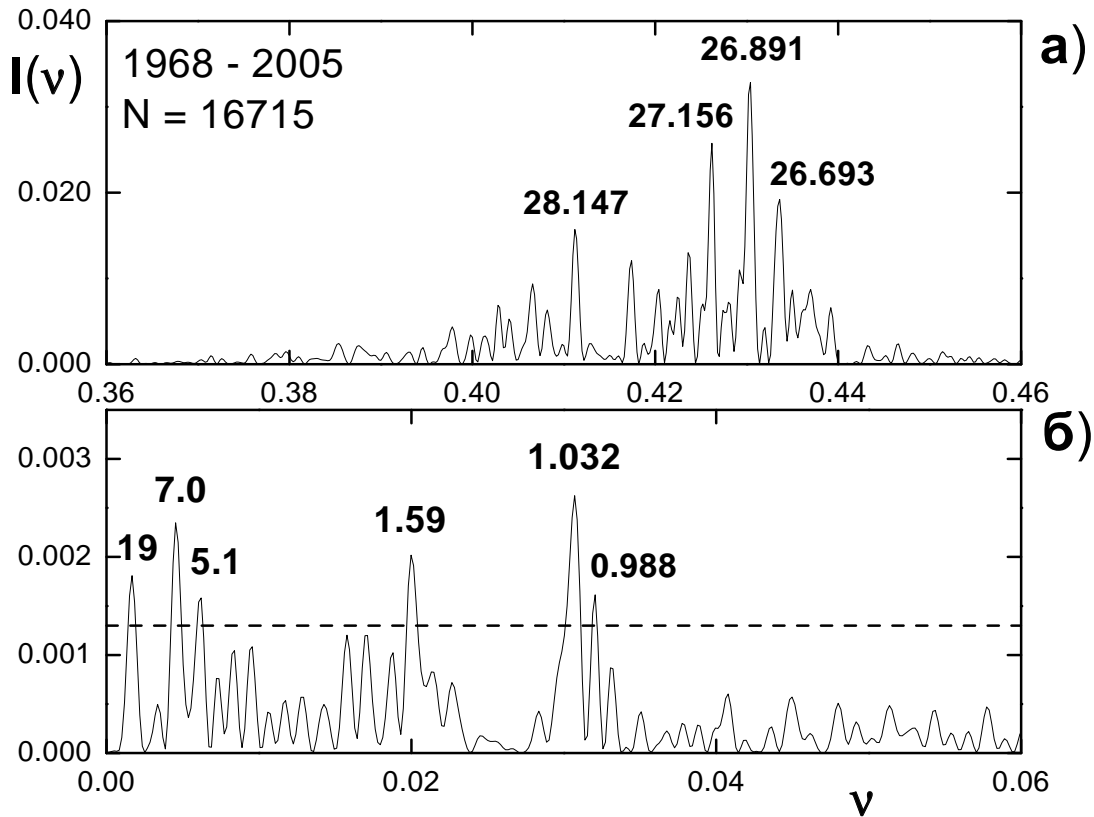
\*Данные Стэнфорда охватывают интервал с 16 мая 1975 г. по 3 ноября 2005 г.

\*\*Полный нормированный ряд ОМП

Сведения о всех массивах приведены в табл. 1, где обозначено:  $N$  – число суточных значений  $B$ ,  $\Delta$  – типичная погрешность,  $S$  – стандартное отклонение массива,  $k$  – нормировочный фактор. О методах измерений и самих данных см.: Шеррер и др. (1977), Котов и др. (2001), Чаплин и др. (2003), Демидов и др. (2005). В массивы не вносились никакие поправочные коэффициенты, в том числе обусловленные так называемым “насыщением” магнитографа (Стенфло, 1973; Демидов и др., 2005). Но для объединения массивов в единую временную последовательность 1968–2005 гг. значения  $B$  каждого массива умножались на  $k = S_0/S$ , где  $S_0 = 0.60$  Гс – среднее стандартное отклонение шести “индивидуальных”  $S$  в табл. 1. В итоге получен единый 38-летний ряд с числом  $N = 16715$  и  $S = 0.60$  Гс. Положительные значения  $B$  отвечают N-полярности; спектры мощности, СМ, вычислялись методом прямого фурье-преобразования, неопределенности всюду отвечают стандартной ошибке  $\pm 1\sigma$ , а нулевая фаза – 0 УТ, 1 января 1968 г.

## 3 Экваториальное вращение Солнца

Для частот вращения СМ приведен на рис. 1а, где главный пик отвечает периоду  $P_{\odot}' = 26.891(13)$  сут с гармонической амплитудой  $A = 0.18$  Гс. (Почти с таким же периодом, 26.94(1) сут,



**Рис. 1.** Спектр мощности ОМП для высоких (а) и низких (б) частот; 1968–2005 гг.,  $N = 16715$ . По горизонтали – частота  $\nu$  в мкГц, по вертикали – мощность  $I(\nu)$  в произвольных единицах; пунктирная линия (б) отвечает уровню значимости  $3\sigma$ ; числами обозначены главные пики: период в сутках (а) или годах (б)

вращалась и секторная структура ММП в 1926–1983 гг., см. Свалгард и Уилкоккс, 1975. Другие заметные на рис. 1а периоды обусловлены дифференциальным вращением и циклом, заслуживая отдельного рассмотрения.) Из-за вмороженности плазмы  $P_{\odot}'$  следует приписать вращению солнечного экватора. Соответствующий сидерический период в сутках:

$$P_{\odot} = 25.047(12). \quad (1)$$

Такой же период следует и из множества других измерений и гелиосейсмологии (Ску и др., 1998). Но его стабильность в течение почти четырех 11-летних циклов удивляет: согласно модели Бэбкока-Лейтона и динамо-механизму тороидальное поле в основании конвективной зоны – из-за переполусовок, дифференциального вращения и широтного дрейфа – должно было за 38 лет несколько раз изменить полярность, и 27-суточный пик в спектре должен был бы “диссипировать”. Это наводит на мысль о глубинном поле, вращающемся “твердотельно”. Но тогда должен существовать особый механизм, обеспечивающий долговременную когерентность вращения.

Таким механизмом может быть *резонанс*, когда малое по амплитуде периодическое внешнее воздействие приводит к динамической устойчивости системы. Но *гравитационное* воздействие планет на Солнце слишком мало, роль же *кулоновского* сомнительна из-за малости электрических

зарядов (признаем, однако, что о распределении заряда в Солнечной системе почти ничего неизвестно). Не исключено, что резонансы возникли на заре формирования Солнечной системы, когда протопланетное облако составляло одно целое с Солнцем, имея с ним и *общее* магнитное поле.

#### 4 Мистические резонансы

Укажем на интересное соотношение между экваториальным вращением Солнца и орбитальным движением Меркурия с периодом  $P_M = 87.969$  сут:

$$2 P_M/P_{\odot} = 7.024(4). \quad (2)$$

Резонанс вряд ли случаен: вероятность близости (2) к целому числу  $\approx 0.05$ . Для наблюдателя на Меркурии магнитное Солнце вращается с периодом  $P_{\odot,M} = 35.017(17)$  сут, и отношение  $2P_M/P_{\odot,M} = 5.024(3)$ . Так как осевое вращение Меркурия, с периодом  $P_{M,R} = 58.646$  сут, соизмеримо с его орбитальным обращением, то к (2) можно добавить еще один поразительный резонанс Меркурий–Солнце, случайность которого тоже маловероятна:

$$P_{M,R}/P_{\odot,M} = 58.646/35.017 = 5/3 + 0.008(1). \quad (3)$$

Это значит, что за два планетных обращения по орбите Солнце совершает семь, а Меркурий – три оборота вокруг собственной оси. (Из-за приливного трения вращение Меркурия замедлилось и соответствует теперь скорости, при которой в перигелии большая ось планеты всегда направлена к Солнцу.)

В исследованиях Солнечной системы часто рассматривается резонанс видимого движения спутника с видимым движением Солнца – т. наз. “спутниково-солнечный резонанс”. Возможен и резонанс между осевым и орбитальным вращениями тела. Считается, что он связан с периодическими флуктуациями гравитационного поля, вызванными асимметричным распределением вещества во вращающемся теле и ведущими к резонансу с орбитальным движением. Мы же указываем на резонанс между видимыми *движением и вращением* Солнца (в системе координат Меркурия). Неизвестно, однако, насколько гравитационные силы эффективны, чтобы хватило времени существования планетной системы для установления резонанса. (В проблеме регулярности и резонансов Солнечной системы много неясностей. По мнению Ньюто, 1976, и Овендена, 1975, приливная теория не дает ответа на главный вопрос – о планетных расстояниях, поскольку приливной механизм требует слишком большого времени для установления соизмеримостей.)

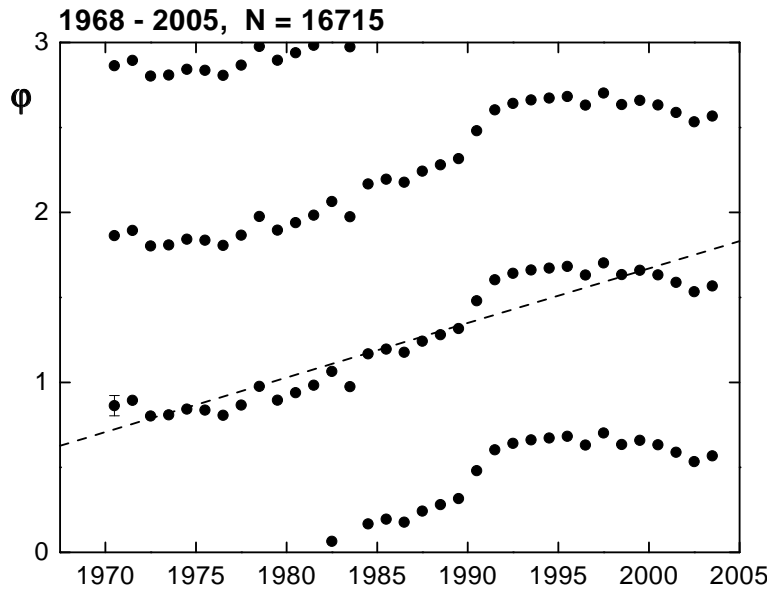
#### 5 Головоломка: годовая волна ОМП

Фрагмент СМ для низких частот показан на рис. 1б, где доминирует периодичность (в годах)

$$P_{\oplus} = 1.032(7) \quad (4)$$

с амплитудой  $A = 0.05$  Гс. Котов и Левицкий (1985) доказали, что годовая волна присуща самому Солнцу и не связана ни с сезонными или инструментальными причинами, ни с изменением в течение года гелиошироты Земли (в пределах  $\pm 7.^\circ 25$ ). С достоверностью  $4.5\sigma$  период отличается от значения 1.000 г. потенциального земного артефакта. И нет симметричного расщепления, вызванного переполюсовками ОМП через каждые 10–11 лет.

Были построены средние кривые ОМП с периодом 1.000 г. для каждого 5-летнего интервала, и оказалось, что волна присутствует всегда, включая годы вблизи максимумов солнечной активности с их глобальными переполюсовками. Соответствующая диаграмма О–С показана на рис. 2, где прямая линейной регрессии, проведенная через 34 точки, отвечает истинному периоду 1.032(6) г. с коэффициентом корреляции  $r = 0.94$ . Отклонения точек на рис. 2 от наклонной прямой указывают на возможную цикличность с квази-периодом  $\gtrsim 22$  г.



**Рис. 2.** Фазовая диаграмма ОМП для пробного периода 1.000 г. По горизонтали – годы, по вертикали – фазы максимума ОМП для 5-летних отрезков данных (фазы показаны точками с повторением для фазовых интервалов 1–2 и 2–3). Вертикальной черточкой показана типичная ошибка фазы, пунктирная линия – прямая линейной регрессии

Близость  $P_{\oplus}$  к орбитальному периоду Земли, конечно, настораживает: столь тесное совпадение не может быть случайным. Снова напрашивается вывод о резонансе, на этот раз с Землей. Природа его загадочна.

Отметим и другие интригующие периодические вариации ОМП на рис. 1б: – (а) 1.59(2) г. – резонанс с Венерой (синодический период 1.60 г.)? – (б) 19(3) г. – очевидный период, связанный с 21-22-летним циклом (но его появление тоже странно: ведь мы вращаемся вокруг Солнца, Солнце вращается с периодом 25 сут, и всякий разбаланс при усреднении за несколько лет должен исчезнуть), – (в) 7 и 5 лет – неизвестной природы (возможно, 3-я и 4-я гармоники цикла). Особый интерес вызывает совпадение  $P_{\oplus}$ , в пределах ошибки, со средним *синодическим* периодом планет-гигантов, 1.036(20) г.

Отношение сидерического периода Венеры,  $P_V = 224.701$  сут, к периоду Солнца  $P_{\odot}$  также слишком близко к целому числу, чтобы считать его случайным:

$$P_V/P_{\odot} = 224.701/25.047 = 8.971(5). \quad (5)$$

Особый интерес вызывает и резонанс известного периода  $P_{28} = 28.147(14)$  сут на рис. 1а с орбитальным обращением и Венеры, и Земли (период  $P_E$ ):

$$P_V/P_{28} = 7.983(4), \quad P_E/P_{28} = 12.977(7). \quad (6)$$

Значимость резонансов (5) и (6) примерно  $2\sigma$ , т.е. такая же, как резонанса Солнце-Меркурий. Неясно, каким образом резонансы Солнца с Меркурием, Венерой и Землей могли возникнуть: очередные загадки для космогонии и физики Солнца. Такие же, как знаменитый и таинственный резонанс Венера-Земля: мы видим непременно одну и ту же сторону Венеры при соединении двух планет. Получается, что слабое гравитационное взаимодействие с Землей определяет вращение

Венеры? Пока никому не удалось объяснить этот удивительный *синодический* вращательный резонанс, см. Голдрайх и Пил (1968). Резонанс же ОМП-Венера (период 1.6 г.) приходится трактовать как периодическое, *наблюдаемое с Земли*, изменение магнитного Солнца, связанное с движением Венеры, или, другими словами, с динамикой системы Солнце-Венера-Земля(?). Проблема – в поиске разумного физического механизма взаимодействия. Мы полагаем, что все эти резонансы – *реликтовые* и берут свое начало в процессах, имевших место в далеком прошлом Солнечной системы.

## 6 Пульсации Солнца

При измерениях дифференциальной скорости Солнце наблюдается также в “параллельном” пучке. С 1974 г. по 2005 г. наблюдения выполнены в течение 1882 дней, в сумме 11508 ч. Сигнал скорости интегрировался за каждую минуту, но при обработке он усреднялся в каждом последовательном 5-минутном интервале; медленные тренды исключались с помощью парабол. Суммарное число остатков “скорость минус тренд”  $N = 138096$ ,  $S = 6.4$  м/с. Положительная скорость отвечает “расширению” Солнца, нулевая фаза – моменту 0 UT, 1 января 1974 г.

Измерения 1974–1982 гг. показали, что главное, наиболее значимое колебание фотосферы имеет период  $P_0 = 160.0101(15)$  мин ( $A = 0.54$  м/с; см. рис. 3а, а также Северный и др., 1976; Котов и др., 2006). Результат подтвержден измерениями в Бирмингэме и Стэнфорде (Брукс и др., 1976; Шеррер и Уилкоккс, 1983). Последующие измерения в КрАО и Стэнфорде показали, что после 1982 г. у Солнца доминирует колебание 159.966 мин – почти годичный сателлит  $P_0$  (Котов и др., 1997).

На рис. 3а пик  $P_0$  окружен годичными сателлитами 159.9629 мин и 160.0579 мин, обусловленными в основном годичной скважностью наблюдений. СМ для всех измерений за 32 года приведен на рис. 3б, где период главного пика  $P_1 = 159.9657(4)$  мин.

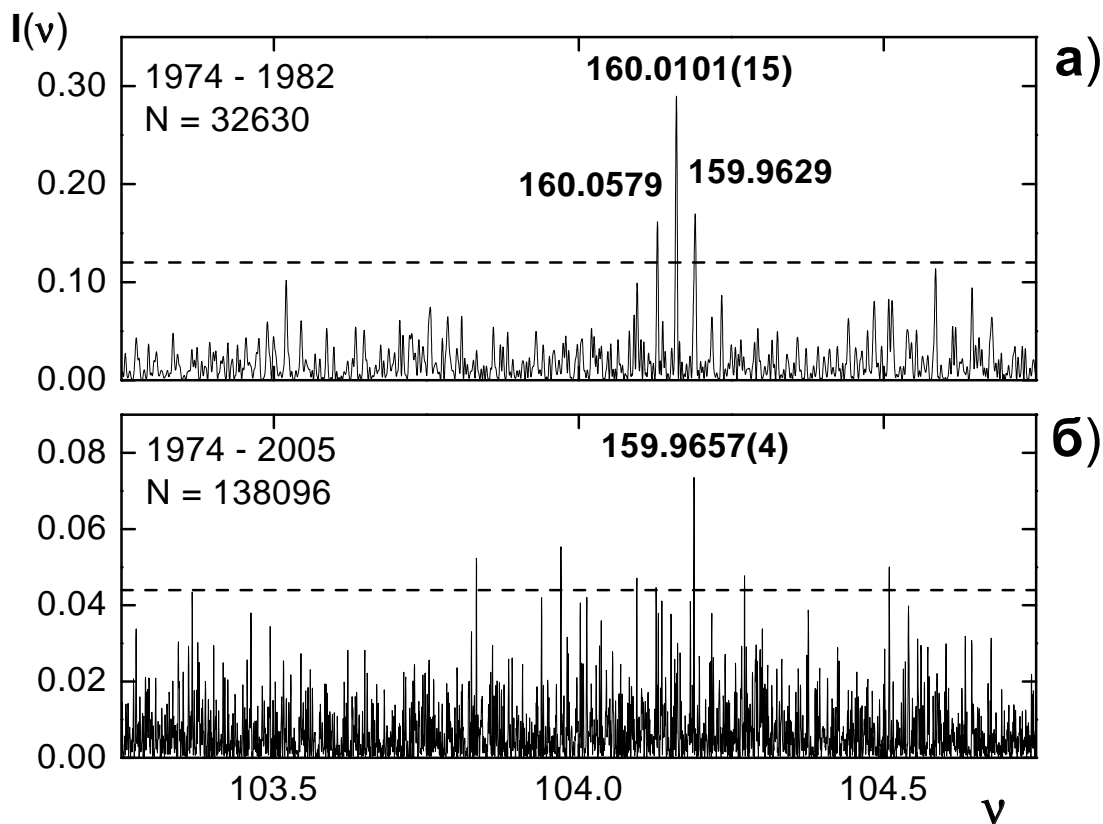
Для каждого двухлетнего интервала, – по всем данным 1974–2005 гг., – была вычислена средняя кривая скорости с пробным периодом 159.9600 мин и для нее найдены гармонические амплитуда и фаза максимума  $\varphi$  (кривые оказались незначимыми для 1985–1986 гг. и 1996–1997 гг. – эпох минимумов солнечной активности). Поведение 29 фаз показано на рис. 4, где наклон прямой линейной регрессии соответствует действительному периоду 159.9656(4) мин;  $r = 0.99$ . Средняя амплитуда  $P_1$ -кривой за 32 года составляет 0.27 м/с, или 2 км для радиальных изменений  $R_{\odot}$ .

## 7 Попытка интерпретации

Измерения Солнца как звезды, начатые в КрАО 38 лет тому назад, приносят свои плоды. ОМП открывает новые физические связи нашего мира: (а) известная 28-суточная “мода” магнитного ротатора Солнца оказывается в замечательных резонансах с движениями Венеры и Земли, (б) экваториальное же вращение – с движениями Меркурия; в свою очередь (в) медленные вариации “магнита Солнца” происходят в унисон с движениями как Венеры, так и Земли; особенно впечатляет (г) “околоземной” период 1.032(7) г., совпадающий (д) со средним *синодическим* периодом гигантских планет – Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Эти совпадения, или резонансы, должны иметь смысл и требуют объяснения (по Эйнштейну, “физический опыт вообще имеет дело лишь с совпадениями”).

Измерения КрАО показали, что Солнце пульсирует с “мистическими” периодами  $P_0$  и  $P_1$ , – близкими к 9-й гармонике *земных* суток, – и современная теория не в состоянии их объяснить. Как и тот факт, что два гиганта, Юпитер и Сатурн, имеют осевой период почти  $4P_0 = 640$  мин (Котова и Котов, 2001). Какая же “универсальная”, или *вселенская* сила заставляет крутиться их *одинаково* быстро?

Но к этому добавляется еще одна тайна: биения двух пульсаций,  $P_0$  и  $P_1$ , происходят с периодом  $P_G = 400(13)$  сут, согласующимся с *синодическим* периодом Юпитера 399 сут. Если же для  $P_0$  принять более точное значение 160.01015(8) мин (Котов и Левицкий, 1987), то для  $P_G$  получаем 400(4) сут, что еще более поразительно согласуется с периодом Юпитера, *наблюдаемого с Земли*.



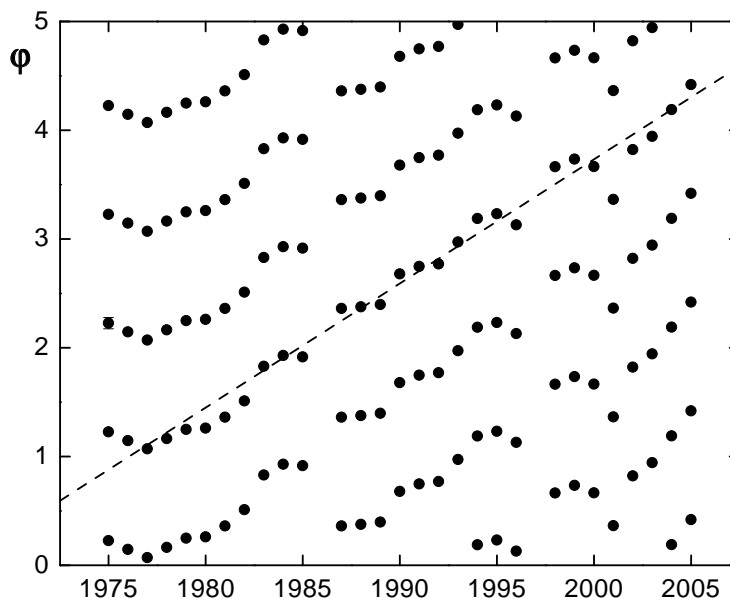
**Рис. 3.** То же, что на рис. 1, для глобальных колебаний Солнца: (а) 1974–1982 гг.,  $N = 32630$ , и (б) 1974–2005 гг.,  $N = 138096$ . Пунктирные линии соответствуют уровням априорной значимости  $3\sigma$ , числами указаны периоды, в минутах, основных пиков

И Земля вновь оказывается *исключительной* планетой Солнечной системы: слишком много “мод” изменчивости Солнца оказываются так или иначе “привязанными” к Земле... Похоже, наша прозаическая звезда обнаруживает *специальное* поведение и разнообразие явлений, доселе неведомых и которые трудно или даже пока невозможно, – с позиций современной науки, – понять и объяснить. В чем конкретная физика новых закономерностей – предстоит раскрывать в дальнейшем.

## 8 Заключение

Доказательства солнечного происхождения ОМП-вариации  $P_{\oplus}$  и вибраций  $P_0$  и  $P_1$  приводились много раз. Но остаются неизвестными источники и механизмы их возбуждения. Колебание  $P_0$  имеет, по-видимому, *космологическое* происхождение, поскольку такой же – в пределах ошибки – период, 160.0105(9) мин, обнаруживается и в вариациях блеска компактных, сверхмассивных внегалактических источников (Котов и Лютый, 2003). Сам же “повсеместный”  $P_0$ -процесс, с удивительной независимостью периода от красного смещения  $z$ , следует трактовать как *когерентная космическая осцилляция*. Это явление по сути, наверное, сродни *нелокальности* фотонов – эффекту квантовой необратимости, доказанному на рубеже 21-го века экспериментально





**Рис. 4.** Диаграмма О–С пробного периода 159.9600 мин. По горизонтали – годы, по вертикали – фазы  $\varphi$  (точки, с повторением для фазовых интервалов 1–2, 2–3 и т.д.). Вертикальной черточкой показана типичная ошибка фазы, пунктирная линия – прямая линейной регрессии

(см., например, Белинский, 1997). Мы думаем, что аналогичные квантовые нелокальность и необратимость характеризуют также – для больших масс и астрономических расстояний – материю. Это надо понимать так, что Солнечная система и Солнце находятся в постоянном обмене квантовой информацией и энтропией с внешним миром; или, по Маху, – со всей Вселенной. Это прекрасно сформулировано Кадомцевым (2003): “... дальное действие и случайность, несмотря на кажущуюся парадоксальность, являются наиболее фундаментальными свойствами окружающего нас мира”.

Период Солнца  $P_1$  мы связываем – следуя гипотезам Ландау (1938) и Роксбурга (1974) – со сверхбыстрым вращением центрального, компактного и сильно замагниченного ядра; период его вращения, наверное, близок к  $P_1$ . Период биений  $P_0$  и  $P_1$ , равный  $P_G = 400(4)$  сут, не может быть результатом шумов и ошибок. Не мог он появиться и по воле случая:  $P_G$  слишком хорошо совпадает с синодическим периодом Юпитера 399 сут. Конечно, в солнечных измерениях он может быть как-то связан с годичной скважностью: у нас почти нет зимних наблюдений. Но и с учетом этого обстоятельства, наверное, требуются весьма специфические моды  $P_0$ - и  $P_1$ -вибраций для объяснения 400-суточного периода. Если это не удастся сделать, придется признать, что звезда Солнце демонстрирует нам напрямую антропный принцип...

И особо отметим, что измерения ОМП дают новую информацию о свойствах поляризованного света и нелокальности фотонов (Котов и Котов, 2004). Дальнейшее изучение ОМП и глобальных пульсаций Солнца поможет нам лучше понять внутреннее устройство Солнца, физику и динамику его ядра и природу 22-летнего цикла. А также строение и жизнь далеких звезд и гармонию Вселенной. Вот так, озаряя мир и светом, и теплом, преподносит Солнце нам сюрпризы...

Я с благодарностью вспоминаю долгие годы работы с академиком А.Б. Северным (директор КраО с 1952 г. по 1987 г.), его гостеприимный дом, многочисленные совместные измерения Солнца на БСТ-1, продолжительные и бурные споры и дискуссии с ним. Без горячего участия Андрея Борисовича обе программы КраО по изучению звезды Солнца вряд ли могли осуществиться. Невозможны они были бы и без яркого инженерного таланта Н.С. Никулина, дарованного КраО; о

Николае Серафимовиче нельзя не вспоминать с большой теплотой и сердечностью. Меня всегда волновали пронизательный ум и энтузиазм Джона Уилкокса, неоднократно посещавшего КраО и под руководством которого в 1975 г. в Стэнфорде тоже были начаты измерения ОМП, а потом и пульсаций Солнца. Мысль об этих замечательных людях согревает душу... Трогательна и неустанная поддержка со стороны академика Н.В. Стещенко, директора КраО в 1987–2005 гг., наших “дерзких” наблюдений дневной звезды... А еще я благодарен многим коллегам, оппонентам и “доброжелательным” рецензентам, открытая критика или закулисные нападки которых только подогревали мой интерес к раскрытию “загадочного” поведения нашего животворящего светила. Этого чуда природы... И здесь снова уместно процитировать утешительные слова Эйнштейна (1967): “Целью всей деятельности интеллекта является превращение некоторого “чуда” в нечто постигаемое”. Признателен я и В.И. Ханейчуку и Т.Т. Цапу за возможность анализа части данных КраО до публикации, и Н.П. Русаку за техническое обеспечение работы телескопа и магнитографа, а также М.Л. Демидову, Л. Свалгарду, Дж. Хэксме, У. Чаплину и Ф. Шерреру за обмен наблюдательными данными и плодотворные обсуждения измерений Солнца и их интерпретации. Спасибо и В.М. Лютому за стимулирующие, порой фантастические, обсуждения космологической гипотезы. Данные Стэнфорда и Китт-Пик взяты с сайтов WSO. Stanford. edu и SOLIS. NSO. edu; благодарю всех, кто к ним причастен.

## Литература

- Белинский А.В. // Успехи физ. наук. 1997. Т. 167. С. 323.  
 Брукс и др. (Brookes J.R., Isaak G.R., van der Raay H.B.) // Nature. 1976. V. 259. P. 92.  
 Бэбкок (Babcock H.W.) // Astrophys. J. 1953. V. 118. P. 387.  
 Голдрайх и Пил (Goldreich P., Peale S.J.) // Ann. Rev. Astron. Astrophys. 1968. V. 6. P. 287.  
 Демидов М.Л., Григорьев В.М., Пещеров В.С. // Астрон. журн. 2005. Т. 82. С. 628.  
 Кадомцев Б.Б. // Успехи физ. наук. 2003. Т. 173. С. 1221.  
 Котов В.А., Котов С.В. // Изв. Крым. Астрофиз. Обсерв. 2004. Т. 100. С. 189.  
 Котов В.А., Левицкий Л.С. // Изв. Крым. Астрофиз. Обсерв. 1985. Т. 71. С. 32.  
 Котов В.А., Левицкий Л.С. // Изв. Крым. Астрофиз. Обсерв. 1987. Т. 77. С. 51.  
 Котов В.А., Лютый В.М. // Изв. Крым. Астрофиз. Обсерв. 2003. Т. 99. С. 65.  
 Котов В.А., Северный А.Б., Цап Т.Т. // Изв. Крым. Астрофиз. Обсерв. 1983. Т. 66. С. 3.  
 Котов В.А., Ханейчук В.И., Цап Т.Т. // Изв. Крым. Астрофиз. Обсерв. 2001. Т. 97. С. 60.  
 Котов В.А., Ханейчук В.И., Цап Т.Т. // Кинематика и физика небес. тел. 2006 (в печати).  
 Котов и др. (Kotov V.A., Haneychuk V.I., Tsap T.T., Hoeksema J.T.) // Solar Phys. 1997. V. 176. P. 45.  
 Котова И.В., Котов В.А. // Кинематика и физика небес. тел. 2001. Т. 17. С. 157.  
 Ландау (Landau L.) // Nature. 1938. V. 141. P. 333.  
 Ньюто М.М. // Закон Тициуса-Боде. История и теория. М. Мир. 1976.  
 Овенден (Ovenden M.W.) // Vistas in Astron. 1975. V. 18. P. 473.  
 Роксбург (Roxburgh I.W.) // Nature. 1974. V. 248. P. 209.  
 Свалгард и Уилкоккс (Svalgaard L., Wilcox J.M.) // Solar Phys. 1975. V. 41. P. 461.  
 Северный (Severny A.) // Nature. 1969. V. 224. P. 53.  
 Северный и др. (Severny A.B., Kotov V.A., Tsap T.T.) // Nature. 1976. V. 259. P. 87.  
 Ску и др. (Schou J., Antia H.M., Basu S., et al.) // Astrophys. J. 1998. V. 505. P. 390.  
 Стенфло (Stenflo J.O.) // Solar Phys. 1973. V. 32. P. 41.  
 Фиенберг (Fienberg R.T.) // Sky and Telescope. 2005. V. 110. P. 8.  
 Чаплин и др. (Chaplin W.J., Dumbill A.M., Elsworth Y., et al.) // Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 2003. V. 343. P. 813.  
 Шеррер и Уилкоккс (Scherrer P.H., Wilcox J.M.) // Solar Phys. 1983. V. 82. P. 37.  
 Шеррер и др. (Scherrer P.H., Wilcox J.M., Kotov V., Severny A.B., Howard R.) // Solar Phys. 1977. V. 52. P. 3.  
 Эйнштейн А. // Собрание научных трудов. Т. 4. М. Наука. 1967. С. 78.