

УДК 523.9; 524.8

## Крымские наблюдения пульсаций Солнца в 1974–2014 гг.

*В.А. Котов, В.И. Ханейчук*

ФГБУН “Крымская астрофизическая обсерватория РАН”, Научный, Крым, 298409  
*vkotov43@mail.ru; han@crao.crimea.ua*

Поступила в редакцию 3 ноября 2015 г.

**Аннотация.** Наблюдения глобальных колебаний Солнца, начатые в КрАО в 1974 г., продолжают в течение десятилетий. Доплеровские измерения 2011–2014 гг. подтвердили загадочное для астрономии явление – пульсацию фотосферы с периодом 9597.929(15) с, сохраняющую начальную фазу на протяжении 41 года. Природа пульсации не установлена. Отмечено, однако, что ее биения с космологическим колебанием 9600.606(12) с происходят с периодом 398.4(2.9) сут, совпадающим в пределах ошибки с *синодическим* периодом Юпитера 398.9 сут. Выдвинута гипотеза, что биения Солнца индуцированы полем тяжести Юпитера, обращаемого в системе отсчета “Солнце – Земля”.

THE CRIMEAN OBSERVATIONS OF SOLAR PULSATIONS IN 1974–2014, by V.A. Kotov and V.I. Haneychuk. Observations of global oscillations of the Sun, started at CrAO in 1974, are being continued over decades. The Doppler measurements 2011–2014 confirmed the mysterious for astronomy phenomenon – pulsation of the photosphere with a period of 9597.929(15) s, which reveals stable, over 41 years, initial phase. An origin of the pulsation is unknown. It is noted however that its beating with a cosmic oscillation 9600.606(12) s occurs with a period of 398.4(2.9) d, coinciding within the error limits with a *synodic* period of Jupiter, 398.9 d. A hypothesis is advanced that the Sun’s beating is induced by gravity of Jupiter revolving in a reference system “Sun – Earth”.

**Ключевые слова:** Солнце, фотосфера, пульсации, Юпитер

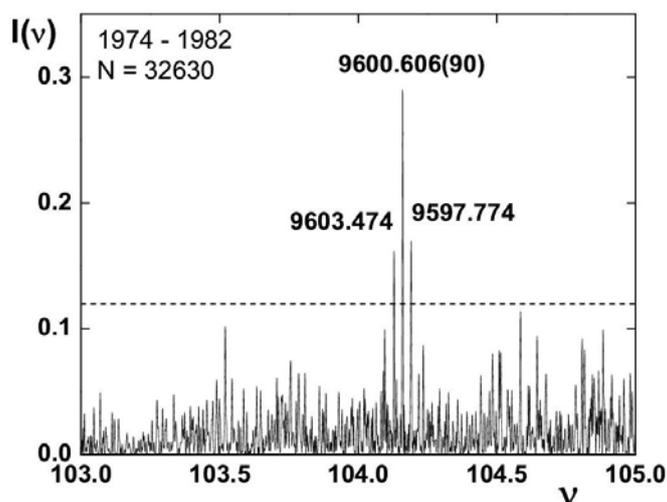
---

Исследования Солнца как звезды точными методами при помощи магнитографов были начаты в 1968 г., когда в КрАО стартовали регулярные измерения его общего магнитного поля (Северный, 1969). Что же касается внутреннего строения нашей звезды, то начало таких измерений следует отнести к 1974 г. – становлению гелиосейсмологии, позволившей “заглянуть” в глубокие недра Солнца.

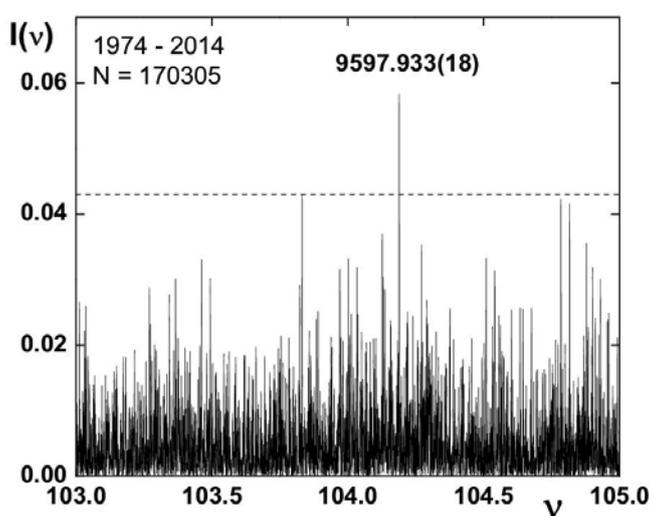
В КрАО на телескопе БСТ-1 им. А.Б. Северного многие годы ведется эксперимент по регистрации Доплер-эффекта фотосферы с применением солнечного магнитографа (по “немагнитной” спектральной линии поглощения Fe I  $\lambda 512.4$  нм; см. Котов и Ханейчук, 2011). При этом щель спектрографа освещается всем диском Солнца: оно наблюдается как звезда. Но в *дифференциальном* методе свет от центральной части диска до щели спектрографа проходит через круговой поляризатор, что позволяет регистрировать слабый сигнал лучевой скорости “центр минус край”: неполяризованный световой поток от краевой (кольцевой) части диска служит в качестве опоры.

Крымские наблюдения пульсаций Солнца...

За 41 год измерения лучевой скорости выполнены в течение 2379 дней: в сумме 14192 ч, или  $N = 170305$  значений скорости с 5-минутным усреднением. Среднеквадратичное значение массива, после удаления медленных трендов, составляет 6.4 м/с в крымской шкале калибровки. Спектры мощности (СМ) вычислялись прямым Фурье-преобразованием, начальная фаза отвечает 0 UT, 1 января 1974 г., положительная скорость соответствует “расширению” Солнца.



**Рис. 1.** Спектр мощности колебаний Солнца в 1974–1982 гг. по данным КрАО,  $N = 32630$ . Пунктирная линия показывает уровень значимости  $3\sigma$ ; по горизонтали – частота  $\nu$  в мкГц, по вертикали – мощность  $I(\nu)$  в произвольных единицах. Главный пик отвечает периоду  $P'_0 = 9600.606(90)$  с



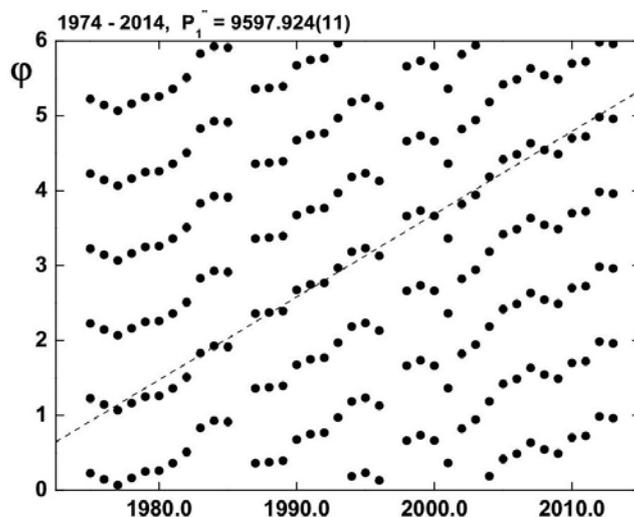
**Рис. 2.** То же, что на рис. 1, для полного ряда крымских измерений за 41 год,  $N = 170305$ . Главный пик отвечает периоду  $P'_1 = 9597.933(18)$  с

Первые 9 лет регистрировался период  $P'_0 = 9600.606(90)$  с, который тогда наблюдался и в Стэнфорде (см. Шеррер и Уилкокс, 1983 и рис. 1). Средняя гармоническая амплитуда  $A$  колебания составляла  $\approx 0.54$  м/с; более точное значение периода, определенное Котовым и Левицким (1987), равно  $P_0 = 9600.606(12)$  с. Обратим внимание, что пик  $P'_0$  на рис. 1 окружен

двумя спутниками, соответствующими годичной скважности наблюдений: 9597.774(90) с и 9603.474(90) с (точные “годичные” периоды составляют  $\approx 9597.686$  с и  $\approx 9603.528$  с).

Происхождение периода  $P'_0 \approx P_0$  таинственно: теория внутреннего строения звезд пока его не объясняет. Возможные варианты объяснений описаны Котовым и Лютым (2010), а также Саншезом и др. (2011).

После 1982 г. обнаружилось нарушение когерентного хода среднегодовой фазы колебания  $P'_0$ , и примерно в 1991 г. – как по данным КраО, так и по данным Стэнфорда – выяснилось, что в СМ стал доминировать правый спутник, а именно период  $\approx 9597.8$  с (см. рис. 1 и Котов и др., 1997). Это доказывается спектром мощности, вычисленным в районе периода  $P'_0$  по всем крымским измерениям 1974–2014 гг. (рис. 2). Видим, что доминирование  $P'_0$  на рис. 1 сменилось доминированием периода  $P'_1 = 9597.933(18)$  с у массива за 41 год.



**Рис. 3.** Диаграмма О–С, построенная по измерениям 1974–2014 гг. для пробного периода 9597.600 с. По горизонтали – годы, по вертикали – фаза  $\phi$  (точки), типичная ошибка которой сравнима с размером точки. Пунктирная линия – прямая линейной регрессии, наклон которой к горизонтали отвечает истинному периоду  $P''_1 = 9597.924(11)$  с

Тот факт, что второй период  $P'_1$  существовал у Солнца на протяжении всех наблюдений, доказывается диаграммой О–С на рис. 3. Здесь каждая точка показывает фазу  $\phi$  гармонического максимума скорости, полученную по двухлетним последовательным отрезкам данных и с повторением для фазовых интервалов 1–2, 2–3 и т. д.; в качестве пробного периода принято значение 9597.600 с. (Амплитуда  $A$  синусоиды оказалась незначимой, менее 0.1 м/с, для трех двухлетних интервалов: 1985–1986 гг., 1996–1997 гг. и 2013–2014 гг. Для остальных интервалов она в пределах 0.11–1.24 м/с; см. также Котов и Ханейчук, 2011.) Наклон прямой линейной регрессии на рис. 3 отвечает фактическому периоду  $P''_1 = 9597.924(11)$  с, совпадающему в пределах ошибки с  $P'_1$ .

За каноническое значение принимаем среднее между  $P'_1$  и  $P''_1$ :

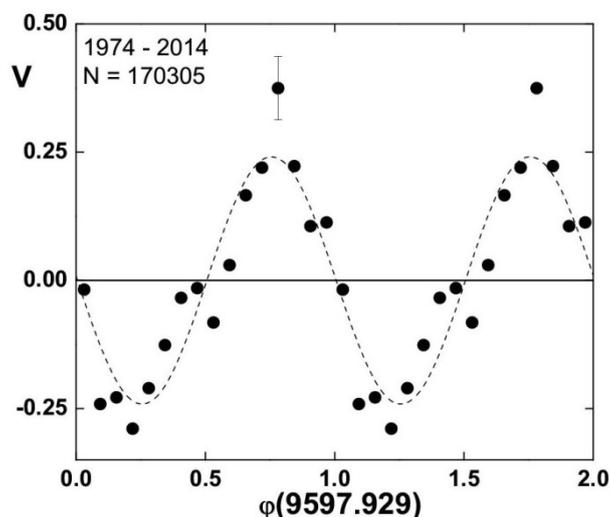
$$P_1 = 9597.929(15) \text{ (с)}.$$

Кривая колебаний Солнца, построенная с этим периодом для всего 41-летнего интервала, приведена на рис. 4:  $A \approx 0.24$  м/с и  $\phi \approx 0.76$ .

Крымские наблюдения пульсаций Солнца...

Период биений  $P_0$  и  $P_1$  составляет 398.4(2.9) сут, что совпадает с *синодическим* периодом Юпитера 398.9 сут. Этот факт говорит о том, что возможно влияние самой массивной планеты солнечной системы на регистрацию глобальных колебаний Солнца на Земле. Конкретный механизм этого влияния пока неясен.

Можно предположить, что имеет место гравитационное воздействие на некоторые процессы на Земле или в околоземном пространстве, что приводит к регулярному смещению во времени фазы наблюдаемых колебаний. Однако простые вычисления показывают, что, например, влияние Луны на Землю в среднем примерно в 160 раз больше, чем у Юпитера. В то же время присутствия лунного периода обращения в спектрах данных не обнаружено. Таким образом, период биений 398.4 сут объяснить гравитационным воздействием Юпитера на Землю не удается. Это ставит новую проблему в поиске истинных причин данного загадочного явления.



**Рис. 4.** Кривая пульсаций Солнца с периодом  $P_1 = 9597.929$  с (данные КрАО за 1974–2014 гг.,  $N = 170305$ ). По горизонтали — фаза, по вертикали — скорость  $V$  (м/с); вертикальной черточкой показана типичная стандартная ошибка для каждого фазового интервала шириной  $P_1/16$ . Пунктирная линия — аппроксимирующая синусоида

Авторы выражают признательность А.В. Ханейчук за помощь в наблюдениях, а также В.И. Лопухину за техническое обслуживание телескопа и магнитографа.

## Литература

- Котов В.А., Левицкий Л.С. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1987. Т. 77. С. 51.  
 Котов В.А., Лютый В.М. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2010. Т. 106. № 1. С. 187.  
 Котов В.А., Ханейчук В.И. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2011. Т. 107. № 1. С. 99.  
 Котов и др. (Kotov V.A., Haneychuk V.I., Tsap T.T., Hoeksema J.T.) // Solar Phys. 1997. V. 176. P. 45.  
 Саншез и др. (Sanchez F.M., Kotov V.A., Bizouard C.) // J. Cosmology. 2011. V. 17. P. 7225.  
 Северный (Severny A.) // Nature. 1969. V. 224. P. 53.  
 Шеррер и Уилкоккс (Scherrer P.H., Wilcox J.M.) // Solar Phys. 1983. V. 82. P. 37.