

УДК 520.24.523.9-1/8

Солнечные осцилляции и вопрос формирования сигнала магнитографа при различии интенсивностей компонент расщепления

М. И. Демидов

Подробно рассмотрен вопрос формирования сигнала магнитографа с учетом возможного различия интенсивностей компонент расщепления. Сделаны количественные оценки ошибок, к которым может приводить обработка наблюдений без учета такого различия. Этот вопрос особенно актуален при исследованиях явлений малой амплитуды (например, глобальных осцилляций Солнца). Кроме того, описанный в работе алгоритм формирования сигнала позволяет одновременно с измерениями дифференциальных скоростей проводить в той же линии регистрацию изменений относительной яркости, что важно при изучении колебательных процессов.

SOLAR OSCILLATIONS AND MAGNETOGRAPH SIGNAL FORMATION IN THE PRESENCE OF DIFFERENCES IN BRIGHTNESS OF THE SPLITTING COMPONENTS, by Demidov M. I. — A problem concerning magnetograph signal formation with proper account of the possible difference in brightness of the splitting components is considered in the paper. The errors which may appear when this difference is ignored are numerically estimated. It is shown that this problem is of a particular relevance to the study of small-amplitude phenomena such as global oscillations of the Sun. Besides, a method is suggested which makes it possible to measure (along with differential velocities) differential brightness variations in the same line which is very important in the study of oscillatory processes.

Введение. Более десяти лет (после того, как был предложен оригинальный способ [14]) солнечные магнитографы наряду с основным их назначением (измерение магнитных полей на Солнце) весьма успешно используются как приборы для высокоточных измерений лучевых скоростей. Такое применение магнитографов обусловлено их чрезвычайно высокой чувствительностью, позволяющей достаточно уверенно регистрировать расщепление σ -компонент вплоть до 10^{-6} нм.

Напомним, что при исследованиях магнитных полей в приборах типа магнитографа Бэбкока (применительно к которым проведена настоящая работа) измеряется разность длин волн $2\Delta\lambda_H$ противоположно поляризованных σ -компонент зеемановского расщепления, связанная с напряженностью магнитного поля известным соотношением $\Delta\lambda_H = 4.67 \cdot 10^{-16} g \lambda^2 H$, где λ — в нм, H — в Тл. Такие измерения выполняются посредством регистрации флуктуаций интенсивности света в крыльях линии при поочередном гашении компонент с помощью электрооптического модулятора.

При высокоточных наблюдениях лучевых скоростей на магнитографах применяется имитация эффекта Зеемана: в полной аналогии с магнитными измерениями определяется разность длин волн составляющих спектральной линии, образованных светом от двух разных участков солнечной поверхности (т. е. наблюдения дифференциальные — Солнце относительно Солнца). Необходимая при этом циркулярная поляризация компонент осуществляется искусственно с помощью специальных насадок, устанавливаемых перед электрооптическим модулятором. Впервые такой оригинальный способ был предложен в Крымской астрофизической обсерватории В. А. Котовым и др. [10, 14], а затем с некоторыми изменениями применен и другими исследова-

телями [2, 5, 12]. В отличие от более поздних вариантов в крымском используется поляризация света только от центральной зоны диска Солнца.

Компоненты фраунгоферовой линии, при таких доплеровских изменениях попадающие в спектрограф поочередно в зависимости от такта работы модулятора, будем называть по аналогии с магнитными измерениями также σ -компонентами. Разность их длины волны $\Delta\lambda$ связана с искомой относительной лучевой скоростью V формулой Доплера: $\Delta\lambda = V\lambda/c$.

Очевидно, что допускаемое обычно при магнитных измерениях предположение о равенстве интенсивностей σ -компонент (которое вообще не всегда верно) при доплеровских измерениях часто может

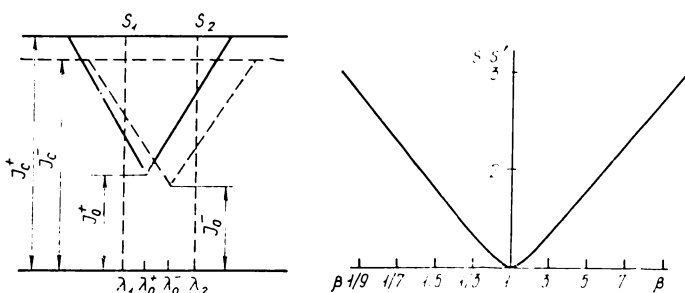


Рис. 1. Схематическое изображение картины расщепления спектральной линии на две компоненты различной интенсивности

Рис. 2. Зависимость ошибки результата обработки сигнала магнитографа без учета различия интенсивностей компонент расщепления от величины этого различия

не выполняться. Действительно, например, в способе, описанном в [2], есть возможность измерять относительные скорости любых участков поверхности Солнца, яркости которых могут сильно отличаться. Если в данном случае не обращать внимания на различие интенсивностей σ -компонент, то это может привести к ошибочному определению величины расщепления, а значит, и скорости.

Применительно к схеме измерений глобальных колебаний Солнца [14] подробный анализ работы магнитографа с учетом различия интенсивностей компонент расщепления выполнили В. А. Котов и др. [10]. Напомним, что в этой схеме в один такт работы модулятора спектральная линия в спектрографе формируется светом только от краевой зоны диска Солнца (внутренний радиус кольца составляет $0.66 R_{\odot}$, внешний край совпадает с лимбом Солнца), а в следующий такт — всем диском с некоторым ослаблением поляризационной насадкой центральной зоны. Однако калибровка сигнала осуществляется так, что фактически измеряемой величиной является разность скоростей центральной и кольцевой зон, отношение интенсивностей света от которых в спектрографе (I_c/I_L) составляет 0.372.

В настоящей работе, являющейся дальнейшим развитием рассмотренного в [10] вопроса о формировании сигнала магнитографа при различии интенсивностей компонент расщепления (одного из многих описанных [10, 11] вопросов методики наблюдений глобальных осцилляций Солнца), сделаны необходимые расчеты и приведены количественные оценки влияния этого эффекта на сигнал магнитографа в общем случае, показана важность учета в некоторых задачах влияния вариаций яркостей компонент на сигнал лучевой скорости непосредственно в процессе наблюдений. Изложение материала иллюстрируется примерами конкретных наблюдений.

Вывод формул. Поскольку некоторые формулы, необходимые при выводе, аналогичны соответствующим выражениям из работы [10], то целесообразно воспользоваться теми же обозначениями, а подробные

выкладки пропустить. На рис. 1 схематически показано расщепление спектральной линии вследствие магнитного поля или дифференциальной лучевой скорости на две компоненты с несколько отличающимися интенсивностями. Изображение контуров в виде треугольников оправдано тем, что наблюдения, как правило, проводятся на линейных участках крыльев линий. Положения выходных щелей спектрографа S_1 и S_2 показаны на рисунке штриховыми вертикальными линиями на длинах волн λ_1 и λ_2 . Величины I_c^+ и I_c^- — значения интенсивностей непрерывного спектра в разные такты работы модулятора, а I_0^+ и I_0^- — соответствующие значения центральных интенсивностей компонент, длины волн которых составляют λ_0^+ и λ_0^- . Определение $\Delta\lambda = \lambda_0^+ - \lambda_0^-$ и является, отметим это еще раз, задачей магнитографических измерений. Непосредственно регистрируемые магнитографом параметры — измеряемые фотометром интенсивности света в крыльях компонент расщепления; поэтому именно через них следует выразить искомую величину $\Delta\lambda$.

Если обозначить I_1^+ и I_1^- интенсивности компонент в первой щели фотометра, а I_2^+ и I_2^- — соответственно во второй, то для них можно записать следующие выражения:

$$\begin{aligned} I_1^+ &= I_0^+ + (\lambda_0^+ - \lambda_1) (\partial I^+ / \partial \lambda), & I_2^+ &= I_0^+ - (\lambda_0^+ - \lambda_2) (\partial I^+ / \partial \lambda), \\ I_1^- &= I_0^- + (\lambda_0^- - \lambda_1) (\partial I^- / \partial \lambda), & I_2^- &= I_0^- - (\lambda_0^- - \lambda_2) (\partial I^- / \partial \lambda). \end{aligned} \quad (1)$$

Сигнал магнитографа (не исправленный за яркость) представляет собой сумму флуктуаций интенсивности в крыльях линии $\delta' = I_1^+ - I_1^- + I_2^- - I_2^+$. Если теперь учесть, что в магнитографах с помощью компенсатора лучевых скоростей поддерживается равенство суммарных яркостей в щелях фотометра и обеспечивается автоматическая компенсация изменения яркости, то, предполагая, что компоненты расщепления имеют одинаковые контуры, выражение для сигнала магнитографа можно записать следующим образом:

$$\delta = 8\Delta\lambda\beta (\partial r / \partial \lambda) (1 + \beta)^{-2}, \quad (2)$$

где r — остаточная интенсивность, а $\beta = I_c^- / I_c^+$ — отношение интенсивностей в непрерывном спектре. Поскольку параметр β в нашем случае по смыслу отличается от обозначенной этой же буквой величины в работе [10], то не удивительно и различие наших окончательных формул [10, формула (20)]. Легко показать, что в случае равенства интенсивностей компонент расщепления ($\beta = 1$) наша формула (2) сводится к известному выражению для сигнала магнитографа $\delta = 2\Delta\lambda (\partial r / \partial \lambda)$.

При практическом применении формулы (2) необходимо учитывать два следующих обстоятельства. Во-первых, непосредственно при наблюдениях регистрируются четыре значения интенсивности в крыльях линии, а не интенсивности непрерывного спектра, использованные при выводе приведенных выше формул. Поэтому именно через них необходимо выразить входящий в (2) параметр β . Если обратиться к системе уравнений (1), то после несложных преобразований получим $\beta = (I_1^- + I_2^-) / (I_1^+ + I_2^+)$.

Во-вторых, при компенсации сигнала магнитографа за изменение яркости обычно используется средняя (или суммарная) за период модуляции яркость также в крыльях линии, а не в непрерывном спектре. Однако можно показать, что сумма интенсивностей в крыльях линии с точностью до некоторой постоянной A совпадает с интенсивностью непрерывного спектра

$$I_1^+ + I_2^+ + I_1^- + I_2^- = I_c^+ (1 + \beta) A, \quad (3)$$

где $A = 2 + \Delta\lambda_s (\partial r / \partial \lambda)$, $\Delta\lambda_s = \lambda_2 - \lambda_1$. Так, исправленный за яркость сигнал магнитографа с использованием (3) будет отличаться от сигнала,

записанного в виде (2), только постоянным коэффициентом, который на практике не учитывается, поскольку он входит в сигнал калибровки и при обработке наблюдений сокращается.

Выполнение процедуры калибровки — обязательная операция, сопровождающая любые магнитографические измерения. Ее сущность заключается в регистрации сигнала δ_k , соответствующего точно известной величине калибровочного расщепления $\Delta\lambda_k$. Поскольку условия калибровки и рабочих измерений могут отличаться, то калибровочное соотношение (справедливое для линейного участка калибровочной кривой), которое связывает искомую величину $B_{\text{и}}$ (скорость или напряженность магнитного поля), определяемую измеренным сигналом $\delta_{\text{и}}$, с соответствующими калибровочными величинами B_k и δ_k , в общем случае может быть записано в виде

$$B_{\text{и}} = \frac{\delta_{\text{и}} (1 + \beta_{\text{и}})^2 \beta_k}{\delta_k (1 + \beta_k)^2 \beta_{\text{и}}} B_k k, \quad (4)$$

где k — коэффициент учета различия времени интегрирования сигналов и аттенюации при калибровке и измерениях.

Обработка наблюдений общего магнитного поля Солнца и дифференциальных лучевых скоростей на телескопе оперативных прогнозов Саянской обсерватории [2—4] проводится согласно формуле (4). Это стало возможным в результате реализации такой регистрации данных на магнитную ленту, при которой раздельно записываются четыре значения интенсивности света в обоих крыльях компонент расщепления — аналогично тому, как сделано на модифицированном телескопе обсерватории Маунт-Вилсон [13].

Приложение к наблюдениям. Теперь, безусловно, имеет смысл оценить количественно, как учет различия яркостей компонент расщепления отражается на конечных результатах. Если разность длин волн компонент расщепления составляет $\Delta\lambda$, то соответствующий такому расщеплению сигнал магнитографа обозначим через S в случае равных интенсивностей компонент ($\beta=1$) и через S' в случае их различия ($\beta \neq 1$). Используя формулу (2), можно легко показать, что $S/S' = (1+\beta)^2/(4\beta)$. Поскольку β — величина относительная, то следует ожидать одинакового ее влияния на сигнал магнитографа вне зависимости от того, взято ли отношение интенсивностей более яркой компоненты к более слабой ($\beta > 1$) или наоборот ($\beta < 1$). Изменение отношения S/S' в диапазоне до десятикратного различия интенсивностей ($\beta=10$ или $\beta=0.1$) показано на рис. 2. Как и должно быть, вид функции совершенно симметричен по обе стороны от $\beta=1$.

Из рис. 2 видно, что если интенсивности компонент отличаются, например, в пять раз (β равно 5 или 0.2), то это приведет к уменьшению сигнала, а значит, и искомой величины $B_{\text{и}}$, если проводить обработку, игнорируя факт различия интенсивностей — почти в два раза (точнее, в 1.8 раза). При двукратном различии ($\beta=2$ или $\beta=0.5$) ошибка, конечно, будет меньше ($S/S'=1.125$).

Таким образом, когда отличие β от единицы невелико и задачи измерений с очень высокой точностью не ставятся, то рассматриваемым эффектом можно пренебречь. Если же различие яркостей компонент значительное, или если необходимо проводить измерения с очень высокой точностью, то пренебрежение влиянием этого различия на сигнал магнитографа недопустимо.

Действительно, как уже отмечалось, современная техника доплеровских измерений позволяет регистрировать лучевые скорости вплоть до долей метра в секунду, что совершенно необходимо, например, при исследовании глобальных осцилляций Солнца — 5-, 160-минутных и др. [11]. Регистрируются такие колебания скорости, как правило, на фоне довольно значительного квазипостоянного сигнала, устраняемого при

обработке посредством вычитания из данных параболического дрейфа. Учет влияния изменений параметра β при таких слабых флуктуациях сигнала скорости может быть весьма полезным. В самом деле, расчеты по приведенным выше формулам показывают, что при постоянном сигнале, соответствующем скорости 200 м/с, его изменение на 0.5 м/с может быть вызвано очень небольшими изменениями соотношения яркостей компонент расщепления (если обработка проводится без учета таких изменений): на 10 %, если уровень 200 м/с соответствует случаю, когда $\beta=1$, и всего на 1 %, если он соответствует $\beta=3$.

Столь небольшие изменения β вполне возможны. Они могут быть вызваны несколькими причинами — в частности, изменениями дифференциальной экстинкции и инструментальной поляризации (ИП). Влияние на измерения скорости ИП и (особенно подробно) атмосферной экстинкции рассмотрено в [11]. Дополнительно отметим также работы [1, 6, 8, 9], в которых показано, что на протяжении нескольких часов изменение степени круговой поляризации может составлять 2—3 %, степени линейной поляризации до 5—10 % (по разным оценкам), а изменение азимута линейной поляризации может достигать нескольких десятков градусов, т. е. изменения β в указанных пределах из-за действия атмосферной экстинкции и ИП действительно реальны (практика наших наблюдений также показала, что изменение β на 5 % и более — вполне обычное явление), и их необходимо учитывать, хотя фильтрация тренда, обусловленного, как показано в [10], в значительной мере разбалансом ФЭУ, может существенно уменьшить влияние этого эффекта. Конечно, непосредственная связь колебаний с неучтенными вариациями β маловероятна (сопровождаящие колебания естественные изменения яркости фотосферы слишком малы, чтобы повлиять на измеряемые скорости). Против такой связи (например, для 160-минутных колебаний, достоверность которых давно и надежно установлена) свидетельствует высокая фазовая стабильность колебаний. Тем не менее описанный способ, позволяя устранить влияние посторонних эффектов, делает наблюдения методически более корректными и, следовательно, его использование в практике магнитографических измерений вполне целесообразно.

Кроме того, применительно к дифференциальным методам измерения лучевых скоростей регистрация в процессе наблюдений описанного параметра β имеет и большое самостоятельное значение. Поскольку в этом случае β зависит от измеряемых в крыльях линии интенсивностей участков поверхности Солнца, относительная скорость движения которых определяется, то его регистрация позволяет измерять фактически изменения относительной яркости этих участков (но нужно помнить, что к изменению β могут привести разные атмосферные и инструментальные причины, а также изменения формы контуров). По существу появляется новый канал информации, регистрирующий параллельно с измерениями дифференциальных лучевых скоростей в той же самой линии флуктуации относительной яркости. Если же такие наблюдения проводить в непрерывном спектре, то они будут аналогичны измерениям дифференциальной яркости, проведенным в [1] с использованием второго канала магнитографа для поиска 160-минутной периодичности.

Исследования связи колебаний скорости с вариациями яркости применительно в основном к 5-минутным колебаниям выполнялись также в работах [12, 15, 16], и были получены важные результаты. Естественно, интересно знать, насколько для аналогичных задач подходит параметр β (в том виде, в котором он введен в настоящей работе). Для этого рассмотрим вкратце, используя для предварительной иллюстрации специально выполненные наблюдения, каково же изменение β в реальных условиях, существуют ли периодичности таких изменений и как они связаны с колебаниями лучевой скорости.

Колебания скорости и вариации яркости. Проанализируем одну из записей колебаний, полученную нами на двойном солнечном телескопе [2] Саянской обсерватории 8 марта 1986 г. Оценка шума при определении параметра β , выполненная в режиме калибровки с выключенным модулятором при времени интегрирования сигнала 4 с, показала, что средняя квадратичная ошибка среднего значения (чувствительность) составляет примерно $6 \cdot 10^{-5}$, т. е. что регистрация даже слабых флуктуаций β вполне возможна.

Посредством установки осевого и бокового объективов телескопа на соответствующие расстояния от входной щели спектрографа создан

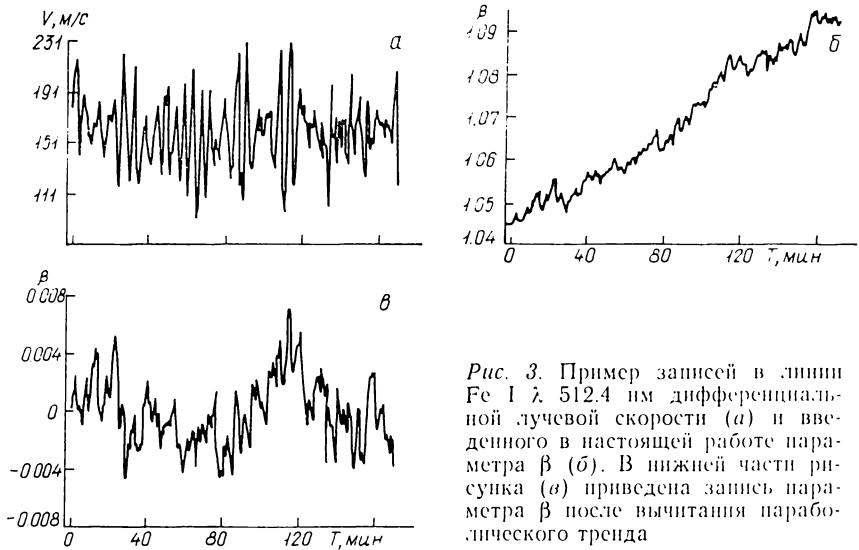


Рис. 3. Пример записей в линии Fe I λ 512.4 нм дифференциальной лучевой скорости (а) и введенного в настоящей работе параметра β (б). В нижней части рисунка (в) приведена запись параметра β после вычитания параболического тренда

такой режим работы, при котором измерялась скорость движений участка спокойной фотосферы Солнца вблизи центра диска с размерами $10 \times 50''$ (изображение сфокусировано на щели) относительно практически всего диска Солнца. Наблюдения проводились в немагнитной линии Fe I λ 512.4 нм, время интегрирования сигнала составляло 32 с. Данная реализация, общей продолжительностью 2.84 ч, после ее обработки в соответствии с описанной выше процедурой показана на рис. 3, а. Отчетливо виден цуговой характер записи, что для локальных колебаний, как известно, весьма характерно. Уровень постоянного смещения соответствует скорости примерно 150 м/с, изменение скорости в сторону увеличения отвечает движению исследуемого участка поверхности относительно репера от наблюдателя, а уменьшение — к наблюдателю.

Поведение параметра β (отношение яркости локального участка к яркости всего диска) в течение записи показано на рис. 3, б. Поскольку в данном случае представляли интерес в основном относительные вариации, то яркости обоих пучков перед началом наблюдений предварительно приблизительно выравнивались с помощью ослабления поляризатором сфокусированного изображения. Именно поэтому отличие приведенных на рисунке значений параметра β от единицы невелико. После вычитания из оригинальной записи параболического тренда вариации β показаны на рис. 3, в. Для детального сравнения возможных периодичностей в изменениях скорости (то же после вычитания параболического тренда) и яркости использован метод КПГА [7]. Соответствующие спектры (а — для скорости, б — для параметра β) показаны на рис. 4 для широкого интервала периодов и на рис. 5 отдельно для области периодов вблизи 5 мин. Из рисунков видно, что несмотря на существенное различие общего вида спектров (основная

мощность колебаний скорости сосредоточена в районе 5 мин, а колебаний β — в низкочастотной области) многие пики в спектрах соответствуют одним и тем же или близким периодам. Это можно рассматривать как свидетельство того, что колебания скорости действительно сопровождаются (по-разному для различных периодов) изменениями β , а значит, и яркости. Связь V и β вытекает также, особенно в моменты наибольших изменений скорости, непосредственно из рис. 6,

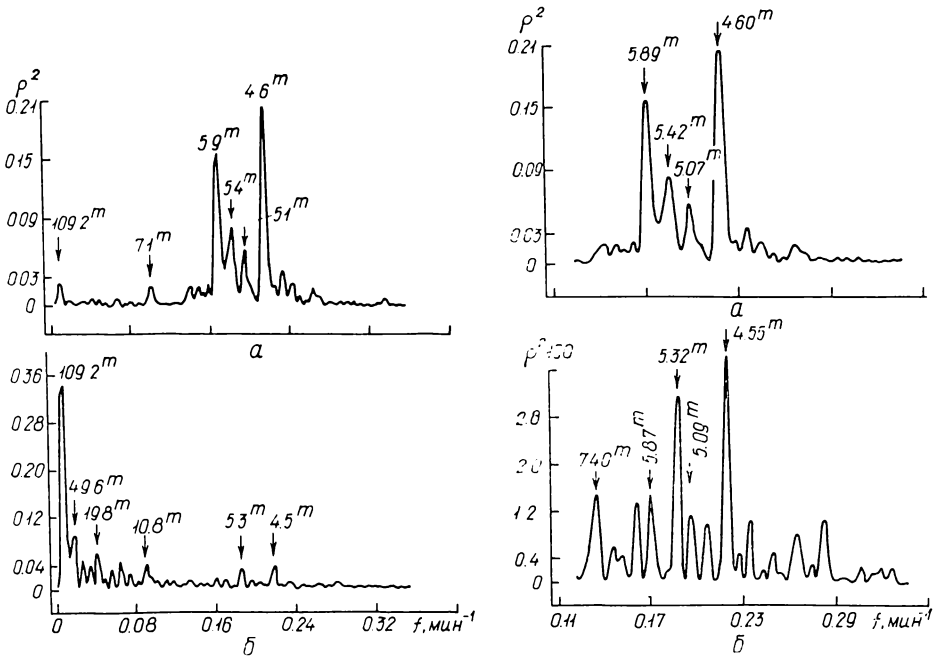


Рис. 4. КПГА-спектры колебаний лучевой скорости (а) и вариаций параметра β (б)

Рис. 5. То же, что на рис. 4, но для области частот, соответствующей 5-минутным колебаниям

на котором в удобном масштабе для лучшей наглядности изображены вместе фрагменты записей в интервале от 75-й до 125-й минуты после начала наблюдений. Кросс-корреляционный анализ приведенных на рис. 6 рядов выявил следующие экстремальные значения: $\rho = -0.56$ при задержке V на 1.5 мин, $\rho = 0.45$ при задержке β на 0.85 мин (для увеличения точности определения относительного смещения использовалось интерполирование наблюдаемых значений).

Поскольку в приведенных выше спектрах для скорости наиболее значительны 5-минутные колебания, чисто солнечная, а не инструментальная природа которых не вызывает сомнений, то имеет смысл подробней рассмотреть именно эти колебания.

Анализ фазовых соотношений между V и β , выполненный по всему массиву данных (2.8 ч), показал, что для основной гармоники колебаний (4.6^m) разность фаз составляет 124°. На такую в среднем величину момент максимальной яркости для этого периода отстает от максимальной скорости сжатия (и соответственно на 56° опережает момент максимальной скорости расширения). Для других периодов свойственны другие фазовые соотношения (иначе, вероятно, и коэффициенты корреляции на рис. 6 были бы выше). Здесь, по-видимому, уместно напомнить, что в [5] при наблюдениях в крыльях линии Fe I λ 525.0 нм для разности фаз между 5-минутными колебаниями скорости и яркости получено значение 64°, что при учете различия примененных методик наблюдений и обработки близко к приведенному выше значению 56°. Расчеты сопровождающих колебания изменений

температуры атмосферы Солнца в зависимости от глубины наблюдаемого слоя приведены в [12] (где можно найти также ссылки на другие работы по этому вопросу). Например, если считать, как принято в [12], что линия F_6 I λ 512.4 нм образуется на глубине $\tau_{500} = 0.2$, то сопровождающие 5-минутные колебания вариации температуры в этой линии составят примерно 7 К.

Таким образом, проведенный предварительный анализ показал, что колебания скорости и вариации параметра β действительно сопровождают друг друга (по крайней мере для многих периодов) и что регистрация β в процессе наблюдений представляет определенный интерес.

Заключение. В настоящей работе вопрос формирования сигнала

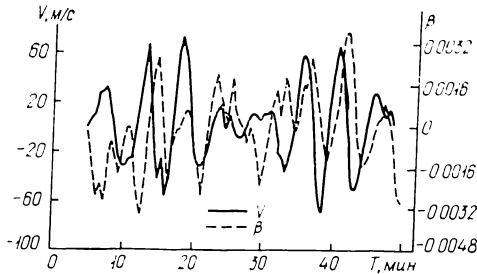


Рис. 6. Сопоставление (в удобном масштабе) колебаний лучевой скорости и параметра β на примере 45-минутного фрагмента записи

магнитографа при наблюдениях магнитных полей и лучевых скоростей (дифференциальными методами) рассмотрен для случая различия интенсивностей компонент расщепления, поочередно пропускаемых в спектрограф при работе модулятора. С использованием некоторых результатов работы В. А. Котова и др. [10], где рассматривалась аналогичная ситуация, выведены необходимые формулы и сделаны количественные оценки. Показано, что применительно к дифференциальным наблюдениям лучевых скоростей их обработка с учетом возможного различия интенсивностей компонент имеет весьма существенное значение, позволяет избежать ошибок в определении амплитуд скоростей и устраняет возможность ложного восприятия изменений яркости как изменений скорости. Кроме того, одновременная регистрация в процессе наблюдений скорости и введенного в работе параметра β позволяет исследовать связь вариаций скорости и яркости (поскольку β пропорционально отношению яркостей участков поверхности, относительная скорость которых измеряется), что очень важно при исследовании колебательных процессов на Солнце. Практически описанный способ формирования сигнала магнитографа реализован на солнечном телескопе оперативных прогнозов (СТОП) [2—4] Саянской обсерватории, где он используется при наблюдениях общего магнитного поля Солнца и дифференциальных лучевых скоростей.

Автор выражает благодарность В. М. Григорьеву за подробное обсуждение работы и рецензенту за полезные замечания и советы.

1. Григорьев В. М., Головка А. А. Исследования инструментальной фазовой поляризации горизонтального солнечного телескопа // Солнеч. данные.— 1975.— № 8.— С. 78—84.
2. Григорьев В. М., Демидов М. Л. Способ измерения относительных лучевых скоростей разного пространственного масштаба // Исслед. по геомагнетизму, аэронауки и физике Солнца.— 1983.— Вып. 65.— С. 56—61.
3. Григорьев В. М., Демидов М. Л., Осак Б. Ф. Измерение общего магнитного поля Солнца в Саянской обсерватории: методика и предварительные результаты // Там же.— С. 13—22.
4. Григорьев В. М., Осак Б. Ф., Кобанов Н. И. и др. Солнечный телескоп оперативных прогнозов (СТОП) // Там же.— 1981.— Вып. 56.— С. 129—139.
5. Кобанов Н. И. Дифференциальный метод измерения лучевых скоростей в атмосфере Солнца // Солнеч. данные.— 1983.— № 8.— С. 75—80.

6. Козловский В. П., Кузнецов Д. А. Исследование временных изменений поляризации от целостатных зеркал телескопа АЦУ-5 // Исслед. по геомагнетизму, аэронавтике и физике Солнца.— 1973.— Вып. 10.— С. 208—219.
7. Копецкий М., Куклин Г. В. К вопросу об 11-летней вариации средней продолжительности жизни группы солнечных пятен // Там же.— 1971.— Вып. 2.— С. 167—179.
8. Котов В. А. Инструментальная поляризация и измерения магнитного поля // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.— 1973.— 48.— С. 78—84.
9. Котов В. А. Поляризация света, возникающая на зеркалах башенного солнечного телескопа // Там же.— 1977.— 56.— С. 150—153.
10. Котов В. А., Северный А. Б., Цап Т. Т. Исследование глобальных колебаний Солнца. I. Метод и инструмент // Там же.— 1982.— 65.— С. 3—34.
11. Котов В. А., Северный А. Б., Цап Т. Т. Исследование глобальных колебаний Солнца. II. Результаты наблюдений в 1974—1980 гг., их анализ и некоторые выводы // Там же.— 1983.— 66.— С. 3—71.
12. Dittmer P. H. Large scale periodic solar velocities: An observational study // Stanford Univ. Inst. Plasma Res. Rep.— 1977.— N 686.— P. 1—205.
13. Howard R., Boyden J. E., Bruning D. H. et al. The Mount Wilson magnetograph // Solar Phys.— 1983.— 87, N 1.— P. 192—203.
14. Severny A. B., Kotov V. A., Tsap T. T. Observations of solar pulsations // Nature.— 1976.— 259, N 5539.— P. 87—89.
15. Tanenbaum A. S., Wilcox J. M., Frazier E. N., Howard R. Solar velocity fields: 5-min oscillations and supergranulation // Solar Phys.— 1969.— 9, N 2.— P. 328—342.
16. Woodard M. Short-period oscillations in the total solar irradiance: Thesis.— San Diego: California Univ., 1984.— 186 p.

Сиб. ин-т зем. магнетизма,
ионосферы и распространения радиоволн
Сиб. отделения АН СССР, Иркутск

Поступила в редакцию 10.09.86,
после доработки 19.12.86

Научные конференции

КОЛЛОКВИУМ МАС № 106 «ЭВОЛЮЦИЯ ПЕКУЛЯРНЫХ КРАСНЫХ ГИГАНТОВ»

Коллоквиум состоится 27—29 июля 1988 г. в Блумингтоне (США). Научная программа: 1. Характеристики некулярных красных гигантов (ПКГ): свойства и кинематика; ПКГ в скоплениях и других галактиках; двойственность и ее эволюционные следствия; химический состав как индикатор эволюции. 2. Атмосферы и внутреннее строение: модели фотосфер и наблюдения; теоретические расчеты эволюции и перемешивание на стадии асимптотической ветви гигантов; переменность ПКГ; пульсации и ударные волны. 3. ПКГ и потеря массы: хромосферы и околозвездные оболочки; звездные ветры и потеря массы; ОН/ИК-звезды, планетарные туманности и звезды типа RCGV; основные проблемы исследований ПКГ.