

ISSN 0233-7665

КИНЕМАТИКА

И ФИЗИКА

НЕБЕСНЫХ

ТЕЛ

ВСЕСОЮЗНЫЙ
НАУЧНО-
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

ТОМ 7



5/91

УДК 523.93

С. А. Дружинин, А. А. Певцов, В. И. Левковский, М. В. Никонова

Временные изменения тангенциальной составляющей скорости в эффекте Эвершеда

Представлены результаты наблюдений тангенциальной составляющей скорости в эффекте Эвершеда (крутильных колебаний солнечных пятен). Для шести пятен исследовался спектральный состав сигналов лучевой скорости от двух участков полутени, расположенных симметрично относительно тени пятна. Выбранные участки находились на линии, перпендикулярной к направлению на центр изображения Солнца, т. е. измерялись скорости вращения газа в солнечном пятне. Наблюдения проводились в линиях Fe I λ 543.45 нм и H β λ 486.13 нм при помощи диссектора, управление электронным сканированием которого было построено так, чтобы квазисовременно двумя каналами измерять сдвиги спектральной линии на двух участках его фотокатода. Результаты работы подтверждают наличие крутильных колебаний солнечных пятен на уровне фотосферы с периодом порядка часа. Впервые измерены подобные колебания на хромосферном уровне (период около 30 мин). Из наблюдений двух солнечных пятен в течение трех и четырех дней соответственно делается вывод о наличии в этих пятнах крутильных колебаний с периодом несколько суток. Наблюдаемое изменение спектрального состава сигналов лучевых скоростей в полутенях пятна NOAA 5556 при его движении от центра диска Солнца к лимбу интерпретируется как наличие в полутени нескольких типов колебаний: собственно крутильных колебаний с периодом около часа, вертикальных колебаний больших участков полутени (характерный размер не меньше 10", период около 24 мин) и вертикальных квазипятиминутных колебаний с размером меньше 5".

TIME VARIATIONS OF THE TANGENTIAL COMPONENT OF VELOCITY IN THE EVERSHEDE EFFECT, by Druzhinin S. A., Pevtsov A. A., Levkovskij V. I., Nikonova M. V.— Results of observations of the tangential velocity in the Evershed effect (torsional oscillations of sunspots) are presented. For six sunspots, the spectral composition of line-of-sight velocity signals from two areas of the penumbra located symmetrically about the sunspot umbra has been studied. The areas chosen lay perpendicular to the direction toward the solar image centre, i. e. gas rotation velocities in a sunspot were measured. The observations were made in lines of Fe I λ 543.45 nm and H β λ 486.13 nm using a dissector-tube, whose electronic scanning control permits measuring (quasi-simultaneously in two channels) spectral line shifts on two sections of its photocathode. The results obtained confirm the presence of torsional oscillations of sunspots at the photospheric level with a period of about one hour. For the first time such oscillations have been measured at the chromospheric level (with a period of about 30 minutes). Based on observations of two sunspots during 3 and 4 days, respectively, it is concluded that these sunspots involve torsional oscillations with a period of several days. The observed variation in spectral composition of line-of-sight velocity signals in penumbrae of the sunspot NOAA 5556 as it moves from the solar disk centre to the limb, is interpreted as the presence in the penumbra of se-

© С. А. ДРУЖИНИН, А. А. ПЕВЦОВ, В. И. ЛЕВКОВСКИЙ, М. В. НИКОНОВА, 1991

veral type of oscillations: the torsional oscillations proper with a period of about one hour, vertical oscillations of large areas of the penumbra (the typical size 10" at least and the period of about 24 minutes), and vertical quasi-five-minute oscillations with the size less than 5".

Введение. Согласно [7] тангенциальная составляющая скорости движения вещества в эффекте Эвершеда является по существу суммой двух типов движения: вращения пятна как геометрического целого и вращения газа в пятне, вызванного движением вещества вдоль спиральных волокон полутени. Вращение первого типа исследовалось рядом авторов (см. обзор в [5], [7]) путем измерения координат выбранных деталей на фотоснимках пятен. В [1] по серии магнитограмм (одна-две в сутки) изучались вариации тангенциальной составляющей скорости в эффекте Эвершеда, восстановленной в предположении цилиндрической симметрии. Были обнаружены крутильные колебания пятен с периодом 6 сут и найдено, что скорость вращения газа в пятне заметно превышает скорость вращения пятна как целого. В [2] по изменению тангенциальной составляющей вектора скорости в пятне (также рассчитанной в предположении цилиндрической симметрии) обнаружены крутильные колебания пятна с периодом 40 мин. Временной интервал между отдельными магнитограммами, использованными в [2] для вычисления тангенциальной составляющей скорости, достигал 15 мин. Первая попытка прямых измерений колебаний скорости вращения газа в солнечных пятнах предпринята нами в [5]. Результаты этой работы не свидетельствуют о бесспорном наличии крутильных колебаний солнечных пятен с периодом порядка часа и менее. Однако ограниченность статистического материала и невыясненность некоторых методических вопросов заставляют нас продолжить это исследование.

Наблюдения проводились на горизонтальном солнечном телескопе АЦУ-5 Астрономического института АН УзССР (Ташкент). В [5] дано подробное описание прибора и метода наблюдений. Напомним, что в нашем эксперименте измеряются вариации лучевых скоростей от двух участков полутени пятна, находящегося вблизи лимба. При этом изображение ориентируется так, чтобы входная щель спектрографа располагалась вдоль лимба (т. е. измеряются скорости вращения газа в пятне). Лучевые скорости регистрировались при помощи телевизионной трубки — диссектора (входная апертура 0.1×3 мм²) на спектро-

Характеристики наблюдательного материала

Дата	Время UT	θ , град	Номер группы NOAA	λ , нм	Периоды, мин
10.06.88	6 ^h 05 ^m —10 ^h 20 ^m	59	5031-L	543.45	74, 53, 34, 9
12.06.88	4 ^h 25 ^m —10 ^h 15 ^m	27	5041-F	543.45	112, 53, 45, 37, 6
15.06.88	6 ^h 00 ^m —8 ^h 52 ^m	72	5047	543.45	128, 54, 27, 20, 17, 15, 9, 5
16.06.88	4 ^h 20 ^m —10 ^h 00 ^m	62	5047	543.45	158, 57, 5
17.06.88	3 ^h 37 ^m —8 ^h 01 ^m	50	5047	543.45	70, 51, 25, 20, 12, 11, 9, 6, 5
18.06.89	6 ^h 04 ^m —7 ^h 39 ^m	50	5530-L	486.13	48, 27, 15, 9, 5, 3,
19.06.89	6 ^h 16 ^m —9 ^h 06 ^m	62	5530-L	486.13	75, 32, 15, 8
24.06.89	5 ^h 29 ^m —6 ^h 51 ^m	33	5556	486.13	5, 3
26.06.89	9 ^h 40 ^m —12 ^h 22 ^m	20	5556	543.45	6, 5
28.06.89	7 ^h 11 ^m —12 ^h 06 ^m	32	5556	543.45	112, 66, 50, 17, 15, 12, 7, 6, 5
29.06.89	3 ^h 52 ^m —6 ^h 20 ^m	41	5556	543.45	65, 24, 10, 9, 5
30.06.89	5 ^h 29 ^m —11 ^h 07 ^m	53	5556	543.45	140, 40, 25, 20, 6, 5
01.07.89	2 ^h 33 ^m —8 ^h 22 ^m	66	5556	543.45	139, 86, 62
02.07.89	4 ^h 25 ^m —6 ^h 37 ^m	70	5561	543.45	74, 39, 23, 19, 15, 13, 6, 4

Примечание. L — лидер, F — последующее пятно.

графе АСП-20 в двух линиях: Fe I λ 543.45 нм (IV порядок, дисперсия 0.045 нм/мм) и H β λ 486.13 нм (V порядок, 0.032 нм/мм). Солнечное пятно удерживалось на щели спектрографа при помощи специального местного фотогида [4], работающего непосредственно по изображению пятна.

Наблюдения трех групп пятен выполнены в течение 9 дней в июне — июле 1989 г.; при обсуждении результатов мы используем и наблюдения трех групп пятен в июне 1988 г. [5]. Данные о всех наблюдениях представлены в таблице.

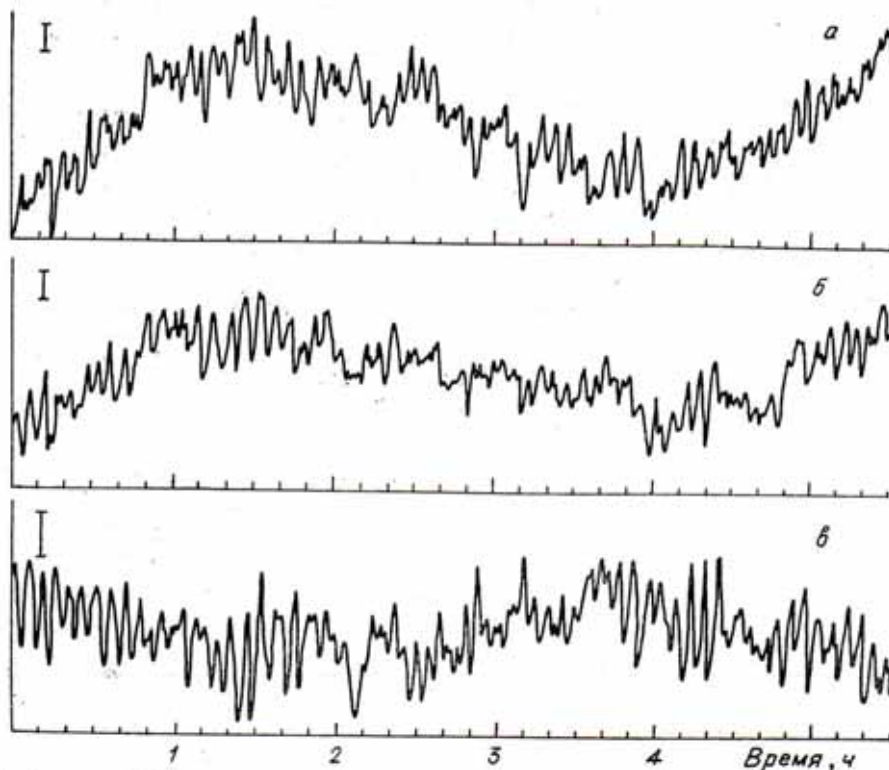


Рис. 1. Группа NOAA 5556 (30.06.89 г.): а, б — сигналы лучевой скорости от двух участков полутени; в — дифференциальный сигнал. Длина масштабного отрезка соответствует 80 м/с

Два пятна из наблюдавшихся в 1989 г. были униполярными (NOAA 5556 и 5561), одно пятно — лидер в большой биполярной группе (NOAA 5530). В 1988 г. наблюдения проводились в лидере биполярной группы (NOAA 5031), в последующем пятне группы 5041 и в группе 5047 (большое пятно, окруженное порами).

Одновременно с сигналами лучевых скоростей V_1 и V_2 от двух участков полутени и дифференциального сигнала V_3 во все дни наблюдений 1989 г. регистрировались сигналы смещения пятна на щели спектрографа, которые компенсируют местный гид и сигнал средней яркости в спектральной линии.

Опишем характерные особенности регистрировавшихся в 1988—1989 гг. сигналов.

1. Прежде всего в обоих каналах сигналы V_1 и V_2 показывают одинаковый тренд в коротковолновую сторону. Смещение линии достигает 3.8 пм. Исследование показало, что этот тренд связан с изменением температуры в спектрографе. По наблюдениям в теллурической линии найдено, что в течение дня тренд монотонен и хорошо аппроксимируется параболой. В отдельные дни тренд был меньше или даже отсутствовал.

2. После удаления параболического тренда сигналы скоростей V_1 и V_2 зачастую испытывают почти синфазные низкочастотные колеба-

ния (периоды от одного до нескольких часов), амплитуды же этих колебаний разные (рис. 1). Для некоторых пятен замечен сдвиг фаз между колебаниями лучевой скорости в разных участках полутени, но противофазные колебания не отмечались.

3. В сигналах каждого из каналов периодически наблюдаются возмущения скорости (до 200 м/с для Fe I и до 1000 м/с для H β), напоминающие по форме одиночные колоколообразные импульсы. Эти

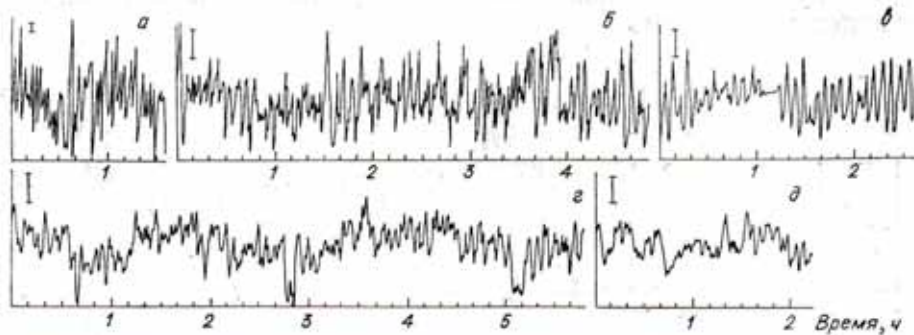


Рис. 2. Дифференциальный сигнал скорости (крутильные колебания пятен) в разные дни наблюдений: а — 18.06.89; б — 28.06.89; в — 29.06.89; г — 01.07.89; д — 02.07.89 г.

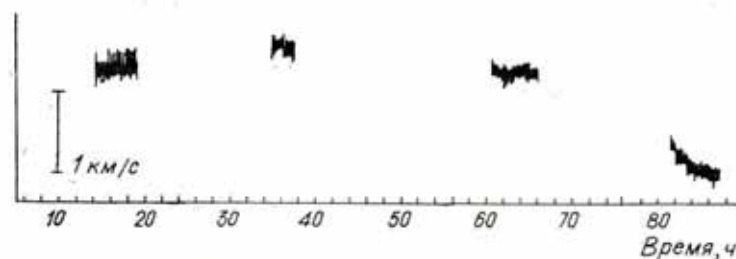


Рис. 3. Изменение наклона дифференциального сигнала за четыре дня для пятна NOAA 5556

флюктуации вносятся в дифференциальный сигнал от одного из каналов и более заметны в те дни, когда пятно находится ближе к краю диска Солнца. Такие же возмущения наблюдаются и при радиальном расположении щели спектрографа, когда регистрируются скорости движения вещества из пятна. Ниже будет приведен пример описанных возмущений скорости.

4. Во все дни наблюдений в дифференциальном сигнале скорости отмечаются колебания с периодами от 30 мин до нескольких часов (рис. 2). Для группы NOAA 5556 наблюдались колебания с периодом, превышающим длину записи. Этот период уменьшался в течение четырех дней наблюдений (рис. 3).

5. Дифференциальные сигналы для пятна 5556 за четыре последовательных дня наблюдений имели разные наклоны (рис. 3). (Аналогично для пятна 5047 в 1988 г.).

6. Практически во все дни наблюдения в сигналах скорости в фотосферной линии отмечены квазипятиминутные флюктуации с амплитудой до 300 м/с, имеющие цуговой характер. Как правило, флюктуации в разных каналах несинхронны. При удалении пятна от края диска Солнца амплитуда флюктуаций увеличивается (рис. 2, б — д). В хромосферной линии также наблюдаются подобные флюктуации, но их периоды — около 3 мин (рис. 2, а).

7. Сигналы смещения пятна в главном фокусе (те смещения, которые компенсирует местный гид) имеют тренд, связанный с движением пятна из-за вращения Солнца, а сигнал средней яркости показывает изменения с высотой Солнца в течение дня. Для двух групп (NOAA

5047 и 5556) в сигналах смещения пятна по направлению центр — край наблюдались низкочастотные колебания с амплитудой около $1''$, почти синфазные с долгопериодическими колебаниями в сигналах лучевой скорости V_1 и V_2 от двух участков полутени.

Обсуждение возможных погрешностей наблюдений. В нашем наблюдательном эксперименте лучевые скорости измеряются квазиодно- временно в двух участках спектра, разнесенных по высоте (поперек дисперсии) на 2.5—3 мм. Шумы спектрографа в этих точках могут различаться (согласно [3] различия достигают 10 м/с. Последнее будет приводить к появлению ложного сигнала дифференциальной скорости. Для проверки влияния шумов на наши измерения было проведено несколько серий наблюдений в атмосферной линии $O_2 \lambda 687.47$ нм. Такие измерения 2 июля проводились сразу же после наблюдений крутильных колебаний, а 3 и 4 июля измерениям в теллурической линии посвящался весь день. На рис. 4 показан пример записей скоростей V_1 , V_2 и дифференциального

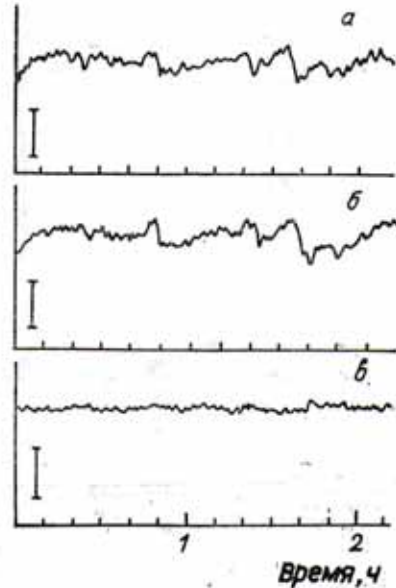


Рис. 4. Сигналы лучевой скорости в теллурической линии: а, б — скорости от двух участков полутени; в — дифференциальный сигнал. Длина масштабного отрезка соответствует 80 м/с

сигнала V_3 для наблюдения 4 июля; из сигналов V_1 и V_2 удален параболический тренд. Оказалось, что шумы спектрографа не имеют выраженного колебательного характера. Средние квадратичные шумы составили для первого канала 31 м/с (4 июля) и 46 м/с (3 июля), для второго канала — 38 м/с и 50 м/с, а для дифференциального сигнала — 10 м/с и 18 м/с, соответственно. Небольшое систематическое различие шумов в двух каналах, вероятно, связано с балансировкой электронных трактов диссектора.

Наблюдения в теллурической линии показали, что тренд в сигналах V_1 и V_2 связан с температурным дрейфом спектрографа и хорошо аппроксимируется параболой. Устранение параболического тренда, однако, может приводить к появлению ложных периодов, сравнимых с длиной реализации, если истинный тренд отличен от параболического. Для исключения возможного влияния процедуры устранения тренда, при последующей обработке мы анализировали сигналы дважды, вычитая параболический и кубический тренды. В сомнительных случаях предпочтение отдавалось кубическому тренду.

Обсуждение результатов наблюдений. После удаления тренда исследовался спектральный состав сигналов методом, описанным в [6]. Этим методом находится коэффициент множественной корреляции ρ исходного массива данных и набора гармонических функций с пробными периодами. Далее ρ^2 будем называть спектральной мощностью или просто мощностью. Сигналы V_1 и V_2 имеют сложный спектральный состав, причем спектры скоростей в обоих каналах различны. На рис. 5 дан пример спектров сигналов скоростей от двух участков полутени (V_1 и V_2) и дифференциального сигнала V_3 для группы 5556 (28.06.89 г.). На приведенных спектрах выделяются две области: 1) вблизи 5 мин; 2) от 20 мин до нескольких часов. Для сигналов V_1 и V_2 спектральная мощность больше во второй области, а для дифференциального сигнала — она доминирует в первой области. Показанные на рис. 5 спектры являются характерными для участков вблизи центра диска ($\theta=32^\circ$).

Для наблюдений ближе к лимбу (01.07.89 и 02.07.89 г.) в спектре дифференциального сигнала преобладает пик в области часовых периодов; пятиминутные колебания ослаблены.

Такое поведение спектров мы объяснили наличием в пятнах нескольких типов колебаний. Прежде всего это квазипятиминутные колебания, которые зарегистрированы во все дни наблюдений (исключая 2 июля, когда пятно находилось близко к лимбу, $\theta=70^\circ$). При движе-

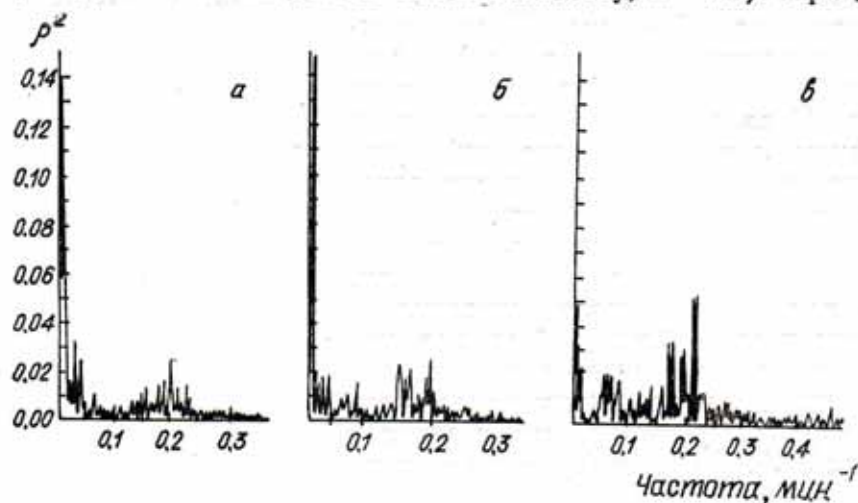


Рис. 5. Спектры сигналов скорости: а, б — от полутеней; в — дифференциального сигнала

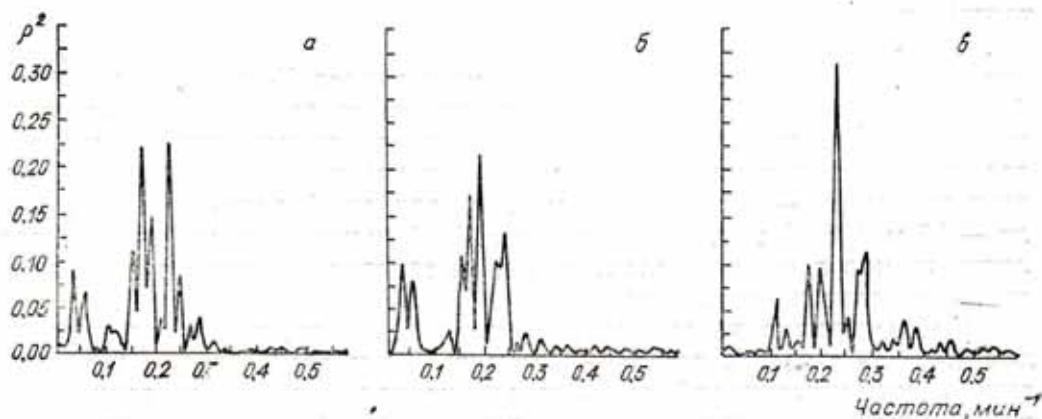


Рис. 6. Спектры сигналов скорости: а, б — от двух участков одной полутени; в — дифференциального сигнала

нии пятна от центра к краю амплитуда пятиминутных флюктуаций уменьшается. Так, для пятна группы 5556 амплитуда составляла: 320 (28.06.89), 240 (29.06.89) и 200 м/с (30.06.89 г.). Этот факт, а равно и отсутствие пятиминутных колебаний вблизи лимба, говорит об их вертикальном характере в полутени пятна, что согласуется с результатами прежних исследований [11]. Даже в достаточно близких участках полутени пятиминутные колебания имеют случайную фазу. На рис. 6 приведен пример спектров дифференциального сигнала V_3 и сигналов V_1 и V_2 при прохождении пятна 5556 через центральный меридиан (26.06.89 г.). Измерялись скорости (в H_β) движения вещества в пятно (входная щель спектрографа располагалась перпендикулярно лимбу) в двух точках одной полутени, разнесенных на расстояние около $4''$. Видно, что даже в таких близких точках пятиминутные колебания происходят не синхронно.

Другим типом колебаний в пятне, на наш взгляд, являются вертикальные колебания больших участков полутени. Из рис. 6 видно, что в

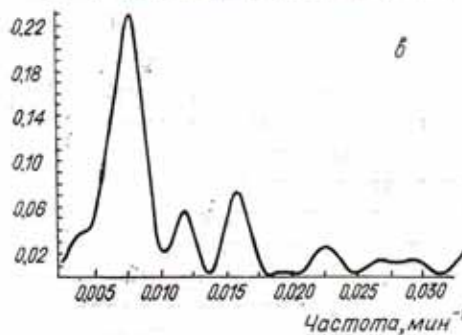
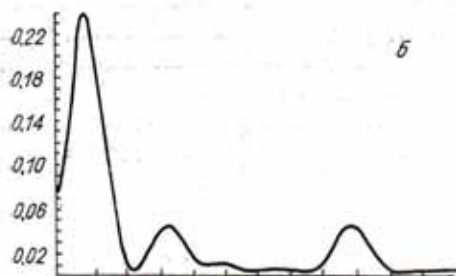
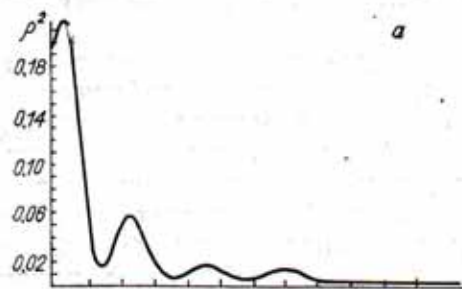
противоположность пятиминутным колебаниям, колебания с периодами 20—60 мин происходят синфазно в двух точках полутени и в дифференциальном сигнале полностью вычитаются. Наличие мелкомасштабных пятиминутных колебаний в пятне и синфазных колебаний (периоды 20—60 мин) больших участков полутени и приводит к тому, что в спектре дифференциального сигнала V_3 центральной зоны диска Солнца усиливаются пятиминутные колебания и ослабляются квазичасовые (рис. 5).

Следующим типом колебаний в полутени пятна являются соответственно крутильные колебания, или (лучше сказать) колебания тангенциальной составляющей скорости в эффекте Эвершеда. Спектральный анализ сигналов V_1 и V_2 обнаружил в них колебания с близкими периодами (от 20 мин и выше). Сдвиг фаз между колебаниями в разных полутенях составлял в разные дни от 30° до 130° , за счет чего в дифференциальном сигнале наблюдались колебания с теми же периодами. Лишь однажды (19.06.89 г.) сдвиг фазы составил 180° , т. е. наблюдались противофазные колебания лучевой скорости в полутенях с периодами 24 и 30 мин. В предыдущий день (18.06.89 г.) в сигналах V_1 и V_2 также отмечался период 23 мин, но сдвиг фазы между колебаниями в полутенях составлял 130° ; в конце дня в группе произошла субвспышка, что, возможно, и привело к изменению режима колебаний данного пятна. Следует отметить, что это наблюдение крутильных колебаний солнечного пятна на уровне хромосферы (в H_β) является пока единственным, до сих пор такие колебания наблюдались лишь на уровне фотосферы.

Как мы уже отмечали выше, после удаления параболического тренда сигналы V_1 и V_2 испытывают почти синфазные низкочастотные колебания с разной амплитудой. Такое поведение сигналов мы объясняем возможными вертикальными колебаниями всего пятна одновременно с крутильными. В результате на синфазные сигналы от вертикальных колебаний наложатся противофазные от крутильных, что приведет к различию амплитуд сигналов в двух каналах. Предположение, что все пятно может совершать колебания как единое целое, высказывалось в [8]. Возможны, на наш взгляд, и такие движения, когда пятно совершает колебания вокруг точки, находящейся за его пределами (подобно колебаниям маятника). Это также приведет к различию амплитуд регистрируемых сигналов в полутенях пятна. Существование такого «маятникового» движения подтверждается при рассмотрении собственных движений пятен. Картина этих движений была восстановлена нами по сигналам смещения пятна в главном фокусе (смещениям, которые компенсируют гид для пятна). Так, например, оказалось, что 28.06.89 г. скорость движения пятна группы 5556 была больше скорости среднего вращения Солнца для данной широты и, кроме этого, оно совершало колебания с периодом около 4 ч вдоль меридиана (амплитуда $0.7''$). Наблюдались также низкочастотные колебания положения пятна 5047 в направлении центр — край (амплитуда $0.8''$, период 158 мин). В [10] сообщалось о «меридиональных» колебаниях пятен с периодами 155 и 185 мин.

Визуальное рассмотрение дифференциальных сигналов для пятна группы 5556 за 28.06.89, 30.06.89 и 01.07.89 г. свидетельствует о наличии в них низкочастотных колебаний с периодом больше длины реализации (рис. 3). Проведенный затем спектральный анализ, примененный к дифференциальным сигналам без удаления тренда (в наблюдении 01.07.89 г. удалялся параболический тренд) подтвердил наличие таких низкочастотных колебаний. При этом оказалось, что имеется тенденция к уменьшению этого периода на протяжении трех дней наблюдений: 319 мин (28.06.89), 235 мин (30.06.89), 132 мин (01.07.89 г.). Колебания с периодом 60—70 и 30—40 мин при этом сохранялись неизменными (рис. 7). (Подобные колебания наблюдаются и в белом свете. Так, в

[10] по измерениям фотогелиограмм описаны крутильные колебания солнечного пятна группы СД 135/84 с периодами 120 и 50 мин). Одновременно с уменьшением периода низкочастотных колебаний происходило и уменьшение их амплитуды. Вероятно, это были затухающие колебания. (В [9] по наблюдениям в белом свете описаны затухающие крутильные колебания солнечного пятна с периодом около суток).



В таблице приведены периоды наиболее сильных колебаний [6] в дифференциальном сигнале для всех дней наблюдений. Вероятность всех периодов — не ниже 0.9995, выделены периоды колебаний с наибольшей спектральной мощностью.

Поведение дифференциального сигнала для пятна группы 5556 за четыре последовательных дня — разный наклон сигналов — позволяет высказать предположение, что это пятно совершало крутильные колебания с периодом больше 8—10 сут и амплитудой колебаний скорости около 2 км/с. Аналогичное предположение высказывалось нами

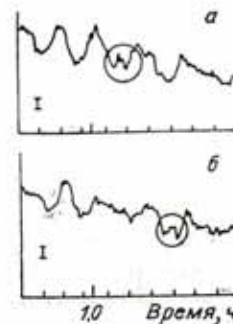


Рис. 7. Изменение спектрального состава дифференциального сигнала пятна группы 5556 за четыре дня: 28.06.89 (а), 30.06.89 (б), 01.07.89 г. (в)

Рис. 8. Пример распространения возмущения в полутени пятна. Длина масштабного отрезка соответствует 80 м/с. Положение возмущения отмечено кружком

в [5] относительно пятна 5047 и нашло косвенное подтверждение при рассмотрении зарисовок солнечных пятен. Существование крутильных колебаний пятен с такими периодами описано в [1].

Как мы отмечали в [5], особенностью одиночных колоколообразных возмущений в сигналах V_1 и V_2 является то, что они как бы вызываются движением в одну сторону, от наблюдателя. Учитывая случайный характер их появления и то, что они заметнее выделяются, когда пятно находится ближе к краю диска Солнца, мы предположили, что эти возмущения можно объяснить яркими сгустками плазмы, распространяющимися от внешней границы полутени в тень вдоль дугообразных волокон полутени. Для проверки этого предположения в один из дней мы провели наблюдения лучевых скоростей в двух соседних точках одной полутени с «тангенциальной» щелью, как и при измерении вращательных скоростей в пятне. При этом мы ожидали увидеть проявление возможного распространения таких сгустков. На рис. 8 приведена регистрируемая картина этого наблюдения, где показано возмущение, которое появляется сначала в точке полутени, расположенной

далее от тени (а), а затем в точке — ближе к тени (б). Из сопоставления расстояния между точками полутени, в которых регистрировались скорости, и временного запаздывания появления возмущения, можно сделать вывод, что скорость распространения этого возмущения составила 7 км/с. За два часа наблюдений отмечено два случая таких возмущений.

Сравнение колебаний скорости в дифференциальном сигнале со вспышечной активностью наблюдавшихся пятен позволяет высказать предположение, что такого рода колебания не являются причиной возникновения вспышек. Так, в группе 5047 (наблюдения 1988 г.) регистрировались колебания тангенциальной составляющей скорости эффекта Эвершеда, и было много субвспышек и одна вспышка балла 2 в течение всего периода прохождения этой группы по диску. В группе 5556 (1989 г.), напротив, при наличии таких же колебаний, субвспышек почти не было. Сама вспышка, однако, может изменять режим колебаний в пятне. В [5] описан случай совпадения начала вспышки со сбоем фазы пятиминутных колебаний.

Заключение. Согласно нашему исследованию, в полутени пятна одновременно происходят колебания больших участков полутени и крутильные колебания (изменения скорости вращения газа в пятне). Наблюдаются вариации положения пятна вдоль меридиана. Периоды и фазы этих вариаций близки к колебаниям лучевой скорости. Отмечен случай [5] явного совпадения изменения режима колебания с началом вспышки вблизи пятна. Анализ этих наблюдательных фактов позволяет высказать предположение, что периодическое изменение тангенциальной составляющей скорости в полутенях является откликом пятна на внешнее возмущение. Такое возмущение может быть связано, например, с мощной вспышкой и последующим распространением волны Моретона по поверхности Солнца. При прохождении возмущения через область, занятую пятном, может произойти подъем (опускание) пятна, и, если его магнитное поле скручено, вертикальное перемещение вызовет поворот и последующее распространение волны скручивания по магнитному жгуту, образующему пятно. Если возмущение, вызывающее крутильные колебания, носит разовый характер, будут наблюдаться затухающие колебания. Кроме этого, суперпозиция волн скручивания, отраженных от концов магнитного жгута, и волн, генерируемых затухающими колебаниями пятна, может привести к трансформации волн к более коротким периодам (20—40 мин) или даже образованию стоячих волн скручивания. Сказанное относится только к крутильным колебаниям с периодом порядка одного часа. Колебания с большими периодами (порядка одних суток) — это, на наш взгляд, другое явление, вызванное, возможно, собственными движениями пятна и его окружения.

Авторы благодарят И. С. Саттарова за помощь при организации наблюдений на телескопе АЦУ-5.

1. Гопасюк С. И. Некоторые особенности вращения пятен // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.— 1981.— 64.— С. 108—118.
2. Гопасюк С. И. О возможном присутствии в пятнах крутильных колебаний с периодом около 40 мин // Там же.— 1985.— 73.— С. 9—15.
3. Дружинин С. А. Методы фотозлектрических измерений лучевых скоростей и результаты наблюдений в спокойной фотосфере и тени пятен: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук.— Киев, 1985.— 14 с.
4. Дружинин С. А., Маслов И. Л., Певцов А. А. Фотогид для солнечного пятна // Исслед. по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца.— 1988.— Вып. 83.— С. 149—153.
5. Дружинин С. А., Певцов А. А., Левковский В. И., Никонова М. В. Прямые измерения короткопериодических крутильных колебаний солнечных пятен // Кинематика и физика небес. тел.— 1990.— 6, № 4.— С. 29—35.
6. Копецкий М., Куклин Г. В. К вопросу об 11-летней вариации средней продолжитель-

- ности жизни групп солнечных пятен // Исслед. по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца.— 1971.— Вып. 2.— С. 167—179.
7. Певцов А. А., Саггаров И. С. Исследование крутильных колебаний солнечных пятен // Солнеч. данные.— 1985.— № 3.— С. 65—71.
 8. Kobanov N. I. On spatial characteristics of fine-minute oscillation in sunspot umbra // Solar Phys.— 1990.— 125, N 1.— P. 25—30.
 9. Kučera A. Irregular rotation of the main sunspot in active region Hale 17570 of 5—13 April 1981 // Bull. Astron. Inst. Czech.— 1982.— 33, N 6.— P. 345—349.
 10. Nagovitsin J. A., Vyalshin G. F. Variations of physical parameters and oscillatory motions in selected sunspot groups // Solar photosphere: structure, convection and magnetic fields.— Kiev: Nauk. dumka, 1989.— P. 115.
 11. Thomas J. H. Oscillations in sunspots // Austral. J. Phys.— 1985.— 38.— P. 811—824.

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

Поступила в редакцию
04.10.90