

УДК 523.985.355.3

Н. Н. Кондрашова, Е. Г. Рудникова

Астрономическая обсерватория  
Киевского национального университета имени Тараса Шевченко  
04053, Киев 53, ул. Обсерваторная, 3**Спектральное исследование двухленточной  
солнечной вспышки.****I. Профили и асимметрия линий**

*Изучены изменения профилей хромосферных и фотосферных линий в спектрах двухленточной вспышки 2N/M2 3 июня 1979 г. на разных стадиях ее развития: за полчаса до вспышки, в начальной и главной фазах. Определены параметры профилей семи фраунгоферовых линий, образующихся в разных слоях фотосферы, и линий  $H_{\alpha}$ ,  $D_1$  и  $D_2$  Na I и  $D_3$  He I. Во всех стадиях развития вспышки линии преимущественно ослаблены и расширены по сравнению с линиями невозмущенной атмосферы. Фотосферные линии смещены в коротковолновую сторону спектра относительно их положений в спектре невозмущенной фотосферы, что свидетельствует о подъеме вещества. Перед вспышкой на изменение физических условий среди фотосферных линий в целом заметнее среагировали слабые линии, образующиеся на высотах ниже 200 км. В начальной фазе вспышки в ее внутреннем узле, близком к волокну, большинство линий значительно уширены. В течение главной фазы вспышки фотосферные линии ослаблялись и расширялись.*

**СПЕКТРАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОСТРІЧКОВОГО СОНЯЧНОГО СПАЛАХУ. I. ПРОФІЛІ ТА АСИМЕТРІЯ ЛІНІЙ**, Кондрашова Н. М., Руднікова К. Г. — Вивчено зміни профілів хромосферних та фотосферних ліній у спектрах двострічкового спалаху 2N/M2 3 червня 1979 р. для різних стадій його розвитку: за півгодини до спалаху, в початковій і головній фазах. Визначено параметри профілів семи фраунгоферових ліній, що формуються в різних шарах фотосфери, і ліній  $H_{\alpha}$ ,  $D_1$  і  $D_2$  Na I і  $D_3$  He I. В усіх стадіях розвитку спалаху лінії переважно послаблені і розширені порівняно з лініями у спектрі незбуреної атмосфери. Фотосферні лінії зсунуті у короткохвильову частину спектру відносно їх положення у спектрі незбуреної фотосфери, що свідчить про підйом речовини. Перед спалахом на зміну фізичних умов серед фотосферних ліній в цілому найбільш зреагували слабкі лінії, що формуються на висотах нижче 200 км. В початковій фазі спалаху в його внутрішньому вузлі, близькому до волокна, більшість ліній значно розширено. На про-

*тязі головної фази спалаху фотосферні лінії послаблялися і розширювалися.*

*THE SPECTRAL STUDY OF A TWO-RIBBON SOLAR FLARE. I. PROFILES AND ASYMMETRY OF LINES, by Kondrashova N. N., Rudnikova K. G. — We studied changes of chromospheric and photospheric line profiles in spectra of the 2N/M2 two-ribbon flare of 3 June 1979 at different stages of its evolution: 30 minutes before the flare, in the impulsive and gradual phases. We determined line profile parameters of seven Fraunhofer lines formed in different photospheric layers as well as of the lines  $H_{\alpha}$ ,  $D_1$  and  $D_2$  of Na I and  $D_3$  of He I. The lines were weakened and broadened relative to the undisturbed atmosphere lines at all the flare evolution stages. The photospheric lines were blue-shifted with respect to their positions in an undisturbed photosphere spectrum, which is evidence of an upflow of photospheric masses. Before the flare, the action of the physical state change was stronger for the weak lines formed at heights below 200 km than for other lines. There was a considerable broadening of the majority of the lines at the beginning of the flare in its inner kernel near a filament. The photospheric lines were weakening and broadening during the gradual phase of the flare.*

#### ВВЕДЕНИЕ

Среди проявлений солнечной активности крупные вспышки занимают особое место. Это связано в первую очередь с огромной энергией, выделяемой ими, и влиянием на земные процессы. В нашей предыдущей работе [10] изучены движения хромосферного и фотосферного вещества мощной двухленточной вспышки 3 июня 1979 г. Представляется очень важным проследить одновременные изменения и физического состояния вещества. Для построения моделей атмосферы необходимо проанализировать изменения спектра этой вспышки. Цель работы — выявить особенности изменений со временем спектральных линий на разных стадиях вспышки: их параметры и асимметрию фраунгоферовых линий, мало изученную для таких крупных событий. Рассматриваются линии, образующиеся на разных высотах атмосферы, от фотосферных слоев до переходного слоя.

#### ОБЗОР НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ

Изменения фраунгоферова спектра во время вспышек выявлены в ряде работ [1—3, 8, 9]. Найдено, что вспышечное возмущение захватывает все слои фотосферы Солнца вплоть до самых нижних. Более того, уже за 3—10 ч до начала вспышек происходит довольно значительное уширение и усиление линий, образующихся в нижней фотосфере [3]. О существенных изменениях в течение главной фазы слабой вспышки параметров профилей линий, образующихся на разных высотах фотосферы, сообщалось в работе [8]. Из анализа поведения профилей фраунгоферовых линий, полученных для вспышек разной мощности [9], следует, что отклонения их параметров от значений для невозмущенной фотосферы тем больше, чем выше балл вспышки. Найдены зависимости центральной глубины и полуширины профилей нескольких линий от мощности вспышек: в более крупных событиях линии в большей степени ослаблены и расширены. В течение мощной двухленточной вспышки 7 октября 1979 г. центральные глубины и эквивалентные ширины линий, образующихся в верхних фотосферных слоях  $h = 200—500$  км, были уменьшены на 20—30 % по сравнению с их значениями для невозмущенной фотосферы. Линии нижней фотосферы ( $h =$

= 10—130 км) усилились и расширились к моменту  $H_{\alpha}$ -максимума интенсивности вспышки, причем наибольшие изменения (30 % и больше) показали линии, образующиеся в самых глубоких слоях фотосферы [1]. В начальной фазе вспышки наблюдалась «синяя» асимметрия фотосферных линий и их смещение в коротковолновую часть спектра, а в стадии затухания почти все линии имели «красную» асимметрию [1, 7]. Для разработки реальных моделей и выяснения механизмов мощных солнечных вспышек необходимо учитывать процессы на фотосферном уровне, для чего нужны новые исследования фраунгоферова спектра.

#### НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

Наблюдения рассматриваемой вспышки на горизонтальном солнечном телескопе АЦУ-5 Главной астрономической обсерватории НАНУ описаны в работе [10]. В ней же приведен рисунок активной области Mc Math 16051, которая была видна через  $H_{\alpha}$ -фильтр в один из моментов фотографирования спектра. Вспышка балла 2N/M2 появилась в 08<sup>h</sup>42<sup>m</sup> UT, закончилась в 11<sup>h</sup>13<sup>m</sup> UT. Она имела два максимума интенсивности в линии  $H_{\alpha}$ : в 09<sup>h</sup>05<sup>m</sup> и 09<sup>h</sup>37<sup>m</sup> UT и находилась на расстоянии от центра диска, соответствующем  $\cos\theta = 0.74$ . Для изучения использовались спектры участка  $\lambda\lambda$  587—593 нм, полученные в 08<sup>h</sup>09.6<sup>m</sup> UT перед вспышкой и в начальной стадии вспышки в 08<sup>h</sup>52.2<sup>m</sup> UT (узлы А и Б), в ее главной фазе — в 09<sup>h</sup>46.0<sup>m</sup>, 10<sup>h</sup>11.8<sup>m</sup>, 10<sup>h</sup>30.1<sup>m</sup> UT (узел В), а также для сравнения — спектры невозмущенной атмосферы, сфотографированные на том же расстоянии от центра диска, что и вспышка. На спектральном участке было выбрано семь неблендированных или слабоблендированных фотосферных линий. В таблице приведены: длины волн линий [14], их номера, центральная глубина  $d_0$ , потенциал возбуждения нижнего уровня  $EPL$  [13] и высоты образования линий в невозмущенной фотосфере (НФ), полученные по их центральным глубинам ( $h_d$ ) и эквивалентным ширинам ( $h_w$ ). Эти высоты нами рассчитаны для  $\cos\theta = 0.74$  по программе SPANSAT [6]. Спектральные линии расположены в порядке возрастания высоты формирования. Из хромосферных линий, образующихся в более высоких слоях атмосферы, взяты  $D_1$ ,  $D_2$  Na I,  $D_3$  He I, а также линия  $H_{\alpha}$ , сфотографированная примерно на полминуты раньше: в 08<sup>h</sup>08.8<sup>m</sup>, 08<sup>h</sup>51.5<sup>m</sup>, 09<sup>h</sup>45.1<sup>m</sup>, 10<sup>h</sup>10.9<sup>m</sup>. Методика обработки спектров на измерительном комплексе АМФ-ZX ГАО НАНУ описана в работе [8]. Фотометрические разрезы спектра делались в местах максимальной интенсивности линии  $H_{\alpha}$ . В результате обработки получены профили спектральных линий, центральные глубины  $d_0$ , полуширины  $\Delta\lambda_{1/2}$  и эквивалентные ширины  $W$ . Анализировались относительные отклонения параметров профилей в активной области (АО) до и в течение вспышки от их

Характеристики использованных линий

$\lambda$ , нм	№	Элемент	$d_0$	$EPL$ , эВ	$h_d$ , км	$h_w$ , км
588.00236	1	Fe I	0.108	4.56	169	141
587.32142	2	Fe I	0.181	4.26	182	152
588.02726	3	Ti I	0.063	1.05	207	193
592.96802	4	Fe I	0.405	4.55	233	176
592.77919	5	Fe I	0.436	4.65	244	179
591.62535	6	Fe I	0.498	2.44	307	238
593.01894	7	Fe I	0.661	4.65	400	241

значений для невозмущенной атмосферы (НА)  $\delta P = (P^{AO} - P^{HA})/P^{HA}$ , где  $P$  — один из вышеуказанных параметров. Точность измерений  $\delta d_0$  составляла 0.04, а  $\delta\Delta\lambda_{1/2}$  и  $\delta W$  — 0.05. Поскольку линия  $D_2$  блендирована, ее полуширина не измерялась.

#### ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОФИЛЕЙ ЛИНИЙ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ ВСПЫШКИ

Рассмотрим зависимости от высоты относительных отклонений центральных глубин (рис. 1, а, по оси абсцисс —  $h_d$ ) и полуширин (рис. 1, б, по оси абсцисс —  $h_w$ ) профилей хромосферных и фотосферных линий от их значений для невозмущенной атмосферы для каждого из трех узлов А, Б, В. Отклонения параметров хромосферных линий  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $H_\alpha$  приведены в порядке увеличения высот образования линий в условных единицах. Дан-

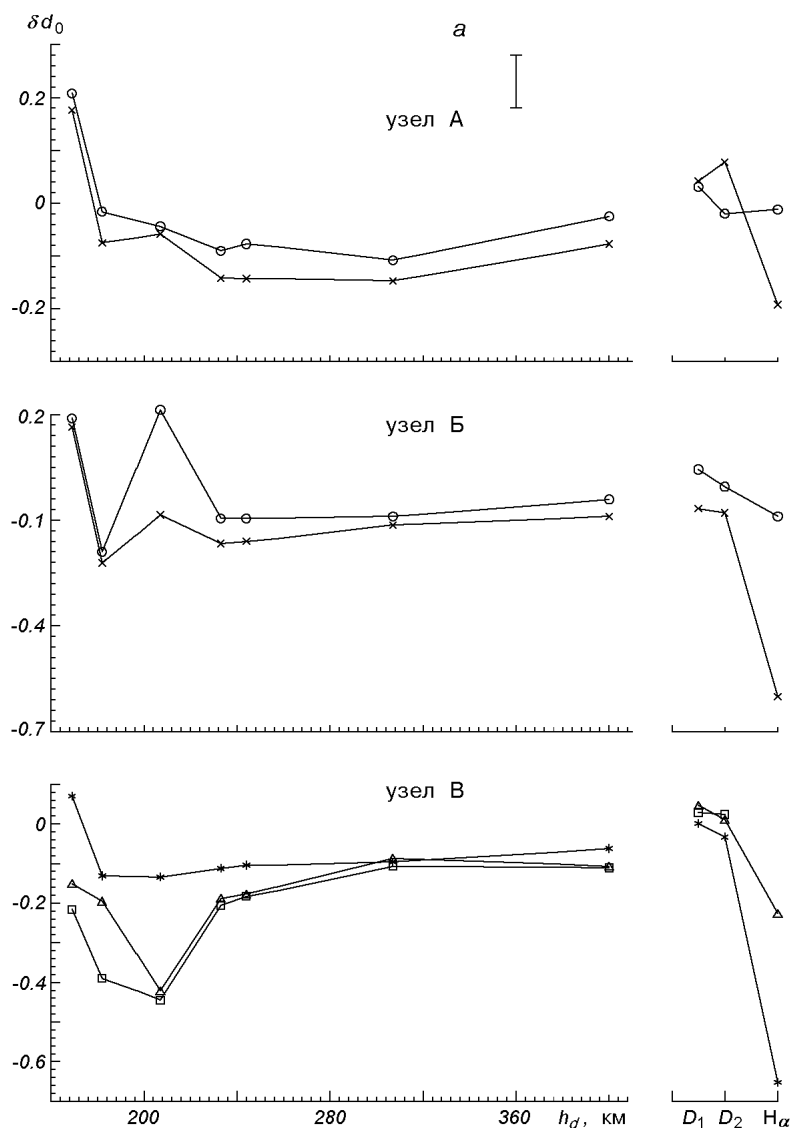


Рис. 1, а. Высотные изменения относительных отклонений центральных глубин профилей фотосферных и хромосферных линий от их значений для невозмущенной атмосферы для трех узлов вспышки. Узлы А, Б: перед вспышкой — кружки, начальная фаза — крестики; узел В:  $09^{\text{h}}46^{\text{m}}$  UT — звездочки,  $10^{\text{h}}12^{\text{m}}$  UT — треугольники,  $10^{\text{h}}30^{\text{m}}$  UT — квадраты

ные, полученные для разных моментов наблюдений вспышки, отмечены отличающимися значками.

За полчаса до начала вспышки (кружки) в обоих узлах А и Б фотосферные линии уже изменены. Сильные фраунгоферовы линии (№№ 4—7 в таблице) ослаблены в пределах 10 % (рис. 1, а). Сравнивая параметры их профилей, полученные для узлов А и Б, можно отметить, что отклонения центральных глубин этих линий почти одинаковы, а полуширины (рис. 1, б) вели себя по-разному: в узле А линии сужены, а в Б — преимущественно расширены на 10—20 %.

Изменения центральных глубин трех слабых линий составили от нескольких процентов до 20 %, а полуширин — значительно больше. Линия  $\lambda 588.00$  нм ( $h_d = 169$  км) в обоих узлах была усилена на 20 % и сужена на 20—40 %, линия  $\lambda 587.32$  нм ( $h_d = 182$  км) в узле А почти не изменилась, а в узле Б ослабла на 20 % и сильно расширилась (на 55 %). Различие поведения этих линий может быть обусловлено либо резким изменением

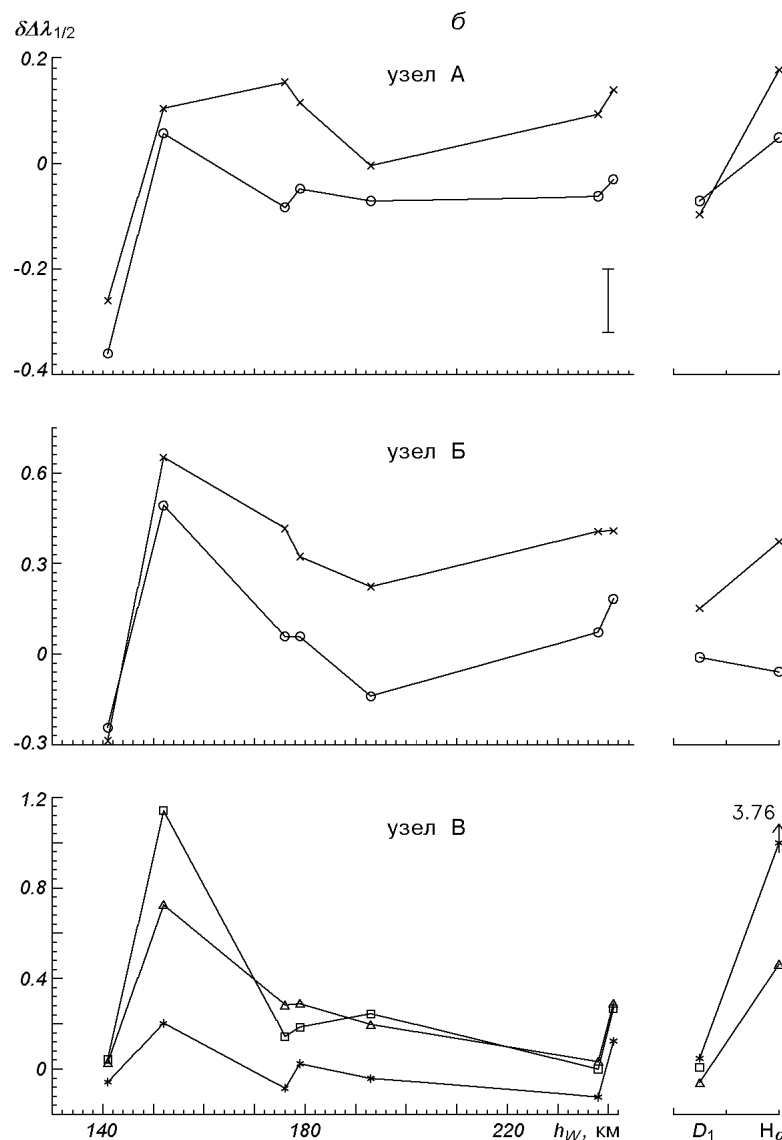


Рис. 1, б. То же, что на рис. 1, а, для полуширин профилей линий

физических параметров с высотой, либо разной чувствительностью к ним, что в дальнейшем предполагается исследовать. Изменения центральных глубин, а также и полуширин хромосферных линий  $H_{\alpha}$ ,  $D_1$ ,  $D_2$  на I относительно их значений для НА не превышают 10 %.

Таким образом, профили слабых линий, образующихся в более низких слоях фотосферы, в целом сильнее среагировали на предвспышечную ситуацию, чем сильные фотосферные, а также хромосферные линии (особенно во внутреннем узле Б вспышечной ленты). Это согласуется с выводами работы [3], в которой сравнивалось поведение линий, образующихся в разных слоях фотосферы, перед вспышками.

В начальной фазе вспышки (крестики) почти все линии стали слабее и шире, чем перед вспышкой, причем в большей степени для яркого, близкого к волокну узла Б. Для него, как и в предыдущий момент наблюдений, характерен и большой разброс параметров. Наибольшему изменению в обоих узлах, как и следовало ожидать, подверглась линия  $H_{\alpha}$ : в узле А  $\delta d_0$  и  $\delta \Delta \lambda_{1/2}$  составляли 20 %, а в узле Б — 60 и 35 % соответственно. Величины  $\delta d_0$  и  $\delta \Delta \lambda_{1/2}$  линий натрия  $D_1$  и  $D_2$ , ядра которых образуются в нижней хромосфере, а крылья — в верхней фотосфере [4], изменялись в гораздо меньшей степени. Реакция фотосферных линий на вспышку наиболее выразилась в их уширении, особенно в узле Б (на 20—30 %). Слабая фотосферная линия  $\lambda$  587.32 нм показывает значительные отклонения параметров профилей от их значений для НФ в узле Б, как и в предвспышечной стадии. Таким образом, параметры большинства линий, как и лучевые скорости [10], изменились больше в узле Б.

В главной фазе вспышки после ее второго максимума, в узле В, большинство линий, кроме мало изменявшихся  $D_1$ ,  $D_2$ , были ослабленными и расширенными. Через 8 мин после второго максимума (звездочки) отклонение центральной глубины линии  $H_{\alpha}$  от ее значений для невозмущенной хромосферы составляло 66 %, а ее полуширина была почти в пять раз большей. При этом изменения параметров фотосферных линий не превышали 15—20 %. К последующему моменту наблюдений 10<sup>h</sup>11<sup>m</sup> UT (треугольники) линия  $H_{\alpha}$  усилилась и сузилась, приближаясь к ее виду для НА. Фотосферные же линии ослабли и уширились. Особенно это касалось слабых линий  $\lambda$  587.32, 588.00, 588.02 нм, образующихся в более низких слоях. Первая из них продолжала изменяться и в 10<sup>h</sup>30<sup>m</sup> UT ( $\delta d_0 = -0.40$ ,  $\delta \Delta \lambda_{1/2} = 1.2$ ), в то время как другие линии имели примерно те же параметры, что и в момент 10<sup>h</sup>11<sup>m</sup> UT.

Такое поведение линий показывает, что вспышечное возмущение в течение главной фазы распространялось сверху вниз из хромосферных в фотосферные слои. Следует заметить, что подобный процесс имел место и в течение слабой вспышки 24 мая 1979 г. [8].

Поведение эквивалентных ширин фотосферных линий в процессе развития вспышки в целом похоже на ход со временем полуширин их профилей.

**Профили линии  $D_3$  He I.** В спектрах рассматриваемой вспышки есть линия гелия  $D_3$ , которая не наблюдается в спокойных областях Солнца. Во время вспышек эта линия появляется далеко не всегда. В некоторых вспышках она видна в эмиссии, и реже в поглощении. В данном случае она наблюдалась в поглощении, начиная с предвспышечного состояния активной области. Линия  $D_3$  состоит из трех компонентов, лабораторные длины волн которых равны  $\lambda = 587.5618$ , 587.5650 и 587.5989 нм [12]. Соотношение интенсивности компонентов 5:3:1. Средняя длина волны двух первых компонентов  $\lambda = 587.5634$  нм.

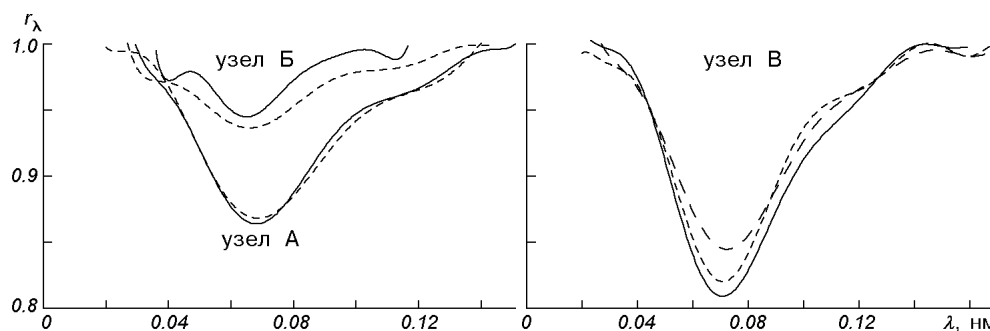


Рис. 2. Профили линии  $D_3$  Ne I: слева для узлов А, Б — перед вспышкой (штрихи), в начальной фазе (сплошные линии). Справа в главной фазе: сплошная линия —  $09^{\text{h}}46^{\text{m}}$  UT, короткие штрихи —  $10^{\text{h}}12^{\text{m}}$  UT, длинные —  $10^{\text{h}}30^{\text{m}}$  UT

На рис. 2 представлены профили линии для всех пяти моментов наблюдения вспышки. Они получены путем исключения блендирующих атмосферных линий  $\text{H}_2\text{O}$   $\lambda\lambda$  587.55887 и 587.61224 нм [14], усреднения и сглаживания компонентов. Их точность примерно вдвое ниже, чем при измерениях остальных линий. Параметры профилей линии  $D_3$  оказались различными в зависимости от времени наблюдения и для разных узлов. Линии довольно широкие (0.03—0.05 нм), что совпадает с оценками [11] для активных областей. Во внешнем узле А профиль абсорбционной линии  $D_3$  в начальной фазе вспышки остался практически таким же, как и за полчаса до нее ( $d_0 \approx 0.14$ ,  $\delta\Delta\lambda_{1/2} = 0.05$  нм). Во внутреннем узле Б линия перед вспышкой была значительно слабее ( $d_0 \approx 0.06$ ) и уже, чем в узле А. В начальной фазе в этом узле изменилась главным образом ширина профиля — линия сузилась на треть. Несхожесть профилей в двух узлах в одно и то же время отражает различия физических условий в области образования линии гелия.

В узле В (главная фаза) поглощение в линии значительно сильнее, чем было до этого в узлах А и Б. По мере затухания вспышки центральная глубина профилей постепенно уменьшилась от 0.19 в  $09^{\text{h}}46^{\text{m}}$  UT до 0.15 в  $10^{\text{h}}30^{\text{m}}$  UT, а полуширина испытывала колебания в пределах 0.04—0.05 нм.

С использованием нескольких теллурических линий были измерены смещения центра тяжести профилей линии  $D_3$  в спектрах и вычислены лучевые скорости движения вещества. При этом учтены поправки за красное гравитационное смещение, вращение Земли вокруг Солнца и вокруг ее оси. Движения вещества на уровне образования линии  $D_3$  были неодинаковы в разных узлах вспышки. В узле Б вещество поднималось со скоростью 2 км/с как перед, так и в начальной стадии вспышки в отличие от узла А, где скорость в те же моменты времени была близка к нулю. Вблизи максимума вспышки в узле В вещество опускалось со скоростью 1 км/с, к концу вспышки скорость увеличилась до 2 км/с. Следует отметить, что в работе [5] в мощных вспышках в полутени пятен по смещению линии  $D_3$  получено также опускание вещества с лучевой скоростью 2.4—3.3 км/с.

#### АСИММЕТРИЯ И СМЕЩЕНИЯ ФОТОСФЕРНЫХ ЛИНИЙ

Перед вспышкой, в ее начальной и главной фазах все фотосферные линии были смещены в коротковолновую часть спектра относительно их положе-

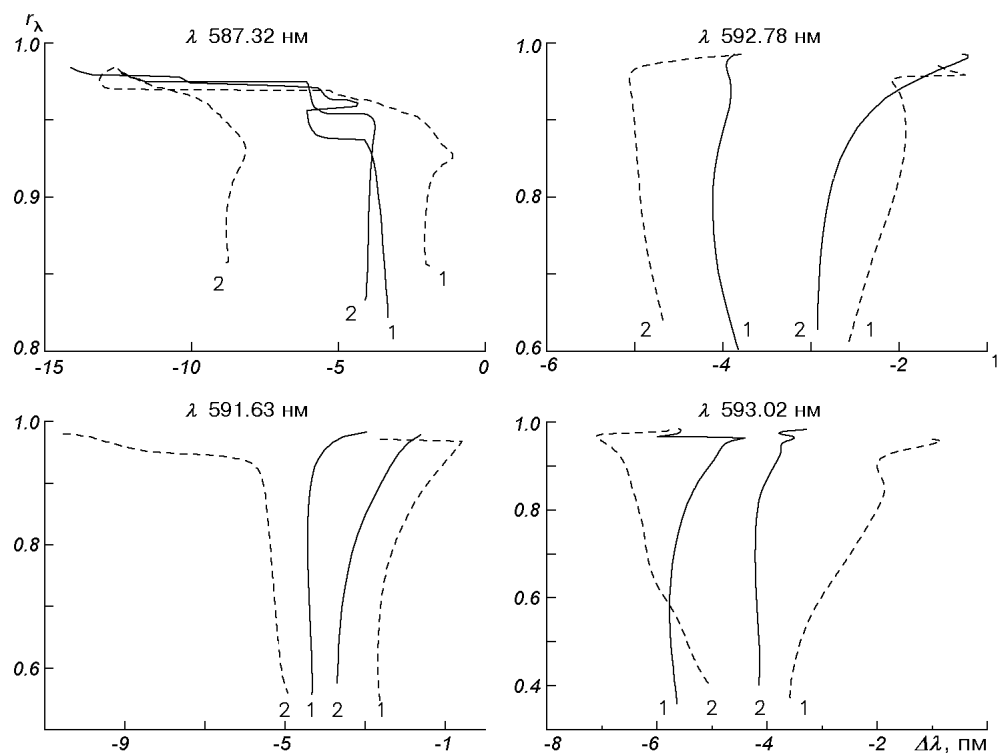


Рис. 3. Бисекторы профилей четырех фотосферных линий для узлов А (сплошные линии) и Б (штрихи): 1 — перед вспышкой ( $08^{\text{h}}10^{\text{m}}$  UT), 2 — для начальной фазы ( $08^{\text{h}}52^{\text{m}}$  UT)

ния в спектре невозмущенной фотосферы. В узле А перед вспышкой линии, ядра которых образуются в более низких слоях, были сдвинуты на 3 пм, а в верхних слоях — на 4—6 пм. В начальной фазе сдвиги большинства линий уменьшились в среднем на 1—2 пм. Тенденция к увеличению смещения с высотой сохранилась. В узле Б в первый момент наблюдений сдвиги были меньше, чем в узле А, но они резко, особенно для слабых линий, увеличились (до четырех раз) в начальной фазе вспышки. Изменялся также и характер асимметрии линий. На рис. 3 сравнивается вид бисекторов некоторых линий для узлов А и Б. Нуль на оси абсцисс соответствует положению ядра линии в спектре невозмущенной фотосферы. Слабые линии в первые два момента наблюдений имели преимущественно «синюю» асимметрию, а сильные в узле А — «красную». В начале вспышки асимметрия сильных линий (нижняя часть рисунка) в узле Б изменилась значительно резче, чем в узле А: перед вспышкой она была «красной», а в начале вспышки стала «синей». Таким образом, увеличение скорости подъема вещества и изменение ее высотного градиента (в более глубоких слоях лучевая скорость увеличилась в большей степени [10]) в данном случае проявилось как в больших сдвигах, так и в резком изменении формы бисекторов.

В главной фазе вспышки (рис. 4) наибольшие сдвиги наблюдались в первый момент  $09^{\text{h}}46^{\text{m}}$  UT у сильных линий. В целом для каждого момента наблюдений сильные линии были больше смещены в коротковолновую часть спектра, чем слабые линии. Первые во все моменты наблюдений в главной фазе имели «красную» асимметрию, тогда как слабые линии — преимущественно «синюю». В  $10^{\text{h}}30^{\text{m}}$  UT сдвиги сильных линий несколько уменьшились, а слабых линий увеличились по сравнению с их величинами в первый момент наблюдений главной фазы вспышки.



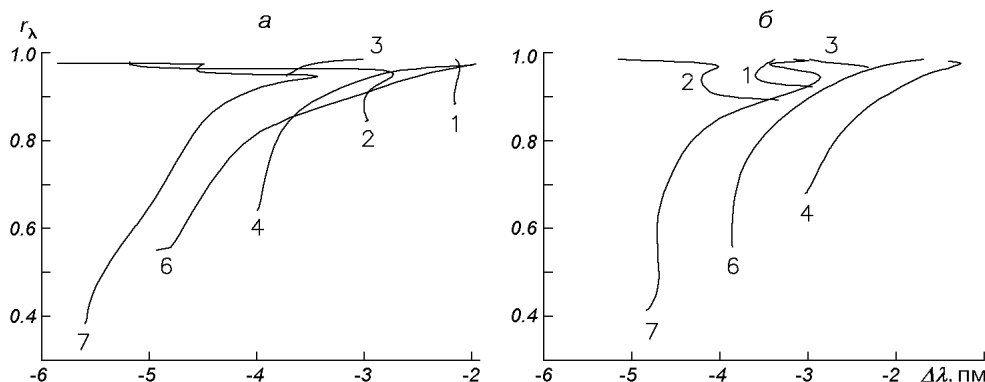


Рис. 4. Бисекторы профилей шести фотосферных линий для узла В (сплошные линии) для двух моментов главной фазы вспышки: а — 09<sup>h</sup>46<sup>m</sup> UT, б — 10<sup>h</sup>30<sup>m</sup> UT. Линии пронумерованы согласно таблице

Следует отметить, что при смещении сильных линий в коротковолновую часть спектра (подъем вещества) имеются случаи выраженной «красной» асимметрии (например, в узле А во второй момент, а в узле В в первый момент наблюдения и в главной фазе). Это можно объяснить увеличением градиента лучевой скорости с высотой. Сравнивая смещения и асимметрию фраунгоферовых линий в слабой вспышке [8] и в изучаемой нами, отметим, что в рассмотренные моменты наблюдений данной мощной вспышки: 1) величина смещений значительно больше, 2) направление сдвигов противоположно тому, что найдено для слабой вспышки, 3) асимметрия линий более выражена, и имеются случаи резкого изменения ее характера на противоположный, что связано с изменением знака высотного градиента лучевой скорости.

## ВЫВОДЫ

Проанализировав поведение рассматриваемых линий в процессе вспышки, приходим к следующим выводам.

1. Как хромосферные, так и фотосферные линии на всех стадиях развития вспышки, включая предвспышечную (за полчаса до ее начала), изменены: они преимущественно ослаблены и расширены по сравнению с линиями в спектре невозмущенной атмосферы.

2. Перед вспышкой и во время вспышки наблюдалась линия  $D_3$  He I в поглощении, ее параметры в разных узлах сильно различались ( $d_0 = 0.05—0.19$ ,  $\delta\Delta\lambda_{1/2} = 0.03—0.05$  нм), что свидетельствует о различии физических условий в слоях ее образования. В главной фазе в первый момент наблюдений, через 9 мин после второго максимума, она была наиболее сильной, а затем постепенно ослаблялась.

3. Перед вспышкой на изменение физических условий среди фотосферных линий в целом заметнее среагировали слабые линии, ядра которых образуются на высотах ниже 200 км. Это согласуется с результатами работы [3].

4. В начальной фазе вспышки наряду с сильными изменениями параметров линии  $H_\alpha$  (ее ослаблением и уширением) отмечается значительное уширение большинства фотосферных линий, главным образом во внутреннем узле, близком к волокну. Согласно [10] в нем произошли также наибольшие изменения лучевой скорости, наблюдался подъем фотосферного вещества.

5. В течение главной фазы вспышки поведение линии  $H_{\alpha}$  и фотосферных линий было противоположным. В отличие от усиливающейся и сужающейся линии  $H_{\alpha}$  фотосферные линии до самого конца наблюдений ослаблялись и расширялись, что могло быть вызвано более поздним приходом вспыхивающего возмущения в фотосферные слои.

6. Во все моменты наблюдений вспышки фотосферные линии смещены в коротковолновую часть спектра относительно их положений в спектре невозмущенной фотосферы, что свидетельствует о подъеме вещества, связанном, по-видимому, с выходом нового магнитного потока. Асимметрия линий была разной: слабые линии в большинстве случаев имели «синюю» асимметрию, а сильные — «красную» вследствие высотного градиента лучевой скорости: в верхних слоях лучевая скорость была больше, чем в нижних. Во внутреннем узле ленты в начальной фазе вспышки «красная» асимметрия сильных линий изменилась на «синюю» вследствие резкого изменения высотного градиента лучевой скорости.

1. Аликаева К. В., Барановский Э. А., Кондрашова Н. Н. Временные изменения состояния хромосферного и фотосферного вещества во вспыхивающей петельной структуре // Тр. VII симпозиума по солнечно-земной физике России и стран СНГ, Троицк, 1999 г. — Троицк: ИЗМИРАН, 1999.—С. 28—34.
2. Аликаева К. В., Ганджа С. И., Кондрашова Н. Н., Полупан П. Н. Изменения фраунгоферова спектра солнечных активных областей в связи со вспышками // Астрометрия и астрофизика.—1980.—Вып. 42.—С. 3—13.
3. Аликаева К. В., Кондрашова Н. Н., Редюк Т. И., Рудникова Е. Г. Нижняя фотосфера активных областей Солнца перед вспышками и без вспышек. I. Фраунгоферов спектр // Кинематика и физика небес. тел.—1993.—9, N 1.—С. 24—36.
4. Бабий Б. Т., Стодилка М. И. Глубины образования интенсивности в D-линиях натрия в различных положениях на солнечном диске // Солнечные данные.—1986.—№ 11.—С. 80—85.
5. Бабин А. Н., Коваль А. Н. Вспышки на пятне и магнитные поля. I // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.—1990.—82.—С. 129—138.
6. Гадун А. С., Шеминова В. А. SPANSAT: программа расчета профилей спектральных линий поглощения в звездных атмосферах в ЛТР-приближении. — Киев, 1988.—37 с.—(Препр. / АН УССР. Ин-т теорет. физики; № 87Р).
7. Кондрашова Н. Н. Изменение асимметрии линий в процессе солнечной вспышки 7 октября 1979 г. // Кинематика и физика небес. тел.—1988.—4, № 4.—С. 23—28.
8. Кондрашова Н. Н., Пасечник М. Н. Фотосферные слои вспышки и флоккула. I. Профили, асимметрия и смещения фраунгоферовых линий // Кинематика и физика небес. тел.—1997.—13, № 4.—С. 61—75.
9. Кондрашова Н. М., Рудникова К. Г. Відгук фотосфери на спалахи різної потужності у рентгенівському діапазоні // Вісник Київ. ун-ту. Астрономія.—1999.—Вип. 35.—С. 11—17.
10. Кондрашова Н. Н., Рудникова Е. Г., Пасечник М. Н. Движения хромосферного и фотосферного вещества в двухленточной солнечной вспышке // Кинематика и физика небес. тел.—2001.—17, № 6.—С. 485—495.
11. Нгуен-Нган. Наблюдения линий гелия  $D_3$  и  $\lambda$  10830 Å в активных областях // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.—1972.—44.—С. 107—111.
12. Moore C. E. A multiplet table of astrophysical interest // Contrib. Princeton University Observ.—1945.—N 20.—96 p.
13. Moore C. E., Minnaert M. G. J., Houtgast J. The solar spectrum 2935 to 8770 Å. — Washington: National Bureau of Standards, 1966.—349 p.
14. Pierce A. K., Breckinridge J. B. The Kitt Peak table of photographic solar spectrum wavelengths // Kitt Peak Contribution.—1972.—N 559.—43 p.

Поступила в редакцию 06.11.02