

УДК 523.98

## Изменения профиля линии CaI 6102.7 Å и структуры магнитного поля во вспышке 12.08.1981 г.

*А.Н. Бабин, А.Н. Коваль*

НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 20 ноября 2007 г.

**Аннотация.** Представлены результаты изучения изменений профиля линии CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$  и структуры магнитного поля в течение белой вспышки балла 1B/M2.2 12 августа 1981 г. Исследуются два самых ярких узла вспышки, расположенные в полутени пятна  $\delta$ -конфигурации. Анализируются  $I \pm V$  профили линий. В результате обработки и анализа наблюдений получены следующие результаты: 1) во время вспышки происходили существенные изменения профиля линии, особенно в момент свечения в оптическом континууме, которое наблюдалось вблизи максимума вспышки. Кроме значительного уменьшения глубины линии наблюдалась узкая поляризованная эмиссия, зеемановское расщепление которой соответствовало напряженности продольного магнитного поля 3600 Гс. Это значительно больше, чем напряженность магнитного поля в нижележащем пятне, определенная по зеемановскому расщеплению линий поглощения; 2) наибольшие изменения профиля линии CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$ , наблюдаемые во время вспышки, могут привести к занижению измеряемого при помощи видеоманитографа продольного магнитного поля в 4.5 раза, однако не могут быть причиной обращения полярности; 3) во время, близкое к максимуму вспышки, произошло резкое кратковременное смещение линии раздела полярностей, которое привело к появлению на малой площади активной области магнитного поля обратной полярности, то есть к появлению магнитного транзита. Это может быть интерпретировано как изменение наклона силовых линий магнитного поля к лучу зрения во время вспышки. Одновременно наблюдаемая в другом узле вспышки кратковременная деполяризация излучения в линии CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$  также может быть следствием изменения структуры магнитного поля; 4) эти быстрые динамические изменения магнитных силовых линий происходили после максимума импульсной фазы вспышки и были близки по времени к появлению II типа радиоизлучения.

VARIATIONS OF THE CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$  LINE PROFILE AND THE MAGNETIC FIELD STRUCTURE DURING THE SOLAR FLARE OF AUGUST 12, 1981, *by A.N. Babin and A.N. Koval*. We present results of the study of changes of the CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$  line profiles and the magnetic field structure during the 1B/M2.2 white light flare of August 12, 1981. Two brightest flare knots located in the penumbra of the sunspot with  $\delta$ -configuration have been investigated.  $I \pm V$  profiles of spectral lines were analyzed. We have found that: 1) the significant changes of the line profiles take place during the flare especially at the time of white light flare emission that was observed close to the maximum of the  $H_{\alpha}$  flare development. The line depth reduces substantially and narrow Zeeman-split emission with the longitudinal field strength up to 3600 Gs are detected. It is stronger than that derived from the absorption lines in the sunspot below the emission; 2) the most significant observed variations of the CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$  line profile during the flare can lead to the underestimate of measured longitudinal magnetic field strength with a videomagnetograph up to 4.5 times, but cannot lead to the polarity reversal; 3) the sharp short duration displacement of the neutral line, occurred close to the flare  $H_{\alpha}$  maximum leads to the appear-

ance of the area of inverted polarity field, that is the magnetic field transient. This may be interpreted as a change of the force tubes inclination during the flare. Simultaneously observed depolarization of the CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$  line radiation may be the result of changes of the magnetic field structure too; 4) this fast dynamical changes of the magnetic field lines took place after the impulsive phase maximum and were close to the appearance of the II type radio emission.

**Ключевые слова:** Солнце, вспышки, магнитные поля, контуры спектральных линий

---

## 1 Введение

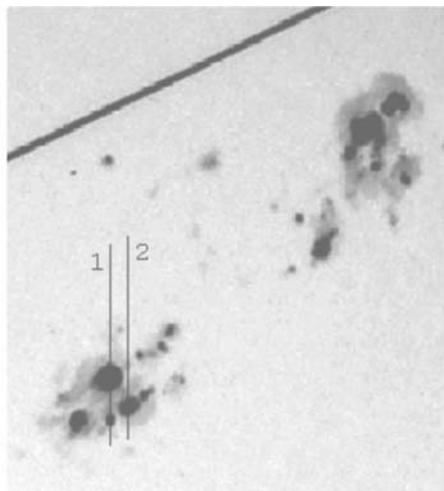
Еще в конце 70-х годов при наблюдениях с видеоманитографом магнитных полей в линии FeI  $\lambda 5324 \text{ \AA}$  во время вспышки было обнаружено кратковременное (на несколько минут) появление нового магнитного поля обратной полярности на небольшом участке активной области (несколько угловых секунд) вблизи линии раздела полярностей в момент, близкий к максимуму вспышки. Появление нового магнитного поля, которое исчезало после максимума вспышки, было названо *магнитным транзиентом* (Паттерсон и Зириин, 1981). В дальнейшем магнитные транзиенты были обнаружены еще во время нескольких сильных вспышек, большинство которых излучало в оптическом континууме (Зириин и Танака, 1981; Паттерсон, 1984; Косовичев и Жаркова, 2001).

До настоящего времени остается невыясненным вопрос, что представляет собой магнитный транзиент? Действительно ли во время вспышки появляется новое магнитное поле, или наблюдаемое явление есть результат изменения структуры магнитного поля (угла наклона силовых линий) или изменения профиля линии, в которой ведутся наблюдения. С одной стороны, магнитограф регистрирует только  $HCos\gamma$ -составляющую магнитного поля по лучу зрения и не может разделить эти два компонента. С другой стороны, сигнал магнитографа зависит не только от напряженности магнитного поля, но и от крутизны профиля линии  $dI/d\lambda$ . Поэтому возникают проблемы с интерпретацией измерений магнитных полей во время вспышек. При калибровке магнитографа используется средний профиль линии в невозмущенной фотосфере и предполагается, что он остается неизменным при наблюдениях активных областей. Однако исследованиями многих авторов установлено, что в активных областях фотосферные линии становятся менее глубокими и более широкими вследствие совместного влияния увеличения температуры в области факелов и магнитного поля (Чепман и Шили, 1968; Харвей и Ливингстон, 1969; Штельмахер и Вир, 1971; Фразьер и Стенфло, 1972).

Сравнение магнитограмм и спектрогелиограмм, полученных во время вспышек в одних и тех же линиях, показало пространственное и временное совпадение магнитных транзиентов с эмиссией в линиях (Петтерсон, 1984; Мур и др., 1984). Изменения профиля линии FeI  $\lambda 5324 \text{ \AA}$  во время вспышки и влияние этих изменений на измеряемую величину продольного магнитного поля рассматривались Лозицкой и Лозицким (1982), где авторы пришли к выводу о том, что магнитные транзиенты имеют скорее яркостную, чем магнитную природу. Магнитные транзиенты были зарегистрированы также при наблюдениях магнитных полей во время вспышек с прибором SOHO/MDI, в котором для измерений использовалась линия NiI  $\lambda 6768 \text{ \AA}$  (Косовичев и Жаркова, 2001). Мы исследовали изменения профиля этой линии во вспышечных узлах вспышки балла 1В/М 2.8, которая излучала в оптическом континууме, и пришли к выводу, что наблюдаемые изменения профиля не могут быть ответственны за появление магнитных транзиентов (Бабин и Коваль, 2007).

В настоящее время для исследований магнитных полей активных областей при помощи видеоманитографа используется линия CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$  (Варсик и др., 1995). Абраменко и Барановский (2004) исследовали профиль этой линии в узле вспышки балла 2N. Обнаруженные ими изменения профиля могли бы привести к занижению измеряемого продольного магнитного поля на площади, занятой вспышечным узлом, на 20 %.

В представленной работе на основании анализа спектральных поляризационных фотографических наблюдений мы исследуем изменения профиля линии CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$  и структуры магнитного



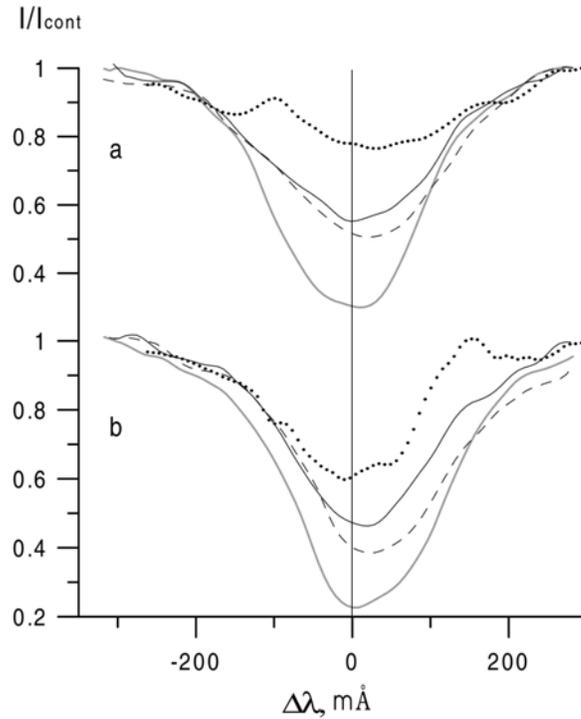
**Рис. 1.** Фотогелиограмма группы пятен с отмеченными положениями щели спектрографа для разрезов 1 и 2; север наверху слева, восток слева внизу, наклонная линия наверху – нить суточной параллели

поля во время вспышки 12 августа 1981 г. Также оценивается влияние наблюдаемых изменений профиля этой линии на измерения магнитных полей при помощи видеоманитографа.

## 2 Наблюдения

Вспышка 12 августа 1981 г. балла 1В/М2.2, координаты S10 W30, началась в 06:16 UT, достигла максимума в 06:28 UT (SGD, 1984). Мощный всплеск микроволнового радиоизлучения начался в 06:23.6 UT и достиг максимума в 06:26 UT (SGD, 1981). HXRBS на спутнике SSM зарегистрировал максимум излучения в жестком рентгене в 06:29:15 UT (Деннис и др., 1988), когда спутник вышел из тени. В 06:34.5–06:36 UT наблюдался II тип радиоизлучения (SGD, 1982). Спектральные поляризационные фотографические наблюдения активной области на Башенном солнечном телескопе БСТ-2 Крымской астрофизической обсерватории были начаты за два часа до начала вспышки. Использовалась оптическая система телескопа с эффективным фокусным расстоянием 35 м. Спектрограммы с применением поляризационной оптики (четвертьволновая пластинка плюс мозаика Скоморовского (1973), выделяющая попеременно колебания взаимно ортогональных направлений) получены в четвертом порядке дифракционного спектрографа с дисперсией  $0.37 \text{ \AA} \text{ мм}^{-1}$ . Ширина полосы поляризационной мозаики 0.5 мм, что соответствует примерно 3 угловым секундам при диаметре изображения Солнца на щели спектрографа 30 см. Высота фотографируемого спектра равна примерно 15 мм. Одновременно регистрировался участок длин волн  $\lambda\lambda 6101 - 6154.5 \text{ \AA}$ .

Спектрограммы во время вспышки получались с интервалом 1–3 минуты. На рис. 1 представлена фотография группы пятен, в которой произошла вспышка. Хвостовая часть группы представляла собой пятно  $\delta$ -конфигурации со сложной структурой магнитного поля. Во время прохождения по диску Солнца в группе произошло несколько вспышек балла 1В–2В. Самый яркий узел исследуемой вспышки располагался в области отмеченных на рис. 1 положений щели спектрографа 1 и 2. В 06:27:15 UT в разрезе 2 вблизи линии раздела полярностей было зарегистрировано непрерывное излучение вспышки. В это же время в ряде линий металлов наблюдалась эмиссия. Такие морфологические и эволюционные особенности характерны для вспышек, во время которых наблюдались магнитные транзиенты.



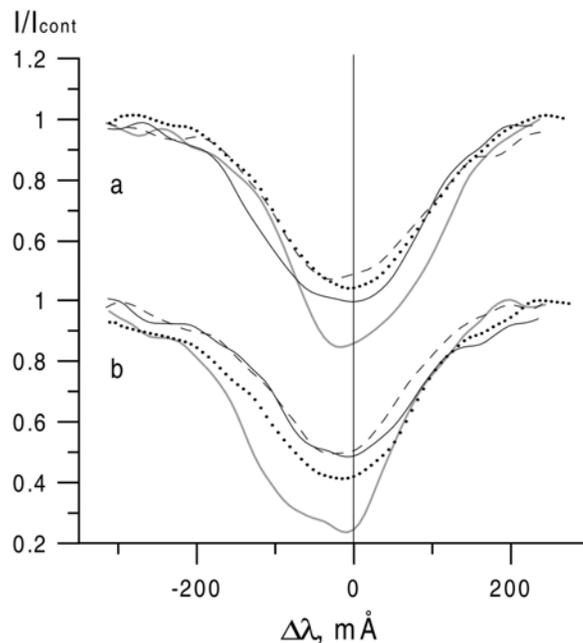
**Рис. 2.** Профили линии CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$  в двух соседних поляризационных полосках (a и b) в разрезе 2 в 06:05 UT (серая линия), 06:28 UT (точки), 06:30 UT (тонкая линия), 06:34 UT (штрихи)

### 3 Изменения профиля линии CaI $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$ во время вспышки

Рассмотрим изменение со временем профиля линии CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$  в двух разрезах наиболее яркого узла вспышки: в месте непрерывного излучения вспышки (разрез 2) и в разрезе 1, где в линиях железа FeI  $\lambda 6136.6 \text{ \AA}$  и FeI  $\lambda 6137.7 \text{ \AA}$  наблюдалась эмиссия.

Была проведена фотометрическая обработка спектрограмм. Фотометрические записи делались в нескольких полосках. В соответствии с шириной полосок поляризационных спектрограмм и диаметром изображения Солнца, фотометрические профили получались через 3 угловые секунды. Одно и то же место на разных спектрограммах данного разреза определялось по его расстоянию от ядра пятна. Наблюдаемые I+V и I-V профили линии CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$  в соседних поляризационных полосках разреза 1 и разреза 2 в разные моменты вспышки представлены на рис. 2 и рис. 3. Также приведен профиль линии в данном месте активной области за 15 минут до начала вспышки. Как видно из рисунков, контуры линии заметно изменяются во время вспышки.

Наибольшие изменения профиля происходят в месте свечения вспышки в оптическом континууме (рис. 2). Существенно уменьшается глубина линии. Кроме того, в двух соседних полосках видны эмиссионные детали, разнесенные по длине волны в ортогональных поляризациях. Эмиссионные детали очень узкие, их полуширина около  $30 \text{ m\AA}$ . Смещение эмиссионных деталей в ортогональных поляризациях соответствует напряженности магнитного поля  $3600 \text{ Гс}$ . Узость эмиссионных деталей и четко выраженный зигзаг в ортогональных поляризациях говорит о том, что магнитное поле в эмиссионном объеме вспышки в месте образования линии CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$  преимущественно продольное. Если считать, что различная величина смещения эмиссионных  $\sigma$ -компонентов в двух полосках относительно центра невозмущенной линии связана с наличием лучевой скорости, то получим, что происходит опускание излучающего вещества с лучевой скоростью  $1.2 \text{ км с}^{-1}$ . Напряженность маг-



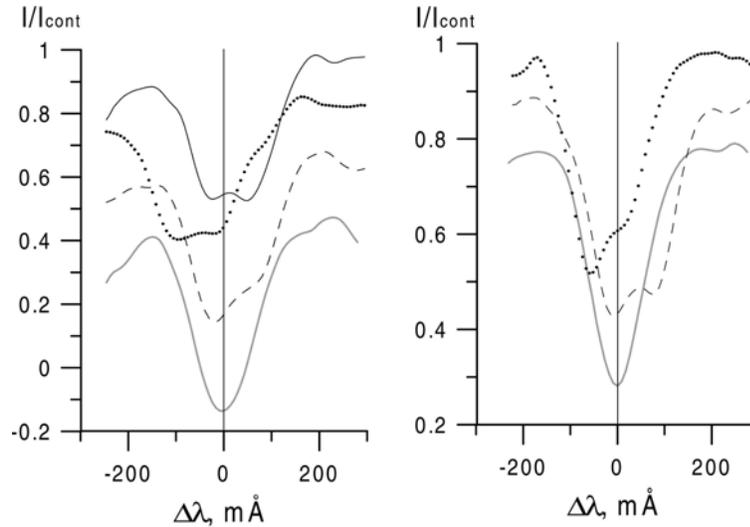
**Рис. 3.** Профили линии CaI  $\lambda 6102.7$  Å в двух соседних поляризованных полосках (а и б) в разрезе 1 в 06:05 UT (серая линия), 06:28 UT (точки), 06:34 UT (тонкая линия), 06:35 UT (штрихи)

нитного поля, определенная по расщеплению эмиссионных  $\sigma$ -компонентов другой линии кальция CaI  $\lambda 6122.2$  Å, также достигает 3500 Гс.

Определим, могут ли наблюдаемые изменения профиля линии CaI  $\lambda 6102.7$  Å привести к появлению магнитного транзиента? Применяв методику измерения крутизны крыла профиля линии  $dI/d\lambda$ , используемую при наблюдениях с видеоманитографом обсерватории Big Bear (Варсик и др., 1995), мы нашли, что наибольшие изменения профиля линии, наблюдаемые в данном случае, приведут к занижению величины продольного магнитного поля в 4.5 раза, но не приведут к обращению полярности. Наличие узкого (30 мÅ) эмиссионного компонента не оказывает существенного влияния на измерения продольного магнитного поля, так как при наблюдениях на Big Bear в качестве монохроматора используется интерференционно-поляризационный фильтр, полуширина полосы пропускания которого в этой области спектра около 200 мÅ. Для появления сигнала поля обратной полярности эмиссионное обращение в линии должно быть более существенным как по полуширине, так и по интенсивности.

#### 4 Особенности структуры магнитного поля

Для исследования структуры магнитного поля в разрезе 1 и 2 на уровне фотосферы в области вспышки и ее изменения во время вспышки мы использовали линии CaI  $\lambda 6102.7$  Å и FeI  $\lambda 6137.0$  Å. Линия поглощения кальция является простым зеемановским триплетом, фактор Ланде  $g = 2$ , потенциал возбуждения нижнего уровня  $P = 1.87$  эв, роуландовская интенсивность в спектре фотосферы и пятна равна 9 и 20 соответственно. Линия железа имеет аномальное зеемановское расщепление, эффективный фактор Ланде равен  $g = 2$ , потенциал возбуждения нижнего уровня  $P = 2.19$  эв, роуландовская интенсивность в спектре фотосферы и ядра пятна 3 и 4 соответственно. Обе линии имеют одинаковый фактор Ланде, близкие потенциалы нижнего уровня, но разную роуландовскую интенсивность в спектре фотосферы и пятна.



**Рис. 4.** Профили линии FeI  $\lambda 6137.0 \text{ \AA}$  в нескольких смежных поляризационных полосках и в невозмущенном месте в 06:05 UT, разрез 1 (слева) и разрез 2 (справа); контуры разнесены по вертикали

На рис. 4 представлены I+V и I-V профили линии FeI  $\lambda 6137.0 \text{ \AA}$  в нескольких поляризационных полосках разрезов 1 и 2 за 15 минут до начала вспышки. Магнитное поле в исследуемых разрезах довольно сильное, чтобы заметно разделить  $\sigma$  и  $\pi$ -компоненты, относительная интенсивность которых может быть использована как грубый индикатор наклона силовых линий магнитного поля к лучу зрения. Как видно из рисунков,  $\pi$ -компонент очень сильный, то есть магнитное поле в данном месте активной области близко к поперечному. Этот видимый  $\pi$ -компонент показывает зеемановское расщепление, противоположное основному расщеплению (Северный, 1959; Беккерс и Шретер, 1968; Могилевский и др., 1967). Как показано в (Обридко, 1985), для объяснения этого явления нужно признать сильную неоднородность магнитного поля и физических условий в пятне как по глубине, так и по поверхности. На рис. 5 показан параметр Стокса V, полученный путем вычитания I+V и I-V профилей линии CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$ , отстоящих примерно на 3 угловых секунды друг от друга по обе стороны границы полосок поляризационной мозаики.

В разрезе 1 на нескольких поляризационных полосках (рис. 4) наблюдается доплеровский сдвиг  $\pi$ -компонента, который соответствует направленной вверх лучевой скорости  $1.2 \text{ км с}^{-1}$ . Так как участок спектра не содержит атмосферных линий, мы получили скорость подъема относительно невозмущенного места активной области, где линия была сравнительно узкой и не показывала зигзага. О том, что в исследуемых разрезах магнитное поле близко к поперечному, говорит небольшой относительный сдвиг между центрами тяжести I+V и I-V профилей, по которому можно определить величину продольного магнитного поля (рис. 4).

В разрезе 2 щель спектрографа пересекала линию раздела полярностей магнитного поля. На рис. 6 представлено положение линии раздела полярности относительно ядра пятна N-полярности по измерениям в линиях CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$  и FeI  $\lambda 6137.0 \text{ \AA}$  в разные моменты времени. Как видно из рис. 6, смена знака поля в этих линиях происходила на разном расстоянии от ядра пятна. Так как линия кальция образуется на 1000 км выше, чем линия железа, то различие в положении линии раздела полярностей можно объяснить большим наклоном силовых линий к лучу зрения (Коваль и Степанян, 1983). В момент, близкий к максимуму вспышки, наблюдается быстрое смещение линии раздела полярностей и быстрое (в течение нескольких минут) ее возвращение почти к предвспышечному положению. Таким образом, имеет место кратковременное появление магнитного поля южной полярности в области, ранее занятой северной полярностью, то есть мы наблюдаем здесь

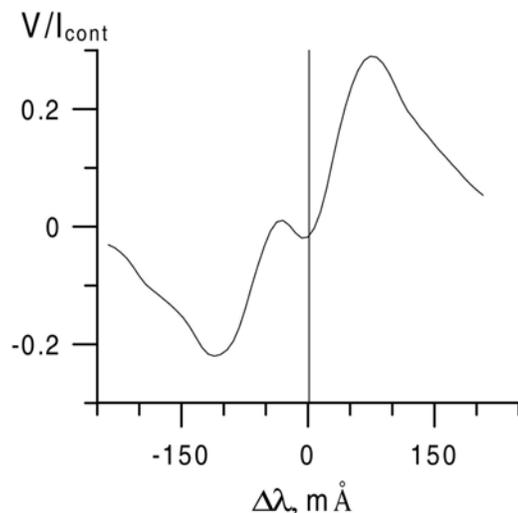


Рис. 5. Параметр Стокса V для линии CaI 6102.7 Å в 06:05 UT в разрезе 1

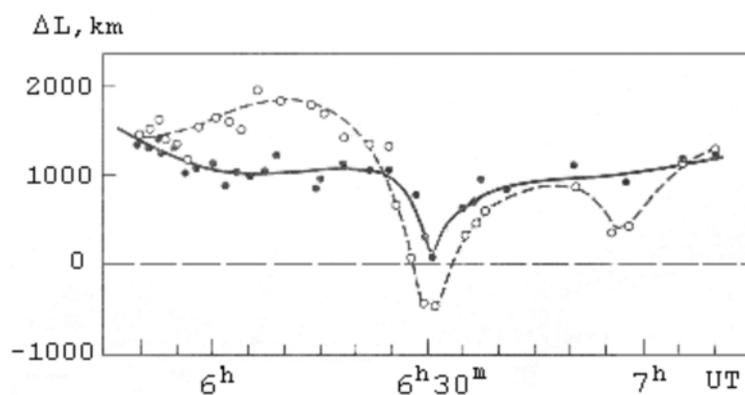
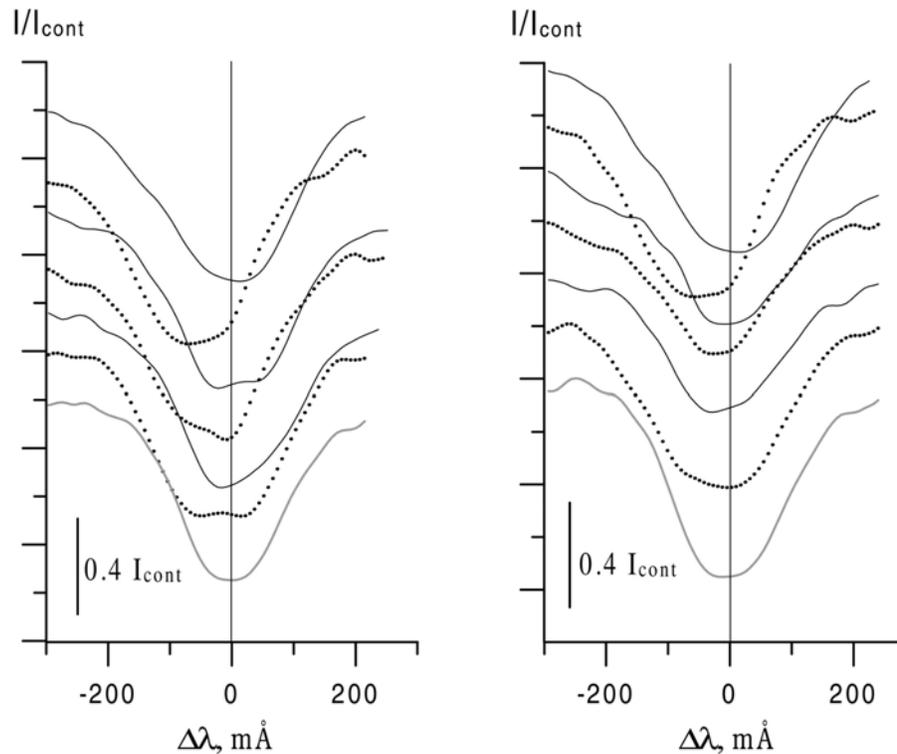


Рис. 6. Изменение со временем расстояния от линии раздела полярностей до ядра пятна N-полярности по измерениям в линиях CaI 6102.7 Å (кружки) и FeI 6137.0 Å (точки)

магнитный транзист. Напряженность продольного магнитного поля транзистента около 600 Гс. Это быстрое изменение положения линии раздела полярности могло произойти вследствие изменения наклона силовых линий магнитного поля.

Одновременно с резким изменением положения линии раздела полярностей, наблюдавшемся в разрезе 2, в разрезе 1 в линии CaI 6102.7 Å в ядре пятна и прилегающей полутени происходила деполаризация излучения (Северный, 1959; Бумба, 1962), проявляющаяся в исчезновении зигзага в полосках с противоположным направлением круговой поляризации. На рис. 7 слева показаны профили линии CaI 6102.7 Å в 06:05 UT в разных поляризационных полосках разреза 1 с четким зигзагом на всех полосках, а на рис. 7 справа то же, но во время максимума вспышки, где видно исчезновение зигзага на 4–6 поляризационных полосках. Исчезновение зигзага было резким и непродолжительным.

На рис. 8 представлено изменение со временем расстояния между центрами тяжести профиля линии CaI 6102.7 Å в двух соседних полосках поляризационной мозаики. После максимума



**Рис. 7.** Профили линии CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$  в разрезе 1 в полосках с 1 по 6 и невозмущенный (сверху вниз) в 06:05 UT (слева) и в 06:35 UT (справа); контуры разнесены по вертикали

вспышки зигзаг восстанавливается и сохраняется до конца вспышки.

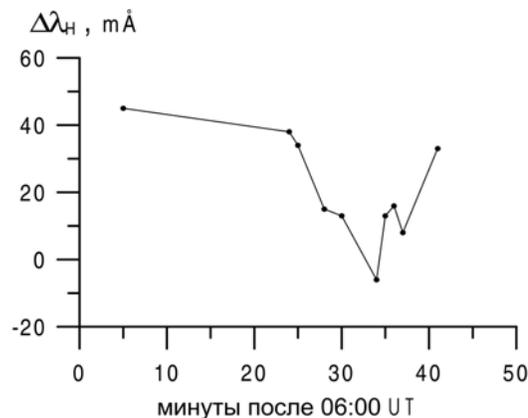
Следует отметить, что эти быстрые кратковременные изменения структуры магнитного поля происходили после максимума импульсной фазы вспышки, определяемого по микроволновому радиоизлучению вспышки, и были близки по времени к появлению радиоизлучения II типа, которое связывают с прохождением ударной волны через корону.

## 5 Результаты и обсуждение

Исследование профиля линии CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$  в двух местах наиболее яркого узла вспышки показало существенные изменения профиля во время вспышки, особенно в месте свечения в оптическом континууме. Здесь, кроме значительного уменьшения глубины линии, наблюдается узкая поляризованная эмиссия. Однако при наблюдениях с видеоманитографом обнаруженные наибольшие изменения профиля могут привести только к занижению измеряемой величины продольного магнитного поля в 4.5 раза, но не к обращению полярности, то есть не приводят к появлению магнитного транзита.

Область вспышки, излучающая в оптическом континууме и в линиях металлов, располагалась вблизи линии раздела полярностей (не далее 3 угл. сек) фотосферного магнитного поля. Магнитное поле в излучающем в линии CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$  объеме вспышки преимущественно продольное и достигает величины 3600 Гс. Происходит опускание излучающего вещества со скоростью  $1.2 \text{ км с}^{-1}$ .

Структура эмиссии в линиях FeI  $\lambda 6136.6 \text{ \AA}$  и FeI  $\lambda 6137.7 \text{ \AA}$ , исследованная нами ранее (Бабин и Коваль, 1990), отличается от структуры эмиссии в линии CaI  $\lambda 6102.7 \text{ \AA}$ . Поляризованная



**Рис. 8.** Изменение со временем расстояния между центрами тяжести профилей линии CaI 6102.7 Å в двух соседних поляризованных полосках

эмиссия в линиях железа более широкая и состоит из двух компонентов разной интенсивности, которые предположительно можно отождествить с  $\sigma$  и  $\pi$  эмиссионными компонентами. Напряженность магнитного поля, определенная по зеемановскому расщеплению более сильного эмиссионного компонента, составляет 2300 Гс, а направленная вниз лучевая скорость равна  $0.8 \text{ км с}^{-1}$ . Если более слабый эмиссионный компонент отождествить с  $\pi$ -компонентом, то он тоже показывает расщепление, но обратное расщеплению более сильного компонента. Напряженность магнитного поля, соответствующая расщеплению более слабого компонента, достигает 1100 Гс (см. рис. 2, Бабин и Коваль, 1990)

Линии железа образуются в более глубоких слоях фотосферы, чем линия CaI 6102.7 Å. Так как картина расщепления, сила и поляризация компонентов зависят от направления магнитного поля, то можно предположить, что в месте образования эмиссии линий железа силовые линии магнитного поля имеют больший наклон к лучу зрения, чем в месте образования эмиссии в линии CaI 6102.7 Å. Это может быть в случае, если силовые линии магнитного поля закручены в спираль, шаг которой увеличивается с высотой (Бумба, 1962). Расщепление  $\pi$ -компонента указывает на то, что магнитное поле неоднородно как по высоте, так и по поверхности.

В нижележащей фотосфере полутени и тени пятна в исследуемых разрезах силовые линии магнитного поля сильно наклонены к лучу зрения. В месте свечения непрерывной эмиссии в линиях поглощения происходит смена знака поля, в то время как поляризованная эмиссия в линиях металлов в этом месте не показывает смены знака поля.

Очень высокие напряженности магнитного поля, измеренные по зеемановскому расщеплению эмиссионных линий металлов, превосходящие напряженности магнитного поля, измеренные по линиям поглощения в нижележащем пятне, отмечались и ранее (Лозицкая и Лозицкий, 1982; Коваль и Степанян, 1983; Бабин и Коваль, 1990; Лозицкая и др., 1991; Бабин и Коваль, 1992). Как показывают наблюдения, магнитное поле пятна очень неоднородно. Прямые свидетельства неоднородности магнитного поля пятна были получены Стешенко (1967), который обнаружил в тени пятна небольшой элемент (меньше 2 угл. сек) с напряженностью магнитного поля больше 5000 Гс, окруженный магнитным полем около 2400 Гс.

Недавние наблюдения вектора магнитного поля пятна, полученные с высоким пространственным разрешением, показали, что как ядро, так и полутень пятна состоят из элементов с усиленным магнитным полем, и направление магнитного поля в этих элементах более вертикально, чем в остальных частях тени и полутени (Лайтс и др., 1993). Так как область свечения металлов также ограничена несколькими угловыми секундами, то, возможно, эмиссия металлов исходит из мест

усиленного магнитного поля в пятне.

Во время вспышки произошло кратковременное смещение линии раздела полярностей, которое можно объяснить изменением наклона силовых линий магнитного поля к лучу зрения. Это привело к кратковременному появлению продольного магнитного поля S-полярности напряженностью около 600 Гс в области, ранее занятой N-полярностью, то есть к появлению магнитного транзиента. В пределах разрешения наблюдается пространственное и временное совпадение появления магнитного транзиента и непрерывного излучения вспышки.

Ранее Танака (1978) также пришел к выводу, что изменения магнитных полей, обнаруженные им во время вспышки балла 2В, в том числе и появление обратной полярности – магнитного транзиента, – связаны с изменением направления магнитных силовых линий. Им также обнаружено, что заметная часть волокон полутени становится более вертикальной в течение вспышки. Изменения наклона силовых линий магнитного поля во время вспышки балла 3В/Х5.7 обнаружены также при наблюдениях магнитных полей в линии MgI  $\lambda 12.32$  мкм (Деминг и др., 1990).

Кратковременная деполяризация излучения в линии CaI  $\lambda 6102.7$  Å, проявляющаяся в исчезновении зигзагообразной картины расщепления линии в полосках с противоположным направлением поляризации, когда  $\sigma$ -компоненты ослабевают с двух сторон от усиленного  $\pi$ -компонента, также может быть связана с изменением структуры магнитного поля во время вспышки. Северный (1963, 1964) нашел, что вспышки появляются в той части активной области, где азимут поперечного магнитного поля внезапно изменяет направление. А это означает, что здесь сосуществуют, а может быть и пересекаются, силовые линии магнитного поля с сильно отличающейся ориентацией. Щель пересекает места с разным направлением силовых линий к лучу зрения. Изменение ориентации силовых трубок, вызванное перезамыканием при выходе нового магнитного потока, может привести к ослаблению продольной составляющей магнитного поля. В разрезе 1, где произошла деполяризация, наблюдался четкий доплеровский сдвиг  $\pi$ -компонента, указывающий на подъем вещества в тени и полутени пятна со скоростью  $1.2 \text{ км с}^{-1}$ . Так как магнитное поле в этой области было близко к поперечному, это может указывать на всплытие закрученного магнитного жгута.

Быстрые кратковременные изменения силовых линий магнитного поля происходили после максимума импульсной фазы вспышки и были близки по времени к появлению II типа радиоизлучения. Поэтому эти изменения не могут быть причиной и источником первичного энерговыделения вспышки, а являются частью вспышечного процесса.

## 6 Основные выводы

1. Обнаруженные изменения профиля линии CaI  $\lambda 6102.7$  Å во время вспышки при наблюдениях с видеоманитографом привели бы к занижению величины измеряемого продольного магнитного поля в 4.5 раза, но не могли быть причиной обращения полярности.
2. В эмиссионном объеме вспышки магнитное поле в области образования линии CaI  $\lambda 6102.7$  Å было преимущественно продольным и достигало величины 3600 Гс. Происходило опускание излучающего вещества со скоростью  $1.2 \text{ км с}^{-1}$ .
3. Наблюдалось резкое кратковременное изменение структуры силовых линий магнитного поля, которое привело к появлению магнитного транзиента и деполяризации излучения в линии CaI  $\lambda 6102.7$  Å.
4. В пределах разрешения наблюдается пространственное и временное совпадение появления магнитного транзиента и непрерывного излучения вспышки.
5. Эти резкие динамические изменения силовых линий происходили после максимума импульсной фазы вспышки, и поэтому не могут быть причиной и источником первичного энерговыделения вспышки.

## Литература

- Абраменко и Барановский (Abramenko V.I. and Baranovsky E.A.) // Solar Phys. 2004. V. 220. P. 81.
- Бабин А.Н. и Коваль А.Н. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1990. Т. 82. С. 129.
- Бабин А.Н. и Коваль А.Н. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1992. Т. 86. С. 145.
- Бабин А.Н. и Коваль А.Н. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2007. Т. 103. №. 3. (в печати).
- Беккерс и Шреттер (Beckers J.M. and Schrotter E.H.) // Solar Phys. 1968. V. 7. P. 22.
- Бумба (Bumba V.) // В. А. С. 1962. V. 13. P. 42. P. 48.
- Варсик (Varsik J.R.) // Solar Phys. 1995. V. 161. P. 207
- Деминг и др. (Deming D., Hewagama T., Jennings D.E. et al.) // Astrophys. J. Let. 1990. V. 364. P. L. 49.
- Деннис и др. (Dennis B.R., Orwig L.E., Kiplinger A.L. et al.) // The Hard X-Ray Burst Spectrometer Event Listing 1980–1987. NASA Technical Memorandum 4036. 1988. P. 165.
- Зирин и Танака (Zirin H. and Tanaka K.) // Astrophys. J. 1981. V. 250. P. 791.
- Коваль А.Н. и Степанян Н.Н. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1983. Т. 68. С. 3.
- Косовичев и Жаркова (Kosovichev A.G. and Zharkova V.V.) // Astrophys. J. Let. 2001. V. 550. P. L. 105.
- Лозицкая Н.И. и Лозицкий В.Г. // Письма в Астрон. журн. 1982. Т. 8. №. 8. С. 500.
- Лозицкая Н.И., Лозицкий В.Г., Соловьев А.А. // Кинематика и физика небес. тел. 1991. Т. 7. №. 6. С. 40.
- Лайтс и др. (Lites B.W., Elmore D.F., Seagraves P. and Scumanich A.P.) // Astrophys. J. 1993. V. 412. P. 928.
- Могилевский и др. (Mogilevsky E.I., Demkina L. V., Ioshpa B.A. and Obridko V.N.) // “Structure and development of solar active regions”/ Ed. K.O. Kippenheuer: IAU Symp. 35. 1967. P. 215.
- Мур и др. (Moore J.R.L., Hurford G.J., Jones H.P. and Kane S.R.) // Astrophys. J. 1984. V. 276. P. 379.
- Обридко В.Н. // В сб. “Солнечные пятна и комплексы активности”. 1985. М.: Наука.
- Паттерсон и Зирин (Patterson A.P. and Zirin H.) // Astrophys. J. Let. 1981. V. 243. P. 499.
- Паттерсон (Patterson A.P.) // Astrophys. J. 1984. V. 280. P. 844.
- Северный А.Б. // Астрон. журн. 1959. Т. 36. Вып. 2. С. 208.
- Северный (Severny A.B.) // “Stellar and solar magnetic fields”/ Ed. R.L. Lust: IAU Symp. 22. 1963. P. 238.
- Северный А.Б. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1964. Т. 31. С. 159.
- Северный А.Б. // Астрон. журн. 1965. Т. 42. С. 217.
- Скоморовский В.И. // Исследования по геомагнетизму, аэронамии и физике Солнца. 1973. Вып. 26. С. 220.
- Стещенко Н.В. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1967. Т. 37. С. 21.
- Танака (Tanaka K.) // Solar Phys. 1978. V. 58. P. 149.
- Фразьер и Стенфло (Frazier E.N. and Stenflo J.) // Solar Phys. 1972. V. 27. P. 330.
- Харвей и Ливингстон (Harvey J. and Livingston W.) // Solar Phys. 1969. V. 10. P. 288.
- Чепмен и Шили (Charman G.A. and Sheeley N.R.) // Solar Phys. 1968. V. 5. P. 442.
- Штельмахер и Вир (Stellmacher G. and Wiehr E.) // Solar Phys. 1971. V. 18. P. 220.
- SGD // Solar-Geophysical Data. 1981. Part I. P. 41.
- SGD // Solar-Geophysical Data. 1982. Part II. P. 21. P. 60.
- SGD // Solar-Geophysical Data. 1984. Part II. P. 48.