

УДК 523.985-355

И. Л. Белкина, Л. А. Акимов, С. А. Белецкий

Научно-исследовательский институт астрономии Харьковского национального университета
61022, Харьков, ул. Сумская 35**Вспышка 27 августа 1999 г. по наблюдениям
линии He I λ 1083 нм**

Приводятся результаты анализа ПЗС-изображений полного диска Солнца в линии He I λ 1083 нм, полученных 27 августа 1999 г. до начала и во время вспышки балла 2N/M5.5 в АО 8673, 8674 NOAA/USAF. Обнаружено, что изменение глубины линии He I λ 1083 нм в трех основных узлах вспышки происходило до начала H α -вспышки. Гелиевых эмиссионных деталей во вспышке не выявлено. Во вспышке принимала участие значительная часть АО, где глубина линии увеличилась на 5–10 %, а в отдельных вспышечных узлах — на 15–25 %. Оценены скорости распространения возбуждения в отдельных вспышечных деталях и энергия, выделенная вспышкой в линии He I λ 1083 нм. Обнаружено, что наиболее существенное изменение глубины линии He I λ 1083 нм происходило в участках АО, расположенных вблизи линий раздела полярностей продольной составляющей фотосферного магнитного поля. Сопоставление гелиевых изображений с изображениями в мягком рентгене, полученными со спутника «Yohkoh», выявило, что области повышенного гелиевого излучения располагаются в основном под вершинами и в основаниях корональных петель. Получено, что определяющую роль в возбуждении гелия во время вспышки играет корональное излучение.

СПАЛАХ 27 СЕРПНЯ 1999 Р. ЗА СПОСТЕРЕЖЕННЯМИ В ЛІНІЇ HE I 1083 НМ, Белкіна І. Л., Акімов Л. О., Белецький С. О. — Наведені результати аналізу ПЗЗ-зображень повного диску Сонця в лінії He I λ 1083 нм, одержаних 27 серпня 1999 р. перед початком та під час спалаху балу 2N (M5.5) в АО 8673, 8674 NOAA/USAF. Виявлено, що зміна глибини лінії He I λ 1083 нм у трьох основних вузлах спалаху відбувалася до початку H α -спалаху. Гелієвих емісійних деталей у спалаху не виявлено. У явищі брала участь значна частина АО, де глибина лінії збільшувалась на 5–10 %, а в окремих вузлах спалаху — на 15–25 %. Оцінені швидкості розповсюдження збурення в окремих деталях спалаху та енергія, яка була виділена спалахом в лінії He I λ 1083 нм. Показано, що найсуттєвіші зміни глибини лінії He I λ 1083 нм відбувалися у місцях АО, розташованих поблизу нейтральних ліній поздовжньої складової фотосферного магнітного поля. Зіставлення гелієвих зображень з зображеннями у м'якому рентгені, одержаними з супутника «Yohkoh», виявило, що області підвищеного гелієвого випромінювання були розташовані переважно під вершинами та поблизу основи корональних петель. Одержані

результати свідчать про визначальну роль коронального випромінювання у збудженні гелію під час даного спалаху.

SOLAR FLARE 27 AUGUST 1999 FROM THE 1083 NM HELIUM LINE OBSERVATIONS, by Belkina I. L., Akimov L. A., Beletsky S. A. — We present the results of the study of the solar CCD He I 1083 nm image series obtained on 27 August 1999 before and during the 2N/M5.5 solar flare in AR 8673, 8674 NOAA/USAF. The He I 1083 nm line depth was found to change in three main flare knots before the H_{α} flare beginning. No helium flare emission features were observed. It is shown that a considerable part of the AR was involved in the flare, with line depth increasing by 5–10 % and even by 15–25 % in some flare knots. The excitation transport speed along flare knots and the energy released in the flare in the He I 1083 nm line are estimated. It is found that the helium line depth changed most grossly in the AR areas located near the neutral line of the photospheric longitudinal magnetic component. Comparison of the helium images with the soft X-ray «Yohkoh» images of the flare shows that more intense helium flare knots are located mainly under coronal loop tops or feet. Our results suggest that the coronal radiation played a key role in the helium excitation in the flare.

НАБЛЮДЕНИЯ

27 августа 1999 г. с 12^h20^m по 14^h10^m UT на спектрогелиографе Института астрономии Харьковского национального университета им. В. Н. Каразина с помощью ПЗС-фотометра регистрировались изображения полного диска Солнца в линии He I λ 1083 нм. Описание методики наблюдений и обработки изображений приведено в работе [2]. Сканирование Солнца на щели спектрографа проводилось суточным движением при остановленном часовом механизме. Изображения записывались в режиме 512 пикселей на диаметр со временем накопления сигнала 0.256 с, время записи одного изображения составляло около двух минут. Всего получено 18 изображений. После редукции по программе IRIS [1] мы получили изображения солнечной хромосферы в линии He I λ 1083 нм, на которых устранено потемнение диска от центра к краю. Один пиксель на изображении соответствует 3.5", однако реальное пространственное разрешение в ближнем ИК-диапазоне

Всемирное время изображений в линии He I λ 1083 нм

Номер кадра	Т, UT	Примечания
1	12 ^h 23 ^m	До начала H_{α} -вспышки
2	12 ^h 35 ^m	
3	12 ^h 44 ^m	Начало H_{α} -вспышки №291 [3]
4	12 ^h 48 ^m	
5	13 ^h 05 ^m	Вблизи максимума X-всплеска [3]
6	13 ^h 11 ^m	
7	13 ^h 15 ^m	
8	13 ^h 19 ^m	
9	13 ^h 24 ^m	
10	13 ^h 30 ^m	Часть изображения испорчена облаком
11	13 ^h 37 ^m	
12	13 ^h 40 ^m 30 ^s	
13	13 ^h 44 ^m	
14	13 ^h 48 ^m	
15	13 ^h 51 ^m 25 ^s	
16	13 ^h 55 ^m	
17	13 ^h 59 ^m	
18	14 ^h 09 ^m 35 ^s	H_{α} -вспышки № 291, 292 продолжаются [3]

из-за особенностей применяемого ПЗС-фотоприемника примерно вдвое хуже [2]. В таблице приведены моменты наблюдений и комментариев о явлениях, наблюдавшихся в других спектральных диапазонах.

Согласно данным [12] четыре обсерватории во время H_{α} -патруля зарегистрировали с 12^h45^m по 14^h37^m UT две вспышки балла 2N в АО 8674 NOAA/USAF. Как видно из таблицы, только первые два изображения предшествуют началу H_{α} -вспышки.

Для исследования морфологических особенностей развития вспышки мы использовали фрагменты полученных изображений полного диска, кэррингтоновские координаты которых заключены в пределах $\varphi = 12^{\circ}\text{S}...35^{\circ}\text{S}$ и $L = 225^{\circ}...258^{\circ}$. Фрагменты изображений строились с помощью программы PIDGI [2], которая дает возможность построить изображения проекций участков сферы с заданными координатами на плоскость через 0.1° по обеим координатам.

На рис. 1 представлены изображения двух фрагментов исследуемой активной области до начала вспышки и после максимума рентгеновского всплеска. После максимума вспышки изменения произошли на большей части активной области; весь флоккул потемнел.

МАГНИТНАЯ СИТУАЦИЯ

Отметим сначала, что данные о пятнах, магнитном поле АО и другие данные, с которыми в дальнейшем мы будем сопоставлять наши наблюдения, получены из рапортов [12, 13] и через Интернет. С помощью модуля «Helios» программной системы IRIS имеется возможность обрабатывать изображения любого формата, определять координаты интересующих деталей. К сожалению, использованные нами магнитограммы продольной составляющей фотосферного магнитного поля относятся ко времени, когда вспышка закончилась (Маунт Уилсон 18^h07^m...19^h00^m, Китт Пик 17^h37^m UT), а изображения в мягком рентгене со спутника «Yohkoh» получены незадолго до ее начала (11^h56^m UT). Однако такое сопоставление достаточно правомерно, поскольку известно, что вспышки обычно не вызывают существенных изменений магнитных полей на уровне фотосферы, конфигурация их чаще всего полностью восстанавливается после окончания вспышек, а корональные петельные структуры в рентгеновском диапазоне живут долго.

Исследуемая вспышка произошла вблизи центра диска в активной области, которой в фотосфере соответствовали две группы пятен 8673 и 8674 NOAA/USAF.

Группа пятен АО 8674 к моменту вспышки представляла собой группу в максимуме развития (площадь 770 мдд*, магнитный класс BGD, Цюрихский класс FKC). За время прохождения ее по диску в АО произошло более 50 вспышек, из них 11 — балла ≥ 1 . Исследуемая нами вспышка была первой в серии из трех вспышек балла 2N, которые произошли в этой группе примерно через четыре, а затем через восемь часов. Эти три вспышки сопровождалась рентгеновскими всплесками балла больше M, радиовсплесками с внезапным началом и вызвали ионосферные и магнитосферные возмущения на Земле [12, 13].

Повторяемость крупных вспышек в одном месте показывает, что конфигурация магнитного поля в данной АО восстанавливалась после первых двух вспышек. Это может служить дополнительным аргументом в пользу правомерности использования карт фотосферного магнитного поля, полученных через несколько часов после исследуемой вспышки.

* Миллионных долей диска

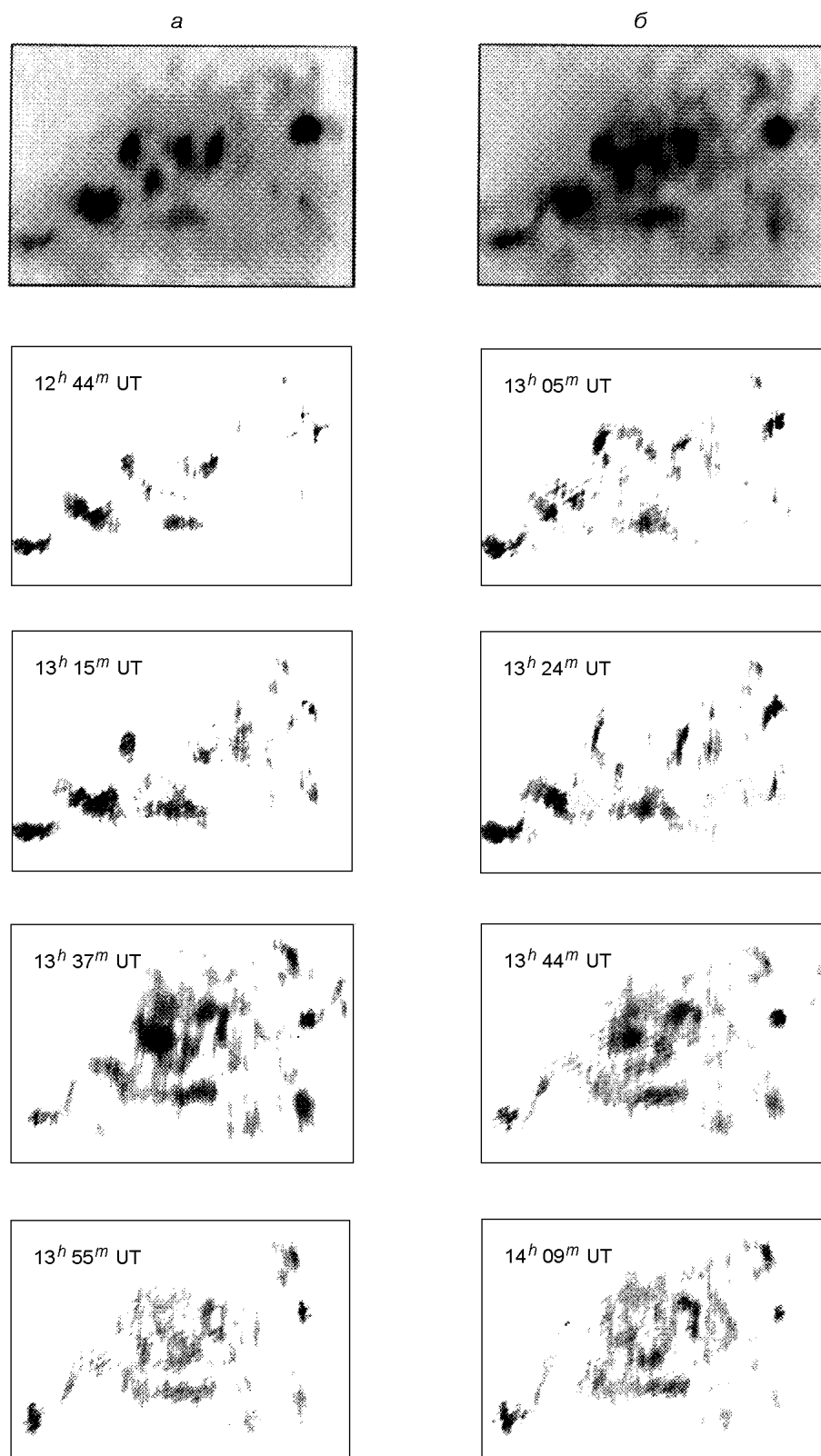


Рис. 1. Изображения АО 8673, 8674 NOAA/USAF и наблюдаемых контрастов глубины линии He I λ 1083 нм во вспышке 27.08.99 г. для некоторых кадров: а — АО до начала вспышки, б — после максимума вспышки

На изображениях Солнца в мягком рентгене АО 8674 и 8673 были связаны между собой системой петель и представляли собой единый комплекс со сложной магнитной конфигурацией.

Примерно за 12 часов до вспышки в АО 8673 начались существенные изменения, которые проявились в возникновении и последующем быстром исчезновении мелких пятен и пор. По данным [3] в $0^{\text{h}}37^{\text{m}}$ UT 27 августа эта группа состояла из большого пятна и четырех небольших пятен (440, В, СНО). В $8^{\text{h}}20^{\text{m}}$ UT количество мелких пятен увеличилось до 27 (770, В, FKI), а через несколько часов все мелкие пятна исчезли. Во время наших наблюдений группа 8673 представляла собой большое одиночное пятно (340, А, НН). Кроме того, за 12 часов, предшествующих вспышке, произошли также заметные изменения положения большого пятна. Эти данные свидетельствуют о существенном изменении магнитного потока. Резкие изменения площади магнитного потока в активном комплексе по результатам работы [9] являются весьма информативным признаком появления крупных вспышек примерно через 10—12 часов, что и произошло в нашем случае.

Линия раздела полярностей продольной составляющей фотосферного магнитного поля активного комплекса была ориентирована примерно под углом 45° к направлению солнечной параллели и в некоторых своих частях имела S-образную форму. Наблюдались также вкрапления поля противоположной полярности, вблизи которых нулевые линии имели вид замкнутых овалов (рис. 2). Согласно многочисленным исследованиям (см. [5]) такая сложная магнитная топология АО также является одной из предпосылок для возникновения крупных вспышек.

Изображения АО, полученные в линии H_α в Медонской обсерватории в $10^{\text{h}}45^{\text{m}}$ и в $12^{\text{h}}48^{\text{m}}$ UT показывают, что две H_α -вспышки балла 2N, данные о которых приведены в [12], представляют собой единый вспышечный процесс. На более позднем по времени изображении видно, что вспышечная эмиссия представляла собой две ленты, причем приведенные в [12] координаты первой вспышки относятся к восточному, а второй — к западному

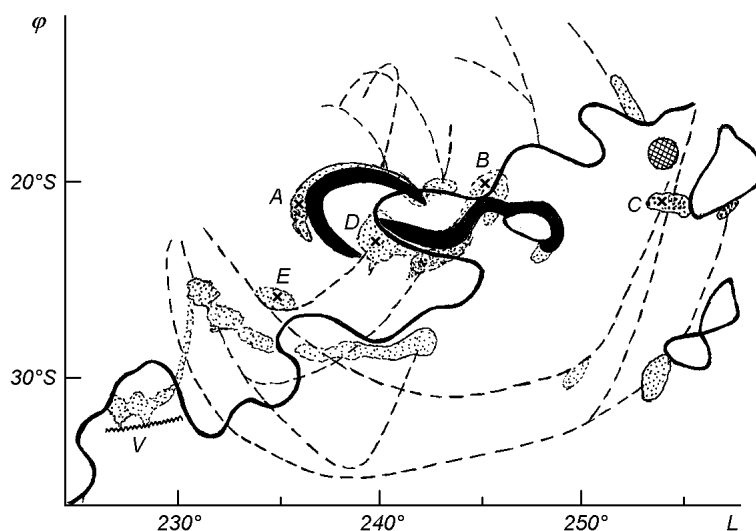


Рис. 2. Положения основных деталей и узлов вспышки в линии $He\ I\ \lambda\ 1083\ \text{nm}$ (серый цвет), деталей H_α -вспышки (черный цвет), ЛРП продольной составляющей фотосферного магнитного поля (сплошные линии) и корональных петель в мягком рентгене (штриховые линии); заштрихованный круг — большое пятно АО 8673. Отмечено положение водородного волокна V и основных узлов гелиевой вспышки

эмиссионному волокну. К сожалению, полной картиной развития вспышки в линии H_{α} мы не располагаем.

РАЗВИТИЕ ВСПЫШКИ В ЛИНИИ $He I \lambda 1083$ НМ И СОПОСТАВЛЕНИЕ С ДРУГИМИ ДАННЫМИ

Итак, 16 изображений в линии $He I \lambda 1083$ нм получены нами во время развития вспышки 2N/M5.5. Интенсивности на изображениях нормированы так, что средняя по диску интенсивность невозмущенных участков хромосферы на всех изображениях одинакова. Это позволяет легко получить из наших изображений карты распределения глубины линии по диску [2]. Данная вспышка проявлялась в увеличении глубины линии в отдельных вспышечных узлах. Ни на одном из изображений не обнаружено эмиссионных деталей. Однако нет оснований утверждать, что их вообще не было на протяжении вспышки, если они имели размеры порядка нескольких дуговых секунд и время жизни меньше 2-3 мин. Кроме того, если ширина линии во вспышечных ядрах увеличивается существенно больше, чем глубина, то не исключено, что в местах с большой глубиной линии могли проявиться эмиссионные ядра.

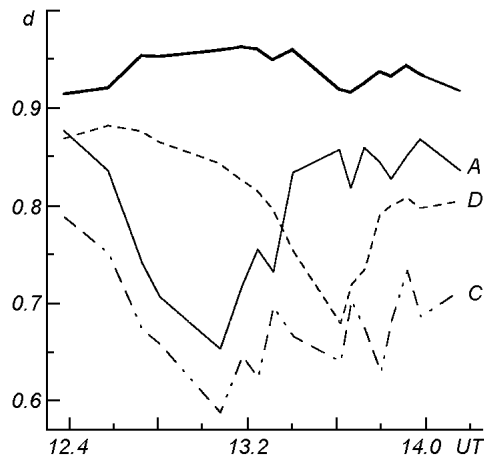
Мы выделили увеличение глубины линии, связанное со вспышкой, вычитая из изображения АО, полученного до начала вспышки, все последующие изображения. Результаты такого вычитания представляют собой наблюдаемый контраст глубины линии во вспышке. Реальная величина контраста может отличаться от наблюдаемой, если оптическая толщина вспышки по лучу зрения велика. На рис. 1 представлены наблюдаемые контрасты глубины линии во вспышке для некоторых кадров. Наглядно видно, как появлялись, развивались и исчезали отдельные вспышечные узлы и детали вспышки. Из-за малой информативности мы не показали разности изображений 1 и 2, полученных до начала H_{α} -вспышки. Разность этих изображений проявляется только в увеличении глубины линии примерно на 5—8 % в трех деталях, две из которых расположены в эмиссионных H_{α} -лентах, а третья — вблизи большого пятна АО 8673. Наличие этих деталей показывает, что за 15 мин до начала H_{α} -вспышки стали заметны основные узлы, в которых и в дальнейшем происходили изменения глубины линии $He I \lambda 1083$ нм. Эти узлы с координатами $20.6^{\circ}S, 236.2^{\circ}$; $20.4^{\circ}S, 247.3^{\circ}$; $20.5^{\circ}S, 253.1^{\circ}$ назовем соответственно узлами А, В и С.

Рис. 1 показывает, что явление вспышки проявлялось в увеличении глубины линии на 15—25 % в отдельных вспышечных узлах и на 5—10 % на большой площади АО.

На рис. 3 показано изменение глубины линии со временем в трех узлах вспышек и во флоккуле, вдали от вспышечных узлов. Видно, что глубина линии в отдельных вспышечных узлах изменяется на 15—25 %. Глубина линии в узле А, находящемся в восточной эмиссионной H_{α} -ленте, достигла своего минимума примерно во время максимума рентгеновского всплеска и H_{α} -эмиссии. Подобные изменения глубины линии получены и для узла В (не показаны). Обращает на себя внимание, что изменение глубины линии в узле С, расположенном вблизи большого пятна АО 8673, имеет несколько минимумов. Узел С уверенно разделяется на мелкие структуры, где происходят кратковременные изменения порядка временного разрешения наших изображений.

Особо выделяется узел D, расположенный между вспышечными H_{α} -лентами, минимальное значение глубины линии в котором зафиксировано вблизи конца рентгеновского всплеска, когда стало заметным потемнение на

Рис. 3. Изменение глубины линии He I λ 1083 нм во вспышечных узлах А, D, С и невозмущенном флоккуле (жирная линия)



большой площади АО. По наблюдаемым контрастам, представленным на рис. 1, узел D лучше всего выделяется на изображении 13^h37^m UT. Рис. 1 показывает также, что в развитии вспышки принимало участие волокно, расположенное в юго-восточной части АО, которое перед вспышкой располагалось вблизи линии раздела полярностей (ЛРП) продольной составляющей фотосферного магнитного поля АО. Глубина линии в нем и прилегающих к нему участках хромосферы начала увеличиваться до максимума рентгеновского всплеска, и от этих участков выделились направления, соединяющие их с восточной эмиссионной лентой H α -вспышки. Места, где располагались эмиссионные H α -ленты, лучше всего выделяются на изображениях гелиевой вспышки, полученных вблизи максимума рентгеновского всплеска (13^h05^m UT), на последующих изображениях они ослабевают. На изображениях, относящихся к заключительному этапу развития вспышки, ленты опять заметны, но положение их несколько сместилось. В целом, однако, на изображениях наблюдаемого контраста глубины линии во вспышке эмиссионные H α -ленты не являются самыми заметными образованиями.

Анализ рис. 1 и 3 позволяет заключить, что во вспышке участвовала значительная часть АО, и явление включало в себя ряд отдельных вспышечных событий и многократных выделений энергии.

Обратимся опять к рис. 2, на котором обозначены положения вспышечного излучения в линии гелия и изображения вспышечных лент в линии H α , ЛРП и корональных петель в мягком рентгене. Для линии гелия условно приведены только те места, где изменение глубины линии превышало 10 %. Видно, что большинство основных деталей вспышки в линии He I λ 1083 нм расположены вблизи ЛРП фотосферного магнитного поля. Кроме того, часть деталей явно связана с стационарными корональными петлями, располагаясь или вблизи их оснований, как детали С и D, или под их вершинами, как деталь E.

Оценим энергию, выделенную за время вспышки в линии гелия λ 1083 нм. Для этой цели с помощью программы IRIS мы построили гистограммы распределения интенсивностей линии. Если считать вспышечными такие интенсивности, которые отличаются от довспышечных более чем на 5 %, то площадь, занятая вспышкой в гелиевой линии, составляла около 100 град². Если же считать вспышечными только те области, в которых глубина линии увеличилась более чем на 10 %, то на кадрах

вблизи максимума H_{α} -вспышки она составит всего около 12 град^2 , что близко к обычной площади вспышки балла $2N$. По-видимому, для оценок энергии, выделенной за время вспышки в линии гелия, более правильно использовать значения площади, полученное по первому критерию.

Отметим также, что наши наблюдения можно считать монохроматическими, поскольку ПЗС-линейка выделяет в спектре участок шириной менее 0.002 нм .

Поскольку точные значения ширины крыльев линии в различных частях вспышки нам неизвестны, примем, что средняя протяженность крыльев линии во вспышке $\Delta\lambda = 0.4 \text{ нм}$. Мощность энергосодержания в гелиевой линии $W = W_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$, где W_{λ} — монохроматическая мощность энергосодержания в центре линии, которая привела к наблюдаемому увеличению глубины линии.

Для любого кадра (момента времени) можно получить, что

$$W_{\lambda} = \sum_n I_n \frac{n}{100} \cdot 1.47 \cdot 10^{18} I_{\lambda},$$

где I_{λ} — интенсивность излучения центра диска Солнца в непрерывном спектре в единичном интервале длин волн для центра линии $\lambda 1083 \text{ нм}$, I_n — интенсивность вспышки в единицах континуума, n — число точек с такой интенсивностью, а $n/100 \text{ (град}^2)$ — площадь, занятая точками с интенсивностью I_n , $1.47 \cdot 10^{18} \text{ см}^2$ — площадь квадратного градуса на Солнце.

Измерения показали, что значения W_{λ} на разных кадрах изменяются в пределах $(1.5 \dots 2.5) 10^{16} \text{ Дж/(нм} \cdot \text{с)}$. Для оценок энергии E , выделенной вспышкой в линии гелия $\lambda 1083 \text{ нм}$, можно использовать среднее за время вспышки значение $W_{\lambda} = 2.0 \cdot 10^{16} \text{ Дж/(нм} \cdot \text{с)}$. Тогда при принятом среднем значении $\Delta\lambda = 0.4 \text{ нм}$ получим, что средняя мощность энергосодержания $W = 8 \cdot 10^{15} \text{ Дж/с}$, а полная энергия, выделенная на возбуждение гелия за время вспышки $\Delta T = 1^{\text{h}}50^{\text{m}}$ составит $E \approx 5.3 \cdot 10^{20} \text{ Дж}$. Известно, что средняя энергия, выделяемая вспышкой такого балла в оптическом диапазоне, составляет около 10^{21} Дж , так что по нашим оценкам в данной вспышке на возбуждение атомов гелия использована незначительная часть этой энергии.

Мы попытались также оценить скорости распространения возбуждения во вспышке, считая, что если от кадра к кадру точки с максимальной глубиной линии систематически смещаются в картинной плоскости, то это является следствием распространения возбуждения. Оказалось, что в основных вспышечных узлах и образованиях таких движений практически нет. Координаты мест с увеличенной глубиной линии сохраняются от кадра к кадру с точностью не хуже 0.2° . Новые детали с увеличенной глубиной линии появлялись на отдельных изображениях как бы внезапно, а на последующих кадрах глубина линии в них постепенно увеличивалась. Только в волокне V с координатами $\varphi = 32^{\circ}\text{S}$, $L = 228^{\circ}$ на начальном этапе развития вспышки были обнаружены такие движения. Максимальные обнаруженные скорости составляют около 100 км/с .

ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Анализ полученных гелиевых изображений показал, что данная вспышка проявлялась в увеличении глубины линии на $15\text{—}25 \%$ в отдельных вспышечных узлах и на $5\text{—}10 \%$ — на большой площади АО. Другими словами, эта вспышка, как и вспышки, описанные в [2, 7], наблюдалась только в поглощении. Известны наблюдения вспышек в линии He I $\lambda 1083 \text{ нм}$ как только в эмиссии [4, 11], так и только в поглощении [6, 7].

По-видимому, при достаточно высоком временном разрешении у любой вспышки может быть зарегистрирован этап увеличения глубины гелиевой линии. Каждая вспышка является уникальным явлением, и проявление ее в эмиссии или в поглощении объясняется целым комплексом причин: высотами и морфологическим строением образований, в которых выделяется энергия, величиной и спектральным распределением выделенной энергии, а также оптическими характеристиками подложки и положением вспышки на диске ($\cos\theta$).

Энергия, выделенная данной вспышкой в линии He I λ 1083 нм, составила около $5 \cdot 10^{20}$ Дж. Это примерно на 1.5 порядка меньше средней энергии, выделяемой вспышкой такого балла в оптическом диапазоне и настолько же меньше, чем оценки [4] выделенной в гелиевой линии энергии во вспышке 06.06.2000 г. Таким образом, хотя в рентгеновском диапазоне вспышка имела довольно большой балл, в ближней ИК-области ее излучение было незначительным. Отметим, однако, что принятое нами значение средней протяженности крыльев линии гелия может оказаться заниженным. В некоторых вспышках регистрировались более широкие крылья, например $\Delta\lambda > 2$ нм [8]. В этом случае энергия, выделенная в гелиевой линии, будет в несколько раз больше. При этом и полученные нами оценки не противоречат данным [4], поскольку вспышка 06.06.2000 г. — одна из самых мощных за всю историю наблюдений вспышек, а вспышка 27.08.1999 г. — рядовая вспышка балла 2.

Обнаружены увеличения глубины линии He I λ 1083 нм в трех основных узлах вспышки, происходившие до начала H_{α} -вспышки. Подобные изменения мы выявили и для вспышек 04.09.92 г. [2] и 27.08.95 г. [7]. Эти изменения могут свидетельствовать о начавшемся процессе разогревания хромосферных областей вспышки. Согласно [8] корональные петли были уже разогреты за несколько минут до начала вспышки, и потоки тепла из короны вызвали разогрев хромосферы и повышенное излучение в линии гелия λ 1083 нм еще до начала импульсивной фазы вспышки. В работе [10] обнаружено, что развитие исследуемой ими вспышки началось с активизации яркой волокнообразной структуры, расположенной под аркадой петель в мягком рентгене, а самой этой структуре в линии He I λ 1083 нм соответствовало активное темное образование. Отметим, однако, что обнаруженные нами изменения глубины линии, происходившие до начала H_{α} -вспышки, не всегда являются предвестниками вспышки. Они могут быть связаны и с эволюционными изменениями в группах пятен АО, подобными тем, которые наблюдались в линии D_3 [3].

Характер изменения глубины линии в отдельных вспышечных узлах и временная последовательность изображений в линии He I λ 1083 нм свидетельствуют о многократном выделении энергии в исследуемой нами вспышке. Наиболее существенное изменение глубины линии He I λ 1083 нм происходило в участках АО, расположенных вблизи линий раздела полярностей продольной составляющей фотосферного магнитного поля.

Оценки скорости распространения возбуждения в отдельных вспышечных деталях показали, что заметных движений масс газа в данной вспышке не происходило. Это можно рассматривать как косвенный аргумент связи этих образований с высокотемпературными корональными петлями, которые, как правило, также являются статичными образованиями.

Доводы в пользу связи вспышечных образований с корональными структурами мы получили из сопоставления гелиевых изображений с изображениями в мягких рентгеновских лучах: области повышенного гелиевого излучения располагаются в основном под вершинами и в основаниях

корональных петель. Так, в течение всей вспышки в больших пределах изменялась глубина линии во вспышечном узле, расположенном вблизи большого пятна АО 8673. На имеющихся в нашем распоряжении H_{α} -изображениях вспышки этого узла вообще нет. На изображении в мягком рентгене он расположен в основании больших корональных петель, связывающих АО 8674 и 8673.

По полученным до максимальной фазы изображениям гелиевой вспышки удалось проследить, что данная вспышка началась с активизации волокна, расположенного вблизи ЛРП, и последующей активизации корональных петель. В гелиевой линии эти процессы отразились появлением темных хромосферных образований под ними.

Таким образом, наблюдения в линии гелия дают новую информацию о развитии явления и существенно дополняют наблюдения в линии H_{α} . При высоком временном и пространственном разрешении серия изображений в гелиевой линии может указать на явления, которые привели к развитию вспышечного процесса. Это несомненно связано с механизмом возбуждения гелия. Известно, что для обеспечения населенности метастабильного уровня 2^3S , при переходах с которого возникает линия He I λ 1083 нм, необходимы или температуры 30000 К, или наличие ионизирующего излучения из короны. По-видимому, оба эти механизма работают во вспышках. Для разделения их влияния нужна дополнительная информация.

В целом полученные результаты свидетельствуют об определяющей роли коронального излучения в возбуждении гелия во время данной вспышки.

1. Белецкий С. А., Корохин В. В., Великодский Ю. И. Система IRIS как инструмент исследователя // «Применение персональных компьютеров в научных исследованиях и учебном процессе»: Матер. 3-й конф. — Харьков, 1998.—С. 25.
2. Белкина И. Л., Белецкий С. А., Грецкий А. М., Марченко Г. П. ПЗС-наблюдения Солнца в линиях He I λ 1083 нм, H_{α} , K Ca II // Кинематика и физика небес. тел.—1996.—12, № 2.—С. 65—76.
3. Кулагин Е. С. Абсорбционные структуры активных областей на диске Солнца в линии D_3 гелия, невидимые в H_{α} // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.—1995.—92.—С. 69—75.
4. Маланушенко Е. В., Степанян Н. Н. Наблюдения Солнца в линии He λ 1083 нм в КрАО в 1999–2000 годах. Солнечная вспышка 6 июня 2000 г. и разрушение корональной дыры в ноябре 1999 г. // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.—2001.—97.—С. 69—75.
5. Прокудина В. С., Ситник Г. Ф. Некоторые наблюдательные данные о вспышках // Физика солнечных вспышек. — М.: АН СССР, ИЗМИР, 1985.—С. 23—34.
6. Baranovsky E. A., Ogir M. B., Stepanian N. N., Shumko A. V. The observations of solar flares in the H_{α} and He I λ 10830 line // Publ. Aston. Inst. AS Czech. Rep.—1998.—N 88.—P. 90.
7. Belkina I. L., Beletsky S. A., Korokhin V. V., Marchenko G. P. Solar flare from the He I 1083 nm CCD observations on August 27, 1995 // UAA Inform. Bull.—1998.—N 12.—P. 2.
8. Jiaqi Y., Chuanjin W., Zhongyu F., Hui L. Impulsive phase He 10830 spectra of a large solar limb flare of 16 August 1989 // Solar Phys.—1998.—182, N 2.—P. 431—446.
9. Kasinski V. V. On the mutual influences of spatially remote sunspot groups united into flare-active complexes // Pr. Astron. observ. Skalnatom Plese.—1976.—6.—P. 63—69.
10. Khan J., Uchida Y., McAllister, et al. A flare-associated filament eruption observed in soft X-rays by Yohkoh on 1992 May 7 // Astron. and Astrophys.—1998.—336, N 2.—P. 753—768.
11. Malanushenko E. V. The He I 10830A observation of the flare of July 9, 1996 // Astron. and Astrophys. Trans.—1999.—18, N 1.—P. 273—277.
12. Solar-Geophysical Data comprehensive reports. — Boulder, Colorado: NOAA, 2000.—N 666.—60 p.
13. Solar-Geophysical Data prompt reports.—Boulder, Colorado: NOAA, 1999.—N 662.—166 p.

Поступила в редакцию 11.03.02