

ХРОМОСФЕРНЫЕ ВСПЫШКИ И РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ НА ЧАСТОТЕ 210 МГц

М.ГИГОЛАШВИЛИ, Н.ОГРАПИШВИЛИ, Д.ДЖАПАРИДЗЕ,
Ш.МАКАНДАРАШВИЛИ, Б.ЧАРГЕЙШВИЛИ, Д.МАГРАДЗЕ

Поступила 10 января 2014

Принята к печати 30 апреля 2014

Изучено развитие шестнадцати хромосферных вспышек, наблюдавшихся в Абастуманской астрофизической обсерватории в 1973г. Были использованы $H\alpha$ фильтрограммы и радиовсплески на частоте 210 МГц ($\lambda = 1.43$ м). $H\alpha$ фильтрограммы были получены с помощью хромосферно-фотосферного телескопа с помощью интерференционно-поляризационного фильтра, а радиовсплески получены с помощью радиотелескопа Абастуманской обсерватории. Главная цель работы - обнаружение радиосигналов, связанных со вспышками. В большинстве случаев площадь вспышки и интенсивность почти одновременно достигали максимума. Что касается максимума выделенной энергии, в большинстве случаев выделенная энергия достигла максимума почти одновременно или чуть раньше в метровом радиодиапазоне, чем в линии $H\alpha$. Применяя метод наложения эпох, получена последовательность событий в оптическом и радиодиапазонах во время вспышки.

Ключевые слова: *Хромосферные вспышки: $H\alpha$ фильтрограммы: радиовсплески на частоте 210 МГц*

1. *Введение.* Солнечная вспышка представляет собой реакцию солнечной атмосферы на внезапный быстрый процесс выделения энергии, который приводит, прежде всего, к локализованному временному нагреву, а также ускорению электронов, протонов и тяжелых ионов. Вспышка генерирует кратковременное электромагнитное излучение в широком диапазоне длин волн от жесткого рентгеновского излучения ($\lambda \approx 10^{-9}$ см), а в очень редких случаях от гамма-излучения ($\lambda \approx 2 \cdot 10^{-11}$ см) до километровых радиоволн. Некоторые хромосферные вспышки сопровождаются большими всплесками радиоизлучения.

Исследование радиоизлучения Солнца вносит большой вклад в понимание физических процессов, происходящих в солнечной атмосфере. Они позволяют изучить процессы, происходящие в солнечной короне.

Некоторые авторы обратили внимание на связь радиовсплесков с солнечными вспышками [1-3]. Dodson [4] и Dodson и Hedeman [5-6], обнаружили, что вспышки совпадают или предшествуют радиобурям на частоте 200 МГц (150 см). Возможно такие вспышки имеют сложную структуру, и некоторые из них даже назвали "Множественными вспышками." Характерной особенностью вспышек, связанных с радиовсплесками, является

более гладкий рост к максимуму, чем для большинства других вспышек.

De Feiter и др. [7] отметили, что сильные вспышки обычно сопровождаются радиовсплесками на дециметровом и/или метровом диапазоне длин волн. Только незначительная часть менее важных вспышек производит отличительные радиосигналы [7]. С помощью идентификации зарегистрированных вспышек и с использованием диаграмм и спектрограмм для этих источников получена корреляция. Были сделаны наблюдения для обнаружения радиозатемнения и обнаружения особенностей вспышки.

Swagur и др. [8] обнаружили, что 60% быстротекущих (тип III) радиовсплесков совпадают во времени с солнечными вспышками. Действительно, связанные всплески обычно происходят между началом и максимумом вспышки. Найдено также, что 25% всех солнечных вспышек очевидно связаны с быстротекущими всплесками. Почти все медленнотекущие всплески (тип II) и непрерывные явления (тип IV), также связаны со вспышками, но нет никакой четкой связи между всплесками радиобурь (тип I) и вспышками.

Радиоэмиссия от солнечных вспышек предлагает много уникальных диагностических инструментов, для объяснения вопросов выпуска энергии, нагревания плазмы, ускорения частиц и транспортировки частиц в намагниченной плазме [9].

По наблюдениям радио, рентгена и магнитного поля солнечной активной области в 1992г. (включая радио, рентгеновские, магнитографные и $\text{H}\alpha$ -наблюдения с высоким разрешением) Vourlidis и др. [10] приписывают избыток эмиссии σ -мод к конфигурации магнитного поля и к температурным неоднородностям в пятне.

Klucker и др. [11] предполагают, что есть несколько общих черт между солнечными вспышками и SXR/radio явлениями.

Shibasaki и др. [12] предположили, что солнечная радиоэмиссия предоставляет ценную информацию о структуре и динамике солнечной атмосферы выше температурного минимума. Они рассмотрели новые наблюдательные и теоретические результаты исследования тихого Солнца и активных областей, покрывая весь радиодиапазон длин волн от миллиметра до декаметра. Они попытались показать максимально полную картину о тихом Солнце и активных областях, с помощью радиообластей. В принципе радиодиапазон может предоставить нам столько же информации сколько остальная часть спектра солнечной атмосферы.

Сравнение значений радиопотока на 10.7 см с числом солнечных пятен для солнечных циклов 19-21 показывает, что значения радиопотока ответственны за магнитные поля, связанные с солнечными пятнами. Представлены значения радиопотока для 10.7 см и его соотношение с числом солнечных пятен и других параметров для каждого из этих циклов.

Результаты указывают, что значение радиопотока на 10.7 см кажется стохастическим для Цикла 19 и хаотическим для Циклов 20 и 21 [13].

Получена математическая модель для вычисления структуры динамического спектра радиовсплесков [14]. Сравнение теоретических спектров с наблюдаемыми показывает, что результаты интерференции объясняют формирование структуры зебры и разделение ее полос в отдельные пики, описывают профиль времени пиков и объясняют свойства волокон, петель волокон и сеть "точек" всплеска. Сходство динамических спектров показывает, что микроструктура спектров сформирована не в источнике эмиссии, а в результате распространения волн в солнечной короне и межпланетной среде.

Используя долгосрочные наблюдения за солнечными радиовсплесками в Абастуманской астрофизической обсерватории на солнечном радиотелескопе для 210 МГц, получена четкая корреляция между амплитудами радиовсплесков, числом солнечных пятен и их областями [15].

Радиоизмерения имеют то преимущество, что они позволяют достичь высокого разрешения по высотам в короне, которое является следствием четкой зависимости скорости распространения радиоволн от плотности среды. Большие высоты, с которых доходит до нас ультракороткое (метровое) излучение, указывают на расстояние от Солнца, на котором мы можем изучать корону радиометодами.

Поэтому радиоастрономия и оптическая астрономия по существу дополняют друг друга. Соотношение радиоэмиссии радиовсплесков с магнитным полем активной области и вспышек, а также структура источников в короне и их размеры все еще остаются нерешенными проблемами.

Разрешение этих проблем позволило бы нам определить механизм излучения, объяснить поляризацию, использовать радиоэмиссию как индикатор состояния местных магнитных полей в солнечной короне, от которых зависят некоторые геофизические явления.

В Абастуманской астрофизической обсерватории радионаблюдения Солнца проводятся с 1957 г. по настоящее время. За этот период накоплен очень богатый материал.

Радиотелескоп, на котором производится регистрация радиоизлучения Солнца, состоит из трех основных частей: антенны фидерной системы, радиометра с самопишущей аппаратурой и блока питания.

Приемная часть радиотелескопа настроена на частоту 210 МГц ($\lambda = 1.43$ м). На самописце записывается общий поток радиоизлучения Солнца, фиксируются различные всплески, в том числе шумовые бури.

Солнечной шумовой бурей в метровом диапазоне радиоволн называется повышение излучения фона (континуума) с наложенными на него короткоживущими всплесками продолжительностью от долей секунды до секунд.

Подобные наблюдения очень важны для решения фундаментальных проблем солнечно-земных связей. В частности, они применяются для долговременного прогноза погоды.

2. *Наблюдательные данные и метод измерений.* В этой работе описаны кривые развития хромосферных вспышек, наблюдавшихся в Абастуманской астрофизической обсерватории в 1973г. с помощью хромосферно-фотосферного телескопа с интерференционно-поляризационным светофильтром с полосой пропускания 0.5 \AA в линии $\text{H}\alpha$. Изображения активной области в линии $\text{H}\alpha$ регистрировались на пленку Тип-17. Оптические наблюдения состояли в кино регистрации солнечной активности в лучах линии $\text{H}\alpha$ с частотой съемки около 2 кадров в минуту, согласно программе ежедневных наблюдений (с восхода и до захода Солнца).

Мы изучили как изменяются площадь и интенсивность вспышек, и когда высвобожденная энергия достигает максимума как на радиочастоте, так и в линии $\text{H}\alpha$.

Нами были выбраны 16 вспышек, в основном, баллов 1n. Данные приведены в табл.1. Долготы - в гелиоцентрической системе (λ) и в системе Кэррингтона (L). Мощность вспышек оценивалась по четырехбалльной шкале: f - слабая, 1 - нормальная, 2 - мощная, 3 - самая мощная. A - эруптивный протуберанец, основание которого имеет гелиоцентрическое расстояние, по крайней мере 90° ; B - наблюдаемая вспышка является окончанием более сильной; C - вспышка не была видна десятью минутами раньше, когда до начала вспышки нет наблюдений; D - яркая точка; E - две или более ярких

Таблица 1

ПАРАМЕТРЫ ВСПЫШЕК

№	Дата	Время наблюдений			Координаты			Мощность	Замечание
		начало	конец	максимум	φ	λ	L_0		
1	19.06	08 ^h 03 ^m	08 ^h 36 ^m	08 ^h 17 ^m	-02	-83	044	1n	D
2	06.07	07 28	07 45	07 32	-08	+14	280	1n	D
3	07.07	05 16	05 41	05 17	-06	+25	278	1n	B
4	07.07	06 09	06 43	06 13	+12	+23	276	1n	C
5	09.07	05 02	06 50	05 15	+11	+49	272	1n	D
6	10.07	07 00	07 09	07 04	+12	+64	277	1n	E
7	31.08	07 51	08 05	07 58	-17	-51	191	1n	D
8	02.09	05 35	06 35	05 41	-17	-56	160	1n	C
9	11.09	06 55	07 20	07 01	-12	+58	155	2n	B
10	11.09	07 58	08 27	08 04	-12	+41	138	1n	B
11	27.09	11 07	11 38	11 11	-16	-48	195	2n	B
12	29.09	04 07	05 06	04 50	+16	-57	163	2n	B
13	26.11	07 04	07 13	07 06	-08	-15	160	1n	D
14	16.12	05 35	06 20	05 50	-18	-88	182	1n	A
15	23.12	07 51	08 15	07 58	-16	+36	214	1n	A
16	24.12	10 36	10 59	10 46	-16	+51	214	1n	C

точек (когда одновременно разгораются); φ - широта; λ - долгота; $L = L_0 + \lambda$ (L_0 - широта центрального меридиана Солнца).

Фотометрические измерения вспышек проводились на микрофотометре МФ-2. Если хромосферная вспышка состояла из нескольких центров, измерения производились отдельно для каждого центра. Мы старались измерять геометрически одно и то же место данной вспышки от момента начала вспышки до ее конца. Отдельно измерены также узлы вспышки, возникшие позднее.

На графиках, которые приведены, по оси абсцисс отложено время, по левой ординате - интенсивности вспышек по отношению к соседней невозмущенной хромосфере, по правой ординате - площади вспышек в миллионных долях диска Солнца. Если вспышка состояла из нескольких центров, то интенсивности даны для каждого из них. Но центры вспышек трудно выделить по площади, и поэтому даны кривые изменения общей площади для всех центров вместе. На фото даны фотографии вспышек в моменты максимумов.

Вспышка №1. 19.06.1973г. (8:03 UT - 8:36 UT).

На восточном краю диска Солнца в активной области вблизи пятна в 8:03 UT выделился центр активности, но и до 8:00 UT эта часть флоккула была достаточно интенсивной. Через четыре минуты появился второй активный центр с меньшей яркостью, чем первый. После чего эти центры соединились, а в 8:11 UT - 8:16 UT наблюдалось падение интенсивности.

Вспышка своего максимума по интенсивности достигла в 8:20 UT, а по площади еще раньше - в 8:15 UT. После максимума интенсивности флоккула и вспышки уменьшались. Вспышка погасла в 8:36 UT, но до конца наблюдения (8:40 UT) еще видно было активное место в флоккуле. Параллельно велись наблюдения в радиодиапазоне с частотой 210 МГц ($\lambda = 1.43$ м). В записи в 8:20 UT зафиксированы радиовсплески с большими

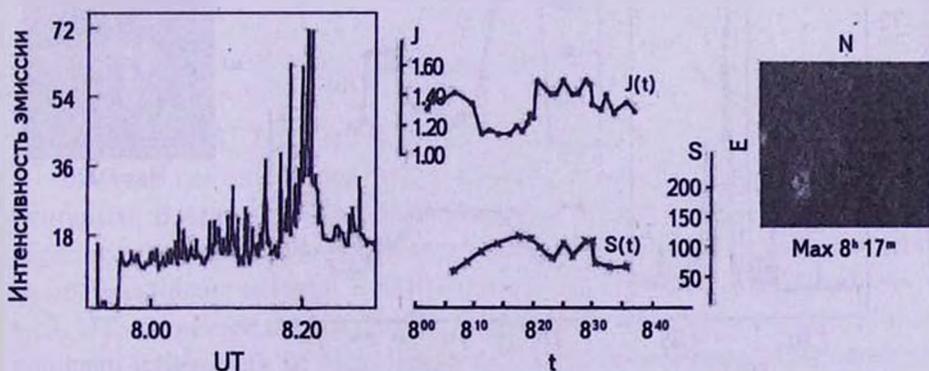


Рис.1. Наблюдения вспышки №1. Левый рисунок - изменение потока радиоизлучения. Средний график - интенсивность и площадь вспышки. Правый - наблюдения в линии $H\alpha$.

интенсивностями $I = 78 \cdot 10^{-22} \text{ WM}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$ с 8:00 UT до 08:20 UT наблюдается повышенный непрерывный уровень шумов с отдельными всплесками поочередно с большой и малой амплитудой. $I = 18 - 36 \cdot 10^{-22} \text{ WM}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$. Эти шумовые бури после 8:20 UT тоже продолжаются. В данный момент можно сказать, что в оптическом и в метровом радиодиапазоне максимум выделения энергии происходит почти одновременно.

Вспышка 2. 6.07.73г. (7:28 UT-7:32 UT).

В большом флокеле на юго-западе солнечного диска почти одновременно в 7:28 UT появились два центра активности. В 7:29 UT второй центр достиг своего максимума и исчез в 7:31 UT, первый центр стал очень ярким в 7:32 UT (на графике дано развитие интенсивности и площади только первого центра), а по площади своего максимума достиг в 7:31 UT. После максимума вспышка постепенно начала уменьшаться как по площади, так и по интенсивности. В 7:35 UT появились четыре маленьких активных центра, но с меньшей интенсивностью. В линии $\text{H}\alpha$ наблюдается резкий максимум в центре активности и быстрый спад интенсивности, площадь изменялась параллельно яркости, хотя площадь потом остается на одном уровне до 7:40 UT и потом падает вниз, но у центра активности имеет второй максимум от 7:40 UT до 7:45 UT и потом за две минуты характеризуется быстрым спадом. Что касается радиоизлучения с частотой 210 МГц, с 7:20 UT- до 7:27 UT не наблюдается никакой шумовой бури, но с 7:27 UT начинаются увеличение интенсивности и многократные всплески с разными величинами $I = 36 - 96 \cdot 10^{-22} \text{ WM}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$, своего максимума достигла 7:22 UT и 7:32 UT как $\text{H}\alpha$, так и 1.43-м радиодиапазоне.

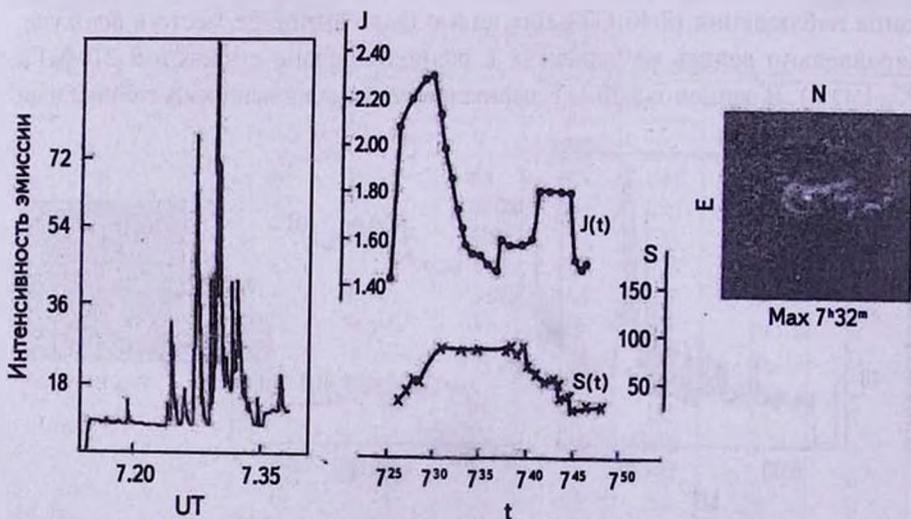


Рис.2. Наблюдения вспышки №2.

Вспышка №3. 7.07.73г. (5:16 UT - 5:40 UT).

В 5:16 UT в том же флокеле, почти в том же месте, в котором была вспышка №2, светился маленький центр интенсивности, на втором кадре появился другой центр активности. Вспышка примечательна быстрым подъемом яркости, острым максимумом большой интенсивности и быстрым спадом. Как первый, так и второй центры достигли своего максимума по интенсивности 5:17 UT, а по площади в 5:18.5 UT (сумма $S_1(t) + S_2(t)$) одновременно. Вспышка совсем погасла в 5:40 UT и площадь возвращается в первоначальное состояние. Падение скорости спада интенсивности в три раза медленнее, чем скорость роста интенсивности. В метровом радиодиапазоне (210 МГц) с 04:40 UT до 05:15 UT наблюдаются фоновые шумовые бури с достаточно большими всплесками. С 05:20 UT - до 05:25 UT в радиодиапазоне излучение характеризуется большими всплесками с интенсивностью $I = 68 \cdot 10^{-22} \text{ WM}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$. В данном случае на хромосферном уровне и в нижней короне эволюция эмиссии происходит почти одновременно.

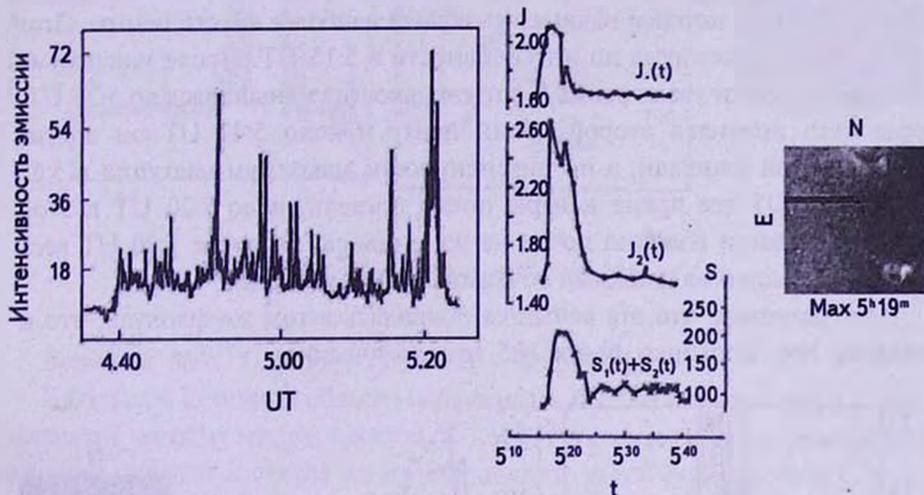


Рис.3. Наблюдения вспышки №3.

Вспышка №4. 7.07.73г. (6:09 UT - 6:43 UT).

Флокел, где появилась эта вспышка, с самого начала был очень активным. В флокеле видна была большая группа пятен и два волокна, параллельно расположенные в центре флокела, на концах волокна были видны маленькие центры, в одном из них интенсивность увеличилась. В 6:13 UT активный центр достиг максимума по интенсивности, а по площади изменения не были заметны, затем интенсивность постепенно уменьшалась, а после 6:30 UT до конца наблюдения центр активности выделялся на фоне флокела.

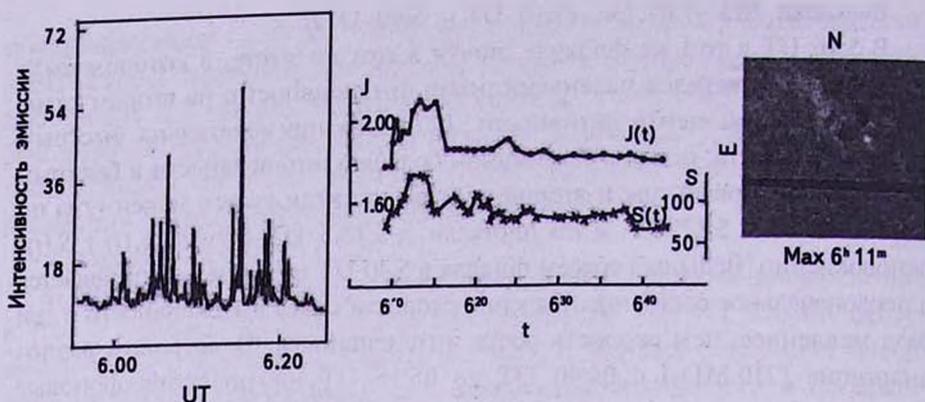


Рис.4. Наблюдения вспышки №4.

Вспышка №5. 9.07.73г. (5:02 UT - 6:50 UT).

В начале наблюдения в большом активном флокеле наблюдалось несколько ярких центров. В этом флокеле наблюдалась большая группа пятен и волокно, которое начиналось вблизи наиболее яркого центра. Этот центр достиг максимума по интенсивности в 5:15 UT. После максимума площадь вспышки увеличилась, а интенсивность уменьшилась до 5:25 UT, после чего появился второй яркий центр. Около 5:47 UT он достиг максимальной площади, а по интенсивности максимум наступил в 5:55 UT. В 6:52 UT все яркие центры почти погасли, и до 7:20 UT в этой активной области волокно почти не изменилось, но после 7:20 UT весь флокел покрывался маленькими точками черной материи.

Надо заметить, что эта вспышка появилась в том же флокеле, что и вспышка №4. Вспышки №4 и №5 гомологические.

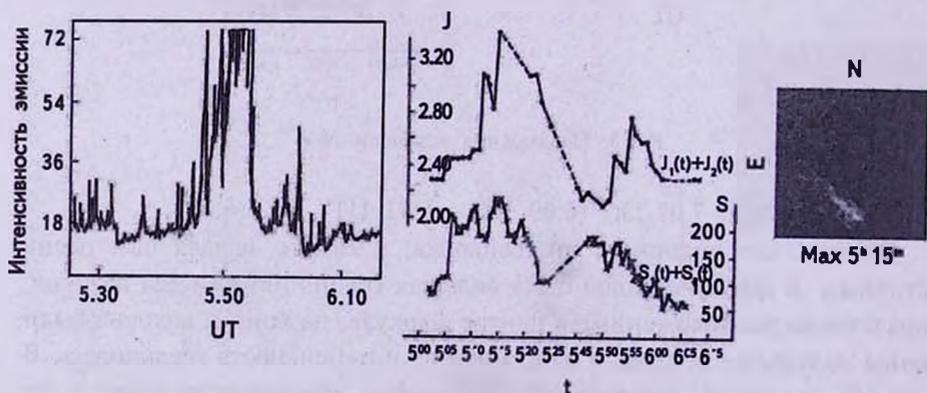


Рис.5. Наблюдения вспышки №5.

Вспышка №6. 10.07.73г. (7:00 UT - 7:30 UT).

В 7:00 UT в большом активном флокеле, именно там же, где вспышка №4 и №5, появился активный центр. В 7:04 UT по интенсивности он достиг максимума. А по площади - в 7:05 UT. Вместе с развитием вспышки наблюдалось увеличение яркости флокела. Вспышка погасла в 7:09 UT, после чего флокела заново активизировался, появились маленькие активные точки с небольшой активностью и вместе с тем наблюдалась точечная черная материя.

Вспышки №6, №5 и №4 - гомологические.

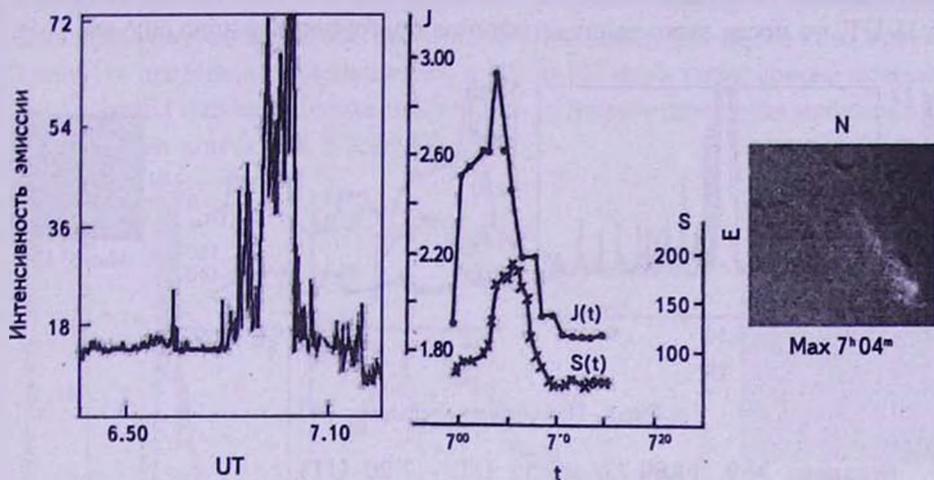


Рис.6. Наблюдения вспышки №6.

Вспышка №7. 31.08.73г. (7:51 UT - 8:05 UT).

В большой активной области наблюдалась большая группа пятен и еще маленькие волокна внутри флокела. В 7:51 UT в полутени пятна разгорелась активная точка и достигла по интенсивности максимума в 7:58 UT, а по

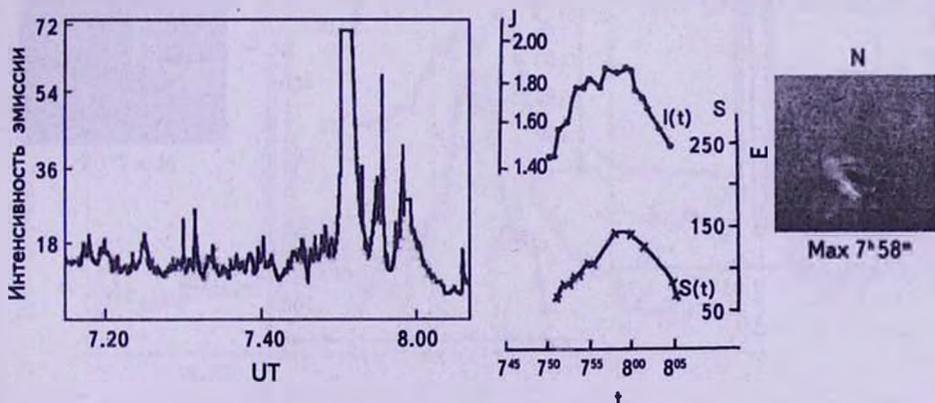


Рис.7. Наблюдения вспышки №7.

площади - постепенно увеличивалась как площадь, так и интенсивность вспышки. Вспышка погасла в 8:05 UT. После вспышки в флюкуле изменения не наблюдались.

Вспышка №8. 2.09.73г. (5:35 UT - 6:35 UT).

В небольшом, но достаточно ярком флюкуле в 5:36 UT появился маленький активный центр, интенсивность которого увеличилась и параллельно с увеличением площади достигла своего максимума в 5:47 UT. Через несколько минут центр снова начал разгораться и скоро погас. В 6:14 UT вновь наблюдался активный центр, который достиг максимума по интенсивности и параллельно по площади в 6:17 UT. Вспышка погасла в 6:35 UT, но после этого выше описанное повторилось заново еще два раза.

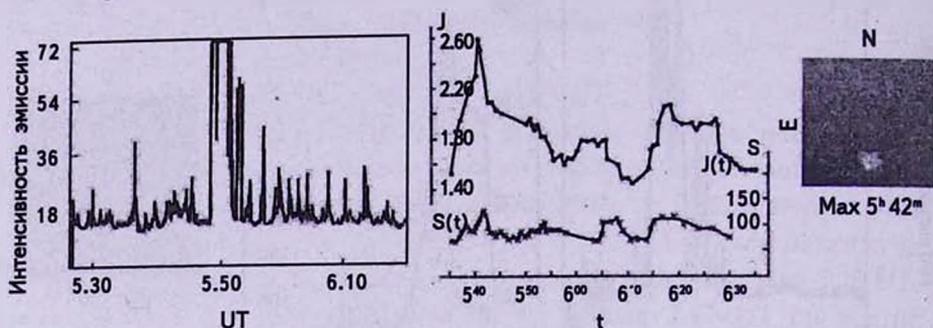


Рис.8. Наблюдения вспышки №8.

Вспышка №9. 11.09.73г. (6:55 UT - 7:20 UT).

Вблизи западного края диска в большом флюкуле в 6:55 UT одновременно разгорались два активных и до максимума появился еще один

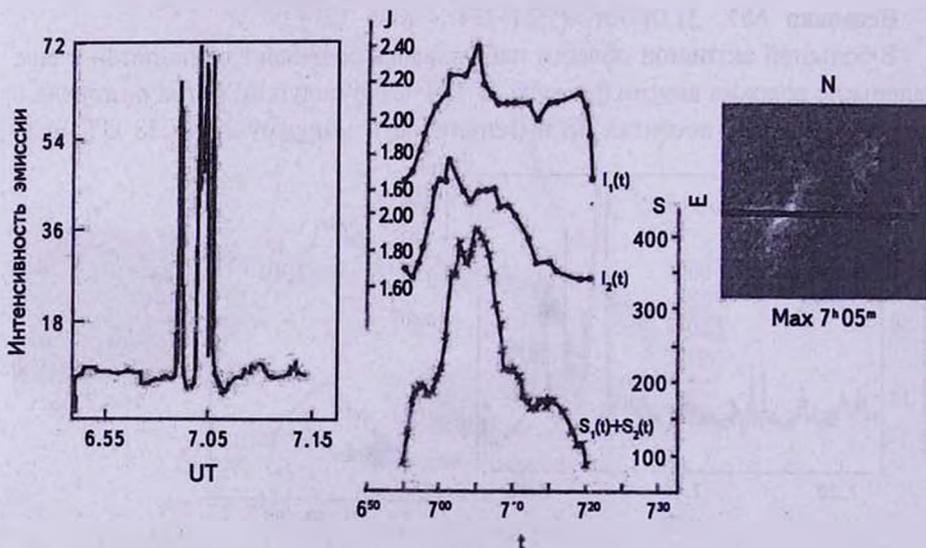


Рис.9. Наблюдения вспышки №9.

центр. По интенсивности и по площади вспышка достигла максимума в 7:05 UT. После максимума заметно увеличение волокна, которое расположено в флокуне. Два первых активных центра погасли раньше, чем третий и приблизительно в 7:46 UT вспышка утасла (может быть и раньше, мешают облака). И волокно тоже уменьшилось. На графике приведены кривые развития по интенсивности второго более интенсивного центра.

Вспышка №10. 11.09.73г. (7:58 UT - 8:27 UT).

Вспышка расположена в большой активной области. Сначала появились две точки с разными интенсивностями, потом они соединились и образовалось волокнистое активное образование по форме "S". В 8:04 UT вспышка достигла максимума по интенсивности и по площади, после чего интенсивность постепенно уменьшилась и в 8:20 UT одна точка совсем исчезла, но до конца наших наблюдений второй активный центр уже наблюдался; наблюдение кончилось в 8:26 UT.

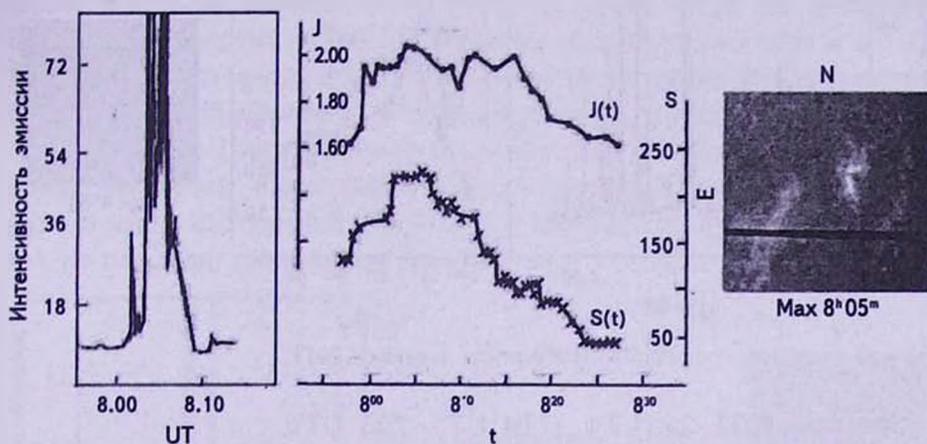


Рис.10. Наблюдения вспышки №10.

Вспышка №11. 27.09.73г. (11:07 UT - 11:35 UT).

В 11:06 UT в большом флокуне появились два центра активности.

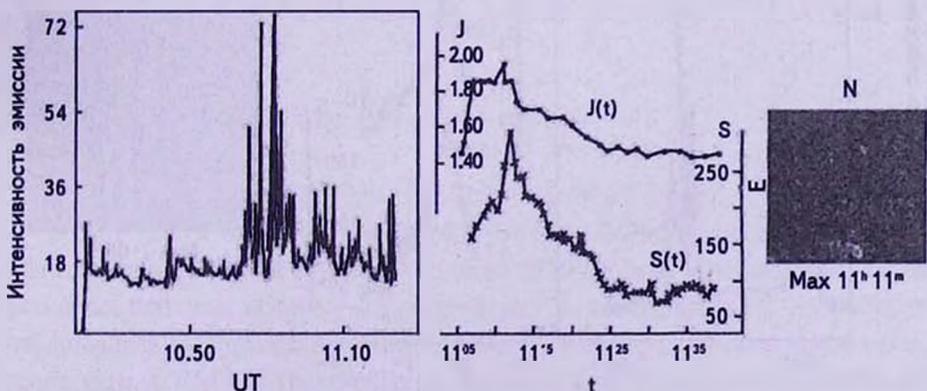


Рис.11. Наблюдения вспышки №11.

Один из них находился в полутени пятна, через несколько минут активные центры развились как по интенсивности, так и по площади и достигли максимума в 11:11 UT одновременно. Во время максимума образовалась волокнистая структура. Вспышка погасла в 11:38 UT.

Вспышка №12. 29.09.73г. (4:47 UT - 5:06 UT).

У восточного края, вблизи экватора, в активной области в 4:46 UT возник центр активности. В 4:50 UT вспышка достигла своего максимума по интенсивности. После максимума интенсивность площади увеличивалась. Кроме главного центра, вспышка состояла еще из двух центров активности. Все эти центры соединились и образовали волокнистую структуру.

Вспышка погасла в 5:06 UT. Во время вспышки не наблюдалось заметного изменения флюкула.

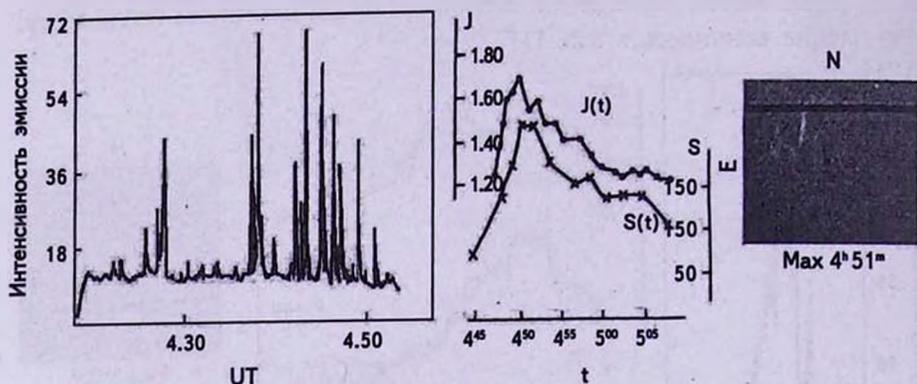


Рис.12. Наблюдения вспышки №12.

Вспышка №13. 26.11.73г. (7:04 UT - 7:13 UT).

В большой активной области в группе пятен в 7:04 UT появился

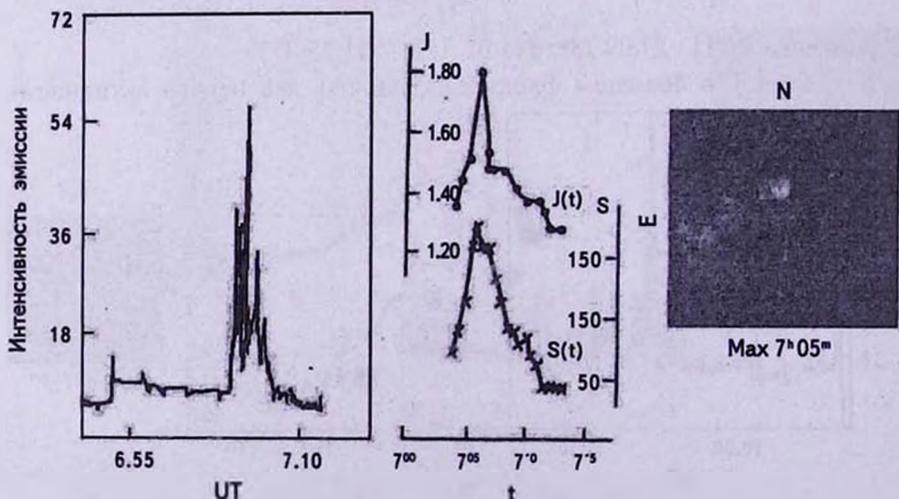


Рис.13. Наблюдения вспышки №13.

центр активности, который достиг максимума в 7:06 UT и погас в 7:13 UT. Аналогично можно сказать о площади: площадь тоже развивалась параллельно интенсивности. Волокна, которые выходили за пределы флюкула распространялись в юго-восточную часть солнечного диска. После 7:38 UT эти волокна достигли наибольшей величины и потом одно из них осталось и постепенно рассасывалось.

Вспышка №14. 16.12.73г. (5:28 UT - 5:57 UT).

На юго-востоке солнечного диска, приблизительно в 5:28 UT начал разгораться один центр активности, который несколько раз увеличивался и уменьшался по интенсивности. С 5:40 UT наблюдался выброс вещества, в результате чего образовался петельный протуберанец и интенсивность вспышки увеличивалась.

С 5:50 UT вспышка по интенсивности уменьшилась, через несколько минут после 5:55 UT вспышка с трудом видна на краю диска. Приблизительно в 6:55 UT заметны новые выбросы. После в 7:28 UT активный центр снова поярчал, в 7:04 UT вспышка достигла максимума и в 8:23 UT из активного центра повторился выброс вещества, на передержанных (черных) кадрах наблюдался петлеобразный протуберанец.

После 9:45 UT интенсивность вспышки снова увеличилась, появились новые максимумы, новые выбросы и этот процесс повторился несколько раз. До конца наблюдений - до 11:25 UT вспышка все время изменялась как по площади, так и по интенсивности.

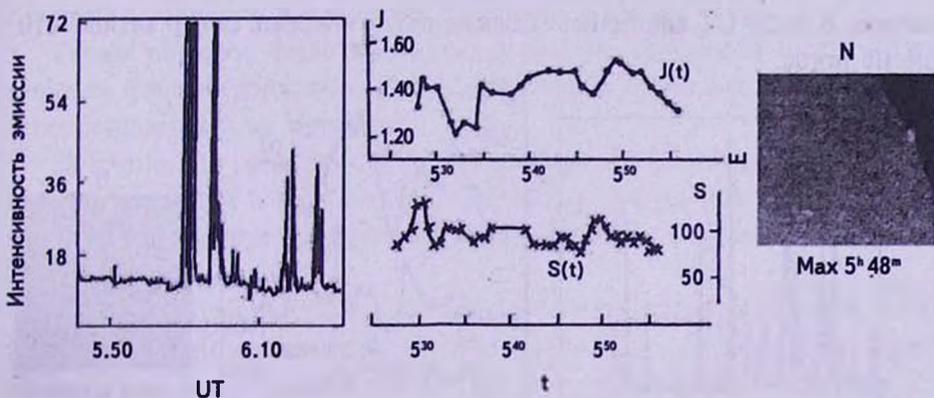


Рис.14. Наблюдения вспышки №14.

Вспышка № 15. 23.12.73г. (7:31 UT - 08:15 UT).

В 7:51 UT в большой активной области вблизи тени группы пятен возник очень активный центр. До этого во флюкуле было замечено несколько активных центров, которые скоро погасли. Во время вспышки во флюкуле наблюдалась активизация. В 7:51 UT интенсивность достигла максимума, после чего, в 7:56 UT увеличилась площадь и появились новые маленькие

яркие центры. В 8:15 UT вспышка погасла и яркость флюкула тоже уменьшилась. Приблизительно через полчаса несколько активных центров снова разгорались в той же активной области, но с меньшей активностью, чем центр в 7:51 UT.

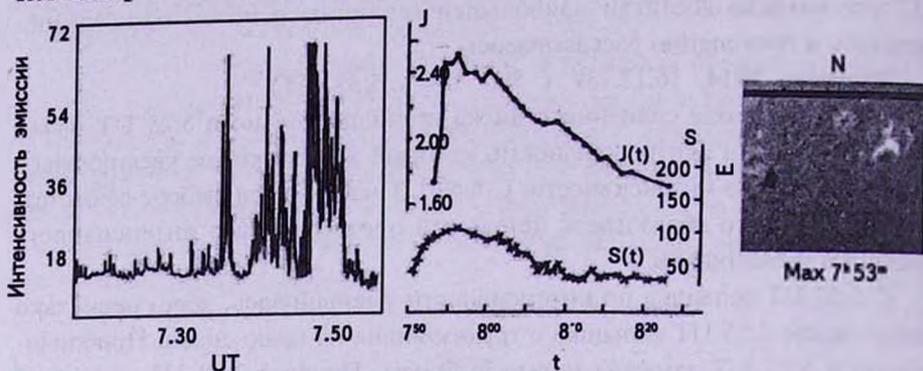


Рис.15. Наблюдения вспышки №15.

Вспышка №16. 24.12.73г. (10:35 UT - 10:59 UT).

В достаточно большом активном флюкуле в юго-западной части флюкула наблюдалась активизация. В 10:35 UT разгорелись два ярких центра, интенсивность которых постепенно увеличивалась и первый центр активности достиг максимума в 10:48 UT, а второй - в 10:50 UT, по площади - в 10:47 UT. Здесь приведена также суммарная площадь активных центров. В 10:59 UT кончились наблюдения, но первый центр активности еще не погас.

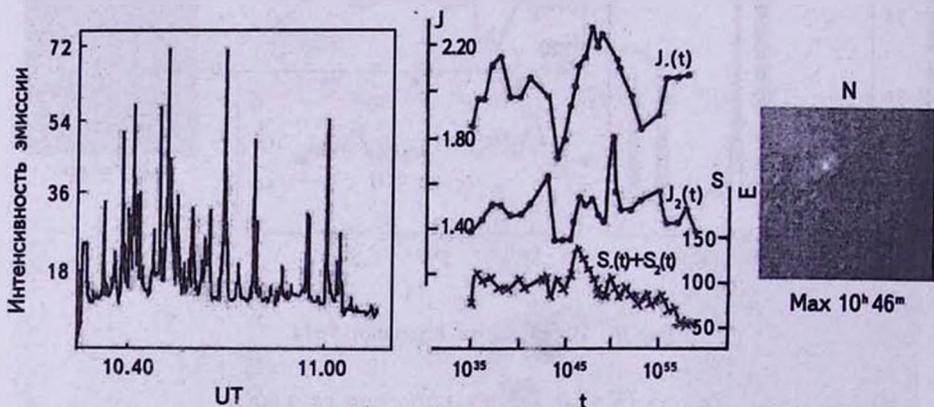


Рис.16. Наблюдения вспышки №16.

3. *Дискуссия и результаты.* Как главные результаты, Benz и др. [16] получили, что общая продолжительность, пиковый поток и излученная энергия радиоэмиссии коррелируют с выброшенной энергией вспышки (измеренной в мягком рентгене). Обсуждены возможные механизмы

ускорения после главной фазы вспышки и проведено их сравнение с наблюдательными данными [16].

Kossobokov и др. [17] рассмотрели 32 355 вспышек класса C2 и больше (C2+) из каталога GOES. Амплитуды экстремальных вспышек увеличивались, когда средний поток уменьшался. Они вычислили средние показатели энергетического потока для интервала от 7 до 365 дней [17].

Li и Fleishman [18] вычислили некогерентную радиоэмиссию, произведенную в рамках двух стохастических моделей ускорения с помощью MHD. Их анализ четко демонстрирует, что радиоэмиссия от мест ускорения (1) имеет достаточно сильную интенсивность, для наблюдения с помощью имеющихся в настоящее время доступных радиоинструментов, и (2) имеет спектры и кривые блеска, которые четко отличаются в этих двух моделях. В частности они предположили, что часть узкополосных микроволновых и дециметровых всплесков может быть следствием стохастического ускорения в солнечных вспышках [18].

Основываясь на законы теории волн электромагнитной радиации, были получены уравнения для вычисления частот максимальной интенсивности, что формирует полосы в спектре солнечной радиоэмиссии. Наблюдаемая частота полос и полученные интервалы между ними совпали с вычисленными значениями с высокой точностью. Равенство между частотами полос свидетельствует об их происхождении вследствие интерференции, что связано с распространением радиоволн в плазме, но не с механизмом генерации радиации в основном источнике всплеска [19].

Таким образом, была проведена детальная обработка шестнадцати вспышек балла n (нормальные) для исследования движений, интенсивности и особенностей в их развитии.

Замечено, что развитие некоторых вспышек сопровождается возникновением движений в виде струй, выбросов, вытягиваний. Характер этих движений аналогичен движениям в протуберанцах, возникающих возле солнечных пятен.

Развитие большинства вспышек сопровождается, в основном, более или менее равномерным расширением при возгорании и последующим сжатием при угасании. Причем интенсивность в максимуме вспышки тем больше, чем больше скорость ее расширения. Максимумы интенсивности и площади вспышек не всегда совпадают по времени.

Тщательное исследование 16 хромосферных вспышек и соответствующих им записей радиоизлучения на частоте 210 МГц показало, что некоторые вспышки в свете линии $H\alpha$ сопровождаются усилением излучения на частоте 210 МГц в пределах до 1/2 часа от начала или конца вспышки.

Применив метод наложенных эпох, можно определить последовательность событий во время вспышки. Мы взяли 4 момента во вспышке:

1. Начало вспышки в $H\alpha$. 2. Момент максимума вспышки в $H\alpha$. 3. Предвестник шумовой бури. Это всплеск, или группа всплесков, почти всегда предшествующие основной шумовой буре. 4. Максимум шумовой бури. За нулевой момент мы приняли момент максимума вспышки $H\alpha$. Для каждой вспышки вычли это время из времени остальных трех событий и получили табл.2. Найдя среднее значение каждого столбца и ошибку этого среднего, получили последовательность событий в оптическом и радиодиапазонах во время вспышки (рис.17).

Таблица 2

ИНТЕРВАЛЫ ВРЕМЕНИ МЕЖДУ МАКСИМУМАМИ ИЗЛУЧЕНИЯ ВСПЫШЕК В $H\alpha$ И ДРУГИМИ СОБЫТИЯМИ

Начало вспышки	Предвестник шумовой бури	Максимум шумовой бури	Начало вспышки	Предвестник шумовой бури	Максимум шумовой бури
-2	-12	0	-5	-4	-1
-3	-1	4	1	-12	1
-3	0	2	-3	-15	-3
-4	-5	-5	-4	0	1
-4	-4	1	-3	--	2
-6	-10	-6	-5	-12	0
-7	-5	9	-3	-6	0
-9	1	3			

В большинстве случаев (в десяти случаях из шестнадцати) площадь вспышки достигла максимума одновременно максимума интенсивности, в двух случаях - площадь вспышки не очень заметно менялась на протяжении всего времени вспышки, только в единичных случаях площадь вспышки достигла максимума чуть раньше и чуть позже максимума интенсивности.

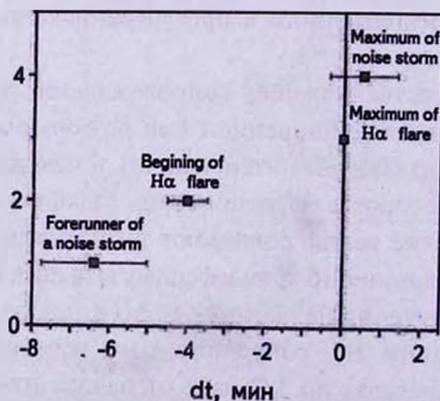


Рис.17. Последовательность событий во вспышке. Вертикальная шкала - условная, горизонтальные линии - среднеквадратичное отклонение от среднего значения.

В большинстве случаев (в шести случаях из шестнадцати) в метровом радиодиапазоне и в линии $H\alpha$ максимум выделения энергии происходил почти одновременно, в пяти случаях в метровом радиодиапазоне максимум выделения энергии произошел раньше, а в четырех случаях - позже, чем в линии $H\alpha$.

Подобные наблюдения очень важны для решения фундаментальных проблем Солнечно-земных связей, в частности они применяются для долговременного прогноза погоды. Фиксация шумовых бурь и радиовсплесков разных типов и сравнение с оптическими наблюдениями расширят наши представления о происходящих на Солнце физических процессах, помогут правильной интерпретации теоретических моделей.

Абастуманская астрофизическая обсерватория им. Е.К.Харадзе,
Государственный Университет им. Ильи, Тбилиси, Грузия,
e-mail: marina.gigolashvili@iliauni.edu.ge; natela.ograpishvili@iliauni.edu.ge;
darejan.japaridze@iliauni.edu.ge; bidzina@aidio.net;
davit.maghradze.2@iliauni.edu.ge

CHROMOSPHERIC FLARES AND RADIO EMISSION ON A FREQUENCY 210 MHz

M.GIGOLASHVILI, N.OGRAPISHVILI, D.JAPARIDZE,
Sh.MAKANDARASHVILI, B.CHARGEISHVILI, D.MAGHRADZE

The development of sixteen chromospheric flares was studied observed at the Abastumani Astrophysical Observatory in 1973. $H\alpha$ filtergrams and radio bursts were used on a frequency 210 MHz ($\lambda = 1.43$ m). $H\alpha$ filtergrams were obtained on a chromospheric-photospheric telescope using an interference-polarization filter, and radio bursts were obtained using the Abastumani Observatory radio telescope. The main objective of the present work was the discovery of radio signals related to flares. In the majority of cases the area and intensity of flare reached maximum almost simultaneously. As regards the maximum of released energy in the majority of cases released energy reached maximum in a metric radio frequency band almost simultaneously with or a little earlier than in $H\alpha$ line. Using the method of superposition of epochs an events sequence was obtained in optical and radio frequency range during flare.

Key words: Solar rotation: Chromospheric flares: $H\alpha$ filtergrams: radio bursts on a frequency 210 MHz

ЛИТЕРАТУРА

1. R.E.Loughhead, J.A.Roberts, M.K.McCabe, Austral. J. Phys., 10, 483, 1957.
2. R.E.Loughhead, R.A.Duncan, J.-L.Wang, Solar Phys., 83, 257, 1983.
3. E.C.Roelof, H.W.Dodson, E.R.Hedeman, Solar Phys., 1957, 339, 1983.
4. H.W.Dodson, Proc. Inst. Radio Eng., 46, 149, 1958.
5. H.W.Dodson, E.R.Hedeman, Astrophys. J., 128, 636, 1958.
6. H.W.Dodson, E.R.Hedeman, Astronom. J., 65, 51, 1960.
7. L.D. De Feiter, A.D.Fokker, J.Roosen, Nature, 184, 805, 1959.
8. G.Swarup, P.H.Stone, A.Maxwell, Astrophys. J., 131, 725, 1960.
9. T.S.Bastian, A.O.Benz, D.E.Gary, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 36, 131, 1998.
10. A.Vourlidas, T.S.Bastian, M.J.Aschwanden, Astrophys. J., 489, 403, 1997.
11. S.Krucker, A.O.Benz, T.S.Bastian, L.W.Acton, Astrophys. J., 488, 499, 1997.
12. K.Shibasaki, C.E.Alissandrakis, S.Pohjolainen, Solar Phys., 273, 309, 2011.
13. R.A.Greenkorn, Solar Phys., 280, 205, 2012.
14. Yu.F.Yurovsky, Bull. Crimean Astrophys. Obs., 106, 38, 2010.
15. Sh.Makandarashvili, Bull. Georgian Nat. Acad. Sci., 5, 51, 2011.
16. A.O.Benz, H.Perret, P.Saint-Hilaire, P.Zlobec, Adv. Space Res., 38, 951, 2006.
17. V.Kossobokov, J.-L. Le Mouél, V.Courtillot, Solar Phys., 276, 383, 2012.
18. Y.Li, G.D.Fleishman, Astrophys. J., 701, L52, 2009.
19. Yu.F.Yurovsky, Bull. Crimean Astrophys. Obs., 107, 84, 2011.