

СПЕКТРЫ ЗВЕЗДНЫХ ВСПЫШЕК. НЕПРЕРЫВНАЯ ЭМИССИЯ

Н. Д. МЕЛИКЯН

Поступила 6 сентября 2013

Принята к печати 6 декабря 2013

В данной статье приведены результаты спектральных исследований звездных вспышек. Показано, что, по крайней мере, во время сильных вспышек непрерывная эмиссия играет важнейшую роль, особенно в голубой части спектра. Этим и может быть объяснен тот факт, что эмиссионная линия H β во время максимума подавляется намного сильнее, чем линия H α . Получено распределение вспышечной энергии в спектральном диапазоне 4600-7200 Å для вспышки звезды UX UMa. Кроме того, зарегистрировано запаздывание максимальных значений эквивалентных ширин эмиссионных линий относительно максимума вспышки, а также их повышение до максимума при нахождении звезды в состоянии покоя. Если постмаксимальное развитие эквивалентных ширин объясняется рекомбинационным излучением в линиях, то предвспышечное повышение интенсивностей линий остается непонятым. Зафиксированы также медленные и вспышкообразные изменения эмиссионных линий. Определены спектральные классы трех орионовых вспыхивающих звезд.

Ключевые слова: звездные вспышки; спектры; непрерывная эмиссия

1. *Введение.* Спектральные, фотометрические и колориметрические наблюдения вспыхивающих звезд типа UV Ceti являются важнейшими источниками получения наблюдательных характеристик звездных вспышек. Именно эти характеристики стали основой многочисленных гипотез и моделей, выдвинутых с появлениями первых результатов наблюдений и пытающихся объяснить физическую природу этого явления [1-13]. С появлением новых наблюдательных данных некоторые из предложенных моделей устарели, другие же остаются полезными лишь для объяснения наблюдательных характеристик сравнительно небольшого числа вспышек. И в настоящее время с появлением новых наблюдательных данных выдвигаются новые модели, в рамках которых можно объяснить лишь некоторые наблюдательные характеристики звездных вспышек [14-19].

Несмотря на большую ценность вышеуказанных теоретических моделей, все они в основном посвящены объяснению только вторичных проявлений внезапно освобожденной внутрезвездной энергии, так что сегодня, как и 60 лет назад, гипотеза Амбарцумяна [1] о выбросе наружу из недра звезды и распада остатков дозвездного вещества остается актуальной.

Исследования кривых блеска, результаты спектральных и колориметрических наблюдений свидетельствуют как о взрывном характере этого

явления, так и о нетепловом характере вспышечного излучения.

В последнее время интерес к вспыхивающим звездам возрастает. Обнаруживаются новые вспыхивающие звезды, новые области звездообразования богатые вспыхивающими звездами типа UV Ceti и молодыми неправильными переменными звездами типа Т Тау. Одновременное присутствие в молодых звездных системах этих двух типов молодых звезд еще раз свидетельствует об их молодости и об их возможной эволюционной связи [20].

Исследования вспыхивающих звезд в Бюраканской обсерватории начались еще в шестидесятые годы прошлого века. При возможности проводились также спектральные исследования звезд типа UV Кита окрестности Солнца и вспыхивающих звезд в молодых звездных системах [21-25].

Начиная с 1999г. в рамках разных наблюдательных программ, осуществленных на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории, получено около 140 спектров для 9 вспыхивающих звезд окрестности Солнца и в ассоциации Ориона. Некоторые результаты зарегистрированных вспышек опубликованы в [24-28], причем полученные данные в основном подтверждают результаты ранее полученных спектральных исследований звездных вспышек [29-36]. Есть также новые интересные результаты.

В настоящей работе, помимо бюраканских наблюдений, использованы также результаты измерения эквивалентных ширин $EW_{H\alpha}$ звезды EV Lac, выполненные еще в 1986г. в обсерватории Рожен (Болгария) [22]. Полученные данные позволяют следить за поведением эмиссионных линий во время вспышки и в спокойном состоянии этих вспыхивающих звезд, чего ранее нами не было сделано. Для трех вспыхивающих звезд ассоциации Ориона получено 12 спектров, что позволяет определить спектральные классы этих звезд.

2. Наблюдения. Спектральные наблюдения выполнены на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории, с помощью спектральных камер VuoFOSC и SCORPIO. Все спектры получены с конечной линейной дисперсией 1.7 Å/пиксел. С каждой серией спектров получен спектр стандартной звезды.

Оценка изменения блеска звезды выполнена путем измерения интегрального потока излучения исследуемой вспыхивающей звезды и звезды сравнения в определенной спектральной области. Отметим, что ошибки измерений амплитуд изменения блеска звезд колеблются в пределах $\sigma(\Delta m) = 0^m.1 - 0^m.2$, а ошибки измерений эквивалентных ширин эмиссионных линий - $\sigma(EW) = 0.3 - 0.6 \text{ \AA}$, в зависимости от экспозиции и яркости звезды. Методика наблюдений и измерений, обработки наблюдаемого материала, а также использованная аппаратура более подробно были описаны ранее в [24,25,28,37,38]. В табл.1 приводится журнал бюраканских наблюдений, где в соответствующих

столбцах даны: наименование звезды, дата наблюдений, использованная аппаратура, число полученных спектров (n), экспозиция каждого спектра в минутах и охваченная при наблюдениях спектральная область.

В работе использованы также спектральные наблюдения звезды EV Lac, выполненные на 2-м РКК телескопе обсерватории Рожен (Болгария) со спектрографом УАГС. Спектры получены в узкой спектральной области (6450-6650Å), охватывающей линию $\text{H}\alpha$. Спектральное разрешение было равно 4Å со средней дисперсией около 70 Å/мм. Во время этих наблюдений получено 35 спектров звезды с двухминутными экспозициями. Спектры оцифрованы на автоматическом микроденситометре PDS Бюраканской обсерватории [22].

Таблица 1

ЖУРНАЛ БЮРАКАНСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Звезда	Дата набл.	Аппаратура	n	Экс. (мин)	Сп. область
Ab 102	05.12.1999	ByuFOSC	3	20	5400-7600 Å
	08.12.1999		2	20	
T 55	05.12.1999		3	10	
	08.12.1999		2	10	
T 154	08.12.1999		2	10	
EV Lac	18.08.2000	SCORPIO	5	5	4050-7250 Å
	20.08.2000		1	5	
	06.09.2001		5	20	
	29.07.2002		5	20	
Ross 867	06.09.2001		3	10	
HU Del	15.08.2000	ByuFOSC	4	5	5400-7600 Å
	18.08.2000		5	5	
	20.08.2000		2	5	
	06.09.2000	SCORPIO	5	5	4050-7250 Å
	28.07.2002		10	5	
	29.07.2002		11	5	
	31.05.2012		9	2	
02.06.2012	17	2			
WX Uma	18.05.2012		5	5	
VW Com	18.05.2012		8	3	
CM Dra	27.05.2012		20	2	
	31.05.2012		10	2	

3. *Вспыхивающие звезды T 55, T 154 и Ab 102 в Орионе.*

Наблюдения вспыхивающих звезд выполнены еще в декабре 1999г. на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории с помощью спектральной камеры ByuFOSC. Получены по 5 спектров для звезд T 55 и Ab 102 и 2 спектра для T 154. На рис.1 приведены спектры этих звезд в спектральном

диапазоне 5400-7600Å. Из полученных спектров сразу видно, что звезды являются красными карликами.

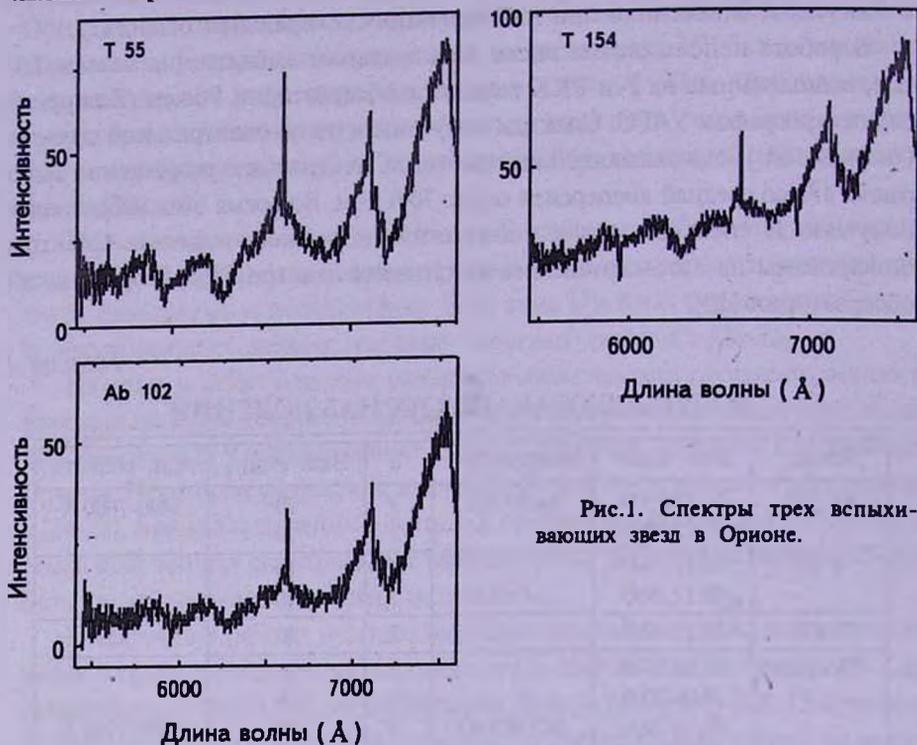


Рис.1. Спектры трех вспыхивающих звезд в Орионе.

Для спектральной классификации этих звезд в указанном спектральном диапазоне проанализированы наличие и интенсивность характерных полос TiO (5450 Å), CaOH (5550 Å), CaH (6346 Å, 6382 Å, 6389 Å), blend BaII с Ti , Fe и Ca на длине волны 6497 Å, полосы CaH (6750-7050 Å), молекулярного кислорода (6867-7000 Å) и полосы H_2O в участке 7186-7273 Å. В спектре звезды Ab 102 заметны слабые абсорбции TiO на длинах волн 66158Å, 7054 Å, 7088 Å, 7194 Å. Согласно [39], где подробно анализируются спектральные характеристики звезд спектральных классов K5 - M9 в диапазоне 6300-9000 Å, показано, что поглощение в линиях CaH (6346 Å, 6382 Å, 6389 Å) интенсивны для спектральных классов K и постепенно исчезают у спектральных классов M4-M5. Полосы поглощения TiO (5450 Å) и CaOH (5550 Å), едва заметные у звезд K5, постепенно усиливаются, а у звезд спектрального класса M3 почти сливаются. Для классификации этих звезд мы пользовались также результатами работы [40], и методом, предложенным для классификации K-M звезд, основанным на количественном анализе некоторых наиболее важных спектральных полос [41]. Метод классификации звезд, предложенный в работе [41], уже был успешно

использован нами для классификации звезд спектрального класса М [42]. Применение вышеуказанных методов спектральной классификации [39-41] позволяет заключить, что 3 вспыхивающие звезды в области Ориона - это красные карлики, принадлежащие к спектральным классам, соответственно Т 55-К8, Т 154-К6 и Аб 102-М1. На основе спектральной классификации и фотометрических данных в минимуме блеска [43,44] определено, что звезды Т 55, Т 154 и Аб 102 находятся на расстояниях, соответственно 380 пк, 420 пк и 460 пк (среднее расстояние области Ориона равно ~400 пк). Большая разница в расстояниях может быть обусловлена как ошибками определения блеска звезды в минимуме, так и неравномерным распределением поглощения света в области Ориона.

На полученном наблюдательном материале измерены эквивалентные ширины эмиссионной линии $H\alpha$ и амплитуды изменения интегрального потока излучения на каждом спектре. В пределах ошибок изменений блеска этих звезд не обнаружено. В табл.2 приводятся данные о наблюдениях этих звезд и результаты измерений $EW H\alpha$ на каждом спектре. В соответствующих столбцах таблицы для каждого полученного спектра приводятся: дата наблюдений, начало экспозиции по UT, значение эквивалентной ширины эмиссионной линии $H\alpha$.

Таблица 2

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ОРИОНОВЫХ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД

Звезда	Дата	UT	EW $H\alpha$	Звезда	Дата	UT	EW $H\alpha$
Т 55	05.12.1999	19 ^h 55 ^m	4.2	Т 55	08.12.1999	19 ^h 15 ^m	3.9
		20 06	3.9			19 26	3.9
		20 17	4.0			19 55	4.3
Аб 102		21 08	8.1	Т 154		20 06	4.5
		21 30	6.2			20 33	5.6
		21 51	6.6			20 54	5.4
				Аб 102			

4. *Спектры звездных вспышек.* Как указано выше, в работе использовано около 140 спектров 9 вспыхивающих звезд, полученных на 2.6-м телескопе, и 35 спектров звезды EV Lac, полученных еще в 1986г. на 2-м телескопе обсерватории Рожен [22]. Во время спектральных наблюдений зарегистрировано 6 вспышек у звезд HU Del, EV Lac и WX UMa [24,25,27,28]. Ниже более подробно обсуждается поведение эмиссионных линий как во время вспышек, так и в спокойном состоянии звезд.

4.1. *Эмиссионные линии во время вспышек.* Уже первые спектральные наблюдения звездных вспышек показали, что эквивалентные ширины эмиссионных линий достигают максимальных значений намного позже фотометрического максимума [29-31]. Дальнейшие наблюдения подтвердили

этот факт, а также показали, что запаздывание максимальных значений интенсивностей разных эмиссионных линий по отношению к фотометрическому максимуму разное - от нескольких мин до около часа [32-36].

Во время наших спектральных наблюдений зарегистрировано 6 вспышек у хорошо известных вспыхивающих звезд HU Del, EV Lac и WX UMa [24,25,28]. Во всех случаях подтверждаются ранее полученные результаты о том, что эквивалентные ширины эмиссионных линий достигают своих максимальных значений после фотометрического максимума вспышки [29-36].

Здесь нам хотелось бы обратить внимание на тот факт, что во время наших наблюдений зарегистрировано повышение интенсивности эквивалентных ширин не только после фотометрического максимума, но и до начала вспышки, а во время максимума блеска наблюдается значительное снижение значений эквивалентных ширин эмиссионных линий водорода.

На рис.2а, b, с приводятся изменения яркостей и эквивалентных ширин эмиссионных линий во время вспышек звезд HU Del, EV Lac и WX UMa.

На рис.2а показано изменение блеска и эквивалентной ширины вспышки звезды HU Del (14.08.2000) [24]. В течение приблизительно

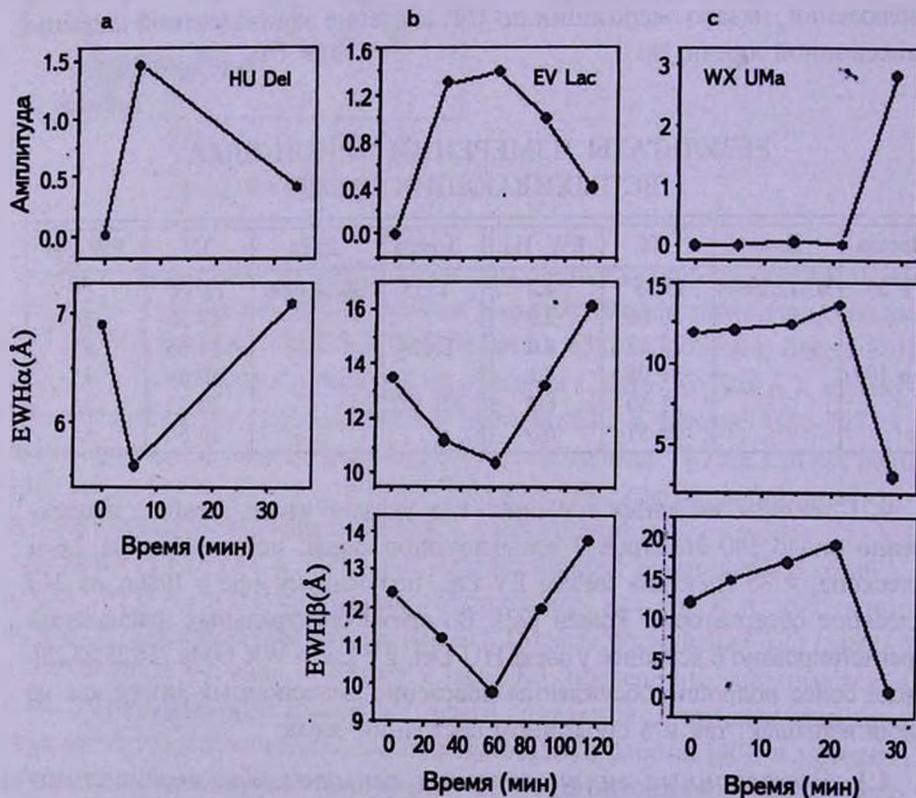


Рис.2а, b, с. Приводятся изменения яркостей и эквивалентных ширин эмиссионных линий во время вспышек звезд HU Del, EV Lac и WX UMa. По оси абсцисс время от начала первой экспозиции в минутах.

40 мин получено три спектра звезды с пятиминутными экспозициями. Первый спектр получен во время нахождения звезды в минимуме блеска ($\Delta t = 0$). Второй спектр охватывает зарегистрированный максимум вспышки ($\Delta t = 1^m.45$), а третий спектр звезды получен через 22 мин после максимума ($\Delta t = 0^m.42$). Как видно из рис.2а, в максимуме блеска звезды значение $EWH\alpha$ ниже, чем до и после максимума. Изменения блеска и эквивалентной ширины намного превышают ошибки их измерений.

Рис.2b представляет изменения блеска и эквивалентных ширин звезды EV Lac во время вспышки, зарегистрированной 06.09.2001 [25]. Это одна из самых мощных вспышек, зарегистрированных у данной звезды. Полученные спектры позволяют следить за ходом изменения эквивалентных ширин сильных эмиссионных линий $H\alpha$ и $H\beta$ и параллельно - за ходом изменения блеска звезды в течение около двух часов. Ошибки измерений эквивалентных ширин колеблются в пределах $\sigma_{(EW)} = 0.25 - 0.45 \text{ \AA}$. Во время наблюдений получено 5 спектров звезды с 20-минутными экспозициями. На первом спектре звезда находится в спокойном состоянии. Последующие 4 спектра охватывают вспышку почти до минимума блеска звезды. Полная продолжительность этой вспышки приблизительно 1.5 часа. Время возгорания вспышки, по-видимому, порядка 30 мин. На рисунке хорошо видно, что параллельно с повышением блеска эквивалентные ширины $EWH\alpha$ и $EWH\beta$ синхронно уменьшаются и достигают минимума при максимуме блеска звезды. С затуханием яркости звезды после максимума значения эквивалентных ширин растут и достигают наибольшего значения приблизительно через 40 мин. Представляет особый интерес тот факт, что до начала вспышки значения эквивалентных ширин указанных эмиссионных линий, как и в случае вспышки у звезды HU Del, в среднем выше, чем в спокойном состоянии звезды. Средние значения эквивалентных ширин вне вспышек также подвергаются изменениям. Так, например, среднее значение в спокойном состоянии звезды $EWH\alpha = 4.5 \text{ \AA} \pm 0.2 \text{ \AA}$ ($n = 6$) и $EWH\alpha = 5.6 \text{ \AA} \pm 0.2 \text{ \AA}$ ($n = 5$), соответственно в 2000 и 2002г., а среднее значение $EWH\beta = 5.4 \text{ \AA} \pm 0.4 \text{ \AA}$ ($n = 5$) в 2002г. Среднее значение $EWH\alpha = 6.5 \text{ \AA} \pm 0.5 \text{ \AA}$ получено при измерениях 35 спектров EV Lac. Эти спектры получены в августе 1986г. в течение одной ночи на 2-м РКК телескопе (Болгария) с двухминутными экспозициями. Сравнительно высокое среднее значение $EWH\alpha$, по-видимому, обусловлено высокой средней вспышечной активностью звезды во время этих наблюдений [22]. К такому же результату приводят исследования эквивалентных ширин на более чем 60 спектрах звезды HU Del.

Более уникальной можно считать вспышку звезды WX UMa, зарегистрированную 18.05.2012г. [27,28]. 5 спектров звезды получены приблизительно за 35 мин с пятиминутными экспозициями, и на последнем спектре зарегистрировано сильное повышение блеска звезды (до 3^m). На

четырёх спектрах, полученных до подъёма блеска, зарегистрированы сильные изменения $E_{W\text{H}\alpha}$ и $E_{W\text{H}\beta}$. Результаты измерений интегрального блеска звезды и эквивалентных ширин представлены на рис.2с. Интересно, что на четырех спектрах, полученных до начала вспышки, блеск звезды и распределение энергии в спектре практически не меняются, но измерения показывают сильные изменения эквивалентных ширин: $E_{W\text{H}\alpha}$ - от 11.9 Å до 13.6 Å, и, $E_{W\text{H}\beta}$ - от 11.9 Å до 19.2 Å. Пятый спектр охватывает начало подъема блеска. Если амплитуда изменения блеска, измеренного в спектральном диапазоне 4600-7250 Å, равна $\Delta m = 2^m.8$, то в спектральном диапазоне 4600-5200 Å амплитуда превышает $4^m.5$. Трудно оценить время возгорания и полную продолжительность этой вспышки. Эта одна из самых мощных вспышек, зарегистрированных у звезд типа UV Ceti окрестности Солнца, причем самая мощная у звезды WX UMa. Эквивалентные ширины показывают сильное понижение при подъеме блеска: $E_{W\text{H}\alpha} = 3.1\text{Å}$ и $E_{W\text{H}\beta} = 0.9\text{Å}$. Повторяется та же картина, что и в случае вспышек звезд HU Del и EV Lac, но в данном случае очень сильно выражено ослабление эквивалентных ширин во время максимума.

Из всех вспышек, зарегистрированных нами, только в случае вспышки звезды WX UMa спектр звезды изменился до неузнаваемости: спектр звезды

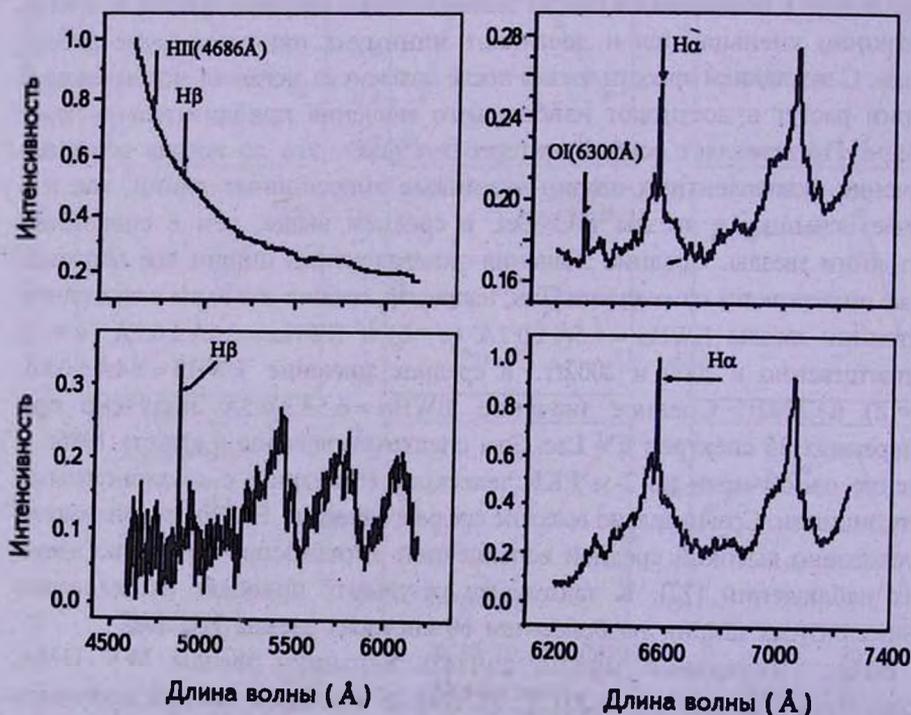


Рис.3. Спектры звезды WX UMa в спектральных диапазонах 4600-6200 Å (слева) и 6200-7250 Å (справа) во время вспышки и за 5 мин до нее.

красного карлика спектрального класса М6, в течение не более 5 мин, преобразовался в спектр звезды раннего В [28]. Изменения спектра особенно сильны в коротковолновой области спектра. Если распределение энергии в спектре звезды в диапазоне 6200-7250 Å во время вспышки почти не изменилось и остается характерным для звезды спектрального класса М, то в диапазоне длин волн 4600-6200 Å изменения настолько сильны, что в спектре исчезают все характерные черты карлика класса М. Во время вспышки вследствие внезапного появления мощного голубого излучения подавляются характерные для звезды карлика класса М полосы поглощения и сильно уменьшаются эквивалентные ширины эмиссионных линий $H\alpha$ и $H\beta$: значение эквивалентной ширины эмиссионной линии $H\beta$ во время максимума уменьшается более 20 раз. Отметим, что зарегистрировано только начало вспышки, и уже на спектре звезды виден слабый след эмиссионной линии $He\ II\ 4686\ \text{Å}$. На рис.3 приводятся спектры звезды в спектральных диапазонах 4600-6200 Å (слева) и 6200-7250 Å (справа) во время вспышки и за 5 мин до нее. Верхние спектры представляют вспышку, а нижние спектры представляют звезду в спокойном состоянии. Спектры на рисунке нормированы по отношению к максимальным значениям интенсивности. Во время вспышки максимальное значение совпадает с длиной волны 4600 Å, а в спокойном состоянии звезды - с эмиссионной линией $H\alpha$. Столь сильное снижение значений эквивалентных ширин, несомненно, обусловлено в основном не реальным ослаблением излучения в этих линиях, а наложением мощной непрерывной эмиссии на излучение звезды. О появлении мощного голубого

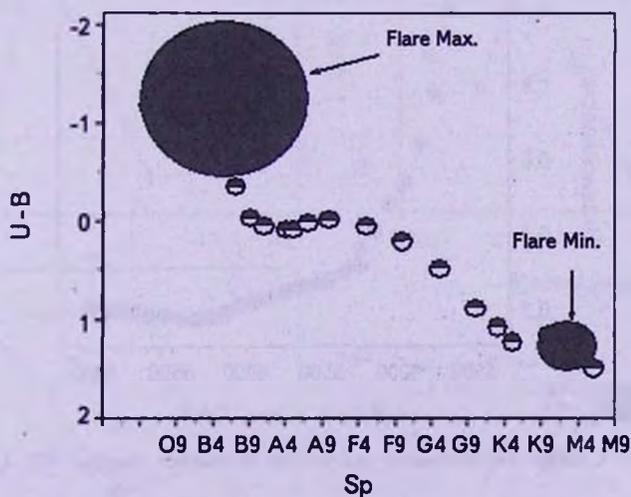


Рис.4. Положение звезд типа UV Ceti окрестности Солнца на диаграмме $(U - B) - Sp$. Используются результаты синхронных UBV наблюдений более 300 вспышек. Эти звезды в минимуме блеска расположены достаточно компактно на нижнем правом углу диаграммы, тогда как в максимуме блеска по цветам вспышечного излучения $(U - B)f$ они занимают место среди самых горячих звезд.

компонента в излучении звезды во время вспышек свидетельствует голубой цвет вспышек во время синхронных UBV наблюдений. Рис.4 представляет зависимость цвета ($U-B$) от спектрального класса для звезд Главной последовательности. Как видно, звезды типа UV Ceti окрестности Солнца в минимуме блеска расположены достаточно компактно на нижнем правом углу диаграммы, тогда как в максимуме блеска цвета вспышечного излучения ($U-B$) f уже соответствуют спектральным классам $O-A$. Отметим, что для построения этой диаграммы использованы опубликованные данные синхронных UBV наблюдений для более 300 вспышек [45-49].

Зарегистрированные спектры звезды WX UMa позволяют получить распределение энергии вспышечного излучения (непрерывной эмиссии). Отметим, что спектры звезды, зарегистрированные в спокойном состоянии, практически неизменны: интегральный блеск звезды, измеренных в спектральном диапазоне $4600-7200 \text{ \AA}$, изменяется в пределах $0^m - 0^m.1$. Вклад зарегистрированных изменений эмиссионных линий ничтожен. Для получения распределения энергии вспышечного излучения спектральный диапазон $4600-7200 \text{ \AA}$ разделен на 26 участков с шириной 100 \AA . Интегрируя энергию, излученную в данных спектральных полосах во время вспышки и на спектре звезды в спокойном состоянии, и вычитая друг от друга, получим ход изменения вспышечного излучения (непрерывной эмиссии) в зависимости от длины волны. На рис.5 показан результат этих измерений. Как видно из рисунка, начиная с $\sim 5500 \text{ \AA}$ вспышечное излучение стремительно растет в сторону коротких длин волн.

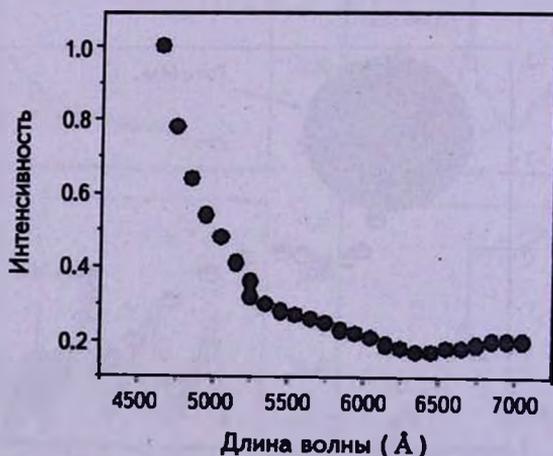


Рис.5. Спектр вспышечного излучения вспышки звезды WX UMa .

В случае двух слабых вспышек, зарегистрированных у звезд HU Del и CM Dra [28], трудно говорить о наличии четкой корреляции между блеском звезды во время вспышки и значениями эквивалентных ширин

эмиссионных линий, так как изменения этих величин незначительно превышают ошибки измерений. Но заметно, что во время максимума блеска звезды значения эквивалентных ширин эмиссионных линий в среднем ниже, чем их средние значения до и после максимума блеска.

Изменения эквивалентных ширин эмиссионных линий обычно зарегистрированы не только во время вспышек, но и в спокойном состоянии вспыхвающих звезд. Из данных табл.2 видно, что $EWH\alpha$ у звезд Т 55 и Т 154 во время наблюдений в пределах ошибок измерений остается практически постоянной. У звезды Ab 102 на фоне неизменного интегрального блеска зарегистрировано достаточно сильное изменение $EWH\alpha$. Если принимать, что среднее значение $EWH\alpha$ в минимуме блеска звезды Ab 102 $EWH\alpha = 5.5\text{\AA}$ (08.12.1999), то зарегистрированное значение $EWH\alpha = 8.1\text{\AA}$ может быть результатом, по крайней мере, слабой вспышки. Анализ наших спектральных наблюдений вспыхвающих звезд окрестности Солнца показывает, что, помимо слабых, медленных колебаний эквивалентных ширин эмиссионных линий вне вспышек, наблюдаются также их быстрые, вспышкообразные изменения. На рис.6 приводятся подобные изменения, зарегистрированные у звезд Ab 102, EV Lac и HU Del. На рисунке по оси ординат даны значения $EWH\alpha$, а по оси абсцисс время от начала первой экспозиции в минутах. В случае звезд EV Lac и HU Del наблюдения проводились с двухминутными экспозициями и с приблизительно минутной

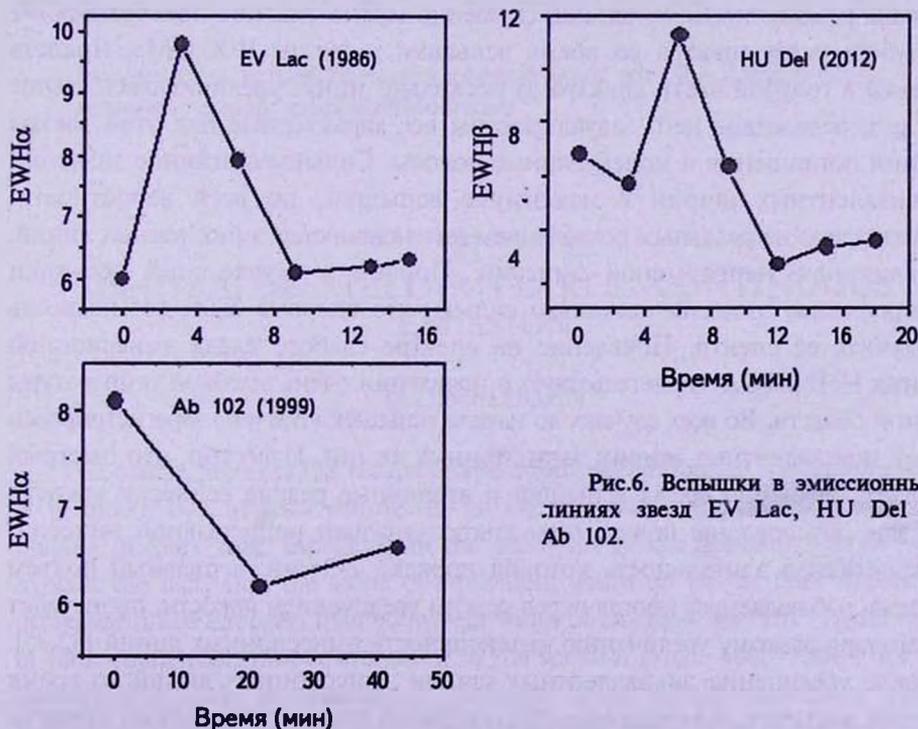


Рис.6. Вспышки в эмиссионных линиях звезд EV Lac, HU Del и Ab 102.

задержкой между двумя экспозициями, а наблюдения звезды Ab 102 проводились 20-минутными экспозициями. По всей вероятности, столь быстрые изменения интенсивностей эмиссионных линий могут наблюдаться в результате слабых по амплитуде, но быстротечных звездных вспышек.

5. *Заключение.* Таким образом, из приведенных выше наблюдательных данных можно отметить следующие важные результаты:

1. Выполнена спектральная классификация трех вспыхивающих звезд области Ориона. Все три звезды красные карлики спектральных классов K6 - M1: T154 - K6, T55 - K8 и Ab102 - M1. В среднем они принадлежат к более ранним спектральным классам, чем вспыхивающие звезды типа UV Ceti окрестности Солнца.

2. Зарегистрированы как медленные изменения эквивалентных ширин эмиссионных линий Na и H β , так и их вспышкообразные изменения, происходящие в течение нескольких минут и, по всей вероятности, являющиеся следствием быстротечных и слабых по амплитуде вспышек. Действительно, если вспышка продолжается несколько секунд, а время интегрирования от 2-3 до 20 мин, то амплитуда вспышки сильно уменьшится и будет недоступна регистрации [50-52].

3. Наиболее важным результатом настоящей работы является регистрация минимальных значений эквивалентных ширин эмиссионных линий в максимуме вспышки и увеличение значений эквивалентных ширин до начала резкого подъема блеска. Особенно важно сильное преобразование голубой части спектра во время вспышки у звезды WX UMa. Яркость звезды в голубой части спектра за несколько минут увеличивалась свыше 40 раз, вследствие чего завуалированы все характерные для этой звезды линии поглощения и молекулярные полосы. Сильное снижение значений эквивалентных ширин в максимуме вспышки, по всей вероятности, обусловлено не реальным ослаблением интенсивностей эмиссионных линий, а влиянием непрерывной эмиссии. Причем в случае этой вспышки непрерывная эмиссия настолько сильна, что впервые была возможность получить ее спектр. Появление на спектре слабого следа эмиссионной линии HeII 4686 Å свидетельствует о появлении очень высокой температуры в этой области. Во всех случаях до начала вспышек ($\Delta m = 0$) зарегистрирован рост эквивалентных ширин эмиссионных линий. Известно, что быстрый подъем блеска во время вспышки и вторичные резкие всплески яркости звезды обусловлены появлением короткоживущей непрерывной эмиссии, эффективная длительность которой порядка 2-3 мин, а плавный подъем блеска, наблюдаемый иногда перед резким увеличением яркости, происходит благодаря резкому увеличению интенсивности эмиссионных линий [32,35]. Резкое увеличение эквивалентных ширин эмиссионных линий во время наших вспышек, по-видимому, обусловлено плавным подъемом яркости

звезды достаточно малой амплитуды. Запаздывания максимальных значений $E_{W\text{H}\alpha}$ и $E_{W\text{H}\beta}$ по отношению к фотометрическому максимуму наблюдаются всегда, и результаты наших наблюдений подтверждают ранее известные [29-36]. Рассмотрение хода изменения яркости звезды и эквивалентных ширин после максимума вспышки подтверждает ранее сделанное заключение о том, что запаздывание максимума эквивалентных ширин эмиссионных линий относительно максимума блеска вспышки обусловлено как угасанием непрерывной эмиссии, так и реальным увеличением интенсивности эмиссионных линий [53,54]:

Таким образом, согласно предположению Амбарцумяна [1], явление непрерывной эмиссии у звезд типа UV Ceti связано со вспышкой, и возрастание блеска звезды происходит большей частью за счет этой непрерывной эмиссии, часто настолько сильной, что приходится говорить уже о совершенно измененном распределении энергии по спектру, особенно в голубой его части. Для понимания природы непрерывной эмиссии целесообразно рассмотреть те вспышки, при которых это явление выражено в наиболее резком и наиболее чистом виде. По-видимому, именно с такой вспышкой мы имеем дело, по крайней мере, в случае вспышки WX UMa. Отметим, что подробный анализ нескольких вспышек разных мощностей приводит к заключению, что при мощных вспышках наблюдается сильное отклонение от ожидаемого теплового излучения, тогда как при слабых вспышках излучения более близки к излучению абсолютно черного тела [55].

Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна,
Армения, e-mail: nmelikia@bao.sci.am

SPECTRA OF STELLAR FLARES. CONTINUOUS EMISSION

N.D.MELIKIAN

The article presents the results of spectral investigations of the stellar flares. It is shown that at least during the strong flares the continuous emission is playing primary role, especially in the blue part of the spectrum. This could explain the fact, that the value of equivalent width of $\text{H}\beta$ at flare maximum decreased much stronger, than equivalent width of emission line $\text{H}\alpha$. Distribution of flare energy(continuous emission) in the spectral range 4600-7200Å for the flare of WX UMa is received. In addition, delays of the equivalent widths maximum relative to continuum maximum are registered, as well as their

preflare increase at star's quiescent state is detected. If the postmaximum development of equivalent widths could be explained due to recombination radiation in the lines, the preflare increase of line intensities remains incomprehensible. Slow and flare like variations of emission lines are also detected. The spectral classes for 3 Orion flare stars are determined.

Key words: *stellar flares: spectrum: continuous emission*

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А.Амбарцумян, Сообщ. БАО, 13, 1954.
2. K.C.Gordon, G.E.Kron, Publ. Astron. Soc. Pacif., 61, 210, 1949.
3. J.L.Greenstein, Publ. Astron. Soc. Pacif., 62, 156, 1950.
4. G.R.Burbidge, E.M.Burbidge, Observatory, 75, 212, 1955.
5. E.Schatzman, in: Nonstable Stars, Ed. G.H.Herbig, Cambridge, p.200, 1957.
6. Д.А.Франк-Каменицкий, Астрон. ж., 40, 235, 1963.
7. В.Г.Горбацкий, Астрон. ж., 41, 53, 1964.
8. Р.Е.Гершберг, Изв. КрАО, 32, 133, 1964.
9. A.D.Andrews, Irish Astron. J., 7, 20, 1965.
10. W.E.Kunkel, "An Optical Study of Stellar Flares", Dissertation, 1967.
11. Г.А.Гурзадян, Астрофизика, 1, 319, 1965.
12. И.А.Климишин, Астрометрия и Астрофизика, 8, 30, 1969.
13. В.П.Гринин, В.В.Соболев, Астрофизика, 13, 587, 1977.
14. В.В.Соболев, В.П.Гринин, "Cool Stars, Stellar Systems, and the Sun", 9th Cambridge Workshop, ASP Conf. Series, vol.109, eds. R.Pallavicini and A.K.Dupree, 1996.
15. D.J.Christian, M.Mathioudakis, D.Jevremovic et al., Astrophys. J., 593, L105, 2003.
16. B.Fuhrmeister, J.H.M.M.Schmitt, P.H.Hauschildt, Astron. Astrophys., 511, A83, 2010.
17. J.C.Allred, S.L.Hawley, W.P.Abbett, M.Carlsson, Astrophys. J., 644, 484, 2006.
18. L.M.Walkowicz, C.M.Johns-Krull, S.L.Hawley, Astrophys. J., 677, 593, 2008.
19. A.F.Kowalski, S.L.Hawley, J.A.Holtzman et al., Astrophys. J., 714, L98, 2010.
20. В.А.Амбарцумян, Астрофизика, 6, 31, 1970.
21. I.Jankovics, N.D.Melikian, M.K.Tsvetkov, IBVS, 1779, 1980.
22. Н.Д.Меликян, М.К.Цветков, Р.А.Саркисян, Астрофизика, 37, 569, 1994.
23. Н.Д.Меликян, В.В.Амбарян, К.Н.Гранкин, С.Д.Якубов, Астрофизика, 38, 103, 1995.
24. В.С.Тамазян, Н.Д.Меликян, А.А.Карапетян, Р.Ш.Нацвлишвили, Астрофизика, 48, 335, 2005.
25. Н.Д.Меликян, В.С.Тамазян, Х.А.Докобо, А.А.Карапетян, Р.Ш.Нацвлишвили,

Астрофизика, 49, 488, 2006.

26. *Н.Д.Меликян, В.С.Тамазян, А.А.Карапетян, А.Л.Самсонян*, Астрофизика, 54, 377, 2011.
27. *N.D.Melikian, R.Sh.Natsvlishvili, V.S.Tamazian, A.A.Karapetian*, IBVS, 6031, 2012.
28. *Н.Д.Меликян, В.С.Тамазян, Р.Ш.Нацелишвили, А.А.Карапетян*, Астрофизика, 56, 13, 2013.
29. *Р.Е.Гершберг, П.Ф.Чугайнов*, Астрон. ж., 43, 1168, 1966.
30. *Р.Е.Гершберг, П.Ф.Чугайнов*, Астрон. ж., 44, 260, 1967.
31. *Е.Гершберг, Н.И.Шаховская*, Астрон. ж., 48, 934, 1971.
32. *В.В.Ворп, Т.Д.Мoffett*, Astrophys. J., 185, 239, 1973.
33. *В.В.Ворп*, Astrophys. J., 193, 389, 1974.
34. *В.В.Ворп*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 168, 255, 1974.
35. *Т.Д.Мoffett, В.В.Ворп*, Astrophys. J. Suppl. Ser., 31, 61, 1976.
36. *В.В.Ворп, F.Fekel*, Astron. J., 82, 490, 1977.
37. *Н.Д.Меликян, А.А.Карапетян*, Астрофизика, 44, 265, 2001.
38. *С.Акопян, С.К.Балаян*, Астрофизика, 47, 443, 2004.
39. *J.D.Kirkpatrick, T.J.Henry, D.W.McCarthy*, Astrophys. J., Suppl. Ser., 77, 417, 1991.
40. *J&J-C.Jaschek, M.Jaschek*, "Classification of Stars", Cambridge Univ. Press, 1987.
41. *V.Malyuto, M.O.Oestreicher, Th.Schmidt-Kaler*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 286, 500, 1997.
42. *Н.Д.Меликян и др.*, Астрофизика, 46, 17, 2003
43. *Г.Наро, Е.Сhавира*, Bol. Obs. Tonantzintla, 32, 59, 1969.
44. *Р.Ш.Нацелишвили*, Вспыхивающие Звезды в Областях Ориона и Плеяды, канд. дис., Бюракан, 1988.
45. *Н.Н.Килячков, Н.Д.Меликян, Л.В.Мирзоян, В.С.Шевченко*, Астрофизика, 15, 423, 1979.
46. *Н.Н.Килячков, Н.Д.Меликян, Л.В.Мирзоян, В.С.Шевченко*, Астрофизика, 15, 605, 1979.
47. *N.D.Melikian, N.N.Kiljachkov, O.I.Stalbovsky et al.*, IBVS, 1546, 1979.
48. *N.D.Melikian, I.Jankovics, N.N.Kiljachkov et al.*, IBVS, 2038, 1981.
49. *Т.Д.Мoffett*, Astrophys. J., Suppl. Ser., 273, 29, 1974.
50. *Л.В.Мирзоян*, Вспыхивающие Звезды, Фуоры, и Объекты Хербига-Аро, тр. симпозиума по проблеме "Физика и эволюция звезд", ред. Л.В.Мирзоян, Ереван, 1980, с.45.
51. *Э.С.Парсамян*, Сообщ. Бюракан. Обсерв., 57, 79, 1985.
52. *Н.Д.Меликян*, Сравнительное Исследование вспышек вспыхивающих звезд в звездных ассоциациях и скоплениях и звезды UV Cet, канд. дис., Ереван, 1984.
53. *П.Ф.Чугайнов*, Изв.КрАО, 38, 200, 1968.
54. *Т.Д.Мoffett, D.S.Evans, G.Ferland*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 178, 149, 1977.
55. *B.Rockenfelder et al.*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 367, 407, 2006.

