АСТРОФИЗИКА

TOM 29

ДЕКАБРЬ, 1988

выпуск з

УДК: 524.338.5-62

О МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ НЕКОТОРЫХ АНТИВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД В ЛИНИИ Н.

А. Ф. ПУГАЧ

Поступила 18 января 1988 Принята к печати 14 июля 1988

Исследована светимость пяти быстрых неправильных переменных звезд SV Сер, V 530 Cyg, XY Per, VV Ser и WW Vul в линии Ha. 18 спектров этих звезд были получены на 2.6-м телескопе Крымской астрофизической обсерватории с помощью щелевого спектрографа и ЭОП. Светимость четырех звезд заключена в пределах:

$$E_{\alpha e} = (0.93 \div 16.1) \cdot 10^{33} \text{ spr} \cdot c^{-1}.$$

В спектре V 530 Суд эмиссия в На отсутствует. Подчеркивается переменность контуров и интенсивностей вмиссионной линии На.

1. Введение. Одной из многих особенностей быстрых неправильных звезд ранних спектральных классов с алголеподобными ослаблениями блеска, называемых далее антивспыхивающими звездами (АВЗ), является присутствие в их спектрэх эмиссионной линии H_e [1—4]. Контур линии H_e, как правило, двухкомпонентный, переменный. Меняется также эквивалентная ширина $W_{\alpha e}$ и отношение V/R [4—7], причем, изменения $W_{\alpha e}$ иногда находятся в очевидной антикорреляции с блеском [8]. Среди АВЗ с яркой линией H_e есть звезды поэдних A и даже F спектральных классов (V 351 Ori, BH Cep, BO Cep), что отличает их от звезд типа A_e.

В целом опектральная изученность ABЗ далека от полноты, в частности, это касается поведения эмиссионной линии. На. В настоящей работе оценена по порядку величины мощность излучения некоторых ABЗ в частотах эмиссионной линии На.

2. Наблюдательный материал. Споктры пяти антивспыхивающих звеза были получены на телескопе ЭТШ Крымской астрофизической обсерватории при помощи спектрографа СПЭМ, сопряженного на выходе с ЭОП. .Дисперсия на негативах составляет 35.5 и 42 А/мм в районах линий Н₁ и

На соответственно. Подробное описание прибора приведено в работе [9]. Даты наблюдений и количество полученных спектров указаны в табл. 1.

Данные о блеске исследуемых звезд брались из работ [10-12]. В случае отсутствия последних делались вероятностные оценки блеска по результатам фотовлектоических наблюдений автора за период 1979-1983 гг. Эти же наблюдения использовались для определения статистических поеделов нормального блеска, которые совместно с величинами V приведены в табл. 1.

3. Описание спектральных и фотометрических особенностей 38C34. У всех звезд (за исключением V 530 Cyg) зарегистрирована эмиссионная линия Ha. Ee характерные контуры представлены на рис. 1. Излучение континуума на длине волны линии На принято за единицу. Интенсивность профиля линии представлена в единицах непрерывного спектра. Для звезд с двукомпонентным контуром линии в табл. 1 указано отношение интенсивностей V/R.

Ниже мы приводим краткое описание контуров линий и фотометричеоких характеристик исследуемых звезд-

SV Сер. На всех четырех спектрах видна однокомпонентная линия Н., Однако в мае 1972 г. Зайцева и Колотилов [5] наблюдали более сложный контур с отношением «синего» и «красного» компонентов V/R = = 1.8÷1.9. Яркость переменной в период наших наблюдений была близка к абсолютному максимуму.

V530 Суд. Наши наблюдения подтвердили отсутствие эмиссии в На, установленное ранее Зайцевой и Есиповым [4]. Однако, на ее следы указывает вид контура фотосферной линии Н₂ (см. рис. 1). В то время, как контур линии поглощения Нз симметричен и имеет нормальную центральную интенсивность, контур На несимметричен, не имеет четко выраженного ядоа, а сама линия поглощения обладает небольшой центральной глубиной. Возможно, она частично замыта эмиссией.

Звезда малоактивна в фотометрическом отношении. За 107 ночей наших фотоэлектрических наблюдений было зарегистрировано всего три неглубоких ослабления блеска ($\Delta V \simeq 0^{m}5$). В остальных случаях блеск находился в пределах 11.7-11.8. Статистические оценки с учетом наблюдений Филипьева [13] дают коэффициент фотометрической активности менее 0.03. Таким образом, с вероятностью более 0.95 можно утверж-дать, что в моменты спектральных наблюдений блеск переменной был в ALL ENT AND нормальных пределах.

2-638

Звезде, спектр	Дата наблюдений, 1981 г.	Блеск в да- ту спек- тральных наблюдений, V	Нормальный блеск, Vв	Источник сведений по V и V ₂	Отношение интенсивно- стей компо- нентов, V/R	Эквивалент- ^н ая шяряна Wee, А	Принятая светимость звезды L-10 ⁻³⁵ эрг/с	Светимость Еле 10 ⁻³² эрг/с
SV Cep A0 III	29.07 01.08 01.08 02.08	10 ⁷⁷ 82 10.87 10.87 10.86	10 ^m 8—11 ^m 0	[12]		10.95 11.37 9.74 11.51	4.06	2.59 2.68 2.30 2.72
V530 Cyg B5	01.08 01.08 02.08	11.65—11.90	11.7—11.8	автор "	Ξ	2.43* 3.28* 3.41*	Ξ	
XY Per B6+A2II	06.03 06.03 06.03 06.03 06.03 03.09	8.95—9.45 "	9.1-9.2	:	0.90 .92 .94 .91 .96	4.00 7.68 5.43 5.09 7.18	19.2—29.9 B6 A2 II	2.45-8.40 4.70-16.1 3.33-13.9 3.12-10.7 4.42-15.1
VSer A2eß	29.07	11.89	11.8-12.2	[10]	1.18	13.8	0.99-2.49	0.93-2.32
WW Vul A3eliI	01.08 01.08 01.08 01.08 01.08 02.08	11.82 11.82 11.82 11.82 11.82 12.19	10.2–10.6	[11]	0.93 0.97 0.99 0.92 0.93	27.82 33.23 25.18 26.37 40.90	2.03	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

* Аяння На видна в поглощении.

450

Таблица 1



Рас. 1.

ХҮ Рег. Контур линии H_a меняется. Если по нашим измерениям V/R < 1, то по ноябрьоким наблюдениям того же года, выполненным Финкенцеллером и др. [2], отношение V/R возросло до 1.8, а интенсивность V-компонента, выраженная в единицах континуума, достигла 2.

По нашим фотоэлектрическим измерениям в течение 50 ночей 1979— 1983 гг. V-величина переменной колебалась в пределах $9^{m}05-9^{m}46$, причем, более половины всех значений блеска приходилось на интервал 9^m1-9^m2. За пять суток до опектральных наблюдений блеск был $V = 9^{m}15$. Если считать, что наш фотометрический ряд отражает основные статистические характеристики переменности, то неопределенность величины V в момент спектральных наблюдений составляет что-то около $\mp 0^{m}20$.

VV Ser. На единственном спектре, полученном 29.07.81, зарегистрирована умеренная двухкомпонентная вмиссия. По данным работы [2], в мае того же тода линия Н_а была намного сильнее, поскольку интенсивность линии в долях континуума составляла 4.6, но общий вид контура при этом не изменился. В дату наших спектральных наблюдений блеск VVSer был нормальным.

WW Vul. Изменчивость контура эмиссионной динии H_α описана в работах [6—8]. Зарегистрированный во время наших наблюдений контур линин H_α вполне укладывается в уже отмеченное многообразие его проявлений, связанное с изменением интенсивности и ширины линии. У втой звезды эмиссия в линии H₄ оказалась наиболее интенсивной среди всех исследованных нами звезд. Возможно, это связано с тем, что опектральные наблюдения захватили звезду в активной фотометрической фазе и пришлись на глубокий минимум. В первую ночь наблюдений блеск был слабее нормального на 1^m2, а в следующую — уже на 1^m6. На двух спектрах, полученных 01.08.81 г. в области фотосферной линии H₃, заметно искажение коротковолнового крыла этой линии, восможно, вызванное присутствием слабой эмиссии вблизи ядра.

4. Определение эквивалентных ширин линий. Точное определение эквивалентных ширин $W_{\alpha \epsilon}$ эмиссионной линии H_{α} осложняется двумя обстоятельствами. Во-первых, известен факт переменности самих линий, причем, значительные изменения $W_{\alpha \epsilon}$ наблюдаются иногда на фоне постоянного блеска [6]. В связи с этим при определении светимости $E_{\alpha \epsilon}$ в линии H_{α} целесообразно ограничиться пока только порядковыми оценками величин. Во-вторых, в сложном профиле линии трудно эмпирически выделить вклад каждого в отдельности процессов поглощения и излучения, которые на спектрограмме дают суммарную картину.



Рассмотрим схему результирующего контура, составленного из липия поглощения и относительно более узкой эмиссии (рис. 2). Очевидно, что интересующая нас энертия пропорциональна площади S_e , которая складывается из таких составляющих:

$$S_{\bullet} = S_0 + S_1 - S_2 - S_3.$$

Эначения S_1 , S_2 и S_3 выводятся непосредственно из спектрограмм, тогда как площадь всей линии потлощения S_0 таким образом получена быть не может и для ее оценки необходимо использовать статистические методы. Мы сделали предположение, что эквивалентные ширины абсорбционных линий бальмеровской серии в спектрах АВЗ не существенно отличаются от эквивалентных ширин втих же линий стационарных звезд соответствующих спектральных классов. Основанием для такого допущения послужило сравнение эквивалентных ширин фотосферной линии H₃ обсуждаемых и нормальных звезд.

У пяти звезд, перечисленных в табл. 2, были измерены W₃ линии H₈ и затем сопоставлены с W₃⁹ нормальных звезд тех же спектральных классов, взятыми из работ [14—16].

Сравнение измеренных W_{β} со стандартными значениями W_{β}^{0} показывает, что в пределах разброса значений W_{β}^{0} , который определяется систематическими ошибками методов и индивидуальными особенностями звезд, исследуемые ABЗ существенно не отличаются от нормальных звезд. Этот вывод подтверждается также детальным исследованием контуров водородных линий звезды SV Сер. Авторы работы [12] пришли к выводу, что изученные контуры хорошо согласуются с контурами водородных ли-

А. Ф. ПУГАЧ

ний звезды спектрального класса A0 II. Основываясь на отсутствии значимых систематических отличий между W_{β}^{0} и W_{β} , мы считаем, что W_{a}^{0} и W_{a} также должны иметь близкие значения. Таким образом, в рамках сделанных допущений мы определяем величину S₀ через табличное значение эквивалентной ширины линии поглощения W_{a}^{0} нормальных звезд.

Таблица 2

Исся		зды	Нормальные звезды			
Обозна-	Crear	Изморенная	Спектр	Предельные значения		
TOHES	Cliekip	Φ _β , A		[15]	[14]	
XY Per	B6 + A2 II	11.5	B6 A2 II	6.2-7.9	9.6-11.0 10.8*	
WW Vul	A3e III	12.2-12.8	A3 III	11.4-12.0	_	
SV Cep	A0 III	14.6-17.2	A0	10.7-13.0	19.2-19.8	
VV Ser	A2e3	4.4	A2	10.8-13.0	15.9-20.8	
V 530 Cyg	B5	4.2-5.4	B5	4.8-6.7	7.6-10.2	

СРАВНЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ШИРИН ФОТОСФЕРНЫХ ЛИНИЙ Н₽ ИССЛЕДУЕМЫХ И НОРМАЛЬНЫХ ЭВЕЗД

* Величина взята из работы [16].

Вычисление эквизалентных ширин №. эмиссионной линии Н₄ проводилось численно-графическим методом и результаты представлены в табл. 1. Для перехода к энергетическим оценкам положим, что закон излучения Планка с достаточной для наших целей точностью описывает распределение энергии в спектрах В-А эвезд. Обозначим эквивалентную полуширину эмиссионной линии через 0^λ, т. е.

$$W_{-} = 2\delta\lambda.$$

Тогда относительная доля энергии, излучаемая эзездой в полосе частот эмиссии H_e, будет

$$z = \frac{\int_{\lambda_{0}-\delta\lambda}^{\lambda_{0}+\delta\lambda} F_{\lambda} \cdot d\lambda}{\int_{0}^{\infty} F_{\lambda} \cdot d\lambda}$$

где F_{λ} — функция излучения Планка, а λ_0 — длина волны линии H_{α} . В таком случае светимость звезды $E_{\alpha \sigma}$ в эмиссии можно вычислить через светимость звезды L:

$$E_{\alpha \bullet} = z \cdot L.$$

МОЩНОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ АНТИВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД 455

Описанная процедура была применена к нашим наблюдениям. В качестве L брались табличные значения светимостей звезд соответствующих спехтральных классов и классов светимостей. Величины E_{co} приведены в последней графе табл. 1 (для некоторых звезд — в двух колонках).

5. Обсуждение результатов. Итоги измерений и вычислений представлены в сводной таблице. Обращает на себя внимание тот факт, что, несмотря на заметный разброс физических параметров (W, L, T_e) звезд, полученные значения E_{ae} группируются в пределах $E_{ae} = n \cdot 10^{32}$ эрг/с, где $0.93 \le n \le 16.1$. Реальный разброс величин E_{ae} должен быть еще меньше, так как $0.93 \cdot 10^{32}$ и $16.1 \cdot 10^{32}$ — это предельно допустимые значения, полученные при использовании конкурирующих предположений. Необходимость в таких предположениях была вызвана либо двойственностью звезды XY Рег, либо незнанием класса светимости звезды XV Ser, либо переменностью блеска звезды WW Vul. Рассмотрим вти случаи подробнее.

Х.Ү. Рег. известна как двойная звезда с компонентами B6-[-A2 II, с угловым разделением около 1."4 [17] и разницей блеска в максимуме $\Delta m_{Rg} = 0$ "6 [18]. Поскольку неизвестно, какой из компонентов ответственен за H_a эмиссию, расчеты велись для двух случаев, з каждом из которых учитывалось излучение только одного из компонентов. В последней графе табл. 1 соответственно этим случаям в двух столбцах приведены альтернативные эначения E_{ae} . Из вероятностных соображений предпочтение следует отдать левому столбцу (вариант звезды B6), так как средн AB3 звезды II класса светимости пока неизвестны.

Аналогияная неопределенность существует и для результатов по звезде VV Ser, светимость которой неизвестна. При расчетах использовались две возможности: карлик или гигант (соответственно левый и правый столбцы последней графы). То обстоятельство, что светимости звезд A2 и A2 III различаются всего в 2.5 раза, делает разброс альтернативных значений E_{ae} для VV Ser эполне приемлемым для наших целей.

Особый интерес представляет обсуждение результатов по звезде WW Vul, блеск которой в период спектральных наблюдений был намното слабее нормального. Учет этого обстоятельства зависит от используемой модели переменности блеска AB3. Если исходить из популярной в настоящее время модели нестационарного пылевого облака, проекция которого на диск звезды приводит х наблюдаемым ослаблениям блеска, то результат зависит от отношения двух величии: среднего расстояния R_c от звезды до пылевого облака и внешнего радиуса R_e эмиссионной оболочки, в которой возникает H_a -излучение. Если $R_c > R_c$, тогда никаких поправок в измеренные величины E_{ee} вводить не следует, поскольку в этом случае ослабление эмиссии и континуума будет одинаковым. Если же $R_c < R_e$, то в этом случае излучение в эмиссионной линии должно поглощаться облаком слабее, чем излучение фотосферы эвезды, а в случае $R_c \ll R_e$ такое поглощение и вовсе станет незначительным. Тогда наблюдатель зарегистрирует кажущееся усиление интенсивности и увеличение эквивалентной ширины эмиссионной линии.

Два втих предельных случая отражены в расчетах, представленных в таблице (левый столбец для случая $R_c > R_e$). В действительности можно думать, что случай $R_c < R_e$ вполне реален, поскольку из наблюдений Колотилова [8] и из наших наблюдений видно, что при падении блеска W_{exc} увеличивается. Это может быть объяснено в рамках теометрической модели, в которой пылевое облако, экранирующее фотосферу, либо погружено в вамиссионную оболочку, либо же вта оболочка и звезда настолько сильно разнесены в картинной плоскости, что не имеют общих точек или же перекрываются незначительно.

Ввиду отсутствия каких-либо определенных данных относительно R_c и R_e в настоящее время не представляется возможным при редукции измеренной величины W_{co} учесть тот факт, что звезда была в ослабленнсм состоянии. Истинное значение E_{co} лежит между крайними: значениями, приведенными в двух столбцах табл. 1.

Некоторые исследователи объясняют двужомпонентный профиль эмиссии доплеровским эффектом, возникающим при вращении газовой оболочки или диска, а однокомпонентный профиль некоторых Ae—Be звезд интерпретируется как результат наблюдения со стороны одного из полюсов. Наблюдения SV Сер, отразившие существование и одно- и двухкомпочентной Ha-эмиссии, противоречат этой модели и свидетельствуют скорее в пользу изменения геометрии излучающей оболочки.

Таким образом, у четырех из пяти исследовавшихся звезд наблюдается яркая спектральная линия. Ее излучение наложено на центральную часть широкой фотосферной линии H_{α} , крылья которой хорошо заметны на спектрограммах. Светимости звезд в линии H_{α} ваключены в пределах (0.93 ÷ 16.1) · 10⁸² әрг/с. Эначение этой величины может быть полезно при выяснении вопроса о том, где и при каких условиях возникают эмиссионные линии антивспыхивающих звезд.

Приношу глубокую благодарность руководству Крымской астрофизической обсерватории за предоставленную возможность наблюдать на ЭТШ, а также сотрудникам обсерватории К. К. Чуваеву, И. С. Саванову и А. Е. Тарасову за помощь в подготовке и проведении наблюдений.

Главная астрономическая обсерватория АН УССР

МОЩНОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ АНТИВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД 457

H₂-LUMINOSITY OF SOME ANTIFLARE STARS

A. F. PUGACH

Intensities of H_{α} — emission line of five rapid irregular variables (SV Cep, V 530 Cyg, XY Per, VV Ser and WW Vul) have been investigated. 18 spectra of the stars were obtained at the 2.6 m telescope of the Crimean Astrophysical Observatory using the slit — spectrograph with the image intensifier. H_{α} -luminosity of four stars ranged within $E_{ua} = (0.93 \div 16.1) \cdot 10^{32} \text{ erg} \cdot \text{s}^{-1}$. The variability of the emission line intensities is underlined. Spectrum of the V530 Cyg has not the bright. H_{α} -line.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Е. А. Колотилов, Г. В. Зайцева, Астрофизика, 12, 31, 1976.
- 2. U. Finkenzeller, R. Mundt, Astron. and Astrophys. Suppl. Ser., 55, 109, 1984.
- 3. U. Finkenzeller, R. Mundt, Astron. and Astrophys. Suppl. Ser., 57, 285, 1984.
- 4. Г. В. Зайцева, В. Ф. Есипов, Астрон. циркуляр, № 712, 7, 1972.
- 5. Г. В. Зайцева, Е. А. Колотилов, Астрофизика, 9, 185, 1973.
- 6. Г. В. Зайдева, А. Е. Тарасов, А. Г. Щербаков, Изв. Крым. астрофия. обсерв., 72, 85, 1985.
- 7. Л. В. Тимошенко, Астрофизика, 19, 513, 1983.
- 8. Е. А. Колотилов, Астрофизнка, 13, 33, 1977.
- 9. А. А. Боярчук, Р. Е. Гершберг, К. Я. Лиморенко и др., Изв. Крым. астрофиз. обсерв., 36, 277, 1967.
- 10. В. И. Кардополов, Г. К. Филипьев, Перемен. эвезды, 22, 103, 1985.
- 11. В. И. Кардополов, Г. К. Филипьев, Перемен. звезды, 22, 122, 1985.
- 12. В. И. Кардополов, Л. В. Тимошенко, Г. К. Филипьев, Перемен. эвезды, 22, 137, 1985.
- 13. Г. К. Филипьев, Астрон. циркуляр, № 1089, 7, 1980.
- 14. В. Т. Дорошенко, И. Н. Глушнева, Л. В. Моссаковская и др., Астрон. ж., 58, 80.. 1981.

23

- 15. И.М. Копылов. Изв. Крым. астрофиз. обсерв., 22, 189, 1960.
- 16. J. Stock, Astrophys. J., 123, 253, 1955.
- 17. W. J. Hussey, Lick Observ. Bull., 3, 116, 1905.
- 18. G. Biesbroeck, Yerkes Observ. Publ., 5, 43, 1924.