

УДК: 524.3-36

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ УГЛЕРОДНЫХ ЗВЕЗД

С.Е.НЕРСИСЯН, М.Ш.КАРАПЕТЯН

Поступила 10 июля 1998

Принята к печати 15 сентября 1998

Приведены результаты спектрофотометрического исследования 13 углеродных звезд в диапазоне длин волн от 4000 до 6800 Å с разрешением 2.75Å. Определены наблюдаемые распределения энергии указанных звезд относительно потока на длине волны $\lambda_0 = 5556\text{Å}$, представленные в виде графиков. Цветовые температуры исследуемых звезд были определены по цветовому индексу [5710] - [6680]. Предполагается, что вокруг звезды U Cyg существует пылевая оболочка. Определены также индексы молекулярных полос C_2 , MS, CaCl и линии $D_{2,1}$.

1. *Введение.* Распределение энергии в спектрах звезд, т.е. монохроматическая освещенность, создаваемая звездой на внешней границе земной атмосферы, является одной из важнейших характеристик звездного излучения. По ним определяются основные физические параметры звездных атмосфер - температуры, ускорение силы тяжести, источники непрерывного поглощения, химический состав. Поэтому, получение надежных данных распределения энергии в спектрах звезд (в частности углеродных звезд) продолжает оставаться одной из важнейших и актуальных задач современной практической астрофизики.

В настоящей статье продолжены работы по исследованию распределения энергии в спектрах углеродных звезд, начатые в работах [1-3].

2. *Наблюдение, калибровка и стандартизация.* В 1984-1988гг. с помощью спектрографа UAGS, установленного в фокусе Несмита 2.6м телескопа Бюраканской астрофизической обсерватории были проведены спектральные наблюдения 10 углеродных звезд в диапазоне длин волн 4000-6800Å. Спектры трех звезд (U Cyg, AW Cyg и RZ Peg) были получены в фокусе Кассегрена, где после некоторой его реконструкции был установлен тот же спектрограф. Спектрограммы были получены на фотопластинках Kodak 103a-F и на фотопленке А-600 с дисперсией 136Å/мм (разрешение 2.75Å) и с расширением.

В качестве абсолютных стандартов были использованы звезды 54 Psc, i Boo и 15 Cyg, распределение энергии в спектрах которых взято из сводного спектрофотометрического каталога звезд Харитонов и др. [4]. Калибровочные снимки получены на лабораторном трубчатом фотометре Бюраканской обсерватории и были проявлены вместе со спектро-

граммами исследуемых и стандартных звезд.

Обработка всех спектрограмм проводилась на микроденситометре PDS Бюраканской обсерватории и по разработанной системе ADA. Программа для массовой обработки спектров углеродных звезд описана в работе [5].

Список исследуемых углеродных звезд, выбранных из каталога Стивенсаона [6], приведен в табл. 1, где по порядку даны название звезды, средняя визуальная звездная величина, спектральный подкласс по [7,8],

Таблица 1

СПИСОК ИССЛЕДОВАННЫХ ЗВЕЗД

Звезда	m_v	Спектр	Тип перем.	n	Экспозиция (мин)	Дата набл.
Z Psc	7.0	N0, C7.2	SR _b	2	25,30	15.12.84
W Ori	8.0	NS, C3.4	SR _b	2	20,25	15.12.84
HK Lyr	8.0	N, C7.4	L _b	2	30,15	22.6.85
UV Aql	8.0	N4, C5.3	SR _b	4	30	22.6.85
V Aql	7.0	N6, C5.4	SR _b	2	25	26.6.85
U Lyr	10.0	N, C4.5e	M	1	50	24.6.85
AW Cyg	9.0	N3, C4.5	SR _b	1	45	8.7.86
TT Cyg	9.0	N3e, C5.4	SR _b	2	30,28	22.6.85
AX Cyg	8.0	N, C4.5	SR _b	1	30	23.6.85
WX Cyg	10.0	N3e, C9.2	M	2	60	2.7.86
U Cyg	8.0	Npe, C8.2e	M	2	1 ^h	7.7.86
RV Cyg	8.0	N5, C6.4	SR _b	2	25	26.6.85
RZ Peg	10.6	Ne, C9.1e	M	1	30	7.7.86

тип переменности из каталога [9], количество использованных спектрограмм, экспозиция для каждой звезды, дата наблюдения.

3. *Распределение энергии в спектре.* Распределение энергии в спектрах всех 13 углеродных звезд определялось относительно потока на длине волны $\lambda_0 = 5556 \text{ \AA}$ согласно [1]. Максимальное среднеквадратическое отклонение логарифма потока, которое относится к коротковолновой части спектра, составляет 10%.

Кривые распределения энергии с шагом в 5 \AA представлены на рис. 1-3, где звезды сгруппированы по типам переменности. Хорошо выделяются характерные детали оптических спектров углеродных звезд, т.е. молекулярные полосы поглощения соединений углерода, а также ряда атомных линий. Так, например, линия дублета NaI $5890-96 \text{ \AA}$ особенно сильна в спектрах углеродных мирид, а резонансная линия Li 6708 \AA

интенсивна в спектре суперлитиевой звезды WX Cyg. Эмиссионные линии водорода серии Бальмера присутствуют в спектрах звезд WX Cyg, U Lyr и RZ Peg, при этом все три линии - H_α , H_β , H_γ наблюдаются в спектре RZ Peg, у которой коротковолновый конец не так уж сильно ослаблен фиолетовой депрессией.

Полосы Меррилла-Санфорда (MS) наблюдаются в спектрах звезд W Ori, UV Aql, AX Cyg, RV Cyg.

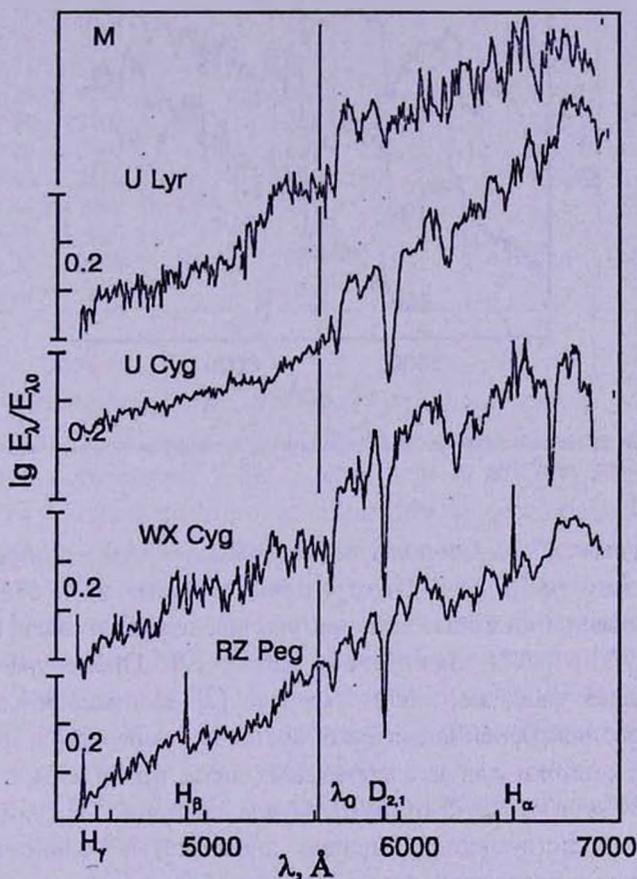


Рис.1 Относительные распределения энергии в спектрах углеродных мирид.

В коротковолновой части спектра ($\lambda < 5200 \text{ \AA}$) ряда звезд (U Cyg, WX Cyg, U Lyr, V Aql) сильно оказывается влияние УФ депрессии. А в спектрах звезд UV Aql, V Aql, RV Cyg, AX Cyg, AW Cyg видна депрессия в диапазоне длин волн от $\lambda 5750 \text{ \AA}$ до примерно $\lambda 6150 \text{ \AA}$. В спектрах звезд WX Cyg и RZ Peg депрессия видна примерно в интервале длин волн $6100\text{--}6500 \text{ \AA}$. Вероятно, эта депрессия является следствием эффекта блокировки молекулярными полосами поглощения CN и C_2 , имеющимися в указанном выше интервале спектра. А может быть это

обусловлено истинным непрерывным поглощением континуума, например, отрицательным ионом углерода или ионами других элементов.

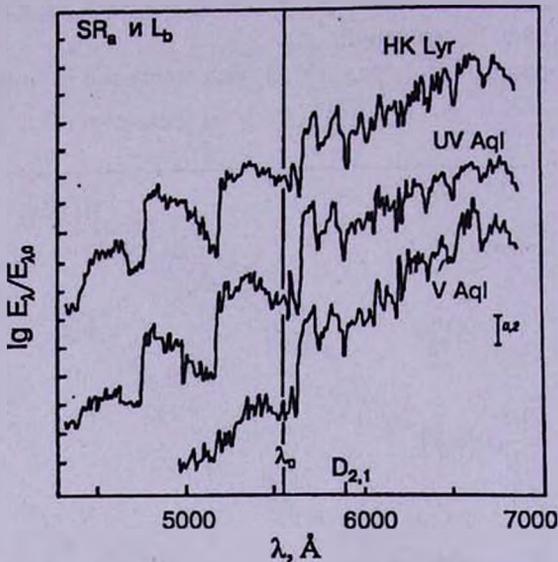


Рис.2. Относительные распределения энергии в спектрах полуправильных переменных углеродных звезд типа SR_a и L_b

4. *Цветовые температуры.* Используя приведенные данные о распределении энергии в спектральной области от λ 5710Å до 6680Å были определены цветовые температуры исследуемых звезд по цветовому индексу [5710]-[6680], аналогично работе [2]. Процедура определения избытка цвета такая же, как и в работе [2]. Исправленные за влияние межзвездного покраснения значения цветовых температур и их среднеквадратические ошибки для исследованных звезд приведены в табл. 2. Для звезды U Cyg в табл. 2 приведены два значения $E_{B,V}$, обусловленные наблюдаемым поглощением (первое значение) и только межзвездным поглощением (второе значение). Наличие большого расхождения между цветовыми температурами звезды U Cyg, вероятно, говорит о том, что у этой звезды существует пылевая оболочка. В пользу данного предположения говорит и то, что звезда U Cyg по данным ИК обзора AFGL включена в список углеродных звезд с пылевыми оболочками. Кроме того известно, что показатель цвета [3,5]-[11] является хорошей характеристикой околозвездных оболочек. По Берже и др. [10] звезда X Sps, у которой показатель цвета больше 0.7 (а у U Cyg он равен 2.0) может иметь хотя бы тонкую оболочку. Если это так, то и у звезд с показателями цвета больше 0.7 также не исключено присутствие оболочек.

Таблица 2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ИССЛЕДУЕМЫХ ЗВЕЗД

Звезда	E_{B-V}	T_n	$\sigma_T(K)$	I_{54}	I_{51}	I_{47}	I_D	I_{MS}	I_{CaCl}
ZPsc	0.11	2960	± 68	1.35	1.60	1.04	1.62	1.00	0.72
WOr1	1.44	4380	± 122	2.05	2.10	1.90	1.15	1.35	0.85
HK Lyr	0.16	2660	± 15	1.70	1.65	1.45	1.36	-	1.00
UVAql	0.39	2840	-	2.10	1.90	1.65	1.20	1.65	1.08
VAql	0.16	2640	± 35	1.70	-	-	1.25	-	0.75
ULyr	0.21	2190	-	1.60	-	-	0.82	-	-
AWCyg	0.26	2990	-	2.05	1.45	-	0.94	-	0.90
TCyг	0.21	3100	± 75	2.20	2.10	1.75	1.03	-	0.86
AxCyг	0.29	3100	-	1.40	1.35	1.10	1.35	1.22	1.00
WxCyг	0.43	2360	-	1.45	-	-	1.70	-	0.53
UCyг	0.40	1900	-	1.00	-	-	1.75	-	-
	0.90								
RVCyг	0.08	2940	± 90	2.00	1.75	-	1.50	0.62	1.14
RZ Peg	0.64	2640	-	0.182	-	-	1.70	-	0.19

5. *Количественный анализ молекулярных полос поглощения и атомных линий.* Следуя работе [2] нами определены молекулярные индексы полос поглощения λ 6212Å CaCl как $-2.5 \lg I_{\lambda_1}/I_{\lambda_2}$, где I_{λ_1} и I_{λ_2} - интенсивности у головы полос и квазиконтинуума соответственно. Участки континуума, в основном, расположены в голове полосы поглощения молекулы C_2 в районе длин волн 5710, 5245 и 4815Å. Индексы полос 4976Å и 6212Å были определены относительно кривой излучения черного тела. Индекс линии NaI 5890-96Å был определен относительно локального континуума у 5710Å. Результаты приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2 полосы системы Свана особенно интенсивны у переменных углеродных звезд типа SR_b .

Интенсивные полосы CaCl появляются, в основном, в спектрах звезд спектральных подклассов C5-C7.

6. Основные результаты.

1. Получены распределения энергии в спектрах 13 углеродных звезд подкласса N.

2. В спектрах звезд UV Aql, V Aql, RV Cyг, AX Cyг, AW Cyг обнаружена депрессия в диапазоне 5750 - 6150Å, а в спектрах звезд WX Cyг и RZ Peg - в интервале 6100-6500Å.

3. Определены цветовые температуры. Предполагается, что вокруг звезды U Cyг существует пылевая оболочка.

4. Для количественного анализа определены индексы полос молекулы

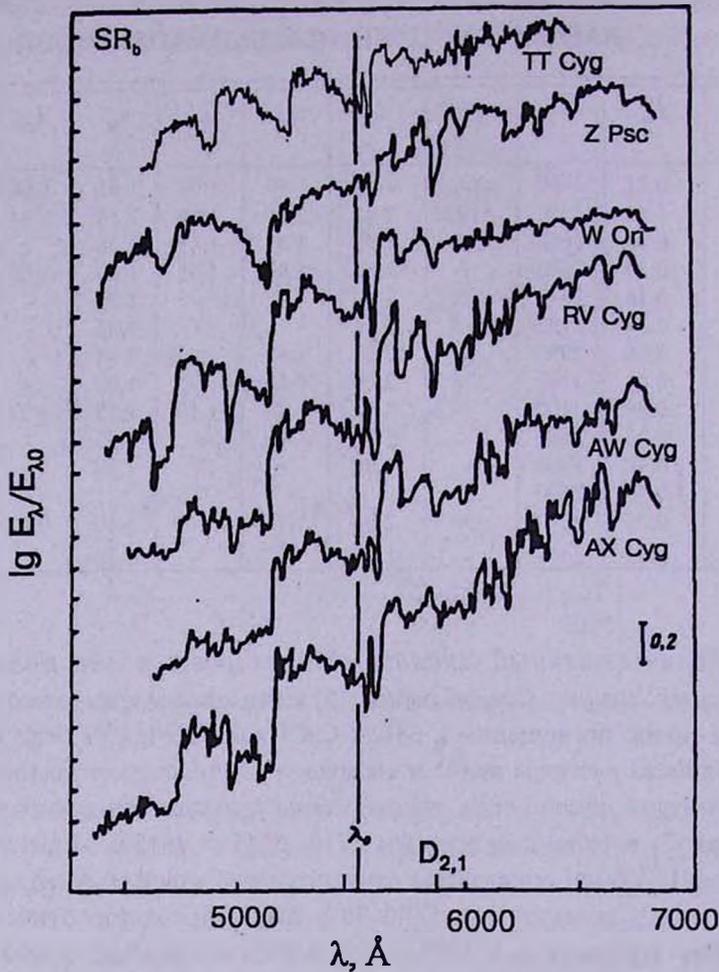


Рис.3. Относительные распределения энергии в спектрах полуправильных переменных углеродных звезд типа SR_b .

C_2 системы Свана, Меррилла-Санфорда, CaCl и линии дублета NaI 5890-96Å.

Бюраканская астрофизическая обсерватория
им. В.А.Амбарцумяна, Армения

THE SPECTROPHOTOMETRY OF CARBON STARS

S.G.NERSESSIAN, M.SH.KARAPETIAN

13 carbon stars have been studied spectrophotometrically in the wavelength region 4000-6800Å with a 2.75 Å resolution. The obtained energy distributions for the studied stars with respect to the flux at the wavelength $\lambda_0 = 5556\text{Å}$ are presented in graphical form. The colour temperatures defined on the basis of monochromatic [5710] - [6680] colour indexes for corresponding spectral region are presented. It is supposed that the star U Cyg probably have circumstellar dust envelope. The indexes of the C_2 , Merrill-Sanford, CaCl molecular bands and $D_{2,1}$ line are determined.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р.Х. Оганесян, С.Е. Нерсисян, М.Ш. Карапетян, *Астрофизика*, 23, 99, 1985.
2. Р.Х. Оганесян, С.Е. Нерсисян, *Астрофизика*, 23, 245, 1985.
3. С.Е. Нерсисян, Р.Х. Оганесян, *Астрофизика*, 29, 245, 1986.
4. А.В. Харитонов, В.М. Терещенко, Л.Н. Князева. Сводный спектрофотометрический каталог, Алма-Ата, 1978, 147с.
5. М.Ш. Карапетян, Р.А. Саркисян, *Сообщ. Бюраканской обс.* 56, 61, 1985.
6. С.В. Stephenson. A General Catalogue of Cool Carbon Stars. *Publ. Warner Swassey Observ.*, 1, 79, 1979.
7. С.Р. Shane. *Lick Observ. Bull.*, 13, 132, 1928.
8. Y. Yamashita. *Ann. Tokyo Astron. Observ. Ser.*, 2, 13, 167, 1972.
9. Б.В. Кукаркин и др., *Общий каталог переменных звезд. Изд. АН СССР*, Т 1-2, 1969-1970.
10. I. Bergeat., F. Sibille, M. Lunel., I. Lefevre. *Astron. Astrophys.*, 52, 227, 1976.