

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 14

НОЯБРЬ, 1978

ВЫПУСК 4

УДК 523.821

ФОТОМЕТРИЯ НЕКОТОРЫХ УГЛЕРОДНЫХ ЗВЕЗД В ДИАПАЗОНЕ 1—2.5 МКМ

В. В. КИРЬЯН, Ю. К. МЕЛИК-АЛАВЕРДЯН, Г. М. ТОВМАСЯН,
Ю. Л. ШАХБАЗЯН

Поступила 30 июля 1978

Выполнены наблюдения 8 углеродных звезд в диапазоне 1—2.5 мкм. Показано, что в излучении некоторых из этих звезд присутствует избыточное излучение, принадлежащее, возможно, пылевым околозвездным оболочкам. Установлена корреляция этого избытка с содержанием углерода. Отмечено, что наличие такой корреляции противоречит представлениям о конденсации графитовой пыли в атмосферах углеродных звезд.

Углеродные звезды — звезды с повышенным содержанием углерода — представляют особый интерес для исследования звездной эволюции, так как наблюдаемые в их спектрах некоторые абсорбционные линии и полосы обусловлены химическими элементами, образовавшимися, возможно, в результате эволюционных внутризвездных процессов. К настоящему времени известно более 3000 углеродных звезд, список которых приведен в [1]. Многие углеродные звезды являются переменными и входят в каталог переменных звезд [2]. Среди переменных углеродных звезд имеются долгопериодические переменные типа М, полуправильные переменные типа SR и неправильные переменные типа Lb. Так как углеродные звезды имеют эффективные температуры около 2000—3000°K, то их излучение сосредоточено преимущественно в ближней инфракрасной области спектра. Поэтому инфракрасные наблюдения углеродных звезд весьма целесообразны. Такие наблюдения представляют особый интерес, поскольку в инфракрасной области спектра имеются полосы поглощения некоторых молекул, не наблюдаемых в оптическом диапазоне, а также возможно присутствие дополнительного излучения, в частности, излучения пылевых околозвездных оболочек.

В настоящей работе приводятся результаты среднеполосных инфракрасных наблюдений некоторых звезд из каталогов [1] и [2]. Наблюдения выполнялись с помощью одноканального фотометра, собранного на базе стандартного фотометра АФМ-3. Новыми узлами являлись модулятор с частотой модуляции 93 гц, узел смены фильтров, эталонный источник (термостатированный светодиод, питаемый стабилизированным напряжением) и фотоблок, включающий приемник PbS, охлаждаемый углекислотой. Кроме того, в фотометр встроены узел абсолютно черного тела, предназначенного для калибровки приемника, а также узел поляроида-анализатора.

Приемник PbS имеет чувствительную площадку размером 0.4×0.4 мм². Чувствительный слой напылен на иммерсионную линзу из стекла К8. Частота модуляции и напряжение питания приемника выбраны из условия максимума отношения сигнал/шум. Камера приемника герметизирована и заполнена силикагелем. Приемник охлаждается через массивный медный радиатор, к которому прижимается брикет углекислоты. Одного брикета хватает в зависимости от температуры окружающего воздуха на 3—3.5 часа работы.

Вблизи приемника, но без теплового контакта с ним, размещен предусилитель, выполненный на микросхеме серии 504. Регистрирующая система собрана из стандартных приборов и имеет вывод на самописец или аналого-цифровой преобразователь с интегратором.

Наблюдения проводились в фокусе Несмита телескопа ЭТА-2.6 м Бюраканской астрофизической обсерватории. Применялись сменные диафрагмы, обеспечивающие поле зрения 5, 10, 15, 25". Согласование фотометра с телескопом выполнено таким образом, чтобы изображение звезды вписывалось в квадрат чувствительной площадки приемника. При наблюдениях применялись интерференционные фильтры, основные параметры которых (длина волны λ , соответствующая максимуму пропускания, ширина полосы $\Delta\lambda$ по половине пропускания и пропускание τ в максимуме) приводятся в табл. 1. Полосы пропускания использованных фильтров находятся вне известных интенсивных полос молекулярного поглощения и поэтому измерения, произведенные с помощью этих фильтров, дают определенное представление о распределении энергии в непрерывном спектре наблюдаемых звезд.

В табл. 2 приведен список исследованных звезд. Здесь даны обозначения звезд по каталогам [1] или [2], их спектральные классы и даты наблюдений. Порядок наблюдений был принят следующий: эталон, нуль, звезда в первом фильтре, фон в первом фильтре, фон в следующем фильтре, звезда в этом фильтре и т. д., затем снова эталон и нуль. Калибровка аппаратуры производилась после каждой заправки углекислотой.

Для всех исследованных углеродных звезд определены избытки цветов [L] — [1.54] по отношению к соответствующим цветам принятой в ка-

Таблица 1

ФИЛЬТРЫ. ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ПРИ НАБЛЮДЕНИЯХ

λ мкм	0.96	1.04	1.54	1.72	1.75	1.98	2.02	2.17	2.23	2.39
$\Delta\lambda$ мкм	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.05	0.05	0.05	0.06	0.04
τ %	24	34	60	57	34	52	58	62	62	68

Таблица 2

СПИСОК ИССЛЕДОВАННЫХ ЗВЕЗД

Звезда	Спектр	Дата наблюдений
VY U Ma	C6, 3	26,27 04 1978
SS Vir	C5, 3e	26,27 04 ..
RR Her	C7, 2	30/1 04-05 ..
RY Dra	C4, 4	1/2 05 ..
N 1343	C1p, 2	2 3 05 ..
HK Lyr	C6, 4	3/4 05 ..
T Lyr	C6, 5	3/4 05 ..
V Aql	C6, 4	25/26 06 ..

честве стандарта звезды типа KO III β UMi. Эти данные, выраженные в звездных величинах, представлены в табл. 3. Приведенные в табл. 3 цвета были исправлены за атмосферное поглощение с учетом различия воз-

Таблица 3

ЦВЕТА [ν] - [1.54] В ЗВЕЗДНЫХ ВЕЛИЧИНАХ

Звезда \ λ	0.96	1.72	1.75	1.98	2.02	2.17	2.23	2.39
VY U Ma	0.49	-0.39	-0.55	-0.45	-0.54	-0.59	-0.53	-0.54
SS Vir	0.61	-0.40	-0.52	-0.62	-0.72	-1.12	-1.01	-0.95
RR Her	0.51	-0.26	-0.26	-0.28	-0.26	-0.58	-0.40	-0.15
RY Dra	0.50	-0.59	-0.71	-0.58	-0.81	-1.03	-0.89	-0.92
N 1343	-0.12	0.00	0.28	-0.13	-0.49	-0.58	-0.38	-0.78
HK Lyr	0.48	-0.71	-0.81	-0.84	-1.14	-0.94	-	-0.74
T Lyr	0.80	-1.00	-1.03	-0.81	-1.26	-1.14	-	-1.58
V Aql	0.70	-0.37	-0.37	-0.50	-0.60	-0.77	-0.65	-0.82

душных масс сравниваемых звезд и звезды стандарта. Так как все звезды наблюдались на сравнительно небольших зенитных расстояниях и различия в воздушных массах не превышали 0.2, то и эти поправки Δm , приведенные в табл. 4, были невелики. Как показали повторные наблюдения.

среднеквадратичная дисперсия приведенных в табл. 3 исправленных за атмосферное поглощение избытков цветов не превышает 0^m05 .

Таблица 4

ПОПРАВКИ Δm ЗА АТМОСФЕРНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ

λ Звезда	0.96	1.72	1.75	1.98	2.02	2.23	2.39
VY U Ma	0.00	0.01	0.05	0.00	0.05	0.00	0.00
SS Vir	—	—	—	—	—	—	—
RR Her	0.01	0.02	0.08	0.05	0.10	0.01	0.05
RY Dra	0.01	0.02	0.08	0.05	0.10	0.01	0.05
N 1343	—	—	—	—	—	—	—
HK Lyr	0.02	0.03	0.10	0.10	0.15	0.02	0.08
T Lyr	0.01	0.02	0.07	0.03	0.08	0.01	0.03
V Aql	0.01	0.02	0.08	0.05	0.10	0.02	0.07

Измеренные цвета исследованных углеродных звезд, исправленные, как отмечено выше, за атмосферное поглощение, приведены на рис. 1, на котором для каждой звезды пунктиром указаны также и цвета, соответствующие их эффективным температурам. Последние определены согласно [3] по спектральному температурному подклассу звезд. Рассмотрение рисунка показывает, что в случае некоторых звезд имеется расхождение между наблюдаемыми и рассчитанными цветами, причем наблюдается довольно четкая зависимость: чем больше относительное содержание углерода, определяемое вторым индексом двухмерной спектральной классификации углеродных звезд, тем больше это расхождение. Можно было бы думать, что такое расхождение обусловлено наличием сильной депрессии в области спектра от 1 до 1.5 мкм, усиливающейся с увеличением относительного содержания углерода. Такая депрессия могла бы быть связана с поглощением полосами CO. Однако известно, что в углеродных звездах отношение содержания углерода к кислороду больше единицы. Следовательно, весь кислород уже связан в CO и дальнейшее увеличение относительного содержания углерода уже не может привести к значительному увеличению интенсивности полос CO. Весьма вероятным представляется другое объяснение. А именно, можно предположить, что вокруг этих звезд существуют некоторые пылевые оболочки, переизлучающие коротковолновое излучение звезд в диапазоне $\lambda > 1.5$ мкм. Существование таких пылевых оболочек, состоящих из графитовых пылинок, было предсказано в [4] для объяснения происхождения космической пыли. Можно полагать, что полученные в настоящей работе данные служат подтверждением представления о существовании пылевых околозвездных оболочек углеродных звезд. Однако

эти данные не позволяют согласиться с предложенным в [4] механизмом образования таких оболочек путем конденсации углеродных пылинок. Дело в том, что эффективность этого механизма быстро уменьшается с увеличением температуры, причем эта температурная зависимость много сильнее, чем зависимость от имеющихся в углеродных звездах различий в содержании углерода. Поэтому в случае образования пылевых оболочек пу-

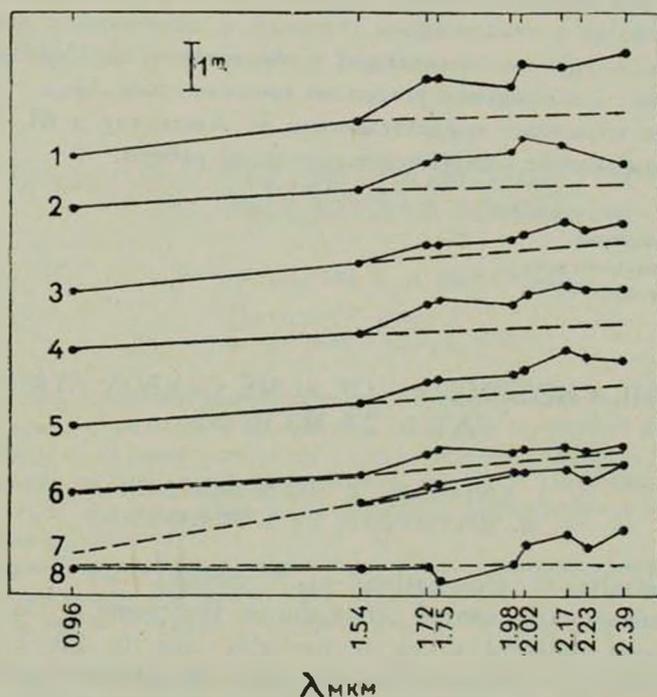


Рис. 1. Выраженные в звездных величинах цвета $[\lambda] - [1.54]$, отнесенные к цвету звезды β UMi (K0 III). Кривая 1 относится к звезде T Lyr (C6, 5); 2 — HK Lyr (C6, 4); 3 — V Aql (C6, 4); 4 — RY Dra (C4, 4); 5 — SS Vir (C5, 3e); 6 — VY U Ma (C6, 3); 7 — RR Her (C7, 2); 8 — GC 1343 (C1p, 2). Для каждой звезды пунктиром показаны цвета $[\lambda] - [1.54]$, соответствующие ее эффективной температуре.

тем конденсации следовало бы ожидать зависимости инфракрасного избытка прежде всего от температуры звезд. Однако полученные в настоящей работе данные указывают на отсутствие какой-либо зависимости инфракрасного избытка от температуры. Действительно, как видно из рис. 1, углеродная звезда RR Her (C 7.2) не обнаруживает инфракрасного избытка, несмотря на то, что является самой холодной из рассмотренных углеродных звезд. Зато более горячая RY Dra (C 4.4) имеет значительный инфракрасный избыток.

Таким образом, полученные нами данные о распределении интенсивности излучения углеродных звезд в ближнем инфракрасном диапазоне указывают на существование некоторого инфракрасного избытка, интенсивность которого увеличивается с увеличением относительного обилия углерода. Наиболее вероятной причиной этого избытка может являться наличие у этих звезд пылевых оболочек. Отсутствие корреляции этого избытка с температурой звезд заставляет полагать, что образование пылевой оболочки связано не с конденсацией углерода, а, возможно, с выбросом из звезд сгустков вещества, приводящих к образованию околозвездных пылевых оболочек и к обогащению углеродом внешних слоев звезд.

Авторы выражают признательность В. Аветисяну и М. Ширбакян, принимавшим участие в выполнении настоящей работы.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

Главная астрономическая
обсерватория АН СССР

THE PHOTOMETRY OF SOME CARBON STARS AT 1—2.5 MICRONS

V. V. KIRIAN, Yu. K. MELIK-ALAVERDIAN,
H. M. TOVMASSIAN, Yu. L. SHAHBAZIAN

The results of observations of 8 carbon stars at wavelengths 1—2.5 microns are presented. It is shown that some of the stars have infrared excess emission which is probably due to the circumstellar shells and that the amount of excess infrared emission depends on the carbon content of the corresponding stars. The found correlation contradicts the suggestion on the condensation of graphite particles in the atmospheres of carbon stars.

ЛИТЕРАТУРА

1. C. B. Stephenson, Publ. Warner Swasey Obs., 1, No. 4, 1973.
2. Б. В. Кукаркин, П. Н. Холопов, Ю. Н. Ефремов, Н. П. Кукаркина, Н. Е. Курочкин, Г. И. Медведева, Н. Б. Перова, В. П. Федорович, М. С. Фролов, Общий каталог переменных звезд, изд. АН СССР, М., 1969.
3. Y. Fujita, V. Jamashita, F. Kamijo, T. Tsuji, K. Utsumi, Publ. Dominion Obs. Victoria, 12, 293, 1971.
4. F. Hoyle, N. C. Wickramasinghe, M. N., 124, 417, 1962.