

# АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

# АСТРОФИЗИКА

ТОМ 16

НОЯБРЬ, 1980

ВЫПУСК 4

УДК 523.035.33

## ИНФРАКРАСНАЯ ФОТОМЕТРИЯ S ЗВЕЗД

А. А. АКОПЯН, В. В. КИРЬЯН, Ю. К. МЕЛИК-АЛАВЕРДЯН,  
Г. М. ТОВМАСЯН

Принята к печати 11 июля 1980

Приводятся результаты наблюдений S звезд в диапазоне 0.98–2.39 мкм. Обнаружено наличие ИК-избытков на 1.75 мкм у некоторых из звезд и поглощение на 2.39 мкм у всех исследованных звезд.

В последние годы в Бюраканской астрофизической обсерватории ведутся инфракрасные наблюдения холодных звезд. Особое внимание уделяется холодным звездам с аномальным химическим составом. В частности, в программу наблюдений были включены и S звезды, то есть звезды с повышенным содержанием тяжелых элементов, таких, как Zr, La.

Звезды класса S сравнительно мало исследованы в ИК-диапазоне. Можно упомянуть, например, работу [1], в которой выполнено отождествление некоторых S звезд с объектами 2-микронного обзора неба [2]. В работе [3] исследовалась переменность S звезд на 1.04 мкм. О спектральных инфракрасных исследованиях S звезд сообщается в работах [4] и [5]. В этих работах отмечена высокая интенсивность полосы CO (3.0) у звезды  $\chi$  Sgr. Кроме того, отмечено отсутствие линии Брекет  $\gamma$  [4] и наличие сильного поглощения излучения парами H<sub>2</sub>O [6] в спектре этой звезды.

Так как многие из S звезд являются переменными, то их цветовые характеристики невозможно определить из фотометрических наблюдательных данных, относящихся к разным фазам блеска. Для определения цвета необходимы наблюдения, выполненные при одной и той же фазе на различных длинах волн. В настоящей работе приводятся результаты та-

ких наблюдений 13 звезд из каталога Стефенсона [7]. Наблюдения проводились на телескопе ЗТА-2.6 м с помощью охлаждаемого углекислотой приемника PbS. Применялись интерференционные фильтры, основные параметры которых (длина волны  $\lambda$ , соответствующая максимуму пропускания, ширина полосы  $\Delta\lambda$  по половине максимального пропускания, пропускание  $\tau$  в максимуме) приводятся в табл. 1. Список исследованных звезд приводится в табл. 2, где указаны дата наблюдений, тип переменности и период [8], а также спектральный класс [9].

Таблица 1

## ПАРАМЕТРЫ ФИЛЬТРОВ

$\lambda$ мкм	0.98	1.47	1.54	1.72	1.75	1.98	2.02	2.17	2.23	2.39
$\Delta\lambda$ мкм	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.05	0.05	0.05	0.06	0.04
$\tau$ %	24	42	60	57	34	52	58	62	62	68

Таблица 2

## СПИСОК ИССЛЕДОВАННЫХ ЗВЕЗД

Звезда	Дата наблюдения	Спектр	Тип переменности	Период (сутки)
S 20 = HR 363	13/14 09 1978	M2S	—	—
S 60 = HR 1105	14/15 09 1978	S5.3	—	—
S 84 = 40 <sup>1</sup> Ori	13/14 09 1978	M3S	—	—
S 98 = HD 35155	4/5 02 1978	S4.1	—	—
S 110 = HD 37536	3/4 02 1978	M2S	—	—
S 156 = DY Gem	2/3 02 1978	S8.5	SR <sub>a</sub>	—
S 452 = S UMa	8/9 05 1979	S5.9	M	226
S 483 = R Gem	8/9 05 1979	S2.9	M	270
S 616 = R Cyg	10/11 07 1979	S3.9	M	426
S 625 = $\gamma$ Cyg	10/11 07 1979	S7.1	M	407
S 714 = SX Peg	4/5 11 1978	S4.9	M	306
S 718 = HR 8714	2/3 02 1978	S5.1	—	—
S 723 = V 57 Peg	2/3 02 1978	M4S	—	—

Для исследованных звезд были определены показатели цвета [ $v$ ] — [1.54] =  $-2.5 \lg F_\lambda / F_{1.54}$ , где  $F_\lambda$  — спектральная плотность потока на волне  $\lambda$ . Для калибровки фотометра и учета атмосферной экстинкции наблюдались звезды-стандарты, которые выбирались вблизи исследуемых звезд. Полученные таким образом цвета исследованных звезд приводятся в табл. 3 и на рис. 1. В конце табл. 3 приведены среднеквадратичные ошибки, оцененные по всем наблюдавшимся звездам.

Таблица 3

НАБЛЮДАЕМЫЕ ЦВЕТА И СРЕДНЕКВАДРАТИЧНЫЕ ОШИБКИ,  
ОЦЕНЕННЫЕ ПО ВСЕМ НАБЛЮДАВШИМСЯ ЗВЕЗДАМ

Звезда \ $\lambda$ мкм	0.98	1.47	1.72	1.75	1.98	2.02	2.17	2.23	2.39
S 20	0.38	-0.16	0.14	-0.05	0.51	0.53	0.88	1.04	1.38
S 60	-0.36	-0.10	0.17	-0.13	0.57	0.59	0.94	1.15	1.29
S 84	-0.38	-0.19	0.29	-0.18	0.63	0.64	0.91	0.95	1.58
S 98	-0.34	-0.21	0.08	-0.56	0.61	0.44	0.75	1.14	1.40
S 110	-0.44	-0.25	-0.02	0.01	0.37	0.47	0.73	0.93	1.44
S 156	0.00	-0.09	0.06	-0.14	0.41	0.37	0.66	0.99	—
S 452	-0.25	-0.12	0.12	-0.17	0.44	0.43	0.83	0.94	1.42
S 483	-0.23	0.16	0.26	-0.18	0.81	0.60	0.88	0.89	1.65
S 616	-0.06	0.06	0.09	-0.01	0.49	0.36	0.65	0.77	1.42
S 625	-0.09	-0.09	0.09	-0.06	0.41	0.37	0.51	0.84	1.25
S 714	0.06	-0.36	-0.06	-0.50	0.36	0.70	0.58	0.67	1.08
S 718	-0.30	-0.17	0.04	0.10	0.48	0.55	0.68	0.68	—
S 723	-0.23	0.07	0.23	0.15	0.64	0.63	0.97	1.15	1.74
$\sigma$	0.03	0.08	0.06	0.16	0.04	0.05	0.06	0.09	0.07

Полученные цвета сравнивались с цветами звезд, эквивалентных по температуре спектральных классов и имеющих нормальный химический состав. Эквивалентные спектральные классы были приняты, согласно [11], следующими:

S3	S5	S7	S10
M3	M6	M8	M9-10

Цвета звезд сравнения получены путем экстраполяции результатов широкополосной фотометрии [10] и показаны на рис. 1 пунктирными линиями.

Сравнение наблюдаемых и рассчитанных цветов показывает, что у всех исследованных S звезд имеется недостаток цвета [0.98] — [1.54]. Как видно из рис. 2, этот недостаток цвета коррелирует с видимой звездной величиной  $m$ , соответствующих звезд. Это указывает, по-видимому, на то, что полученные нами цвета искажены межзвездным селективным поглощением. Для учета влияния этого эффекта на полученные значения цветов мы приняли, что свободные от межзвездного селективного поглощения цвета [0.98] — [1.54] исследуемых звезд должны быть равны соот-

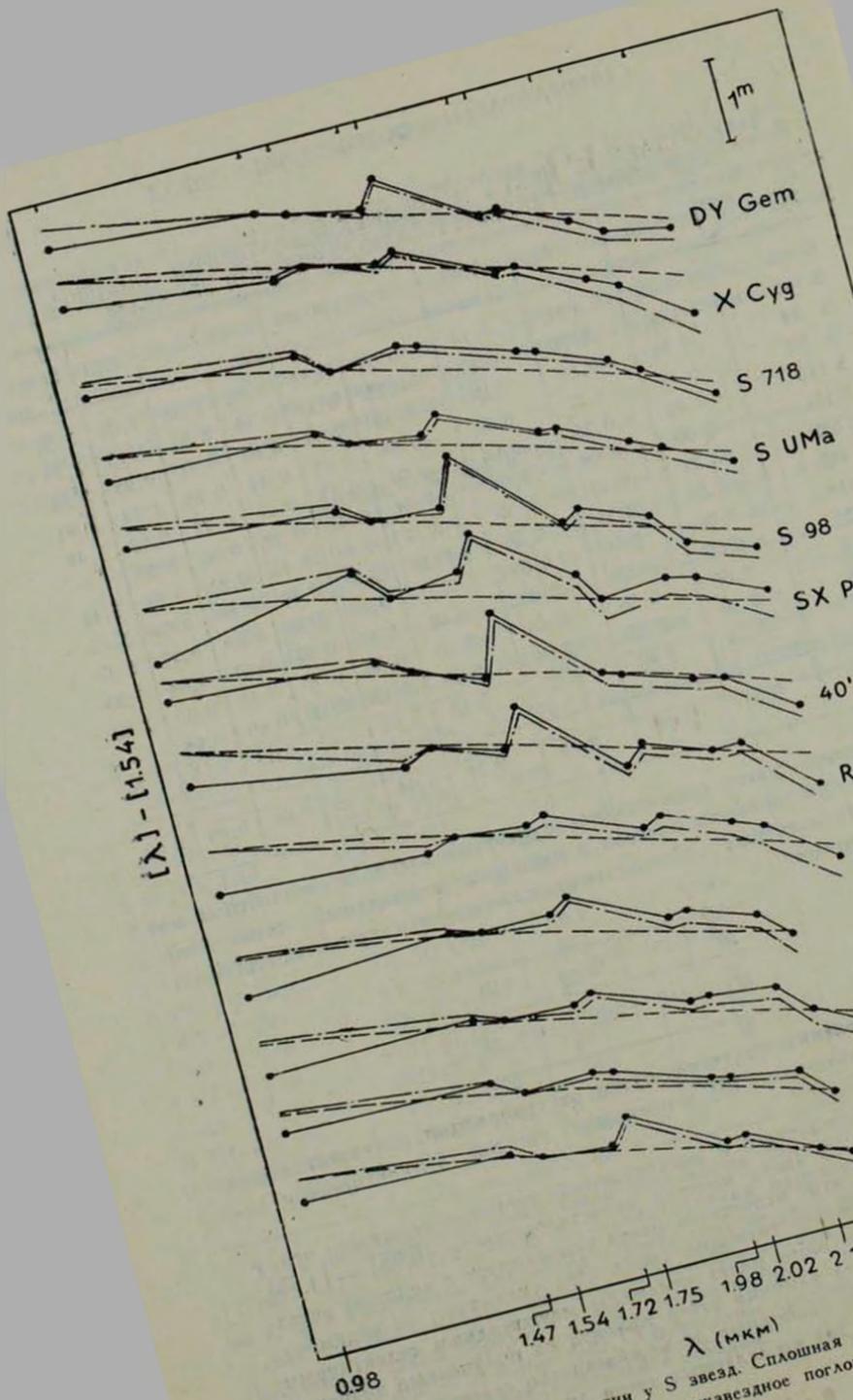


Рис. 1. Распределение энергии у S звезд. Сплошная  
 — цвета, исправленные за межзвездное погло-

ветствующим значениям для звезд эквивалентных спектральных классов. Тогда для каждой звезды можно найти избыток цвета  $E \{[0.98] - [1.54]\}$ .

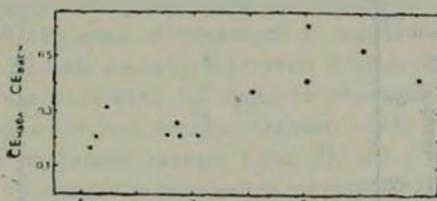


Рис. 2. Зависимость величины  $|[0.98] - [1.54]|_{\text{набл.}} - |[0.98] - [1.54]|_{\text{расч.}}$  от визуальной звездной величины  $V$ .

По величине этого избытка  $E \{[0.98] - [1.54]\}$  можно найти избытки в других цветах, приняв закон межзвездного поглощения, согласно [12], в виде

$$\Delta m \sim \frac{1}{\lambda}. \quad (1)$$

Вычисленные согласно (1) отношения  $\frac{E \{[\lambda] - [1.54]\}}{E \{[0.98] - [1.54]\}}$  приводятся в табл. 4. Исправленные таким образом за межзвездное поглощение цвета представлены на рис. 1 вместе с наблюдаемыми цветами и цветами звезд эквивалентных спектральных классов. Сравнение исправленных за межзвездное поглощение цветов с рассчитанными цветами соот-

Таблица 4

$\lambda$ , мкм	ЗНАЧЕНИЯ $\frac{E \{[\lambda] - [1.54]\}}{E \{[0.98] - [1.54]\}}$									
	0.98	1.47	1.54	1.72	1.75	1.98	2.02	2.17	2.23	2.39
$\frac{E \{[\lambda] - [1.54]\}}{E \{[0.98] - [1.54]\}}$	1.00	0.084	0.00	-0.183	-0.21	-0.388	-0.415	-0.507	-0.542	-0.623

ветствующих звезд показывает, что у большинства звезд имеется явное различие наблюдаемых и рассчитанных цветов на 1.75 мкм и 2.39 мкм. На длине волны 1.75 мкм у звезд SX Peg, 40<sup>1</sup> Ori, S 98, R Cam наблюдается большой избыток. У звезд HR 8714, V 57 Peg, S 110, S 20 цвета близки к рассчитанным. Остальные звезды по величине избытка занимают промежуточное положение между этими двумя группами. У них

избыток есть, но он сравнительно небольшой. На длине же волны 2.39 мкм у всех звезд наблюдается завал в спектре, обусловленный, по всей вероятности, молекулами CO.

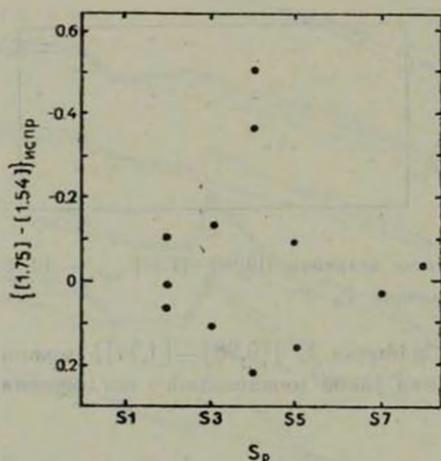


Рис. 3. Зависимость цветов [1.75] — [1.54], исправленных за межзвездное поглощение, от температурного подкласса звезд.

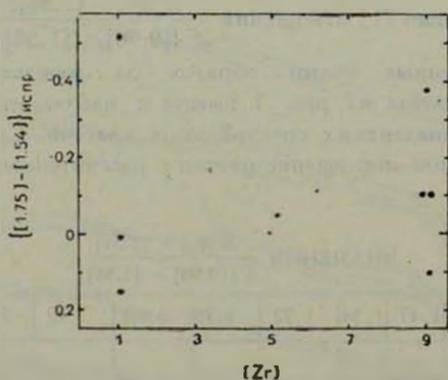


Рис. 4. Зависимость цветов [1.75] — [1.54], исправленных за межзвездное поглощение, от содержания циркония.

Интересно, что среди звезд с нормальными показателями цвета [1.75] — [1.54] не оказалось ни одной переменной звезды, в то время как звезды переменной блеска встречаются только среди звезд с избытком на 1.75 мкм.

Относительно происхождения избытка, наблюдаемого на 1.75 мкм, трудно пока сказать что-либо определенное. Возможно, что наблюдаемые

распределения ИК-излучения S звезд обусловлены особенностями химического состава их атмосфер и — как следствие этого — различиями в зависимости непрозрачности от длины волны в разных звездах. Не исключено также, что наблюдающееся избыточное излучение обусловлено наличием газопылевой оболочки, излучающей в диапазоне  $1.5 \div 2.0$  мкм и поглощающей на 2.39 мкм из-за присутствия в этой оболочке молекул CO. В последнем случае следовало бы ожидать обратной корреляции величины избытка с температурой звезды. Однако такой корреляции, насколько можно судить по нашим данным (рис. 3), нет. Нет также корреляции величины этого избытка с содержанием циркония (рис. 4). Для выяснения причин наблюдаемых особенностей ИК-излучения необходимы, по-видимому, наблюдения на более длинных волнах.

Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

## INFRARED PHOTOMETRY OF S STARS

A. A. AKOPIAN, V. V. KIRIAN, Yu. K. MELIK-ALAVERDIAN,  
H. M. TOVMASSIAN

Results of observations of S stars in  $0.98-2.39 \mu\text{m}$  region are presented. Infrared excess at  $1.75 \mu\text{m}$  in some of the stars and absorption at  $2.39 \mu\text{m}$  in the spectra of all observed stars is detected.

### ЛИТЕРАТУРА

1. R. F. Wing, S. J. Yorka, M. N., 178, 383, 1977.
2. G. Neugebauer, R. B. Leighton, Two Micron Sky Survey, Prel. Catalog, NASA SP-3047, 1969.
3. G. W. Loockwood, R. F. Wing, Ap. J., 169, 63, 1971.
4. H. L. Johnson, R. I. Thompson, F. F. Forbes, D. L. Steinhilber, P. A. S. P., 85, 179, 1973.
5. D. McCommon, G. Munch, G. Neugebauer, Ap. J., 147, 575, 1967.
6. P. B. Boyce, W. M. Sinton, A. J., 69, 534, 1964.
7. C. B. Stephenson, Publ. Warner and Swasey Obs., 2, 23, 1976.
8. Б. В. Кукаркин, П. Н. Холопов, Ю. Н. Ефремов, Н. П. Кукаркина, Н. Е. Курочкин, Г. Н. Медведева, Н. Б. Перова, В. П. Федорович, М. С. Фролов, Общий каталог переменных звезд, Изд. АН СССР, М., 1969.
9. P. C. Keenan, R. F. Garrison, A. J. Deutsch, Ap. J., Suppl. ser., 28, 271, 1974.
10. H. L. Johnson, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 4, 193, 1966.
11. P. C. Keenan, W. W. Morgan, Ap. J., 94, 501, 1941.
12. A. E. Whitford, A. J., 63, 201, 1958.