

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 15

МАЙ, 1979

ВЫПУСК 2

УДК 523.035.33

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

СПЕКТРАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ У НЕКОТОРЫХ ЗВЕЗД РАННИХ СПЕКТРАЛЬНЫХ КЛАССОВ С ГАЗО-ПЫЛЕВЫМИ ОБОЛОЧКАМИ

В настоящее время накоплен значительный наблюдательный материал о звездах ранних спектральных классов, имеющих эмиссионные избытки в ИК-области спектра, которые обусловлены излучением околозвездных газо-пылевых оболочек. Состав этих звезд неоднороден. К ним относятся объекты различной физической природы, находящиеся на разных стадиях эволюции. Поэтому происхождение и физические свойства их околозвездных оболочек должны быть также различными.

Подавляющая масса наблюдательной информации об ИК-свойствах этих объектов представлена в настоящий момент результатами широкополосной фотометрии, которая не позволяет достаточно полно исследовать особенности ИК-излучения, принадлежащего собственно оболочкам звезд. Спектрофотометрия и фотометрия с более детальным спектральным разрешением проводилась только для небольшого количества наиболее ярких звезд.

Согласно результатам таких исследований, в ближней ИК-области спектры объектов ранних спектральных классов с газо-пылевыми оболочками содержат возникающие в газовой составляющей оболочки эмиссионные линии различных элементов, главным образом водорода и гелия. Кроме них имеется также ряд неотожествленных эмиссионных и абсорбционных деталей, которые могут быть либо неразрешенными линиями газовой оболочки, либо могут принадлежать самой пыли или молекулам, образующимся на поверхности пылинок [1].

Настоящая работа проводится с целью исследования особенностей спектрального распределения энергии в диапазоне λ 0.9—2.5 мкм для представителей некоторых групп горячих звезд с газо-пылевыми оболочками и особенностей строения и физических характеристик самих оболочек.

Наблюдения проводились в течение 1978 г. с помощью ИК-фотометра, установленного на телескопе ЭТА-2.6 БАО АН Арм. ССР. Использовалась диафрагма 15" и набор фильтров, отдельные характеристики которых перечислены в табл. 1.

Таблица 1
СПИСОК ФИЛЬТРОВ, ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ПРИ НАБЛЮДЕНИЯХ

λ , мкм	0.96	1.47	1.54	1.72	1.75	1.98	2.02	2.17	2.23	2.39
$\Delta\lambda$, мкм	0.07	0.07	0.04	0.05	0.04	0.06	0.05	0.04	0.07	0.04

Список наблюдаемых объектов помещен в табл. 2.

Таблица 2
СПИСОК ОБЪЕКТОВ НАБЛЮДЕНИЯ

Группа объектов	Объект	Спектр. класс	V	H	K	Число единичных наблюдений (для разных фильтров)
Звезды из списка Хорбига [3]	AB Aur	B ⁹ 0	7.0	5.2	4.3	2—3
	HD 200775	B3a	7.4	5.4	4.6	4—6
Фюоры	FU Ori	F2e	8.9	5.3	4.7	4—6
	V 1057 Cyg	A7e	9.5	5.5	4.9	6—8
Звезды В с оболочками (из других групп)	R Cyg	B1e	4.8	3.5	2.3	2
	HD 163296	A2e	6.8	5.2	4.5	3—5

Распределения энергии в спектрах исследуемых объектов, построенные по результатам наблюдений, представлены на рис. 1—3. Для всех объектов точность фотометрических измерений в целом не хуже 5—10%. Отклонение относительных распределений энергии от результатов, опубликованных в других работах, укладывается в эту величину. Для двух объектов — HD 163296 и V 1057 Cyg абсолютные значения потоков для всех λ приблизительно на 20% меньше, чем опубликованные другими авторами [2, 1]. В случае HD 163296 причиной несовпадения мог оказаться разный размер диафрагмы, использованный при наблюдениях, так как в [2], где приводятся H и K-величины для ряда звезд и, в частности, для HD 163296, диаметр диафрагмы менялся от 7" до 35" в зависимости от углового размера ИК-источника. Для V 1057 Cyg такое объяснение не подходит, так как в [4] на основе результатов широкополосной фотометрии от $\lambda = 5$ мкм до $\lambda = 22$ мкм указывается угловой размер объекта в 5". Однако в этой работе отмечается переменность V 1057 Cyg в ИК-диапазоне с постоянной

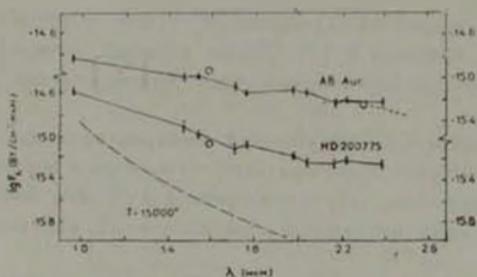


Рис. 1. Распределение энергии в спектрах звезд Хербига.

- результаты настоящей работы (вертикальная черта обозначает средне-квадратическую ошибку измерений).
- результаты широкополосной фотометрии по [1, 2].
- результаты спектрофотометрии по [11].
- кривая чернотельного излучения с $T = 15000$ К, соответствующая средней звезде спектрального класса A0.

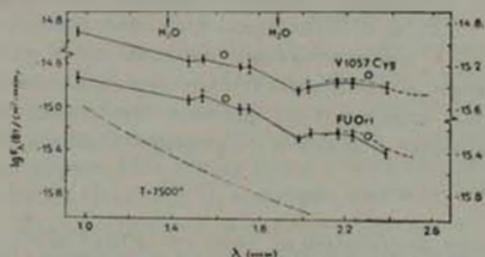


Рис. 2. Распределение энергии в спектрах флуаров.

- H_2O — указывает положение полосы поглощения H_2O .
- кривая чернотельного излучения с $T = 7500$ К, соответствующая средней звезде спектрального класса F0. (Остальные обозначения см. рис. 1)

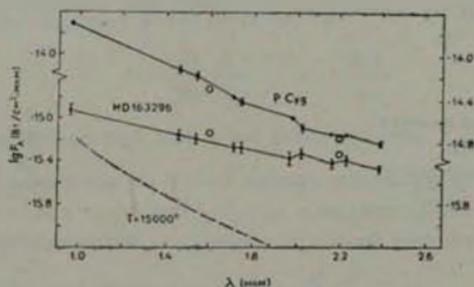


Рис. 3. Распределение энергии в спектрах различных групп Be-звезд с оболочками (обозначения см. рис. 1).

времени порядка месяцев. О переменности этого объекта в ИК-области спектра говорится также и в [5]. Таким образом, результат настоящей работы может быть интерпретирован как подтверждение переменности V 1057 Cyg.

Общим свойством всех полученных спектров является наличие ИК-экцесса, который можно объяснить как $f-f$ -эмиссией ионизованного газа в околозвездной оболочке, так и тепловым излучением пыли. Для однозначной интерпретации необходим дополнительный наблюдательный материал.

Особый интерес представляют спектры двух фуоров — FU Ori и V 1057 Cyg. В [1], где помещены результаты спектрофотометрии этих объектов в диапазоне λ 2.1—4.0 мкм, отмечается коротковолновый спад в их кривых спектрального распределения энергии, начинающийся от $\lambda = 2.3$ мкм. Этот спад объясняется широкой молекулярной полосой поглощения H₂O в оболочках объектов и центрированный у $\lambda = 1.89$ мкм. В настоящей работе приводятся более коротковолновые спектры фуоров. В спектральный диапазон наблюдений входят и водяные полосы с центрами на $\lambda = 1.37$ мкм и $\lambda = 1.89$ мкм. В спектрах, представленных на рис. 2, видны абсорбционные детали, соответствующие крыльям обеих полос молекулярного поглощения воды, и лишь недостаточное спектральное разрешение не позволило полностью определить их контуры. Это в известной мере подтверждает предположение о водяном поглощении в оболочках фуоров, сделанное в [1].

Spectral energy distribution of some early-type stars with gas-dust shells in near infra-red. The results of narrow-band photometry at λ 0.9—2.5 μ m of some early-type objects with gas-dust shells are presented. The errors of measurements do not exceed 5—10%.

All observed objects are found to exhibit IR-excess. Absorption details are observed in the spectra of FU Ori and V1057 Cyg, which may be explained by absorption of water. The variability of V1057 Cyg is suspected.

11 января 1979

Бюраканская астрофизическая
обсерватория
Главная астрономическая
обсерватория АН СССР

В. Э. АВЕТИСЯН
В. В. КИРЬЯН
М. А. ПОГОДИН
Ю. Л. ШАХБАЗЯН

ЛИТЕРАТУРА

1. M. Cohen, M. N., 173, 279, 1975
2. D. A. Allen, M. N., 161, 145, 1973
3. G. H. Herbig, Ap. J., Suppl ser., 4, 337, 1960
4. T. Simon, N. D. Morrison, S. C. Wolf, D. Morrison, Astron. Astrophys., 20, 49, 1972.
5. M. Cohen, M. N., 161, 85, 1973.

УДК 523.841

ФОРМА КВАНТОВЫХ ВИХРЕВЫХ НИТЕЙ ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗДАХ

Во вращающемся цилиндрическом сосуде, заполненном сверхтекучей жидкостью, при угловых скоростях $\Omega > \Omega_{cr}$ образуются вихревые нити, параллельные оси вращения [1]. Возникает вопрос о том, какую форму имеют эти нити, если вращающийся сосуд имеет форму сферы радиуса R . Важность ответа на этот вопрос связана с тем, что во вращающихся нейтронных звездах, имеющих почти сферическую форму, нейтроны и протоны могут находиться в сверхтекучем состоянии [2] и образовывать вихревые нити неизвестной формы. Неизвестна также форма вихревых нитей сверхтекучего гелия в опытах Цакадзе [3], в которых имитировалась модель нейтронной звезды и было рассмотрено поведение вихревых нитей во вращающемся сферическом стеклянном сосуде, заполненном жидким гелием.

Из-за симметрии задачи вблизи экваториальной плоскости вихревые нити будут прямыми линиями, перпендикулярными этой плоскости. Написав свободную энергию для бесконечно тонкого слоя вблизи экваториальной плоскости и найдя ее минимум, мы можем определить распределение скоростей на экваториальной плоскости [4]. Частицы жидкости вращаются вокруг центра вихревых нитей со скоростью

$$v = \frac{x}{2\pi} \frac{1}{\xi}, \quad x = \frac{2\pi\hbar}{m},$$

где ξ — расстояние частицы от центра вихревой нити, а сама вихревая нить вращается со скоростью $\vec{v} = [\Omega \vec{\rho}]$ вокруг оси вращения сосуда (ρ — расстояние вихря от оси вращения). Тогда дополнительная энергия вихревой особенности, приходящаяся на бесконечно малый элемент длины ds , равна

$$dE_k = v_s \frac{x^2}{8\pi} \ln \frac{b^2}{a^2} ds, \quad (1)$$