

УДК: 542.31—355

СПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ HD 187399

Н. Л. ИВАНОВА

Поступила 16 июня 1985

Принята к печати 20 февраля 1986

Представлены результаты исследования спектров HD 187399, полученных на ОЗСП БТА Специальной астрофизической обсерватории АН СССР в 1982—83 гг.

Измерено и отождествлено 50 линий. Выполнена спектрофотометрия линий и непрерывного спектра, выявлена сложная структура линий водорода, гелия и кальция.

По смещениям линий водорода определена скорость расширения оболочки $v_r = 105$ км/с. Построена кривая лучевых скоростей.

В области К Ca II, в фазах 0.3—0.4, обнаружена постепенно усиливающаяся и исчезающая в фазе 0.5 полоса поглощения шириной 80 Å.

1. *Введение.* HD 187399 ($m_V = 6.9 - 7.04$)-спектрально-двойная с периодом 28 дней и амплитудой скоростей 209 км/с [1]. Спектральный класс главной звезды оценен как B9_{ag} [2]. Согласно [3], $f(X) = 2.72$, $\frac{X_1}{X_\odot} = 4.0$ и $\frac{X_2}{X_\odot} = 6.8$, однако спектр более массивной звезды не наблюдается. Профили водородных линий H_δ, H_γ и H_β — типа Р Лебеда. Возможно, в звезде имели место выбросы нестационарных потоков вещества [4].

В последние годы нами было выполнено несколько работ, посвященных исследованию спектров HD 187399 [5—7]. Интерес к этой звезде значительно возрос в недавнее время, в связи с обнаружением в системе жесткого, порядка 2—6 кэВ, рентгеновского излучения [8].

2. *Наблюдательный материал и обработка.* В настоящей работе даны результаты исследования спектров HD 187399, полученных на ОЗСП БТА Специальной астрофизической обсерватории АН СССР в 1982—83 гг. Данные о времени наблюдений и соответствующие фазы приведены в табл. 1.

Дисперсия спектрограмм — 9 Å/мм, используемый фотоматериал — Kodak II OaO. В качестве спектра сравнения применялась лампа, запол-

ненная аргоном, ксеноном, неоном и снабженная железным катодом. Отождествление и уточнение длин волн в спектре сравнения было выполнено сотрудниками Специальной астрофизической обсерватории. Отождествление линий, фотометрия и измерения смещений линий в спектре HD 187399 производились по записям, полученным на фотозлектрическом микрофотометре «Лирифо» Шемахинской обсерватории. Дисперсия записи — 0.23 Å/мм. Для контроля были получены записи спектров на микроденситометре PDS-1010A Бюраканской обсерватории.

Таблица 1

Номер пластинки	Дата	JD	Фаза
1	30.10.82	2445273	0.887
2	31.10.82	274	0.923
3	1.11.82	275	0.958
4	1.11.82	275.1	0.962
5	2.11.82	276	0.994
6	4.11.82	278	0.066
7	14. 9.83	2445592	0.292
8	14. 9.83	5592.1	0.296
9	17. 9.83	595	0.399
10	18. 9.83	596	0.435
11	19. 9.83	597	0.471

3. Спектрофотометрия линий. В исследуемой спектральной области $\lambda\lambda$ 3800—4500 Å были отождествлены характерные для звезд типа В9 линии водорода, нейтрального гелия, однажды ионизованных металлов Fe II, Mg II, Cr II, Ti II, Si II, Ca II. Список этих линий и средние значения эквивалентных ширин приведены в табл. 2.

Линии водорода, гелия и кальция сложной структуры и определить эквивалентные ширины этих линий трудно.

Водород. На рис. 1 представлены профили линий H_β , H_γ и H_δ для трех моментов наблюдений. Каждая линия состоит из линии поглощения звезды В9 и линии типа Р Лебеда (смещенное в коротковолновую часть спектра поглощение и эмиссия) расширяющейся оболочки. На всех спектрах эмиссия отчетливо присутствует в линиях H_β , H_γ и H_δ , а компоненты поглощения звезды и расширяющейся оболочки совпадают и разделяются только в линиях более высоких, начиная с H_ϵ , членов серии и в тех фазах, в которых скорости звезды и оболочки различаются значительно (в фазах 0.2—0.7).

Гелий. В исследуемой области присутствуют 10 линий HeI. Профили наиболее характерных трех линий, $\lambda\lambda$ 4026.2, 4143.8 и 4471.5, представлены на рис. 2. Как видно из этого рисунка, в некоторые моменты наблюдений линии гелия показывают двойную структуру, что, возможно, свиде-

Таблица 2

Длина волны	Возможное отождествл.	W_λ	Длина волны	Возможное отождествл.	W_λ
3797.9	H10	—	4351.5	FeII	0.12
3819.6	HeI	0.51	4369.4	FeII	0.07
3835.4	H9	—	4385.4	FeII	0.19
3853.7	SiII	0.16	4387.9	TiII	0.11
3856.0	SiII	0.26	4416.9	FeII	0.12
3862.6	SiII	0.23	4443.8	TiII	0.09
3889.0	H8	—	4471.5	HeI	0.64
3926.5	HeI	0.25	4481.3	MgII	0.45
3933.7	CaII	—	4489.2	FeII	0.08
3968.5	CaII	—	4501.3	TiII	—
3970.1	H7	—	4508.3	FeII	0.13
4009.2	HeI	—	4515.3	FeII	0.10
4026.2	HeI	—	4520.2	FeII	0.06
4101.7	H6	—	4522.6	FeII	0.11
4120.9	HeI	0.06	4534.2	FeII	0.10
4128.1	SiII	0.19	4541.5	FeII	0.07
4130.9	SiII	0.18	4549.4	FeII	0.20
4143.8	HeI	—	4555.9	FeII	0.19
4173.5	FeII	0.10	4558.6	CrII	0.09
4178.5	FeII	0.09	4583.8	FeII	0.24
4233.2	FeII	0.14	4634.1	CrII	—
4242.4	CrII	0.08	4713.3	HeI	—
4273.3	FeII	0.09	4861.3	H4	—
4296.6	FeII	0.08	4921.9	HeI	0.36
4303.2	FeII	0.13	4923.9	FeII	0.28
4340.5	H5	—			

тельствует о наличии у звезды B9 оболочки, расширяющейся, как было отмечено нами ранее [5], со скоростью 20 км/с. Однако из-за недостаточного разрешения двойная структура видна не всегда. При наблюдении с дисперсией 4 Å/мм [5] раздвоение линий гелия и некоторых других видно более четко. Не исключено, что в системе присутствует третий компонент.

Кальций представлен двумя линиями: 3933.7 К Ca II и 3968.5 Н Ca II. Последняя не исследовалась в связи с сильным искажением ее линией H_ε. Детальное исследование структуры К Ca II привело к обнаружению нескольких компонентов (рис. 3), о лучевых скоростях которых будет сказано ниже. В некоторых фазах линия К Ca II имеет небольшую эмиссию. Исследование по нескольким спектрам непрерывного спектра на участке в 20 Å показало, что кальциевая эмиссия в 6—8.5 раз превышает σ шума непрерывного спектра, что дает основание считать эту эмиссию реальной.

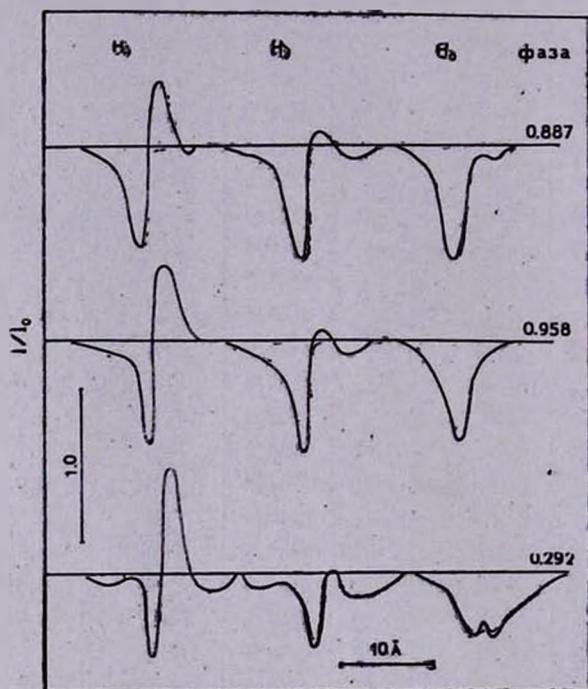


Рис. 1. Профили линий H_ε, H_γ и H_δ для трех моментов наблюдений.

В области К Ca II в фазах 0.290, 0.296, 0.399 и 0.435 наблюдается постепенно усиливающаяся полоса поглощения шириной до 80 Å (рис. 4). В фазе 0.471 эта полоса исчезает. Во время записи спектров на «Лирифо» одновременно записывался и спектр сравнения, т. е. участки пластинок, непосредственно прилегающие к спектрам звезды, и никакого понижения чувствительности пластинок не наблюдалось ни в области полосы, ни в какой-либо другой. Кроме того, просмотр ранее полученных снимков показал, что в спектрах 3 и 5 [7] 1978 г. в области К Ca II также наблюдалось «провисание» непрерывного спектра (рис. 4b, фазы 0.975 и 0.155).

4. *Непрерывный спектр.* На микрофотограммах, относящихся к фазам 0.290—0.435, отчетливо видно значительное, по сравнению со спектрами, полученными в остальных фазах, изменение в непрерывном спектре HD 187399 во всем исследуемом в данной работе диапазоне длин волн.

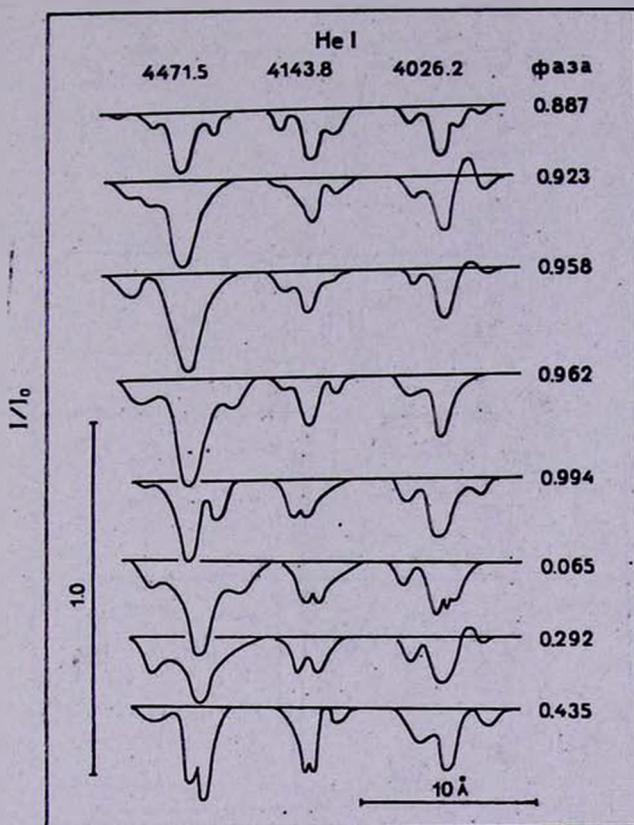


Рис. 2. Профили линий гелия 4471.5, 4143.8 и 4026.2 в разных фазах.

На рис. 5 представлено относительное распределение энергии в непрерывном спектре HD 187399 в разных фазах. В качестве спектра сравнения использовался спектр HD 187399 в фазе 0.887.

Как видно из рис. 5, кривая относительного распределения энергии, построенная по спектрам в фазах 0.296 и 0.435, состоит из трех частей: в диапазоне длин волн 4600—5000 Å (I) цветовая температура равна температуре звезд B9, на спектральном участке 4000—4600 Å (II) наблюдается понижение температуры, а в более коротковолновой, $\lambda < 3900$, области (III) — повышение.

Принимая для звезды В9, согласно [9], абсолютный градиент $\Phi I = 0.94$, получаем ΦI в спектральной области II равным 3.12, что соответствует температурам звезд типа dG 5.

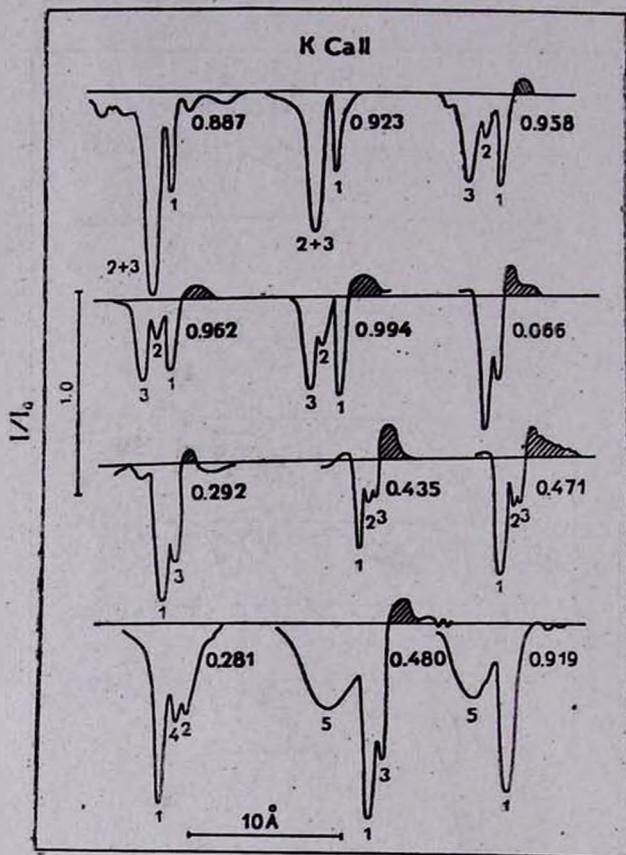


Рис. 3. Линия К Ca II в разных фазах и ее компоненты: межзвездный (1), газовый поток (2), главная звезда (3), оболочка главной звезды или третья тело системы (4), полоса поглощения не известного пока происхождения (5).

В области III — абсолютный градиент имеет отрицательное значение. Этот результат можно объяснить или искажениями непрерывного спектра линиями водорода и гелия или отклонением излучения в этой области от излучения абсолютно черного тела. Для более точных количественных оценок необходимо получить спектры звезды сравнения с известным распределением энергии в непрерывном спектре.

5. Лучевые скорости определялись по записям спектров лампы сравнения и HD 187399. Этот метод удобен для измерения смещений отдель-

ных компонентов линий сложной структуры, а фотоэлектрический микрофотометр «Лирифо» обеспечивает достаточно хорошую точность измерений лучевых скоростей [5]. Однако следует заметить, что при наблюдениях

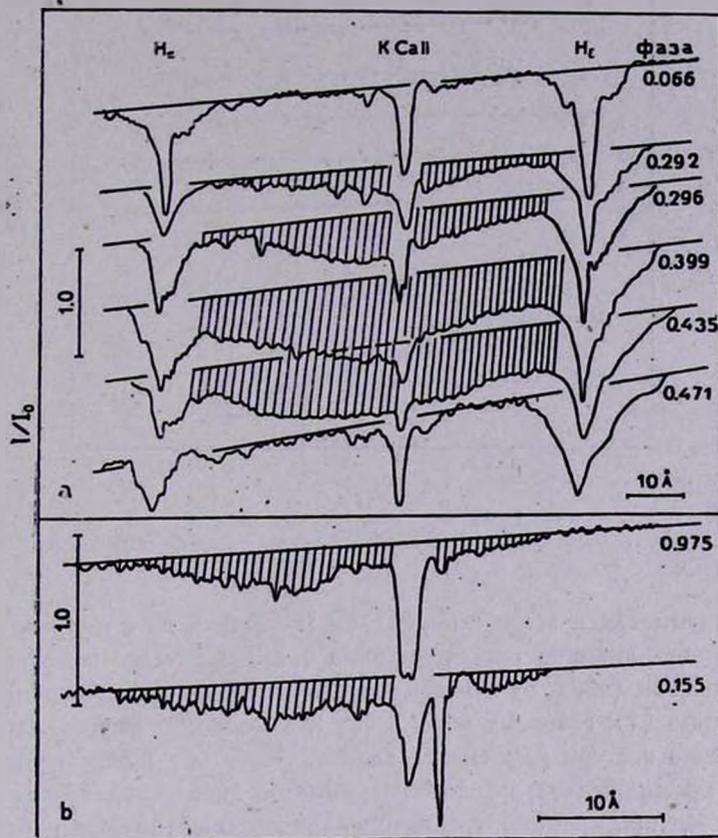


Рис. 4. Полоса поглощения (заштрихованная область), наблюдавшаяся в фазах 0.292, 0.296, 0.399 и 0.435 в 1983 г. (а) и полоса поглощения, наблюдавшаяся в фазах 0.975 и 0.155 в 1978 г. (б).

в 1983 г. имело место смещение спектра сравнения в течение экспозиции, что снизило точность измерений лучевых скоростей, и поэтому для контроля использовалась межзвездная линия K Ca II, длина волны которой, $\lambda = 3933.55 \text{ \AA}$, с большой точностью была определена ранее [5, 6]. Лучевые скорости, измеренные в узкой, порядка 150 Å, спектральной области в окрестности линии K Ca II, приведены в табл. 3.

Линии поглощения водорода в фазах 0.435 и 0.471 показали двойную структуру: это отделились линии расширяющейся со средней скоростью, согласно данным табл. 3, 105 км/с (с вероятной ошибкой $p = \pm 5.4 \text{ км/с}$)

оболочки от линий, смещения которых соответствуют орбитальным скоростям звезды В9.

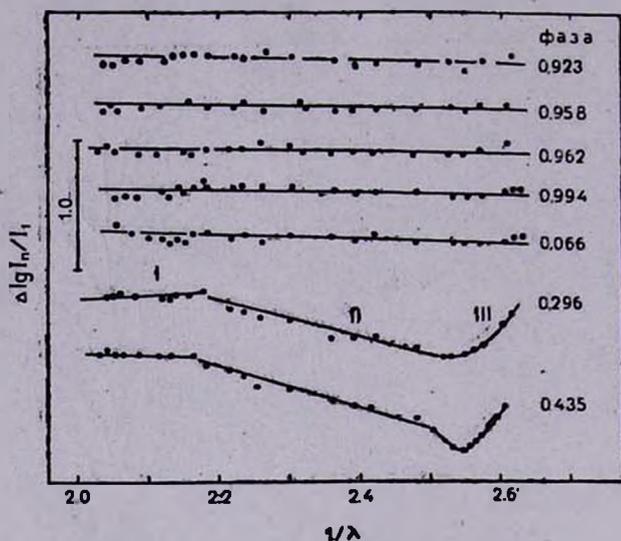


Рис. 5. Относительное распределение энергии в непрерывном спектре HD 187399 в разных фазах.

Как упоминалось выше, линия К Ca II состоит из нескольких компонентов, обозначенных на рис. 3 цифрами 1, 2, 3. Согласно измеренным лучевым скоростям (табл. 3) эти компоненты могут принадлежать межзвездному кальцию (1), газовому потоку (2) и атмосфере главной звезды (3). Одновременно все три компонента видны лишь в определенных фазах. Кроме этих компонентов, на спектрограммах с дисперсией 4 А/мм [5] линии гелия, магния, кремния, а также кальция главной звезды наблюдались двойными, с небольшой, порядка 20 км/с, разницей в их лучевых скоростях. К сожалению, мы располагали единственной спектрограммой с такой дисперсией, тем не менее присутствие на ней, согласно измеренной лучевой скорости, 4-го компонента (рис. 3, фаза 0.281) не вызывает сомнения.

На рис. 3 также приведены наблюдаемые две полосы поглощения (обозначены цифрой 5) шириной порядка 6 А, фаза 0.480 (наши данные [7]) и шириной 3 А, фаза 0.919 (данные Хатчингса и Ласкаридеса [4]). Однако для выяснения вопроса, принадлежат ли эти полосы кальцию, необходимы дополнительные наблюдения звезды в разных фазах. Возможно, что компонент 5 есть ни что иное, как тот же самый компонент газового потока 2, но более сильного поглощения.

На рис. 6 представлена кривая лучевых скоростей (пунктирная линия), построенная по результатам наших прежних определений [5—7] и

по данным табл. 3 для линий Si II. Кривая дополнена данными для 4-х моментов наблюдений, полученными Хатчингсом и Ласкаридесом [4].

Таблица 3

Фаза	3797.9 H10	3835.8 H9	3889.1 H8	3853.7 SiII	3856.0 SiII	3862.6 SiII	3933.7 K.CaII
0.887	-100	-102	-104	-111.3	-110	-112	-105
0.923	-115	-96	-110	-155	-153	-160	-124
0.958	-118	-111	-106	-158	-161	-169	-90
							-149
0.976	-116	-110	-91	-162	-169	-163	-94
							-149
0.994	-117	-119	-114	-165	-169	-160	-95
							-149
0.066	-102	-96	-100	-40	-45	-40	-74
0.292	-105	-100	-98	+42	+45	+41	+45
0.296	-113	-113	-100	+40	+42	+40	+43
0.399	-102	-100	-95	+46	+48	+45	+29
							+52
0.435	-98	-100	-93	+51	+49	+53	+32
		+56	+56				+64
0.471	-108	-119	-106	+40	+42	+39	+32
	+52	+50	+48				+56

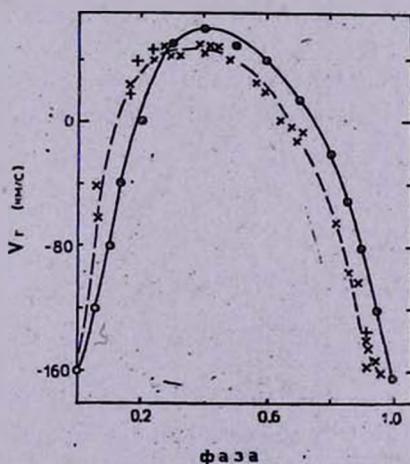


Рис. 6. Кривая лучевых скоростей: \odot — данные Меррилла [1], \times — наши наблюдения [5—7], $+$ — данные Хатчингса и Ласкаридеса [4].

Для сравнения на рис. 6 приведена кривая лучевых скоростей, полученная более тридцати лет назад Меррилом [3]. Из рис. 6 видно, что за это время произошло изменение кривой лучевых скоростей.

6. *Обсуждение результатов.* Спектрально-двойная HD 187399 в некотором отношении похожа на систему β Лирь, состоящую, как известно, из двух массивных звезд, атмосферы которых перемешаны и газовый поток перетекает от одной звезды к другой, частично рассеиваясь с определенной скоростью в окружающее пространство. Эмиссионные и абсорбционные компоненты водорода (профили типа Р Лебеда), присутствующие в спектре HD 187399, возникают, по-видимому, в подобной общей оболочке, расширяющейся, согласно данным настоящей работы, со скоростью 100 км/с. Кроме водорода в оболочке присутствует кальций.

Эмиссия в линии К Ca II возникает, скорее всего, в общей оболочке системы, а не в атмосфере звезды В9: согласно [10], обнаружение эмиссионных линий Ca II в спектрах звезд более ранних, чем F0, невозможно.

Двойственность линий гелия, магния, кремния, а также присутствие линии 4 в К Ca II дает некоторое основание сделать предположение о существовании в системе HD 187399 третьего компонента. Подтверждение этого предположения помогло бы решить загадку «невидимого», более массивного, согласно функции масс ($f(M) = 2.72$ [3]), компонента.

Резкое изменение распределения энергии в непрерывном спектре в фазах 0.3—0.4 и появление в этих же фазах полосы поглощения в области К Ca II — явления, по-видимому, связанные между собой и могут быть объяснены поглощением в газовом потоке.

В системе HD 187399 происходит, кроме перетекания вещества, также и потеря массы, что, возможно, и вызвало изменение кривой лучевых скоростей.

Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам САО АН СССР В. Е. Панчуку и Е. Л. Ченцову за получение наблюдательного материала.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

SPECTRAL INVESTIGATION OF HD 187399

N. L. IVANOVA

The results of the investigation of spectra of HD 187399, obtained during 1982—1983 on the 6 m telescope of the Special Astrophysical Observatory, are presented. 50 lines have been identified and measured. The spectro photometry of lines and continuum of HD 187399 are accomplished. The complex structure of hydrogen, helium and calcium lines

has been revealed. The shell dilatation velocity $V_r = 105$ km/s is determined from the shift of hydrogen lines. The curve of radial velocity is built up. In the K (Ca II) region an 80 Å wide absorption band is observed intensifying during the phases 0.3–0.4 and disappearing during the phase 0.5.

ЛИТЕРАТУРА

1. P. W. Merrill, *Astrophys. J.*, 110, 59, 1949.
2. P. Swings, O. Struve, *Astrophys. J.*, 97, 194, 1943.
3. V. L. Trimble, K. S. Thorne, *Astrophys. J.*, 156, 1013, 1969.
4. J. B. Hutchings, P. G. Laskarides, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 155, 357, 1972.
5. Н. Л. Иванова, А. Н. Хотнянский, *Сообщ. Бюракан. обсерв.*, 33, 1975.
6. Н. Л. Иванова, А. Н. Хотнянский, *Астрофизика*, 12, 623, 1976.
7. Н. Л. Иванова, А. Н. Хотнянский, *Астрофизика*, 17, 819, 1981.
8. M. Jasek, *Be-stars*, Symp. No. 98 IAU, München FRG, 1981.
9. D. Barbier, D. Chalonge, *Ann. d'Astrophys.*, 3, No. 2, 1940.
10. J. L. Linsky, S. P. Worden, W. Mc. Clintock, R. M. Robertson, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 41, 47, 1979.