

СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ НН 448

Н.Д.МЕЛИКЯН¹, В.С.ТАМАЗЯН², Х.А.ДОКОБО³,
А.А.КАРАПЕТЯН¹

Поступила 5 ноября 2007

Принята к печати 13 февраля 2008

Впервые представлены спектры пяти сгущений объекта Хербига-Аро НН 448. Интенсивности эмиссионных линий указывают на низкую степень ионизации 3-5% с электронной плотностью 10^3 - 10^4 см⁻³. Значения относительных интенсивностей эмиссионных линий отдельных сгущений показывают, что они отличаются друг от друга по своим физическим свойствам. Две ближайшие к НН 448 звезды нами классифицированы как карлики Главной последовательности и, по всей вероятности, не связаны с объектом. Показано, что поглощение в области НН 448 не меньше 4^m.3.

Ключевые слова: *звезды: спектры - объект: НН 448*

1. *Введение.* Как отдельный класс молодых образований, объекты Хербига-Аро(ННО) были открыты еще в половине прошлого века в области ассоциации Ориона [1-4]. Уже первые спектральные наблюдения показали, что ННО имеют характерные эмиссионные спектры, указывающие на очень низкую степень ионизации [4]. На основе результатов первых наблюдений было сделано предположение, что объекты Хербига-Аро представляют ранние стадии эволюции звезд типа Т Тельца [5]. С тех пор были выдвинуты много теорий и гипотез для объяснения этого явления [6-9], и, несмотря на доминирующее в настоящее время предположение о том, что ННО являются продуктом ударной волны [8-12], происхождение и эволюция этих объектов остаются неясными.

В настоящее время известны около 1000 НН объектов [13], но лишь некоторые из них имеют достоверную физическую связь с массивными молодыми звездами [14,15]. В основном они связаны со звездами типа Т Тельца и встречаются исключительно в наиболее молодых областях звездообразования. Этот факт подчеркивает особую важность совместных исследований ННО и звезд типа Т Тельца.

Спектральные наблюдения на 40" телескопе системы Шмидта Бюранканской обсерватории с помощью 4^o объективной призмы, позволили обнаружить около 40 новых эмиссионных звезд в области Суг ОВ7 с размерами 16 кв.град. [16]. Детальные исследования небольшого участка (11'x11') вокруг двух эмиссионных звезд из этой области с помощью 2.6-м телескопа позволили обнаружить еще 9 новых эмиссионных

звезд, 3 новых ННО, 2 новые кометарные туманности и одну новую "инфракрасную" туманность [17-20]. В частности, было показано, что один из НН объектов с двумя другими звездами, одна из которых по фотометрическим данным, по-видимому, является звездой типа Т Тельца, составляют динамически неустойчивую систему типа трапеции [18]. Подтверждение этого результата может быть очень сильным аргументом в пользу генетической связи звезд типа Т Тельца с объектами НН.

Настоящая работа посвящена спектральному исследованию одного из обнаруженных нами НН объектов, входящего в каталог объектов Хербига-Аро под номером НН 448 [13]. В работе приводятся результаты спектральных исследований 5 компактных образований этого объекта и двух соседних звезд, между которыми простирается объект НН 448.

2. Наблюдения. Наблюдения проводились на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории им. В.А.Амбарцумяна, в 2003 и 2005гг., с помощью приемной аппаратуры SCORPIO (Spectral Camera with Optical Reducer for Photometrical and Interferometrical Observations) [21]. С камерой, установленной в первичном фокусе телескопа, проводятся наблюдения как в режиме получения прямых изображений с широкополосными и узкополосными фильтрами, так и спектроскопия с длинной щелью. SCORPIO используется с ПЗС-матрицей размерами 2063 x 2058 пикс. При наблюдениях охватывается область размерами 14' x 14', с пространственным разрешением 0".42. В спектральном режиме использовалась гризма с дисперсионной решеткой 600 штрих/мм.

Спектральные наблюдения 5 отдельных сгущений объекта НН 448 [17,19] проводились 24 и 26 августа 2005г. Были получены по два спектра для каждого сгущения с максимальной экспозицией 3000 с. Спектр одного из этих сгущений (НН 448А) был получен и ранее в 2003г., с экспозицией 2400 с. На рис.1 приводятся изображения объекта в областях [SII], $H\alpha$,

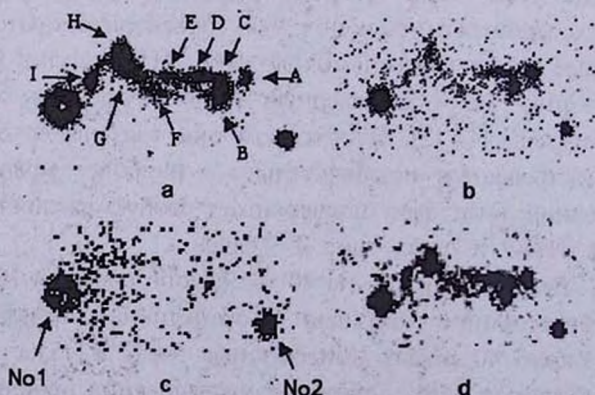


Рис.1. Объект НН 448 в спектральных областях [SII](a), $H\alpha$ (b), I(c) и R(d) (DSS2).

I и R (DSS2), взятые из работы [19]. Были получены спектры сгущений А, В, D, Н и F.

3. *Результаты наблюдений.* Объект НН 448 состоит из 9 сгущений и простирается между двумя звездами на расстояние порядка 1 угл. мин. [17]. Красная туманность, на фоне которой выделяются отдельные сгущения, простирается до звезды No 1, которая находится всего в нескольких угл. с от сгущения НН 448I.

3.1. *Спектральные исследования НН сгущений.* Полученные нами прямые изображения показывают, что отдельные сгущения в течение 5 лет (2000-2005) не показали заметных изменений яркости. На рис.2 приводятся спектры 5 сгущений в спектральном диапазоне $\lambda 6000 - 7200 \text{ \AA}$, нормированные к интенсивности эмиссионной линии $\text{H}\alpha$. Из-за больших шумов в коротковолновой части спектра следить за эмиссионными линиями затруднительно. Спектры этих образований

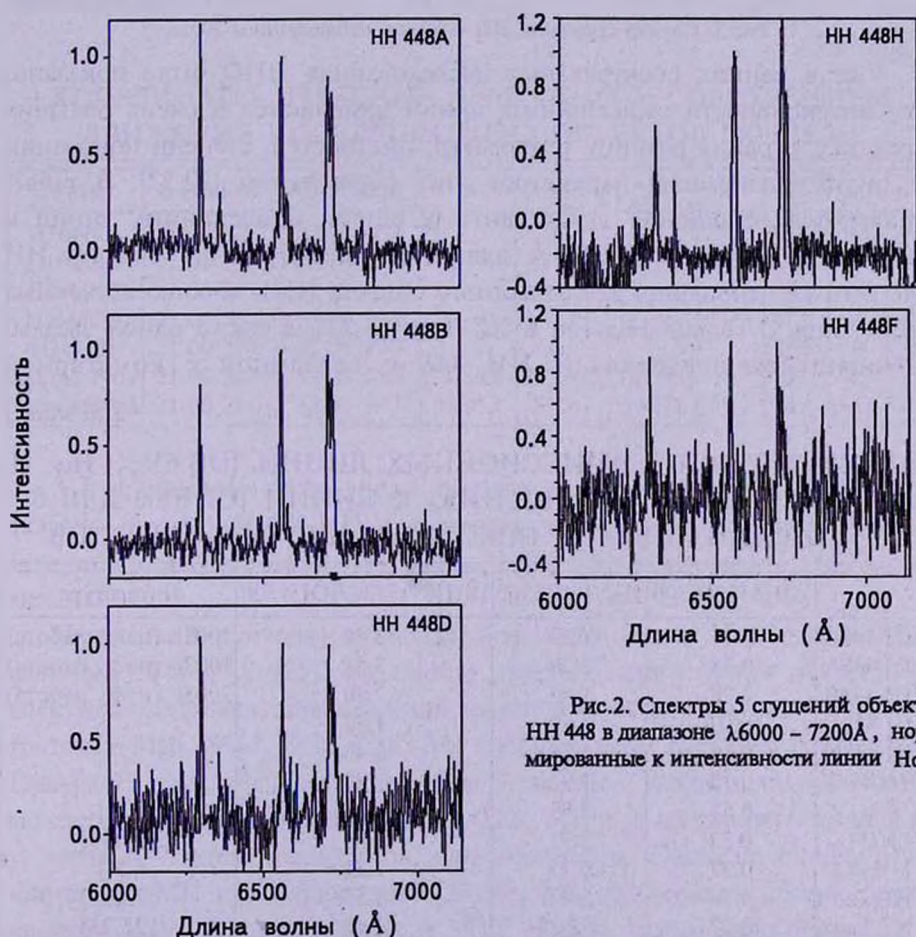


Рис.2. Спектры 5 сгущений объекта НН 448 в диапазоне $\lambda 6000 - 7200 \text{ \AA}$, нормированные к интенсивности линии $\text{H}\alpha$.

характерны для ННО и впервые получены нами. На рис.3 показан снятый в 2003г. спектр сгущения НН 448А, также нормированный к интенсивности $H\alpha$.

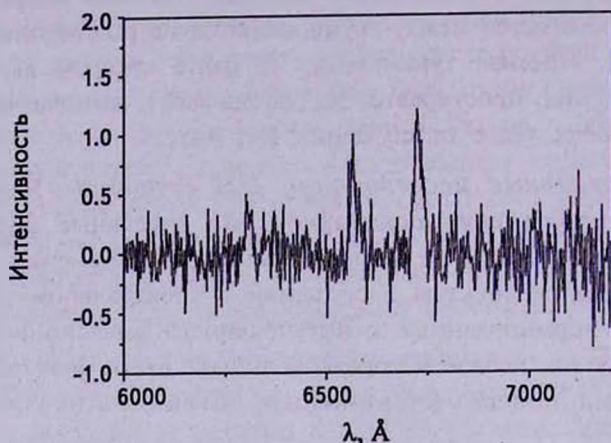


Рис.3. Спектр сгущения НН 448А по наблюдениям 2003г.

Уже в ранних спектральных исследованиях ННО было показано, что интенсивности эмиссионных линий изменяются в очень больших пределах, отражая разницу температур, плотностей, степени ионизации и других физических параметров этих образований [22,23]. В табл.1 приводятся отношения эквивалентных ширин эмиссионных линий к эмиссии в линии [OI] 6300 Å для отдельных сгущений объекта НН 448 и те же отношения для известного объекта НН1, хорошо изученных звезд типа Т Тельца HL Tau и XZ Tau [22,23], а также одной звезды, находящейся недалеко от НН 448 и связанной с кометарной

Таблица 1

ИНТЕНСИВНОСТИ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ [OI] 6363, $H\alpha$ И [SII] 6717/6731 ПО ОТНОШЕНИЮ К ЛИНИИ [OI] 6300 ДЛЯ 5 СГУЩЕНИЙ НН448 И НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ ОБЪЕКТОВ

	[OI]6363/6300	$H\alpha$ /[OI]6300	[SII]6717/31/[OI]6300	Литература
НН 448А	0.15	1.67	3.46	2005г. (наст. работа)
НН 448А	0.28	2.29	3.53	2003г. (наст. работа)
НН 448В	0.28	1.82	2.30	2005г. (наст. работа)
НН 448D	0.016	0.99	1.82	"
НН 448Н	0.19	3.72	6.46	"
НН 448I	0.17	1.91	2.88	"
CN1	0.54	2.05	0.88	[20]
НН1	0.33	2.31	1.66	[22,23]
НН1 G	0.37	0.75	2.31	[24]
HL Tau	0.34	≥ 4.0	1.55	[22,23]
XZ Tau	0.37	≥ 2.38	2.02	[22,23]

туманностью CN1 [20]. В таблице приводятся также данные недавних наблюдений сгущения G-объекта НН 1 [24]. Как видно из данных таблицы, отношения интенсивностей эмиссионных линий для отдельных сгущений внутри объекта НН 448 значительно отличаются друг от друга, что свидетельствует о разности физических условий. К такому заключению приводит также сравнение прямых изображений объекта, полученных в линиях $\text{H}\alpha$ и $[\text{SII}]$ 6717/6731 (см. рис.1).

В табл.2 приводятся координаты (2000.0), звездные величины в полосах J , H , K , B , R и собственные движения 5 сгущений НН 448 и звезд No 1 и No 2 вблизи объекта, по данным каталогов USNO B1 [25] и 2 MASS [26]. Как видно из данных этой таблицы, отдельные сгущения НН 448 очень слабы, и, естественно, в инфракрасных лучах ни одна из них не зарегистрирована. Следует обратить внимание на тот факт, что сгущения НН 448А и НН 448В имеют почти одинаковые собственные движения и, по-видимому, одинаковое направление в пространстве.

Таблица 2

КООРДИНАТЫ, ЗВЕЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ И СОБСТВЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ ИССЛЕДОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ ПО [25,26]

Объект	α (2000.0)	δ (2000.0)	J	H	K	B	R	μ_α	μ_δ
НН448А	21 ^h 00 ^m 30 ^s .7	52°29'29".4				20 ^m .2	18 ^m .7	+26	-4
НН448В	21 00 31.8	52 29 15.8				20.5	18.5	+20	-4
НН448D	21 00 32.7	52 29 31.1				-	18.9	0	0
НН448H	21 00 36.5	52 29 36.0				-	18.9	0	0
НН448I	21 00 37.6	52 29 20.7				-	18.8	0	0
Звезда No1	21 00 38.9	52 29 13.8	12 ^m .266	11 ^m .695	11 ^m .606	15.7	13.9	-22	+30
Звезда No2	21 00 28.7	52 28 58.9	14.055	13.361	13.171	19.1	16.4	-12	-26

3.2. *Спектры двух звезд вблизи туманности.* Как уже было сказано выше, объект НН 448 простирается на расстоянии порядка 1 угл. мин между звездами No 1 и No 2. Это самые близкие к туманности звезды.

На рис.4а, б приводятся спектры этих звезд. Звезда No1 (рис.1) имеет величину $B = 15^m.7$ [25]. Ее спектр типичен для карлика К средних спектральных подклассов: широкая депрессия с коротковолновой стороны триплета Mgb (5167, 5172, 5183 Å), который явно глубже дублета NaD . Полоса G значительно слабее, чем у звезд G поздних подклассов, а молекулярные полосы CaH , MgH и TiO , которые начинают проявляться у звезд К поздних подклассов, еще незаметны. Согласно стандартным критериям МК классификации [27-29], эти особенности соответствуют спектру K5V. В спектре звезды No2 (рис.1) видны многочисленные

абсорбционные линии Fe I, и значительно ослабленные по сравнению с классом F линии бальмеровской серии. Согласно тем же критериям [27-29], ее спектр можно уверенно отнести к типу G4-G5, так как здесь триплет Mgb почти незаметен, а NaD является самой сильной из наблюдаемых абсорбционных линий даже в сравнении с G-полосой. Принимая, что звезда принадлежит к Главной последовательности с абсолютной величиной $M_V = 5^m.2$ и показателем цвета $B - V = 0^m.68$ (для звезды

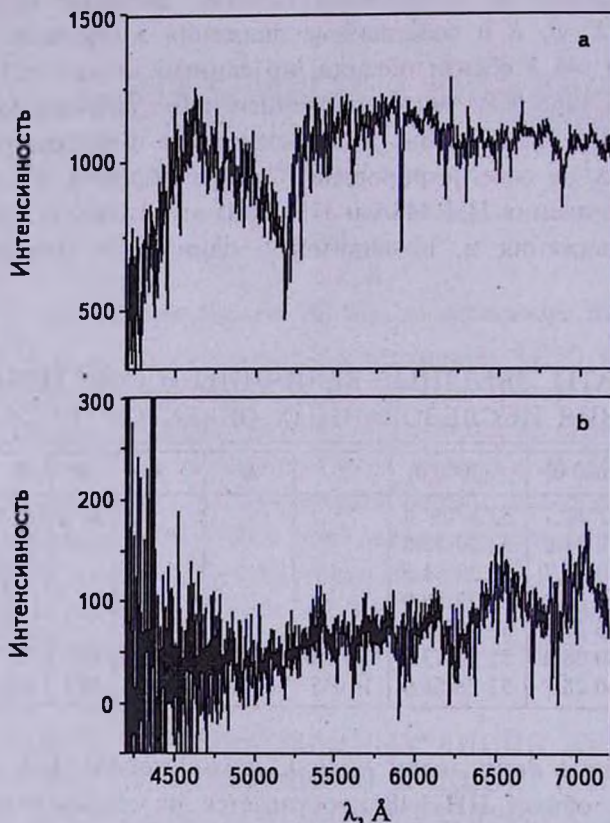


Рис.4. Спектры звезд No1 и No2.

спектрального класса G5), можно оценить ее расстояние. Согласно [25], звезда имеет величину $m_B = 19^m.1$. Следовательно, для звезды получается модуль расстояния $m - M = 13^m.22$ (4.3 кпк) без учета поглощения. Это значение намного превосходит известные оценки расстояния для Суг OB7 [30], и тем более оценки для Хавтаси 141 [31]. Причиной такого несоответствия может быть только наличие сильного поглощения. Принимая расстояние звезды, равным расстоянию до темного облака Хавтаси 141 400 пк [31], можно оценить поглощение. С учетом среднего значения коэффициента поглощения ($2^m.2$ на килопарсек), для поглощения

в области звезды получим $4^m.3$.

4. *Заключение.* Обобщая результаты настоящих спектральных наблюдений, можно отметить следующее.

Впервые получены спектры 5 отдельных сгущений объекта НН 448. Не вызывает сомнения, что все они являются объектами Хербига-Аро. Различия в отношениях интенсивностей эмиссионных линий у разных сгущений указывают на разницу физических условий в этих образованиях [32,33]. Соотношения между характерными эмиссионными линиями (см. табл.1) хорошо согласуются с таковыми, полученными для различных объектов НН [22-24] и звезд типа Т Тельца [20,22,23], указывая на очень низкую степень ионизации (порядка 3-5%) с электронной плотностью 10^3 - 10^4 см⁻³ [32,33]. Интересно, что отношения типичных для НН-объектов эмиссионных линий имеют такие же значения и для звезд типа Т Тельца. По-видимому, эти линии у звезд типа Т Тельца образуются или в высоких хромосферных слоях звезды под действием ударной волны [8-12], или вследствие выброса газовой материи из недр звезды в виде джетов с соответствующими физическими параметрами. Не исключается также, что ННО представляют собой ранние стадии эволюции звезд типа Т Тау [5], так как многие из них, находясь достаточно далеко от предполагаемых материнских звезд, продолжают самостоятельно выживать. Если иметь в виду, что в спектрах почти половины классических Т Тау звезд зарегистрированы характерные для ННО эмиссионные линии [34], то можно предположить, что хотя бы часть этих объектов образуется уже при выбросе материи из недр звезды, или же рождается одновременно с ней. Так или иначе, несмотря на наличие огромного количества наблюдательного материала и большого интереса к ННО, проблема их происхождения и эволюции остается нерешенной.

Наши наблюдения показали, что ближайшие к НН 448 звезды No1 и No2 являются карликами Главной последовательности и за последние 7 лет не показали никаких изменений блеска. Отсутствие физической активности этих звезд является серьезным аргументом в пользу того, что они не связаны с объектом НН 448. Показано, что в области, где находится звезда No2, поглощение достигает до $4^m.3$. Следовательно, звезда не проектируется на темное облако Хавтаси 141, а находится внутри него.

В радиусе примерно 2 угл. мин от НН 448 расположены около десятка эмиссионных объектов и одна инфракрасная туманность, которая образовалась буквально за 2-3 года [16-20]. Все эти объекты проектируются на темное облако Хавтаси 141 и находятся на расстоянии порядка 400 пк [31]. По-видимому, они также не могут быть связаны

с HH 448. Спектральное исследование инфракрасной туманности позволило обнаружить слабый след непрерывного спектра [35], что свидетельствует о присутствии звезды глубоко в туманности. По этой аналогии, а также на основе факта, что в этой области поглощение очень большое, можно предполагать, что источник энергии, связанный с HH 448, также может быть расположен в глубине темного облака, в пользу чего свидетельствует почти одинаковое направление собственных движений HH 448A и HH 448B.

¹ Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна, Армения, e-mail: nmelikia, akarapet@bao.sci.am

² Астрономическая обсерватория "Рамон Мария Аллер" университета Сантьяго де Компостела, Испания, e-mail: oatomaz, oadoco@usc.es

SPECTRAL OBSERVATIONS OF HH 448

N.D.MELIKIAN¹, V.S.TAMAZIAN², J.A.DOCOBO²,
A.A.KARAPETIAN¹

Spectra of 5 condensations of Herbig-Haro object HH 448 are presented for the first time. Emission line intensities are showing low ionization of 3-5% and electron density of 10^3 - 10^4 cm⁻³. At the same time, condensations differ from each other by the observed physical conditions derived from their emission line intensities. We classified two nearest to HH 448 stars as main sequence dwarfs and conclude that they are not physically bounded to HH 448. It is shown also that the absorption in HH 448 region is at least 4^m.3.

Key words: *stars: spectra - individual: HH 448*

ЛИТЕРАТУРА

1. G.Haro, Astron. J., 55, 72, 1950.
2. G.Haro, Astrophys. J., 115, 572, 1952.
3. G.H.Herbig, Astrophys. J., 111, 11, 1950.
4. G.H.Herbig, Astrophys. J., 113, 697, 1951.
5. В.А.Амбарцумян, Сообщ. Бюракан. обсерв., 13, 1954.
6. D.E.Osterbrock, Publ. Astron. Soc. Pacific., 70, 399, 1958.

7. Г.А.Гурздян, *Астрофизика*, 11, 531, 1975.
8. R.D.Schwartz, *Astrophys. J.*, 195, 631, 1975.
9. К.Н.Bohm, W.A.Siegmund, R.D.Schwartz, *Astrophys. J.*, 203, 399, 1976.
10. B.Reipurth, J.Bally, D.Devine, *Astron. J.*, 114, 2708, 1997.
11. B.Reipurth, D.Devine, *Astrophys. J.*, 428, L65, 1994.
12. D.Devine, J.Bally, B.Reipurth, S.Maethcote, *Astron. J.*, 114, 2095, 1997.
13. B.Reipurth, *A General Catalog Of HH Objects*, Elec.Published, 1999.
14. D.Devine, J.Bally, B.Reipurth, D.Shepherd, A.Watson, *Astron. J.*, 117, 2919, 1999.
15. D.Devine, B.Reipurth, J.Bally, T.J.Balonek, *Astron. J.*, 117, 2931, 1999.
16. Н.Д.Меликян, А.А.Каранетян, Л.Г.Ахвердян, А.Ц.Каранетян, *Астрофизика*, 39, 217, 1996.
17. Н.Д.Меликян, А.А.Каранетян, *Астрофизика*, 44, 265, 2001.
18. Г.А.Арутюнян, Н.Д.Меликян, *Астрофизика*, 44, 431, 2001.
19. Н.Д.Меликян, А.А.Каранетян, *Астрофизика*, 46, 353, 2003.
20. Н.Д.Меликян, В.С.Тамазян, А.А.Каранетян, *Астрофизика*, 49, 375, 2006.
21. V.L.Afanasiev, E.B.Guzhur, S.R.Zhelenkov, A.V.Moiseev, *Bull. Special Astrophys. Observ.*, 58, 90, 2005.
22. S.E.Strom, G.L.Grasdalen, K.M.Strom, *Astrophys. J.*, 191, 111, 1974.
23. К.Н.Bohm, W.A.Siegmund, R.D.Schwartz, *Astrophys. J.*, 203, 399, 1976.
24. B.Nisini, F.Bacciotti, T.Giannini et al., *Astron. Astrophys.*, 441, 159, 2005.
25. D.Monet, S.E.Levine, B.Canizian et al., *Astron. J.*, 125, 984, 2003.
(<http://cdweb.u-strasbg.fr/viz-bin/vizier-source=I/284>).
26. R.M.Cutri, M.F.Skrutskie, S.Van Duk et al., *The 2MASS All-Sky Catalog. Final Release*, University of Massachusetts and IPAC/California Institute of Technology, 2003.[http: \(/www.ipac.caltech.edu/2mass/\)](http://www.ipac.caltech.edu/2mass/).
27. P.C.Keenan, *Publ. Astro. Soc. Pacif.*, 99, 713, 1987.
28. C.Jaschek, M.Jaschek, *The Classification of Stars*, Cambridge Univ. Press: Cambridge, 1987.
29. G.H.Jacoby, D.A.Hunter, C.A.Christian, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 56, 257, 1984.
30. P.T. de Zeeuw, R.Hoogerwerf, J.H.J. de Bruijne, A.G.A.Brown, A.Blaauw, *Astron. J.*, 117, 354, 1999.
31. S.C.Simonson, H.W. van Someren Greve, *Astron. Astrophys.*, 49, 343, 1976.
32. P.Hartigan, J.A.Morse, J.Raymond, *Astrophys. J.*, 436, 125, 1994.
33. F.Bacciotti, J.Eisloffel, *Astron. Astrophys.*, 342, 717, 1999.
34. П.П.Петров, *Астрофизика*, 46, 611, 2003.
35. Н.Д.Меликян, В.С.Тамазян, А.А.Каранетян, С.К.Балаян, *Астрофизика*, 50, 17, 2007.