

Э. С. Парсамян

ПОЛЯРИМЕТРИЯ И КОЛОРИМЕТРИЯ
ТУМАННОСТИ NGC 2245

Диффузная туманность NGC 2245 (фото 1) внешне напоминает кометарную туманность NGC 2261. Первые исследователи туманности Хаббл [1] и Пинс [2] высказали предположение о том, что сходство с NGC 2261 не только внешнее. Например, они допускали, что туманность должна быть переменной. Однако в последующей литературе нет упоминаний о переменности туманности или ядра. Последующие исследователи причисляли ее к обычным отражательным туманностям [3], [4]. Интерес к ней возник в связи с работой Г. А. Гурзадяна [5], где он также причисляет NGC 2245 к кометарным туманностям.

Типичные кометарные туманности обычно связаны с переменными звездами типа RW Возничего и сами являются переменными (яркость, структура). Туманность NGC 2245, насколько можно судить по репродукциям снимков за 1954, 1957 и 1959 годы, не является переменной, во всяком случае она не является переменной типа NGC 2261. Спектр LkH₂ 215, ядра туманности NGC 2245, изучался многими авторами. По определению Хаббла [6] ядро спектрального типа В1; Сенфорд определил его как А0 [7]. Наиболее полное описание спектра звезды приведено в работе Хербига [3]. В 1953 г. на Ликской обсерватории и независимо на обсерватории в Тонанцингла [8] в спектре LkH₂ 215 была обнаружена эмиссионная линия H_α. Линия H_β, частично запыленная эмиссией, по наблюдениям нескольких лет меняет свою структуру. Кроме эмиссионных и абсорбционных линий водорода в спектре звезды были обнаружены линии HeI, FeI и линия К. По определению Хербига, ядро туманности имеет спектр от раннего до среднего типа В с оболочкой.

Первые наблюдения спектра туманности были сделаны Хабблом, по которым спектр долгое время считался непрерывным. Однако щелевые спектрограммы, полученные на Ликской обсерватории в 1950 г. [3], выявили ряд абсорбционных линий водорода, исключая H_{β} , которая отсутствует совсем. Хербиг отмечает некоторое подобие между спектром звезды и туманности. Туманность NGC 2245 не единственный случай ассоциирования кометарной туманности со стационарной звездой раннего типа. Так, кометарная туманность, известная в списках Хаббла по координатам $\alpha = 6^h 3^m 1$ и $\delta = 18^{\circ} 42'$ [6], связана со звездой В5е—В9е [3]. Являются ли эти туманности истинно кометарными или же сходство чисто внешнее? С целью возможного выяснения этого вопроса мы провели колориметрические и поляриметрические измерения туманности NGC 2245.

§ 1. КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Наблюдательный материал для колориметрии и поляриметрии туманности NGC 2245 был получен на 70 см мени-

Таблица 1

№	Дата	Фильтр	Длительность экспозиции в минутах	Сорт пластинки
17	30.XI.59 г.	УФС—1	60	Кодак О—аО
32	2.XII.59 г.	.	20	" "
22	1.XII.59 г.	.	15	" "
23	1.XII.59 г.	.	30	" "
34	2.XII.59 г.	.	2	" "
35	1.XII.59 г.	ЖС—18	80	Кодак О—аG
43	23.XII.59 г.	.	15	" "
78	5.I.60 г.	.	10	" "

сковом телескопе Абастуманской обсерватории в период декабрь 1959 г.—январь 1960 г. Снимки туманности были получены методом двухэтажной кассеты в трех цветах. Звездные величины виефокальных изображений стандартных звезд определялись посредством сравнения со звездами скопления Плеяд. Пластинки измерялись на микрофотометре „Шнелл“

С

В

З



Ю

Фото 1

с диафрагмой, вырезающей на изображении туманности площадь в $130\mu^2$. В каждом луче измерялись 2—3 пластинки. Данные о снимках приведены в табл. 1.

Таблица 2

Монохроматические поверхностные яркости туманности NGC 2245

У	Х	V'	B'-V'	U'-B'	У	Х	V'	B'-V'	U'-B'
5	14	24 ^m .65	+0 ^m .47	-0 ^m .59	10	11	22 ^m .70	0 ^m .32	-0 ^m .64
	15	23.85	0.27	-0.59		12	22.70	0.18	-0.82
	16	23.55	0.67	-0.79		13	22.40	0.14	-0.76
6	17	23.66	0.32	-0.71	11	14	22.16	0.17	-0.78
	12	23.56	0.49	-0.64		15	22.12	0.34	-0.78
	13	23.30	0.36	-0.82		16	22.34	0.42	-0.60
	14	23.53	0.36	-0.51		17	22.52	0.60	-0.52
	15	23.60	0.54	-0.54		18	23.18	0.51	-0.60
7	16	23.71	0.19	-0.87	12	19	23.40	0.49	-0.31
	17	23.67	0.23	-0.53		9	23.98	0.55	-
	18	23.91	0.45	-0.65		10	23.22	0.50	-0.42
	11	23.75	0.11	-0.85		11	22.51	0.14	-0.71
	12	23.32	0.49	-0.73		12	22.29	0.16	-0.75
	13	23.17	0.21	-0.70		13	22.03	0.24	-0.84
	14	22.84	0.49	-0.56		14	21.73	0.31	-0.83
8	15	23.57	0.12	-0.58	13	15	21.59	0.32	-0.83
	16	23.77	0.11	-0.54		16	21.94	0.44	-0.71
	17	23.06	0.86	-0.90		17	22.13	0.55	-0.58
	10	23.59	0.31	-0.68		18	22.86	0.46	-0.35
	11	23.45	0.19	-0.64		19	23.06	0.68	-0.11
	12	22.87	0.45	-0.83		20	23.43	0.70	-0.33
	13	23.01	0.31	-0.60		9	23.82	0.21	-0.43
	14	22.58	0.46	-0.48		10	23.00	0.63	-0.85
9	15	22.92	0.36	-0.56	13	11	22.23	0.68	-1.11
	16	23.17	0.38	-0.77		12	21.75	0.33	-0.87
	17	23.23	0.35	-0.67		13	21.52	0.34	-0.53
	18	23.46	0.38	-0.48		14	21.28	0.35	-0.82
	9	23.30	0.86	-0.67		15	21.19	0.40	-0.85
	10	23.31	0.12	-0.48		16	21.55	0.42	-0.80
	11	22.89	0.40	-0.58		17	22.06	0.57	-0.64
	12	22.70	0.64	-0.83		18	22.54	1.00	-0.72
	13	22.54	0.47	-0.81		19	23.28	0.58	-0.55
	14	22.38	0.52	-0.71		11	22.06	0.85	-0.09
10	15	22.59	0.54	-0.69	12	21.24	0.33	-0.39	
	16	22.85	0.52	-0.79	15	21.00	0.40	-0.92	
	17	22.82	0.74	-0.73	16	21.46	0.32	-0.83	
	18	23.45	0.56	-0.87	17	22.13	0.23	-0.67	
	9	23.74	0.31	-0.55	18	22.53	0.73	-0.47	
	10	23.35	0.19	-0.69	19	22.77	0.80	-0.48	

Полученная фотометрическая система с помощью уравнений цвета привидлась к системе U, B, V, в отличие от которой нашу систему обозначим через U', B', V'.

Уравнения цвета, связывающие нашу систему с системой U, V, V' , следующие:

$$B - V = 0^m.08 + 0.76 (B' - V') \quad (1)$$

$$U - V = 0^m.02 + 0.69 (U' - V') + 0.05 (B' - V') \quad (2)$$

В результате измерений были получены монохроматические поверхностные яркости по изображению туманности (табл. 2 и 3). В первых двух столбцах табл. 2 и 3 приведены прямоугольные координаты, выраженные в целых

Таблица 3

Монохроматические поверхностные яркости „зеркального изображения“

у	х	V'	B' - V'	U' - V'	у	х	V'	B' - V'	U' - V'
16	9	23 ^m 24	0 ^m 61		17	9	22 ^m 91	0 ^m 84	
	10	22.44	0.53			10	22.37	0.60	
	11	21.62	1.04	-0 ^m 05		12	22.59	1.02	
	12	21.36	0.70	-0.16		13	22.77	0.78	-0 ^m 37
	16	22.91	0.48	-0.22		14	22.75	0.47	-0.98
	17	22.68	0.24	-0.26		15	22.86	0.46	-0.76
	18	23.60	0.42			16	23.61	0.67	
	19	23.78	0.66			18	9	23.77	0.72
20	23.70	0.72		14	23.71		0.72	-0.88	
				15	23.77		0.58		

числах. При этом единица соответствует 11.4 на пластинке. Среднеквадратичная ошибка измерений поверхностных яркостей равна $\pm 0^m.08 - 0^m.10$. Интегральные яркости туманности определялись отдельно для яркой половины и слабой, которую по аналогии с NGC 2261 назовем „зеркальным изображением“ (табл. 4).

При определении монохроматической интегральной яркости туманности измерялось неодинаковое количество точек, поэтому для определения интегральных показателей цвета приходилось выбирать максимальное количество общих точек в трех цветах. В последних двух столбцах табл. 4 приведены вычисленные таким путем показатели цвета.

В каждой точке туманности были определены показатели цвета $B' - V'$ и $U' - V'$. Показатель $B' - V'$ повсеместно по туманности положителен. На рис. 1 приведен график зависимости $\overline{B' - V'}$ от r , где $\overline{B' - V'}$ — показатель цвета ту-

Таблица 4

NGC	U	B	V	B-V	U-B
2245	12 ^m 09	12 ^m 82	11 ^m 78	+0 ^m 37	-0 ^m 32
„зеркальное изображение“	—	14.82	14.36	+0.42	—

манности, усредненный по сечениям, перпендикулярным большой оси туманности. Из рис. 1 видно, что наблюдаются некоторые колебания, однако определенной тенденции к увеличению или уменьшению показателя цвета с расстоянием нет. Нет зависимости и между $U' - B'$ и $B' - V'$ по всей туманности. В случае отражательной туманности, какой считают NGC 2245 многие исследователи, казалось должно было быть некоторое уменьшение $U' - B'$ с увеличением $B' - V'$.



Рис. 1

На рис. 2 приведены графики зависимости $B' - V'$ и $U' - B'$ от B' , которые дают некоторую характеристику

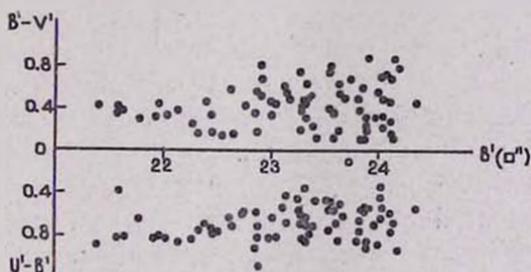


Рис. 2

спектрального распределения в туманности. В среднем получается постоянство $B' - V'$ и $U' - B'$ с B' .

По измеренным интенсивностям в произвольных единицах были построены графики зависимости $\ln \bar{I}$ от r , где \bar{I} — усредненные интенсивности, определенные следующим образом: в туманности были проведены концентрические дуги окружностей с центром в звезде и с радиусом r . Так как

интенсивность в туманности падает к краям, в средней части туманности была выбрана область сравнительно равномерного распределения интенсивностей. В этой области ин-

тенсивности по дугам усреднялись. Было выбрано семь дуг, в результате чего мы имели 7 точек (рис. 3). Прямые, проведенные по этим точкам, описываются уравнением:

$$\ln I_\lambda = \ln I_{\lambda_0} - kr \quad (3)$$

§ 2. ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Для исследования поляризации туманности NGC 2245 были получены две серии снимков через поляриод. Первая серия была получена посредством двухэтажной кассеты через поляриод I, вторая через поляриод II. Полоса пропускания первой серии наблюдений была $4000\text{Å} < \lambda < 7000\text{Å}$, а

второй $4000\text{Å} < \lambda < 5000\text{Å}$. Туманность снималась при трех положениях поляриода 0, 60 и 120°, что позволило определить как степень поляризации, так и положение плоскости колебаний электрического вектора. В табл. 5 приведены данные относительно измеренных пластинок.

Таблица 5

№	Дата	Длительность экспозиции в минутах	Положение поляриода	Сорт пластинки	Поляриод
54	26.XII.59 г.	60	0°	Кодак O-aF	I
55	26.XII.59 г.	60	60	.	I
56	26.XII.59 г.	60	120	.	I
75	5.1.60 г.	60	0	Кодак O-aO	II
76	5.1.60 г.	60	60	.	II
77	5.1.60 г.	60	120	.	II

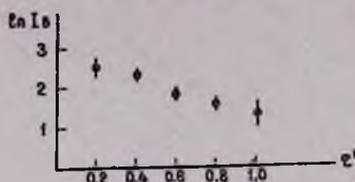
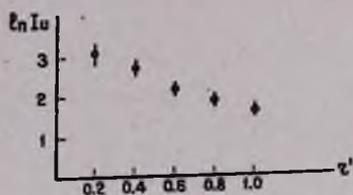


Рис. 3

Пластинки измерялись на фотометре „Шнелл“ с диафрагмой в 130μ в тех же точках, что и яркости при колориметрических измерениях. На рис. 4 и 5 схематически даны картины поляризации по двум сериям. Как видно, поляризация во внутренних областях туманности радиальная, к границам туманности радиальный характер нарушается. Особенно это заметно в „зеркальном изображении“ туманности.

Средняя степень поляризации по первой серии равна 14%, по второй—11%. Максимальная степень поляризации по сериям равна 31 и 28% соответственно. Среднее значение позиционного угла равно 70° .

§ 3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Показатели цвета в известной степени характеризуют спектральное распределение. Только для нескольких кометарных туманностей они определены. Ниже, в табл. 6, приведены для сравнения известные нам показатели цвета кометарных туманностей.

Таблица 6

NGC	B—V	U—B	CI	Автор
2261			$-0^m 50$	[9]
2261	$+0^m 52$	$-0^m 30$		[10]
2261	+0.49	-0.71		[11]
2245	$+0.37$	-0.32		
B10			-0.15	[12]
B10	+0.67	-0.90		[10]
B214			$+1.04$	[12]

Как видно из приведенных данных, показатели цвета кометарных туманностей получались положительными, за исключением двух случаев. В первом случае (NGC 2261) снимки в фотографической и фотовизуальной областях были получены Э. Е. Хачикяном с промежутком в 5 месяцев, в течение которого туманность NGC 2261 могла изменить свою яркость. В случае B10 показатель цвета, измеренный Коллинзом, страдает тем недостатком, что учет фона неба про-

изводился не исходя непосредственно из измеряемой пластинки, а из измерений других пластинок. Поэтому в данном случае предпочтение следует отдавать электрофотометрическим измерениям Джонсона [10], т. е. B_{10} , по-видимому, имеет положительный показатель цвета.

Интегральный показатель цвета „зеркального изображения“ туманности NGC 2245 мало отличается от такового у основной туманности. Этот факт свидетельствует о том, что форма туманности (биполярная, с разной яркостью обеих половин) не зависит от внешних факторов, как например, от распределения поглощающего вещества вокруг туманности, в противном случае мы должны были бы иметь гораздо больший показатель цвета для „зеркального изображения“.

2. Некоторый интерес представляет вопрос о зависимости между $B'-V'$ и B' (рис. 2). В исследованной туманности $B'-V'$ оказывается в среднем постоянным, так же как и в случае NGC 2261. В работе [11] для сравнения приводится подобная зависимость для трех различных типов туманностей. Сходство между NGC 2261 и NGC 2245 не подлежит сомнению.

3. Полученные из наблюдений прямые (рис. 3) в пределах ошибок имеют одинаковые наклоны, что может свидетельствовать об отсутствии селективного поглощения в туманности. Любопытно сравнить это с данными для NGC 2261.

Однако показатель цвета звезды Lk H₂ 215 свидетельствует о большом покраснении излучения звезды. По определению Сирса и Хаббла [13] показатель цвета звезды равен $0^m.50$, по нашим определениям (октябрь 1961 г.) в интернациональной системе

$$C_{I_3} = 0^m.41, \text{ а } C_{I_7} - C_{I_3} = \pm 0^m.03.$$

При таком показателе цвета общее поглощение в визуальных лучах может быть порядка 1^m-2^m [3]. Звезда имеет оболочку. Если эта оболочка плотная, то некоторая доля в покраснении звезды принадлежит ей. Оценка вели-

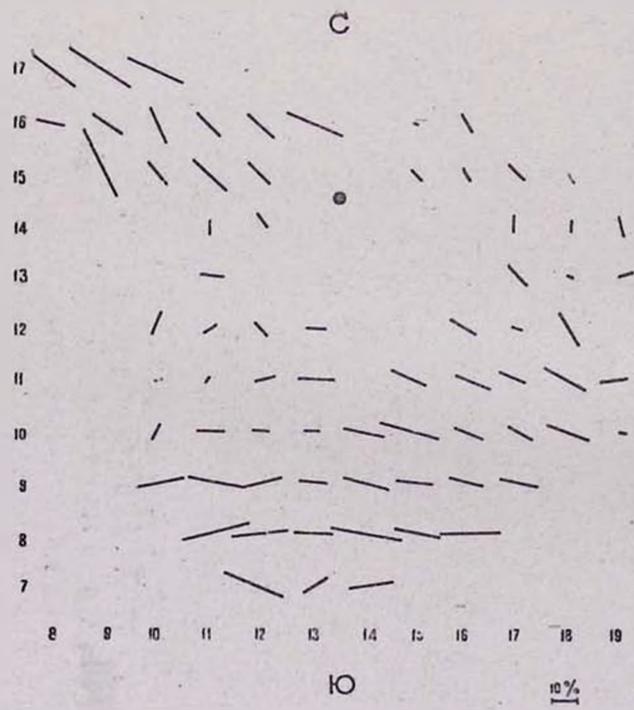


Рис. 4

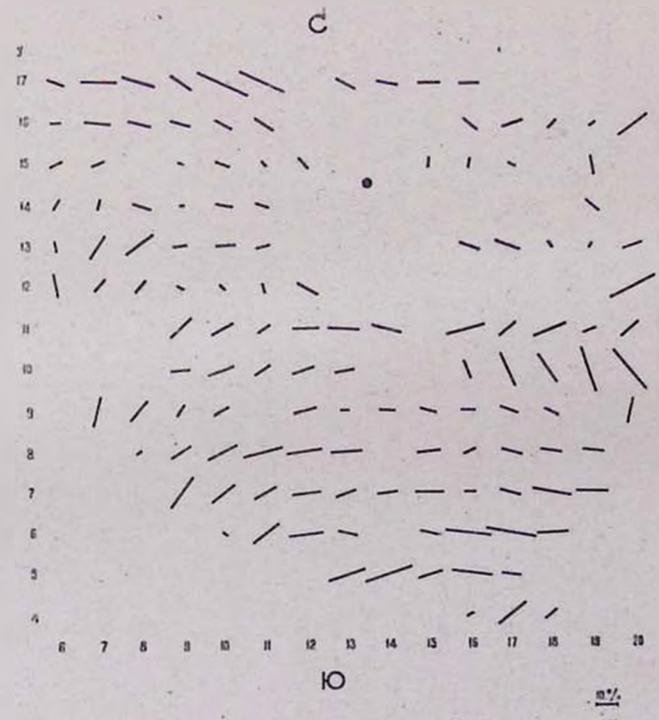


Рис. 5

чины покраснения, вызванной оболочкой различной толщины у разных подтипов звезд Ве, показывает, что эта величина мала.

Хабблом [6] и позднее Струве и Стори [14] для туманности NGC 2245 было проверено Хаббловское соотношение.

Результаты этих авторов сильно отличаются друг от друга. Так, по данным Хаббла, это соотношение для этой туманности выполняется, а по Струве и Стори для его выполнения звезда должна быть на пять звездных величин ярче. По паломарским картам получается нарушение в три звездные величины. По всей вероятности, соотношение Хаббла в туманности нарушается. Против механизма отражения как основного механизма свечения в туманности свидетельствует и следующий факт: если бы туманность вокруг звезды имела сферическое распределение, то в этом случае имело бы смысл сравнить интегральную яркость звезды и туманности, но так как туманность имеет конусообразную форму и только часть излучения звезды падает на нее, то мы должны сравнить только эту долю излучения звезды с интегральной яркостью туманности. Между яркостью туманности и звезды в случае полного отражения получается следующая связь

$$m_T - m_s = -5 \lg \sin \frac{\alpha}{4}, \quad (4)$$

где m_T и m_s интегральные яркости туманности и звезды, α —угол раствора кометарной туманности. Если туманность поглощает часть света, то должно выполняться неравенство:

$$m_T - m_s \geq -5 \lg \sin \frac{\alpha}{4}, \quad (5)$$

равенство может иметь место только при чистом рассеянии. В случае NGC 2261 и NGC 2245, относительно которых у нас есть данные, имеет место обратное неравенство. Так, для NGC 2261 мы должны иметь в случае отражения при $\alpha = 60^\circ$ $m_T - m_s > 2^m 95$, а в случае NGC 2245 при $\alpha = 100^\circ$ $m_T - m_s > 1^m 90$, в то время как для NGC 2261 при средних значениях m_T и m_s наблюдения дают $m_T - m_s \approx 0^m 40$, а для NGC 2245 $m_T - m_s = 1^m 60$. Следует отметить, что в качес-

стве α здесь подставлена проекция угла раствора на плоскость, перпендикулярную лучу зрения. Истинный же угол меньше этой величины. Это обстоятельство усиливает приведенное выше неравенство.

Приведенные наблюдательные факты говорят против механизма отражения как единственного механизма свечения в туманности.

Проведем некоторое сравнение основных колориметрических результатов в туманностях NGC 2245 и NGC 2261. Для этих туманностей общими являются следующие свойства:

1. $B - V$ положительная величина,
2. $B - V$ не зависит от B ,
3. Нарушается Хаббловское соотношение,
4. Нарушается неравенство (5).

В основном обе туманности имеют одинаковые свойства, за исключением переменности, что определяется ядром. Большой показатель цвета звезды можно объяснить, если допустить, что здесь, как и в NGC 2261, механизм свечения оболочки звезды и туманности одинаковый. Об этом же может свидетельствовать и подобие спектров звезды и туманности.

Для объяснения свечения кометарных туманностей Г. А. Гурзаян выдвинул гипотезу синхротронного излучения в туманности [5].

Поляриметрические измерения, как и колориметрические, не противоречат вышеназванной гипотезе. Так, по этой гипотезе кометарные туманности, так же как и отражательные, должны иметь радиальную поляризацию с нарушением радиальности к периферии туманности.

Такое явление наблюдается как в случае NGC 2261, так и в случае NGC 2245. Особенно это заметно в „зеркальном изображении“. Спектр релятивистских электронов характеризуется показателем γ , который, исходя из величины $B - V$ [15], для туманности NGC 2245 приблизительно равен 3.

Таким образом связь с кометарными туманностями характерна не только для некоторых звезд типа RW Возничего, но и для более ранних звезд типа В.

В заключение мне приятно выразить благодарность директору Абастуманской обсерватории Е. К. Харадзе за гостеприимство и предоставленную мне возможность работы на 70 см телескопе.

Է. Ս. ՊԱՐՍԱՄՅԱՆ

NGC 2245 ՄԻԳԱՄԱՄՈՒԹՅԱՆ ԲԵՎԵՌԱԶԱՓՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ
ԳՈՒՆԱԶԱՓՈՒԹՅՈՒՆ

Ա մ փ ա փ ու մ

NGC 2245 միգամածության գունաչափական և բևեռաչափական ուսումնասիրությունը վկայում է այն մասին, որ նա մի շարք հատկանիշներով (գույնի բաշխումը, բևեռացման բնույթը և այլն) նման է NGC 2261 գիսավորածև միգամածությանը: Այդ իրատը հաստատում է այն տեսակետը, որի համաձայն NGC 2245 միգամածությունը պատկանում է գիսավորածև միգամածությունների դասին: Հետևաբար գիսավորածև միգամածությունները կարող են կապված լինել ոչ միայն որոշ RW Aur տիպի աստղերի, այլ նաև վաղ տիպի B աստղերի հետ:

E. S. PARSAMYAN

THE POLARIMETRY AND COLORIMETRY
OF THE NEBULA NGC 2245

S u m m a r y

The investigation of the nebula NGC 2245 shows, that in some respects (color distribution, the character of polarisation, etc.) it is similar to cometary nebula NGC2261. This fact confirms the suggestion, that nebula NGC 2245 belongs to the group of cometary nebulae. Consequently, cometary nebulae can be connected not only with some stars of RW Aur type, but with early B type stars also.

Լ Ի Ե Ր Ա Տ Ր Ա

1. *E. P. Hubble*, *Ap. J.*, **44**, 196, 1916.
2. *F. G. Pease*, *Ap. J.* **51**, 276, 1919.
3. *G. H. Herbig*, *Contrib. Lick obs. Ser.* **11**, **98**, 1960.
4. *Г. А. Шайн, В. Ф. Газе, С. Б. Пикельнер*, *Известия КрАО*, **12**, 64, 1960.
5. *Г. А. Гурзadyн*, *Сообщения Еюраканской обсерватории*, **27**, 73, 1959.
6. *E. P. Hubble*, *Ap. J.* **56**, 162, 400, 1922.
7. *R. F. Sanford*, *Ap. J.* **52**, 13, 1920.
8. *G. Gonzalez and G. Gonzalez*, *Bol. Obs. Tonanzintla y Takubaya*, **14**, 19, 1956.
9. *Э. Е. Хачикян*, *Сообщения Бюраканской обсерватории*, **25**, 67, 1958.
10. *H. M. Johnson*, *P.A.S.P.*, **72**, 10, 1960.
11. *Э. С. Парсямян*, *Сообщения Еюраканской обсерватории*, **30**, 51, 1962.
12. *O. C. Collins*, *Ap. J.* **16**, 529, 1937.
13. *F. H. Seares and E. P. Hubble*, *Ap. J.* **52**, 8, 1920.
14. *O. Struve and H. Story*, *Ap. J.* **84**, 203, 1936.
15. *М. А. Аракелян*, *ДАН АрмССР, сер. физ.-мат.*, **29**, 35, 1959.



