

В. М. ПЕТРОСЯН

О КОМЕТАРНЫХ ТУМАННОСТЯХ И РОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ И ИХ СВЯЗИ С МОЛЕКУЛЯРНЫМИ ОБЛАКАМИ

Введение. В обширном классе галактических диффузных туманностей кометарные туманности и родственные им объекты являются представителями подкласса объектов наиболее молодого населения Галактики. Несмотря на то, что ярчайшие туманности были обнаружены еще в конце XVIII века, а в настоящее время их число превышает сто, тем не менее, не существует единого мнения о природе этих объектов. Детальное исследование отдельных кометарных туманностей и родственных объектов (КТРО) выполнено многими авторами, однако трудно указать на такое исследование, в котором рассматривалась бы общая выборка этих объектов. Это в некоторой степени обусловлено тем, что при определении туманности как кометарной следует принимать во внимание не только внешнюю форму туманности, которая может искажаться эффектами проекции, но и спектр, ИК—избыток, переменность и другие формы активности как самой туманности, так и ее ядра.

КТРО как члены молодых звездных систем в подавляющем большинстве случаев ассоциируются с темными туманностями и большими комплексами молекулярных облаков. Открытые в последние годы высокоскоростные молекулярные потоки из ядер некоторых КТРО [1,2], а также другие наблюдения [3] позволяют предположить, что связь между ними и их окружением более тесная, чем это казалось на первый взгляд.

На основе каталога КТРО [4] в настоящей работе создана выборка объектов с известными расстояниями. Для этой выборки рассмотрен вопрос о линейных размерах КТРО, а также вопрос об их распределении в Галактике. Рассмотрена также связь КТРО с окружающими их молекулярными облаками с кинематической точки зрения, а также корреляция между некоторыми характеристиками КТРО и тех областей молекулярных облаков, в которые они погружены.

Некоторые характеристики КТРО и молекулярных облаков. Исследованная нами выборка КТРО содержит 51 объект. Для этих объектов выписаны: расстояние, определенное по фотометрическим и спектральным наблюдениям их ядер; лучевая скорость КТРО (приведенная к местному стандарту), определенная по спектральным наблюдениям ее ядра; лучевая скорость молекулярного облака, определенная по молекулам CO, OH, NH₃ и H₂CO в направлении КТРО; лучевая скорость молекул CO непосредственно в области ядер КТРО (скоростные потоки): антенные температуры по CO (J=1→0) наблюдениям молекулярных облаков, окружающих КТРО.

Объекты в каталоге КТРО [4] по своей внешней форме классифицированы следующим образом: кометарные туманности конической формы (класс Ia), кометарные туманности биконической формы (класс Ib), туманности в виде запятой (класс IIa), туманности в виде дуги (IIb). В настоящей работе, при статистическом исследовании, общая выборка 51 КТРО была разделена на подвыборки согласно этой классификации. Отдельно рассмотрены также подвыборка кометарных

КТРО №	класс	r, Кпс	R, пс	VLSR, км/с				ΔV_{FWHM} , км/с	ΔV_{100mk} , км/с	T_A^* (CO)	Лит-ра
				опт.	CO	OH	NH_3/H_2CO				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	11a	0.85	0.10		-5.2			9.3		7.6	[5,6]
2	1a	1.70	0.25		-0.8			1.6	13	16.0	[1,6,7]
3	11a	1.70	0.09		-0.5			1.6		14.1	[6,7]
4	11a	0.85	0.10		-18.2			3.9		4.4	[5,6]
7	11a	2.70	0.16		-39.0			3.9		14.5	[6,8]
10	11a	0.50	0.07	-7	6.5	6.4		2.9		8.7	[6,9,10,11]
12	1a	0.65	0.08							0.5	[12]
13	11a	0.35	0.03		-3.0			2.9		8.6	[6,13]
14		0.13			7.5			1.3		4.7	[5,6,14,15]
16	1a	0.16	0.12	12	7.1	7.4		2.0	5,14	2.6	[1,2,10,14,16,17]
17	11b	0.15		11	6.3		8.3	1.0	13,31	3.0	[1,2,6,10,18,19]
18	11b	0.16		14	6.3	5.9		2.0	7	2.9	[1,10,14,16,17]
19	11b	0.16		6	6.5						[10,14]
20	11b	0.16									[14]
21	11a	0.16	0.03	10	6.4	5.8					[10,11,14]
23	11a	0.16	0.02	13	6.2	5.2		1.0		4.4	[6,10,14,16]
29	1b	0.45	0.52		10.6			1.3		20.9	[6,20,21,22]
32	11a	0.45	0.04		11.7		8.5	4.4		21.0	[6,21,22,23]
33	11a	0.45	0.09		8.6		7.5	3.1		20.6	[6,21,22,23]
34	11a	0.45	0.20	4	9.1	7.2		3.6	22	22.0	[2,6,10,16,21,22,24]
38	11a	0.80	0.09		-5.4		-5.8	1.8		12.3	[20,24,25]
39	11a	0.45	0.04		6.5			4.4		11.0	[6,21,22]
40	11b	2.1		-24.5	-18.2		-16.9	3.9		10.2	[6,24,26,27]
42	11b				5.5			2.9		10.2	[6,21,22]
43	11b	0.5			12.4		11.9	1.3	4.2,9	5.5	[1,2,22,24]
44	11a	0.5	0.12		10.4	10.0	10.0	2.6		7.1	[6,16,24,28]
52	11a	1.1	0.16	0.4	2.6			2.6		2.7	[6,29]
54	1b	0.4	0.23		0.2		-0.13	1.8	6.5	8.7	[1,25,30,31]
55	1a	0.8	0.23	11.0	11.4			1.2		11.6	[29,32]
56	1a	2.5	0.44	5.3	7.8		7.0	4.0		30.0	[27,33,34,34]
57	1a	2.5	0.80	16.0	8.0			3.7		8.0	[33,35]
59	1b	3.8	3.32	13.6	17.5	15.5		3.7		20.0	[16,27,33,34]
64	1a	0.75	0.65	12.0	9.3			1.8		4.6	[17,25,36,37]

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
70	1a	1.15	0.17	17.0	13.8			1.3		5.0	[35,38]
71	11a	1.15	0.23	11.0	14.0		14.2	1.3		17.6	[17,24,29,38]
72	1a	1.1	0.51								[38]
76	1a	1.4	0.28								[29]
77	1a	2.2	0.70	34.9	45.6			2.4		9.0	[27,33,35]
84	11a	0.14	0.04		0.8	1.0	0.67	1.3		8.0	[6,39,40,41]
87	1a	0.15	0.07		6.8	5.3	5.7	2.6		13.9	[6,16,19,42,43]
88	1a	0.6	0.19					2.5	3.0		[1,44]
89	1a	2.1	0.55		27.3			2.6		15.6	[6,45]
91	11a	1.0	0.03		2.3			1.8		6.3	[6,46]
92	1a	1.5	0.13		6.5			3.2		6.1	[6,47]
95	1b	0.7	0.22		5.2		2.2	3.9		17.1	[6,24,48]
98	11b	0.7		0.0	3.9	3.4		3.9	30.0	4.9	[2,12,14,49]
102	1b	1.0	0.23		-10.1		-9.4	2.3		12.7	[6,24,29]
103	1b	0.88	0.59		0.0			1.6		15.7	[25,50]
104	1a	6.4	1.30		-50.7		-52.5	5.2		13.0	[6,34,51]
105	1a	0.44	0.13	-18.0	-7.5			1.3		3.9	[6,10,52]
106	11a	0.85	0.27		-6.5			2.3		2.5	[6,53]

туманностей (Ia и Ib) и подвыборка родственных объектов (IIa и IIb).

В таблице приведены данные для КТРО и молекулярных облаков, взятые из литературы. В ней в последовательных столбцах приводятся: номер, его класс, расстояние, линейные размеры, вычисленные по их угловым размерам по [4], значения лучевых скоростей ядер (приведенные к местному стандарту) по наблюдениям молекулярных облаков в линиях молекул CO, OH, NH₃ или H₂CO соответственно; полуширины линии CO (J=1→0), ширина основания линии CO (J=1→0) на уровне потока T_A(CO)=100mK, антенная температура излучения CO (J=1→0) молекулярных облаков в направлении КТРО и ссылки на использованную литературу.

Обсуждение данных. КТРО являются объектами плоской составляющей Галактики. В этой связи интересно рассмотреть их расположение относительно спиральных рукавов Галактики. На рис. 1 воспроизведена карта частей спиральных рукавов Галактики, расположенных в непосредственной близости от Солнца, взятая из [54]. На рис. 1 знаком (O) обозначен местный спиральный рукав (спиральный рукав Лебеда-Кормы), содержащий Солнце (☉), (+I)—рукав Персея, (-I)—рукав Киля-Стрельца-Щита, (-II)—рукав Щита-Южного Креста. Положение КТРО на этом рисунке отмечено точками.

Как видно из рис. 1, большинство КТРО (свыше 86%) являются объектами местного спирального рукава. Хорошо видна их большая концентрация в областях звездообразования в Тельце и Орионе.

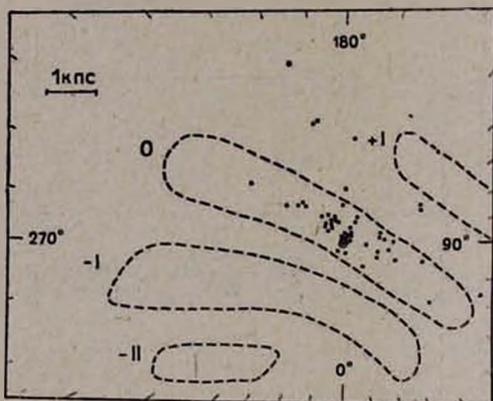


Рис. 1. Карта частей спиральных рукавов Галактики вблизи Солнца

Сравнительное распределение по расстояниям и по линейным размерам КТРО классов Ia и IIa, b приведено в виде гистограмм на рис. 2,3. Как видно из рис. 2, КТРО классов IIa, b ближе к нам (среднее расстояние по 27 объектам равно 0.7 ± 0.62 кпс), чем класса Ia (среднее расстояние по 18 объектам равно 1.3 ± 0.9 кпс).

Сравнение линейных размеров (в проекции) КТРО класса Ia (0.36 ± 0.25 пс) и классов IIa, b (0.10 ± 0.07 пс) показывает, что последние по размеру уступают первым. Сделанный выше вывод об отличии расстояний КТРО классов Ia и IIa, b в свете различия их линейных размеров приобретает полностью селективный характер.

Существует мнение, что подавляющее большинство (если не все)

кометарных туманностей являются биполярными, одна из ком у которых часто не видна вследствие поглощения излучения в околоядерном диске [55, 56]. В результате наблюдаются и монополярные туманности класса Ia. Если это так, то должно существовать статистическое раз-

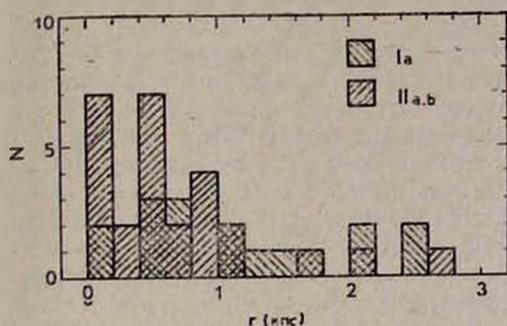


Рис. 2. Распределение КТРО по расстояниям

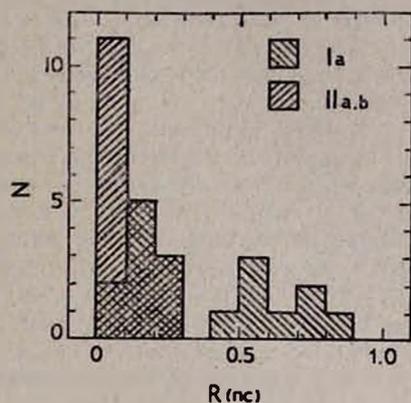


Рис. 3. Распределение КТРО по линейным размерам

личие (около двух раз) в линейных размерах моно- и биполярных туманностей. К сожалению, в общей выборке КТРО с известными оценками расстояния имеется только 5 объектов класса Ib. Такая малая статистика не позволяет однозначно ответить на указанный вопрос.

Отметим, что в малой выборке объектов класса Ib по своему расстоянию и линейным размерам сильно выделяется туманность № 59 (S 269), являющаяся уникальной и по своим другим характеристикам. Если не принимать ее в расчет, то по четырем объектам для среднего размера туманностей класса Ib получим значение 0.32 ± 0.18 пс (при расстоянии, статистически не отличающемся от оценки для объектов класса Ia), которое не отличается от такового для объектов класса Ia. Такое совпадение, говорящее в первом приближении против существующего мнения, делает весьма важным дальнейшие работы по увеличению выборки туманностей класса Ib с известными линейными размерами.

Обзорные наблюдения большого числа областей вокруг молодых звезд в молекулярных линиях [35] с известными лучевыми скоростями, а также высокоточные спектроскопические наблюдения самих молодых звезд показали, что между этими звездами и плотными межзвездными облаками существует ярко выраженная связь, носящая генетический характер. Что касается КТРО, то такая связь к настоящему времени установлена не более чем для 10 объектов.

В нашу выборку КТРО с известными расстояниями входят 20 объектов с измеренными лучевыми скоростями. Лучевые скорости молекулярных облаков, наблюдаемых в направлении этих КТРО, определены с помощью измерения линии по крайней мере одной молекулы.

На рис. 4 по данным таблицы построена гистограмма распределения абсолютных значений разностей лучевых скоростей КТРО и наблюдаемых в их направлениях молекулярных облаков. Если лучевая скорость молекулярного облака определена с помощью наблюдений более одной молекулы, то взято среднее значение лучевых скоростей этих молекул. На рис. 4 пунктирной вертикальной линией, согласно

[57], отмечен допустимый предел разности лучевых скоростей (8.5 км/с) (при большей разности связь между рассматриваемой туманностью и молекулярным облаком считается сомнительной).

Как видно из рис. 4, большинство из 20 КТРО (85%) являются объектами, связанными с молекулярными облаками. Три объекта: № 10 ($L_4 N_3 325$), № 77 (S 307), № 105 (BM And), вероятно, не связаны с наблюдаемыми в их направлении молекулярными облаками. Не исключено, что это может быть результатом ошибки измерения лучевых скоростей.

В [58] подчеркнуто, что истечение вещества от звезд типа Т Тельца (некоторые из которых связаны с КТРО) может ввести значительный динамический импульс в холодное молекулярное облако. Постулировано также, что такое истечение может формировать ширины наблюдаемых молекулярных линий. Этот вопрос рассматривался, например, в работах [1, 2]. В [2] сделан вывод, что в крыльях и в сердцевине линии CO излучают молекулы, находящиеся в околосредней области и в окружающем ее невозмущенном газе соответственно.

КТРО наблюдались также на предмет обнаружения высокоскоростных молекулярных потоков [1, 2]. В нашей выборке КТРО из

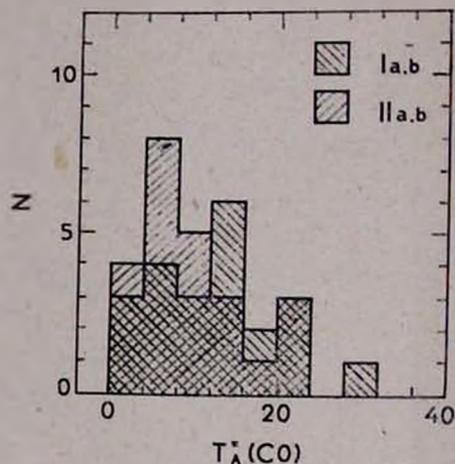
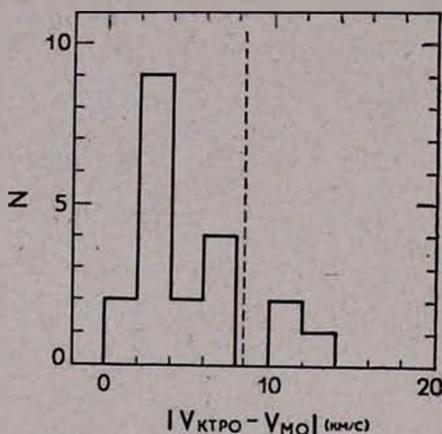


Рис. 4. Распределение разностей лучевых скоростей КТРО и наблюдаемых в их направлении молекулярных облаков

Рис. 5. Распределение КТРО классов Ia, b и IIa, b по антенным температурам

наблюденных 9 есть 5 объектов, от которых обнаружено высокоскоростное истечение ($\Delta V_{100\text{мк}} \geq 10$ км/с). Для этих 5 объектов среднее значение FWHM CO линии равно 2.4 ± 1.3 км/с, для остальных четырех — 1.9 ± 0.5 км/с. Различие между двумя средними значениями незначительно. Для остальных 36 объектов, не наблюдаемых на предмет высокоскоростного потока, FWHM равна 2.6 ± 1.1 км/с. Мы видим, что небольшая выборка объектов не позволяет сказать что-либо определенное относительно результатов работ [1 и 2].

В [6] построена гистограмма распределения антенной температуры по CO наблюдениям для выборки туманных объектов. Согласно этому распределению, с повышением $T_A^*(CO)$ главно, почти линейно, уменьшается число наблюдаемых объектов. Согласно данным таблицы, нами построены аналогичные гистограммы (рис. 5) отдельно для выборок КТРО классов Ia, b и IIa, b. Средние значения $T_A^*(CO)$ для выборок

КТРО классов Ia, b (по 20 объектам) и IIa, b (по 24 объектам) получены соответственно значения 11.7 ± 7.3 и 9.6 ± 6.0 К (сравните с распределением на рис. 5). Первое число незначительно отличается от второго, но если учесть, что наблюдаемые туманности классов Ia, b в среднем почти отстоят в два раза дальше, чем объекты классов IIa, b, то окажется, что СО светимость молекулярных облаков, с которыми связаны туманности классов Ia, b явно выше, чем у облаков, связанных с объектами классов IIa, b. По всей вероятности, кометарные туманности связаны с молекулярными облаками более мощного излучения, чем родственные объекты.

Заключение. Обобщим полученные результаты. Большинство КТРО являются объектами местного спирального рукава. Они показывают заметную концентрацию к темным облакам в Тельце и в Орионе.

Кометарные туманности класса Ia наблюдаются в среднем на больших расстояниях, чем объекты классов IIa, b, что, по всей вероятности, полностью обусловлено эффектом селекции.

У кометарных туманностей класса Ia большие линейные размеры, чем у родственных объектов классов IIa, b.

Небольшая разница лучевых скоростей ряда КТРО и наблюдаемых в их направлении молекулярных облаков указывает на генетическую связь между ними.

Сравнение средних значений антенной температуры $T^*_{\text{A}}(\text{CO})$ кометарных туманностей (Ia, b) и родственных объектов (IIa, b) в свете различия их расстояний показывает, что, по всей вероятности, первые связаны с более горячими молекулярными облаками.

13 июня 1985 г.

Վ. Մ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

ԳԻՍԱՎՈՐԱԶԵՎ ՄԻԳԱՄԱՇՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԵՎ ՀԱՐԱԿԻՑ ՕՐՑԵԿՏՆԵՐԻ ՈՒ ՄՈՂԵԿՈՒԼԱՅԻՆ ԱՄՊԵՐԻ ՀԵՏ ԴՐԱՆՑ ԿԱՊԻ ՄԱՍԻՆ

Աշխատանքը նվիրված է գիսավորածև միգամածությունների (I a, b) և հարակից օրյեկտների (II a, b) վիճակագրությանը: Ստացված են հետևյալ արդյունքները:

ա) Գիսավորածև միգամածությունների և հարակից օրյեկտների գերակըշուող մասը պատկանում է Գալակտիկայի տեղական թևին:

բ) Գիսավորածև միգամածությունները դիտվում են ավելի մեծ հեռավորությունների վրա և ունեն ավելի մեծ զծային չափեր, քան հարակից օրյեկտները:

գ) Գիսավորածև միգամածությունները, ամենայն հավանականությամբ, կապված են ավելի ջերմ մոլեկուլային ամպերի հետ, քան հարակից օրյեկտները:

ON COMETARY NEBULAE AND RELATED OBJECTS AND THEIR CONNECTION WITH MOLECULAR CLOUDS

The results of statistical investigation of cometary nebulae (1a, b) and related objects (11a, b) are presented. It is shown that:

a) the most of cometary nebulae and related objects are located on the our arm of Galaxy;

b) cometary nebulae are more remote and larger in comparison with related objects:

c) cometary nebulae with high probability are connected with hotter molecular clouds than related objects.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. Bally, C. J. Lada, *Astroph. J.*, 265, 823, 1983.
2. M. L. Kutner, C. M. Leung, D. E. Machnik, K. N. Mead, *Astroph. J.*, 259, L 35, 1982.
3. B. F. Jones, G. H. Herbig, *Astron. J.*, 87, 1223, 1982.
4. Э. С. Парсамян, В. М. Петросян. *Сообщ. Бюраканской обс.*, 51, 1979.
5. O. Struve P. Swings, *P. A. S. P.* 60, 61, 1948.
6. J. M. Torrelles, L. F. Rodrigues, J. Canto, J. Marcaide, A. L. Gylbudaghtlan *Rev. Mex. Astr. Astroph.*, 8, 147, 1983.
7. J. Canto, L. F. Rodrigues, N. Calvet, R. M. Leveault, *Astroph. J.*, 282, 631, 1984.
8. Y. P. Georgelin, Y. M. Georgelin, *Astron. J.*, 6, 349, 1970.
9. S. E. Strom, F. J. Vrba, K. H. Strom, *Astron. J.*, 81, 314, 1976.
10. G. H. Herbig, *Astroph. J.*, 214, 747, 1977.
11. K. R. Lang, R. F. Wilson, *Astroph. J.*, 227, 163, 1979.
12. W. F. Fountain, G. A. Gary, C. R. O'Dell, *Astroph. J.*, 269, 164, 1983.
13. H. Cohen, D. K. Aitken, P. F. Roche, P. M. Williams, *Astroph. J.*, 273, 624, 1983.
14. L. V. Kuhl, *Astroph. J.*, 140, 1409, 1964.
15. J. H. Elias, *Astroph. J.*, 224, 857, 1978.
16. B. E. Turner, *Astron. Astroph. Suppl. Ser.*, 37, 1, 1979.
17. S. Edwards, R. L. Snell, *Astroph. J.*, 261, 151, 1982.
18. G. R. Knapp, T. P. H. Knipper, S. L. Knapp, R. L. Brown, *Astroph. J.*, 206, 443, 1976.
19. R. B. Loren, N. J. Evans II, G. R. Knapp, *Astroph. J.*, 234, 932, 1979.
20. G. H. Herbig, *Astroph. J. Suppl. Ser.*, 4, 337, 1960.
21. К. У. Аллен, *Астрофизические величины*, М., Мир, 1977.
22. G. H. Herbig, *Vistas in Astronomy*, 8, 109, 1966.
23. R. W. Few, R. S. Booth, *M. N. R. A. S.* 188, 181, 1979.
24. R. B. Loren, *Astron. J.*, 86, 69, 1981.
25. R. B. Loren, P. A. Van den Bout, J. H. Davls, *Astroph. J.*, 185, 167, 1973.
26. Y.M. Georgelin, Y. P. Georgelin, S. Roux, *Astron. Astroph.*, 26, 337, 1973.
27. F. P. Israel, *Astron. Astroph.*, 70, 769, 1978.
28. K. M. Strom, S. E. Strom, L. Carrasco, F. J. Vrba, *Astroph. J.*, 186, 489, 1975.
29. R. Racine, *Astron. J.*, 73, 233, 1968.
30. B. J. Bok, McCarthy, *Astron. J.*, 79, 42, 1974.

31. L. J. Rickard, P. Palmer, D. Buhe, B. Zukermann, *Astroph. J.* 213, 654, 1977.
32. M. L. Kutner, D. E. Machnik, K. D. Tucker, R. L. Dickman, *Astroph. J.*, 237, 734, 1980.
33. A. F. J. Moffett, M. P. Fitzgerald, P. D. Jackson, *Astron. Astroph. Suppl. Ser.*, 38, 197, 1979.
34. P. T. P. Ho, R. N. Martin, A. H. Barrett, *Astroph. J.*, 246, 761, 1981.
35. L. Blitz, M. Fich, A. A. Stark, *Astroph. J., Suppl. Ser.*, 49, 183, 1982.
36. G. Courtes, J. Georgelin, G. Monnet, A. Pourcelot, *Interstellar Ionized Hydrogen*, (ed. Y. Terzian, Benjamin Inc., page 571), 1968.
37. A. Stockton, D. Chesley S. Chesley, *Astroph. J.*, 199, 406, 1975.
38. J. J. Claria, *Astron. Astroph.*, 37, 229, 1974.
39. J. H. Elias, *Astroph. J.*, 224, 453, 1978.
40. М. И. Пащенко, Г. М. Рудницкий, АЦ, № 1039, 1979.
41. P. C. Myers, P. J. Benson, *Astroph. J.*, 266, 309, 1983.
42. R. F. Knacke, S. E. Strom, K. M. Strom, E. Young, W. Kundel, *Astroph. J.*, 179, 843, 1973.
43. R. B. Loren, *Astroph. J.*, 227, 832, 1979.
44. В. М. Петросян, *Астрофизика*, 21, 523, 1984.
45. D. Crampton, Y. M. Georgelin, Y. P. Georgelin, *Astron. Astroph.*, 66, 1, 1978.
46. K. M. Strom, S. E. Strom, M. Breger, A. L. Brooke, J. Yost, *Astroph. J.*, 173, L 65, 1972.
47. G. Alter, J. Ruprecht, V. Vanysek, *Catalogue of Star Clusters and Associations Budapest*, 1970.
48. Т. Ю. Мазакия, АЦ, № 1222, 7, 1982.
49. C. Andersson, L. E. B. Johansson, A. Winnberg, W. M. Go, *Astron. Astroph.*, 80 260, 1979.
50. N. Calvet, M. Cohen, M. N. R. A. S., 182, 687, 1978.
51. F. P. Israel, H. J. Habing, T. de Jong, *Astron. Astroph.*, 27, 143, 1973.
52. A. F. Aveni, J. H. Hunter, *Astron. J.*, 74, 1021, 1969.
53. D. G. McCornell, *Astroph. J., Suppl. Ser.*, 16, 275, 1968.
54. W. Becker, R. Fenkart, "The Spiral Structure of Our Galaxy", *IAU Symp. No. 38* ed. W. Becker, G. Contopoulos, Dordrecht-Holland, 205, 1970.
55. M. Cohen, P. A. S. P., 86, 813, 1974.
56. J. Canto, L. F. Rodrigues, J. F. Barral, P. Carral, *Astroph. J.*, 244, 102, 1981.
57. B. Zuckermann, P. Palmer, *Ann. Rev. Astron. Astroph.*, 12, 279, 1974.
58. C. Norman, J. Silk, *Astroph. J.*, 238, 158, 1980.