

УДК: 524.4

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ЗВЕЗД В
АССОЦИАЦИИ PUP-CMA

А.Л.ГЮЛЬБУДАГЯН, А.А.АКОПЯН

Поступила 6 февраля 2002

Принята к печати 10 сентября 2002

Приведно распределение собственных движений звезд ассоциации Pup-Cma. Скорости звезд примерно параллельны друг другу, что свидетельствует о пространственной близости звезд. Взаимное распределение звезд и молекулярных облаков ассоциации интерпретируется как доказательство выхода звезд из первоначально целого гигантского молекулярного облака (или нескольких крупных облаков), разрушенного излучением и/или звездным ветром, выходящим из этих звезд. Предполагается, что часть этого облака диссипируется, а часть делится на несколько мелких облаков, которые мы и наблюдаем в настоящее время.

1. *Введение.* Классический способ обнаружения звездных скоплений основан на двух критериях: большая плотность звезд по сравнению со звездным полем и примерно одинаковые, сходящиеся в одной точке пространственные скорости членов данной группы. При открытии же звездных ассоциаций Амбарцумяном [1] был использован критерий большой парциальной плотности звезд определенного физического типа по сравнению со звездами поля того же типа. Дальнейшее изучение ассоциаций привело и к другим критериям принадлежности звезд и звездных объектов к ассоциациям: регулярный характер движения членов ассоциации (например, радиальное расширение из общего центра), а также одинаковое локальное пространственное распределение и физическая связь с родственными объектами. Применением некоторых из этих критериев недавно была открыта новая OB-ассоциация Pup-Cma, звезды которой расположены частично в Корме, частично в Большом Псе [2]. Как было показано в [2], эта ассоциация имеет свойства, типичные для OB-ассоциаций.

В данной работе рассмотрено распределение собственных движений звезд, входящих в ассоциацию Pup-Cma, по данным астрометрического спутника HIPPARCOS, а также распределение молекулярных облаков, связанных с ассоциацией.

2. *Молекулярные облака, связанные с Pup-Cma.* Все молекулярные облака, которые попадают в область $\alpha(1950) = 6^{\text{h}}20^{\text{m}} - 8^{\text{h}}10^{\text{m}}$, $\delta(1950) = -15^{\circ} + -35^{\circ}$ и которые можно различить на Паломарских картах, отмечены нами и данные о них приводятся ниже в табл.1. Это облака Puppis-A - Puppis-F, скорости которых приводятся впервые (более подробно

см. в [3]), и облака ВВW63, ВВW89, скорости которых измерены в [4]. Скорости облаков заключены в интервале 18-27 км/с, со средним значением 22.6 км/с. Эта величина находится в хорошем соответствии со значением средней радиальной скорости звезд, входящих в ассоциацию Pup-СМа, а именно 26 км/с [2]. Это обстоятельство свидетельствует о наличии физической связи между облаками и звездами ассоциации.

Оценим расстояние до перечисленных выше молекулярных облаков. С некоторыми из этих облаков связаны звезды (о чем свидетельствует наличие отражательных туманностей, освещаемых этими звездами), расстояния до которых можно принять в качестве расстояний связанных с ними молекулярных облаков. Это следующие звезды.

1. Звезда SAO 173446 = HIP35415. Это центральная звезда радиальной системы темных глобул, входящей в ассоциацию Pup-СМа. Согласно [5], ее параллакс $\pi = 1 \text{mas}$ ($\sigma = 0.7$), что соответствует расстоянию 1000 пк. Ввиду наличия большой ошибки в параллаксе этой звезды оценим ее спектральный параллакс. В [2] рассчитан модуль расстояния для этой звезды, величина которого ($m(r) = 8^{\text{m}}.8$) свидетельствует о принадлежности этой звезды ассоциации Pup-СМа, расстояние до которой, согласно [2], равно 540 пк. Эта звезда образует область НП, которая захватывает часть молекулярных облаков Puppis-A, B и E из [3], т.е. эти облака тоже должны быть расположены на этом расстоянии.

2. Звезда HD 61071 = vdB98 = SAO 174112. Параллакс этой звезды, согласно [5], $\pi = 1.28 \text{mas}$ ($\sigma = 0.7$), что соответствует расстоянию 780 пк. Вычислим для нее спектральный параллакс. Спектр звезды B6V, $V = 7^{\text{m}}.6$, $E(B - V) = 0^{\text{m}}.08$, $M_v = -0^{\text{m}}.9$ (эти данные о звезде взяты из [5-7]), $A_v = 3^{\text{m}}.2$ (при $R = 3.2$), $m(r) = 8^{\text{m}}.24$. Этот модуль расстояния попадает в интервал, принятый для звезд из Pup-СМа ($m(r) = 7^{\text{m}}.91 - 9^{\text{m}}.7$) [2], для которых среднее расстояние равно 540 пк. Эта звезда связана с облаком ВВW54 из [4], которое соответствует облаку Puppis-D5 из [3], значит и это облако должно быть расположено на 540 пк.

3. Звезда HD57281 = vdB96. Параллакс этой звезды $\pi = 7.73 \text{mas}$ ($\sigma = 3.46$) [5], что соответствует расстоянию 130 пк. Звезда связана с облаком ВВW17B из [4], которое соответствует облаку Puppis-C из [3]. Рассчитаем спектральный параллакс звезды, т.к. ее параллакс приводится с большой ошибкой. Спектр звезды B5V, $V = 8^{\text{m}}.97$, $B - V = -0^{\text{m}}.06$, $M_v = -1^{\text{m}}$ (данные для этой звезды взяты из [5-7]), при $R = 3.2$, $A_v = 0^{\text{m}}.29$, тогда модуль расстояния будет $m(r) = 9^{\text{m}}.68$. Это значение заключено в пределах, принятых для звезд ассоциации Pup-СМа, для которых средний модуль расстояния равен $8^{\text{m}}.66$, что соответствует расстоянию 540 пк.

Таким образом, облака Puppis-A, B, C, D5 находятся на расстоянии ассоциации, т.е. 500-600 пк. Ввиду того, что остальные облака (см. табл.1

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ЗВЕЗД В АССОЦИАЦИИ 529

и рис.1) имеют близкие радиальные скорости, а также расположены близко друг от друга, образуя две группы, мы можем заключить, что все они (или большинство из них) расположены на расстоянии 500-600 пк.

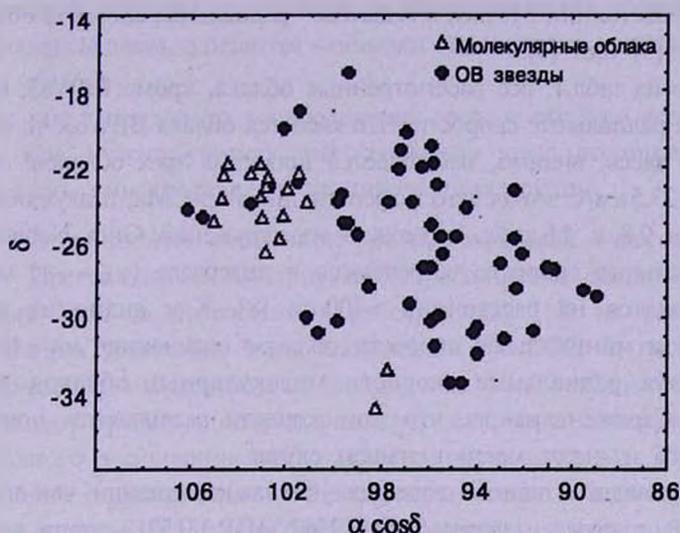


Рис.1. Распределение звезд и молекулярных облаков, входящих в ассоциацию Pup-CMa.

В табл.1 соответственно даны: в первом столбце - номер облака, во втором - название облака согласно [3] или [4], в третьем и четвертом -

Таблица 1

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОБЛАКА В АССОЦИАЦИИ PUP-CMA

N	Облако	Гал. широта	Гал. долгота	Размеры в мин. дуги	Размеры в парсеках	Рад. скорость в км/с
1	Puppis-A1	238°.5	-4°.25	38 x 57	6 x 9	19.7
2	Puppis-A2	239.0	-3.50	28 x 57	4.5 x 9	23.0
3	Puppis-A3	238.0	-2.88	13 x 47	2 x 7.5	21.5
4	Puppis-B1	239.6	-4.63	47 x 76	7.5 x 12	21.0
5	Puppis-B2	240.5	-4.50	13 x 28	2 x 4.5	19.4
6	Puppis-C	237.4	-4.75	38 x 38	6 x 6	20.4
7	Puppis-D1	237.1	-0.88	19 x 47	3 x 7.5	21.6
8	Puppis-D2	237.1	-2.00	28 x 38	4.5 x 6	22.4
9	Puppis-D3	237.8	-1.00	28 x 57	4.5 x 9	22.8
10	Puppis-D4	238.9	-1.50	38 x 95	6 x 15	19.6
11	Puppis-D5	240.1	-1.88	19 x 38	3 x 6	21.3
12	Puppis-E	236.5	-2.13	28 x 57	4.5 x 9	29.6
13	Puppis-F1	237.0	-2.75	47 x 57	7.5 x 9	26.7
14	Puppis-F2	237.5	-2.88	28 x 38	4.5 x 6	25.7
15	Puppis-F3	237.1	-3.75	28 x 57	4.5 x 9	23.6
16	Puppis-F4	236.1	-3.75	13 x 47	2 x 7.5	25.1
17	BBW63	247.6	-4.72	9 x 9	1.4 x 1.4	0.8/4.6/23.5
18	BBW89	251.0	-2.82	1 x 1	0.2 x 0.2	29.2

галактические координаты (соответственно галактическая широта и галактическая долгота), в пятом столбце - размеры облаков в минутах дуги, в шестом - размеры облаков в пк (при предположении, что все они находятся на расстоянии 540 пк), в седьмом - радиальная скорость облаков, измеренная в [3] или [4].

Как видно из табл.1, все рассмотренные облака, кроме BBW63, имеют очень близкие радиальные скорости. Что касается облака BBW63, то можно отметить, что здесь, видимо, наблюдается проекция трех облаков: облака со скоростью 23.5 км/с, входящего в ассоциацию Pup-CMa, и двух облаков, со скоростями 0.8 и 4.6 км/с, возможно из окружения Gum Nebula, для которых радиальные скорости встречаются в интервале (-6 + +6) км/с и которые находятся на расстоянии ~400 пк [8]. Как видно из табл.1, максимальная и минимальная скорости облаков отличаются на ~10 км/с. В [9], исследуя радиальные скорости молекулярных облаков в OB-ассоциациях, Сарджент нашла, что эти скорости различаются примерно на 10 км/с, что и имеет место в нашем случае.

В табл.2 приводятся данные о звездах - членах ассоциации, чьи спектры не позднее V3, а также о звезде SAO 172542 (HIP 33152), спектр которой K3 Tab.

Таблица 2

СОБСТВЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗВЕЗД АССОЦИАЦИИ PUP-CMA

N	HIP	V	α_{2000}	δ_{2000}	μ_{α} mas/y	μ_{δ} mas/y	π mas	σ mas
5	32782	7.05	6 ^h 50 ^m 06 ^s	-27°20' 03"	-1.03	3.96	-.07	.71
6	32827	6.32	6 50 37	-25 46 41	-4.20	6.06	2.71	.62
10	33092	4.82	6 53 33	-20 13 27	-5.14	4.07	2.02	.70
11	33152	3.89	6 54 08	-24 11 02	-3.46	5.02	1.65	.62
12	33294	6.78	6 55 33	-22 02 16	-2.81	4.46	1.43	.69
13	33316	5.29	6 55 47	-22 56 29	-3.24	4.18	1.51	.64
14	33347	4.36	6 56 08	-17 03 14	-2.46	1.91	1.06	.65
16	33532	6.36	6 58 08	-27 09 53	-2.50	4.26	2.24	.73
20	33977	3.02	7 03 01	-23 50 00	-1.56	4.28	1.27	.56
21	34041	6.86	7 03 43	-25 05 03	-3.30	2.77	1.79	.66
23	34248	6.34	7 06 01	-30 39 20	-8.22	7.41	3.93	.60
24	34331	6.61	7 07 00	-26 39 28	-3.32	3.86	2.23	.65
25	34360	5.75	7 07 23	-23 50 25	-2.55	5.11	1.10	.74
28	34924	6.12	7 13 36	-27 21 21	-3.22	5.79	.63	.63
29	34937	6.57	7 13 47	-31 05 02	-5.41	4.23	2.71	.62
35	35415	4.37	7 18 42	-24 57 15	-1.82	3.74	1.02	.71
39	35609	6.59	7 20 53	-22 51 06	-8.64	5.04	1.86	.77
43	36168	5.65	7 26 59	-23 05 10	-6.65	4.04	2.30	.70
45	36362	5.78	7 29 05	-31 27 23	-10.4	5.47	2.85	.56
48	36955	7.23	7 35 51	-33 23 33	-5.05	3.74	.70	.63
50	37751	5.62	7 44 34	-24 40 26	-4.27	5.23	1.75	.67
51	37880	6.73	7 45 52	-24 15 21	-7.57	4.34	1.15	.79

В первом столбце табл.2 приведены номера звезд согласно [2], во втором - названия звезд согласно [5], в третьем - визуальные звездные величины, в четвертом и пятом столбцах отмечены координаты звезд, в шестом и седьмом - собственные движения звезд, в восьмом столбце - параллаксы звезд, в девятом - ошибки определения параллаксов (данные взяты из [5]).

На рис.1 приведено распределение звезд и облаков ассоциации Pup-SMa. Как можно увидеть, расположение звезд ассоциации довольно компактно, они составляют изолированную группу.

3. *Собственные движения звезд, входящих в ассоциацию Pup-SMa.* Предсказанное Амбарцумяном расширение звездных ассоциаций впервые было подтверждено в работе Блау [10] на основе изучения собственных движений звезд ассоциации Per OB2. В настоящее время представление Амбарцумяна об ассоциациях как о распадающихся системах не вызывает сомнения, однако в конкретных случаях обнаружение простого радиального расширения представляется очень сложным. Причиной тому могут быть недостаточная точность определения собственных движений, а также наличие нескольких центров образования и расширения подсистем OB-звезд. Эти факторы особенно осложняют интерпретацию наблюдаемой картины для далеких и богатых звездами ассоциаций.

Данные астрометрического спутника HIPPARCOS позволяют значительно улучшить ситуацию в этой области. В работе [11] определение принадлежности конкретных звезд ассоциациям и обнаружение новых ассоциаций по данным HIPPARCOS основано на модифицированном классическом критерии сходимости собственных движений.

Ассоциация Pup-SMa не входит в список исследованных в [11] ассоциаций. В отличие от [11] мы считаем, что принадлежность звезды к спектральным типам O и ранним B является более весомым критерием при определении ее членства, поэтому из звезд, принадлежащих ассоциации Pup-SMa, мы выбрали звезды, спектры которых не позднее B3, а также звезду SAO172542 спектрального класса K3 Iab. Этот выбор сделан с целью включения наиболее вероятных членов ассоциации. На рис.2 приведено современное местоположение (кружки) и расположение звезд через $5 \cdot 10^6$ лет (на концах стрелок). Здесь время $5 \cdot 10^6$ лет взято из следующих соображений. В [1] Амбарцумян рассчитал время жизни OB-ассоциаций от миллиона до десяти миллионов лет, мы же взяли промежуточную величину. Стрелки указывают на направление движения звезд. На рис.2 отмечены также молекулярные облака (треугольники), связанные с Pup-SMa.

Как можно видеть из рис.2, почти все звезды двигаются параллельно, что указывает на их близость друг к другу. Особый интерес представляет взаимное расположение звезд и молекулярных облаков. Молекулярные

облака составляют две группы: в первую входят облака Puppis-A - Puppis-F, во вторую - BW63 и BW89. Известно, что OB-звезды в основном образуются в молекулярных облаках, причем при образовании звезд молекулярные облака разрушаются частично или полностью (см., например, [12,13] и [14]). Из рис.2, исходя из вышесказанного, возможен вывод о том, что все отмеченные на рисунке облака составляли одно

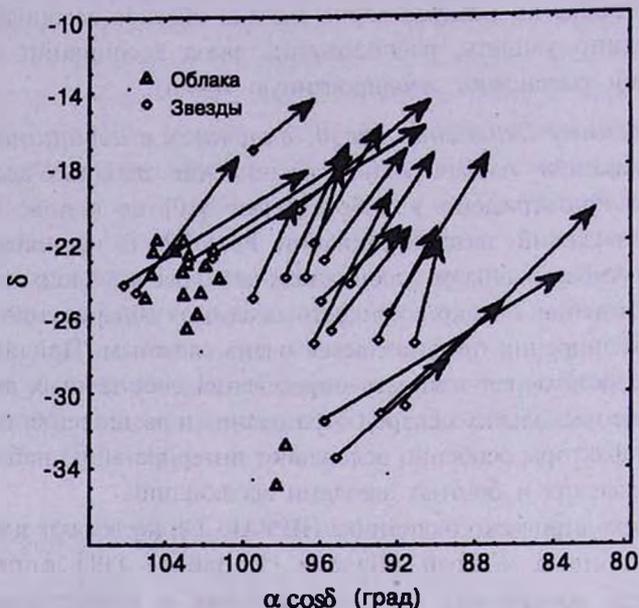


Рис.2. Собственные движения O-B3 звезд ассоциации Pup-CMa.

целое облако (или несколько крупных облаков), которое под действием звездного ветра и/или сильного излучения из образовавшихся OB-звезд было разрушено (часть облака была выветрена, а часть осталась в виде ряда более мелких облаков). Размеры всей рассмотренной группы облаков ~130 пк, а размеры группы, содержащей только облака Puppis-A - Puppis-F, ~50 пк. Эти значения находятся в пределах размеров гигантских молекулярных облаков: так, в [14] и [15] приводятся размеры в 40-50 пк, а в [15] сказано, что размеры гигантских молекулярных облаков могут в отдельных случаях превысить 100 пк.

4. Заключение. В статье получены следующие основные результаты. В ассоциации Pup-CMa собственные движения звезд примерно параллельны друг другу, что свидетельствует о близком расположении этих звезд.

Взаимное расположение звезд и молекулярных облаков в этой ассоциации может быть следствием выхода OB-звезд из одного целого облака (или нескольких крупных облаков), которое при выходе звезд

было частично рассеяно, а частично раздроблено на ряд более мелких облаков.

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

DISTRIBUTION OF VELOCITIES OF STARS OF PUP-CMA ASSOCIATION

A.L.GYULBUDAGHIAN, A.A.AKOPIAN

Distribution of tangential velocities of Pup-CMa association stars is considered. The star velocities are almost parallel to each other, which is in favour of their mutual proximity. Distribution of stars and molecular clouds is interpreted as a prove of emergence of stars from an initially whole giant molecular cloud (or several large molecular clouds), destroyed by the radiation and/or stellar wind of emerging OB-stars. It is supposed that a part of that cloud was dissipated, and the other part was divided in many small clouds we observe now.

Key words: *stars:association - individual:Pup-CMa - stars:velocities*

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А.Амбарцумян, Астрон. ж., 26, 3, 1949.
2. А.Л.Гюльбудагян, Х.Май, Астрофизика, 42, 179, 1999.
3. J.May, A.L.Gyulbudaghian, Astron. Astrophys., 2002 (in press).
4. J.Brand, L.Blitz, J.G.A.Wouterloot, F.J.Kerr, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 68, 1, 1987.
5. The Hipparcos and Tycho Catalogues, European Space Agency, Noordwijk, Netherlands, 1997.
6. W.Buscombe, MK-spectral classifications, Twelfth General Catalogue, Northwestern Univ. Evanston, Illinois, 1995.
7. Star Catalogue 2000. vol.1, eds. A.Hirshfeld, R.W.Sinnott, Sky Publishing Corporation, 1982.
8. W.J.Zealey, Ap. Letters, 23, 119, 1983.
9. A.Sargent, Astrophys. J., 218, 736, 1977.
10. A.Blaauw, Bull. Astron. Inst. Netherlands, 11, 405, 1952.

11. *P.T. de Zeeuw, R.Hoogerwerf, J.H.J. de Bruijne, A.G.A.Brown, A.Blaauw*, *Astron. J.*, 117, 354, 1999.
12. *C.J.Lada, L.Blitz, B.G.Elmeegreen*, *Star Formation in OB-associations*. In "Protostars and Planets", ed. T.Gehrels, Tuscon, Univ. Arizona Press, 1978, p.341.
13. *А.Л.Гюльбудагян*, *Астрофизика*, 23, 295, 1985.
14. *Н.Г.Бочкарев*, *Основы физики межзвездной среды*, изд-во МГУ, 1992.
15. *Л.С.Марочник, А.А.Сучков*, *Галактика*, Наука, М., 1984.