

УДК: 524.352—856

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ХОЛОДНЫХ ГИГАНТОВ В ПЛОСКОСТИ ГАЛАКТИКИ

Ю. К. МЕЛИК-АЛАВЕРДЯН, Г. Г. ТОВМАСЯН

Поступила 24 мая 1984

Принята к печати 20 апреля 1986

Рассмотрено распределение гигантских звезд поздних спектральных классов в плоскости Галактики. В качестве источника данных служил каталог № 5015 (SAO and Astrophysical Data) на магнитной ленте. Показано, что в полосе $-5^{\circ}7 < b < 5^{\circ}7$ в плоскости Галактики распределение этих звезд неоднородно и коррелирует с распределением темных газо-пылевых облаков. Обсуждена возможная эволюционная связь рассматриваемых звезд с межзвездными газо-пылевыми облаками.

1. *Введение.* Неравномерность распределения звезд в Галактике, и, в частности, в галактической плоскости, — явление, изучение которого дает основание для важных космогонических заключений. Известно, например, что открытие звездных ассоциаций [1] привело к выводу о том, что в Галактике продолжается процесс звездообразования [2]. Концентрация звездных ассоциаций к спиральным рукавам Галактики указывает на спиральные рукава, как на области звездообразования. Вместе с тем, спиральные рукава являются также местом концентрации межзвездного вещества. Это обстоятельство часто рассматривается как свидетельство в пользу представления о возникновении звезд из межзвездной среды. Согласно другой точке зрения [1, 2], наличие больших масс диффузной материи в областях звездообразования связано с выбросом этой материи молодыми, недавно образовавшимися звездами. Эта точка зрения основывается на наблюдательных данных относительно выброса вещества молодыми звездами [3].

В любом случае, наличие определенной связи между распределением молодых звезд и распределением диффузной материи является наблюдательным фактом. Эта связь, как было отмечено выше, хорошо прослеживается в спиральных рукавах Галактики. Однако неоднородность распределения межзвездной среды, наличие «облачной» структуры диффузного вещества характерно не только для спиральных рукавов, но и для всего

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО l ЗВЕЗД-ГИГАНТОВ РАЗЛИЧНЫХ

Класс	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
K0—K3 II	0	3	0	2	7	6	5	1	1	5	9	5	3	0	0	0	2	3	
K0—K3 III	3	12	3	25	20	42	19	30	11	21	20	54	15	10	7	7	2	2	
K4—K6 II	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	5	1	0	0	0	0	0	0	
K4—K6 III	2	1	0	3	4	4	4	6	0	4	7	4	2	3	3	0	3	0	
KП, III*	5	18	3	31	31	59	28	37	12	31	41	64	21	13	10	7	7	5	
MII, III	3	1	0	2	3	3	4	9	3	2	6	9	3	2	0	0	0	0	
C	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	2	0	1	
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	1	0	0	0	
Всего	9	19	3	33	34	62	34	46	15	34	49	75	24	16	11	9	7	6	
	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0

* В суммарное распределение гигантов типа К входят также одна звезда тической долготы.

объема Галактики. Поэтому, признавая связь между распределением звезд и диффузной материи, следует ожидать определенной неоднородности распределения звезд не только в спиральных рукавах, но и в промежутках между ними.

Принимая в качестве рабочей гипотезы, подлежащей проверке, что «облака» диффузной материи в промежутках между спиральными рукавами образовались в результате потери массы звездами, мы полагаем, что такими звездами, скорее всего, могут быть гигантские звезды поздних спектральных классов. Действительно, холодные гиганты достаточно многочисленны, хорошо представлены в межспиральных областях и характеризуются интенсивным выбросом вещества [4]. Исходя из этого, ниже рассматривается распределение по галактической долготе красных гигантов, расположенных в галактической плоскости в окрестностях Солнца, с целью проверки связи этих звезд с диффузной газо-пылевой средой.

2. Наблюдательные данные. Исходным материалом для данной работы послужил каталог № 5015 (SAO with Astrophysical Data) [5] на магнитной ленте, созданной в Страсбургском центре звездных данных и предоставленный нам ЦАД при Астросовете АН СССР. Этот каталог, помимо астрометрических данных, содержащихся в хорошо известном печатном варианте [6], включает в себя следующую информацию:

1. Галактические координаты,

Таблица 1

СПЕКТРАЛЬНЫХ КЛАССОВ В ПЛОСКОСТИ ГАЛАКТИКИ С $|\delta^{II}| < 5.0^\circ$

0 350 340 330 320 310 300 290 280 270 260 250 240 230 220 210 200 190 180

0	1	2	9	2	3	2	4	1	2	1	1	1	1	0	4	2	3
3	45	80	92	61	47	54	86	101	50	16	14	5	2	6	8	12	8
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	5	5	14	13	2	6	5	5	4	2	1	0	2	1	6	2	2
3	52	89	117	78	52	62	95	107	96	19	16	6	5	7	18	17	13
0	6	10	18	11	5	17	18	13	10	4	2	1	1	1	2	2	5
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
4	58	99	135	90	57	79	113	120	106	23	18	8	9	10	22	20	21

0 350 340 330 320 310 300 290 280 270 260 250 240 230 220 210 200 190 180

типа K7 III в полосе $50^\circ-60^\circ$ и семь (!) звезд этого типа в полосе $120^\circ-130^\circ$ галак-

2. МК-классификацию,

3. Данные *UBV* фотометрии,

4. Радиальные скорости.

Одним из авторов настоящей работы (Г.Г.Т) были разработаны программы на алгоритмических языках РИ/1 и Фортран для выборки из указанного каталога, содержащего 260 000 объектов, звезд интересующих нас спектральных классов и статистической обработки полученного массива данных. С помощью этих программ было получено распределение по галактической долготе холодных гигантов, содержащихся в вышеупомянутом каталоге. Интервал по галактической долготе принят равным 10 градусам. В выборку включены звезды, содержащиеся в полосе шириной $\pm 5.0^\circ$ у галактического экватора, спектральных классов K и M, классов светимости II и III, а также все C и S звезды. Сверхгиганты (класс светимости I) исключались из рассмотрения. Наиболее многочисленными в выборке гиганты класса K разбиты на 6 групп по спектральному подклассу и светимости, как это показано в табл. 1.

3. Анализ наблюдательных данных. Для того, чтобы судить о распределении звезд по галактической долготе, используя данные табл. 1, необходимо выяснить, насколько однородными по полноте являются приведенные в этой таблице выборки звезд в различных направлениях. Как отмечено в [5], каталог SAO по степени полноты можно разделить на шесть

зон. Для каждой из этих зон в табл. 2, взятой из [5], приводятся относительные количества звезд в процентах, включенных в каталог.

Таблица 2

СТЕПЕНЬ ПОЛНОТЫ ЗОН КАТАЛОГА [5]

δ m	90° — 2.5	— 2.5 — 30°	— 30° — 40°	— 40° — 52°	— 52° — 64°	— 64° — 90°
>7.5	99.1	98.6	99.0	99.2	99.6	95.6
>8.0	98.8	98.1	99.0	98.8	99.3	87.1
>8.5	97.4	97.5	98.6	98.6	96.5	71.8
>9.0	57.1	96.8	96.8	94.9	89.0	55.9
<9.5	91.7	91.3	93.4	87.8	81.5	43.4

Как показывает рассмотрение табл. 2, в отношении полноты каталог достаточно однороден всюду, за исключением слабых звезд зоны от — 64° до — 90° склонения. Однако по относительному количеству звезд, имеющих МК-классификацию, эти зоны существенно различаются. Это видно из табл. 3, в которой приводятся относительные количества спектрально классифицированных звезд в каждой зоне [5].

Таблица 3

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ КОЛИЧЕСТВО ЗВЕЗД С ИЗВЕСТНОЙ МК-КЛАССИФИКАЦИЕЙ

δ m	+90° — 2.5	— 2.5 — 30°	— 30° — 40°	— 40° — 52°	— 52° — 64°	— 64° — 90°
>7.5	22.3	9.9	9.2	97.5	98.5	98.4
>8.0	13.4	5.9	4.6	97.6	98.2	99.6
>8.5	10.9	4.8	3.8	95.9	97.4	98.4
>9.0	6.7	2.0	2.4	90.5	95.4	94.4
>9.5	5.2	1.6	1.6	81.8	85.8	80.8
<9.5	3.5	2.0	1.2	75	65.1	50.9
Всего	10.2	4.8	4.2	87.6	87.5	88.7

Сопоставляя табл. 2 и 3 и пользуясь таблицами преобразования экваториальных координат в галактические, находим, что вся интересующая нас зона шириной $|b| \leq 5.7$ у галактического экватора может быть подразделена на следующие области. Первая область $260^\circ \leq l \leq 350^\circ$ является наиболее исследованной: в этой области выявлено и спектрально классифицировано 75% всех звезд. Во второй зоне с $30^\circ \leq l \leq 210^\circ$ примерно 10% и, наконец, в третьей зоне с $350^\circ \leq l \leq 30^\circ$

и $210^\circ \lesssim l \lesssim 260^\circ$ — всего 4%. В пределах каждой из этих областей, приведенная в табл. 1 выборка звезд может считаться более или менее однородной по направлениям в отношении полноты, что очень существенно для дальнейшего анализа.

4. *Распределение холодных гигантов в галактической плоскости.* Рассмотрение табл. 1 с учетом выполненного в предыдущем разделе анализа показывает, что распределение холодных гигантов в галактической плоскости характеризуется значительной неоднородностью в пределах каждой из четырех зон, взятых в отдельности. Например, концентрация М-гигантов к местному спиральному рукаву отчетливо видна с $l = 60^\circ$ и выше. В противоположном направлении вдоль местного спирального рукава максимум в распределении М-гигантов не так отчетлив, так как мы имеем границу зон с существенно различной степенью полноты выборки. На концентрацию М-гигантов к местному спиральному рукаву указывалось и раньше (см., например, [7]). Приведенные в табл. 1 данные позволяют сделать вывод о том, что распределение К-гигантов весьма похоже на распределение М-гигантов и также соответствует в общих чертах ориентации местного спирального рукава. Из [7] известно, что гиганты типа М составляют неоднородный по своему распределению в Галактике класс, и среди них есть объекты как промежуточной составляющей, так и плоской.

Мы разделили гиганты типа К на 6 групп по подклассам и классам светимостей. Как видно из табл. 1, большую часть составляют звезды третьего класса светимости, типов К0—К3. Они в основном и определяют наблюдаемую неравномерность распределения по галактическим долготам. На рис. 1 приводятся графически результаты табл. 1 суммарно для всех звезд, до соответствующих звездных величин.

Сравним теперь распределение холодных гигантов с распределением диффузной межзвездной материи. С этой целью воспользуемся результатами [8] распределения газо-пылевых облаков в окрестности Солнца. Для того, чтобы сравнить распределение этих газо-пылевых облаков с приведенным в табл. 1 распределением звезд, мы должны выделить те облака, которые расположены в том же объеме, что и рассматриваемые звезды. Величину этого объема оценим следующим образом. Примем, исходя из того, что большинство исследуемых звезд класса К0—К3 III, что абсолютная звездная величина рассматриваемых красных гигантов равна $+0^m0$ [9]. Тогда, взяв значение межзвездного поглощения в среднем за $A_V = 1^m5$ кпк⁻¹ и принимая во внимание, что мы рассматриваем звезды до 9^m5 , находим, что эти звезды удалены от Солнца не более, чем на 500 пк.

Принимая 1000 пк в качестве размера области, в которой расположены интересующие нас звезды (конечно, имеется в виду расстояние в пло-

скости Галактики), можно построить зависимость от галактической долготы количества газо-пылевой материи на луче зрения в пределах до принятого предельного расстояния. Эта зависимость показана на рис. 2. Сравнение рис. 1 и 2 позволяет сделать вывод, что в пределах указанных зон, характеризующихся однородностью выборки по направлениям внутри каж-

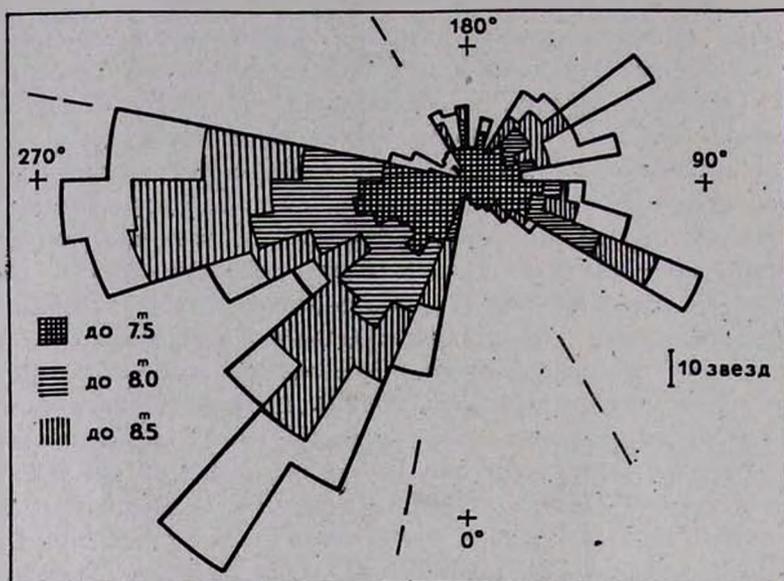


Рис. 1. Распределение холодных звезд-гигантов в плоскости Галактики в полосе $|b| < 5.7$ до различных видимых звездных величин. Масштаб количества звезд указан на рисунке.

дой зоны, распределение холодных гигантов явно коррелирует с распределением облаков межзвездной газо-пылевой среды. На это указывают два глубоких минимума в распределении как звезд, так и пыли в направлениях 90° и 310° галактической долготы. Оба этих минимума находятся в средних частях однородных по выборке областей, что свидетельствует об их реальном существовании.

5. *Обсуждение.* Как известно, холодным гигантам присуще заметное истечение из них газо-пылевой материи. Ниже будет показано, что интенсивность этого истечения оказывается достаточной для объяснения количества наблюдательной межзвездной газо-пылевой среды. Действительно, рассматриваемые звезды расположены в области у галактического экватора шириной $b = \pm 5.7$ и радиусом $R = 500$ пк. Объем V этой области равен:

$$V = 4\pi R^3 \int_0^{5.7} \sin \theta d\theta \approx 2 \cdot 10^6 \text{ пк}^3. \quad (1)$$

Общее количество N красных гигантов в этом объеме примем $\sim 10^3$. Эта оценка является, вероятно, заниженной, так как мы учитываем в ней только выявленные и классифицированные звезды-гиганты.

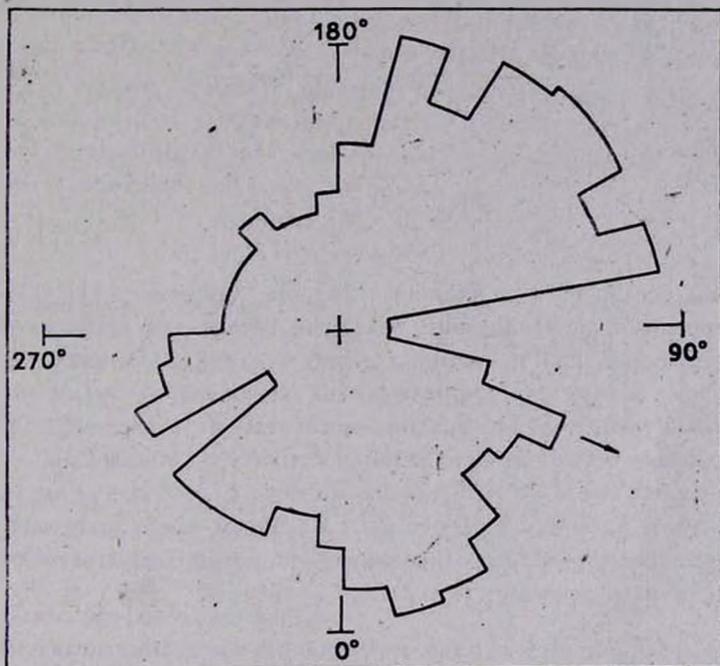


Рис. 2. Распределение газо-пылевых облаков в галактической плоскости, построенное по данным [8].

Рассмотрим теперь образование слоя диффузной материи холодными гигантами, расположенными в вышеупомянутом объеме. Количество материи в виде газо-пылевых облаков при этом будет определяться двумя конкурирующими процессами: выбросом вещества звездами и диссипацией этого вещества из объема. Для стационарного случая имеем:

$$Nm \approx \frac{M}{\tau}, \quad (2)$$

где m — скорость потери массы холодными гигантами, составляющей: $\sim 10^{-7} M_{\odot}/\text{год}$ [4], M — масса диффузного вещества в рассматриваемом объеме, τ — время диссипации этого вещества.

Время τ можно оценить следующим образом:

$$\tau = \frac{S}{v_T}, \quad (3)$$

где S — толщина слоя диффузного вещества, составляющая ~ 140 пк [10], а $v_T \approx \sqrt{RT}$ — скорость звука в этом веществе. Полагая $T \approx 100^\circ \text{ K}$, находим $v_T \approx 10^3 \text{ см с}^{-1}$. Из (2) и (3) получаем:

$$\frac{M}{V} = \tau \dot{m} \frac{N}{V} = \frac{S}{v_T} \dot{m} \frac{N}{V} \quad (4)$$

или, численно,

$$\frac{M}{V} \approx 10^{-3} M_\odot \text{ пк}^{-3},$$

что хорошо согласуется с наблюдательными данными [11]. Отмеченная выше корреляция распределения холодных гигантов с газо-пылевой материей, образующей, как известно, спиральные рукава, ставит перед нами вопрос о том, почему эта корреляция не нарушена за время жизни рассматриваемых гигантов? Необходимо отметить, что в настоящее время уже имеются данные о том, что спиральная структура образована не только молодым, но и более старым населением диска [12]. На это же указывает, по-видимому, и настоящая работа. Мы не будем здесь пытаться дать какое-либо объяснение данному явлению, которое предполагаем более подробно рассмотреть отдельно.

6. Заключение. Изучение распределения холодных гигантских звезд, принадлежащих к населению первого типа, позволяет сделать следующие выводы:

1. Наблюдается определенная корреляция распределения холодных гигантов, принадлежащих к населению первого типа, с некоторыми деталями распределения межзвездного газо-пылевого вещества в плоскости Галактики.

2. Происхождение слоя газо-пылевого вещества в плоскости Галактики может быть объяснено, по крайней мере в количественном отношении, истечением вещества из холодных гигантов населения первого типа с одновременной диссипацией этого вещества из галактической плоскости в объеме Галактики.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

ON THE DISTRIBUTION OF COOL GIANT STARS
IN THE GALACTIC PLANE

YU. K. MELIK-ALAVERDIAN, G. H. TOVMASSIAN

The distribution of late type giant stars in the galactic plane is studied. The catalogue "SAO and Astrophysical Data" on magnetic type is used as the data source. It is shown that in the narrow band of $|b''| \leq 5.7$ of the galactic plane, the distribution of these stars is not homogeneous and is correlated with the distribution of interstellar matter. The possibility of the evolutionary connection of late type giants and interstellar matter is discussed.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Амбарцумян, *Астрон. ж.*, 28, 3, 1949.
2. В. А. Амбарцумян, *Изв. АН СССР, сер. физ.* 14, № 1, 15, 1950.
3. L. V. Kuht, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, 75, 416, 1963.
4. D. Reimers, *Astron. and Astrophys.*, 24, 79, 1979.
5. F. Ochsenbohn, *Bull. Inf. Cent. données stellaires*, 19, 74, 1980.
6. *Star Catalogue of Smithsonian Astrophysical Observatory*, Smithsonian Institution, 1966.
7. L. N. Mavridis, *Structure and Evolution of the Galaxy*, ed. L. N. Mavridis, D. Reidel Publ. Comp., Dordrecht, 1971, p. 111.
8. Th. Neckel, G. Klare, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*, 42, 251, 1980.
9. T. Mikami, A. Heck, *Publ. Astron. Soc. Jap.*, 34, 529, 1982.
10. А. С. Шаров, *Астрон. ж.*, 40, 900, 1963.
11. H. Scheffer, *Z. Astrophys.*, 65, 60, 1967.
12. F. Schwalzer, in "La Dynamique des Galaxies Spirales", Ed. L. Weliachev, Paris, CNRS, 1975, p. 337.