

УДК 524.6

АНАЛИЗ ПОДСЧЕТОВ ЗВЕЗД A0-A2 ПО КАТАЛОГУ SAO

Р. Б. ШАЦОВА, Г. Б. АНИСИМОВА, И. А. ЗЕНИНА

Поступила 3 мая 1988

Принята к печати 5 июня 1988

Распределение звезд A0-A2 ярче $V=9^m$ из каталога SAO в первых приближениях подтверждает известные концентрации к плоскости Галактики, к локальному спиральному рукаву и к его ответвлению. В следующих приближениях обнаруживается микроструктура, связанная с деталями Местной системы: поясами Долидзе, Гулда и известными по радионаблюдениям петлями.

1. *Распределение звезд в первых приближениях.* Подсчеты звезд, подразделенных по разным признакам, служили и продолжают служить для изучения структуры Галактики. Анализ подсчетов ярких звезд ограничивает область исследования окрестностями Солнца. Здесь должны проявляться как общие черты структуры Галактики, которые давно изучаются, так и локальные вокруг нас, интерес к которым возрос в последнее время. Есть необходимость в разделении глобальных и локальных эффектов.

В данной статье дается анализ подсчетов звезд классов A0-A2 с $V \leq 9^m$, проведенных Анисимовой [1] по каталогу SAO [2]. Их общая численность — 18113 звезд. Согласно [3], уровень полноты каталога меняется в зависимости от звездной величины и зоны по склонению. Севернее $\delta = -40^\circ$ каталог охватывает около 97% звезд ярче 9^m , южнее — менее полно. Около южного полюса мира ($\delta < -64^\circ$) охват снижается до 56 %. Мы полагаем, что представленность A-звезд не хуже. Несмотря на этот и другие недостатки, каталог SAO может быть использован для статистического изучения распределения звезд по небу.

В [1] даны $n(l_3, b_3)$ — числа звезд в площадках со сторонами $\Delta l = 3^\circ, \Delta b = 3^\circ$. По ним находились $n(l_{45}, b_3)$ — средние в интервалах $\Delta l = 45^\circ, \Delta b = 3^\circ$, а также числа звезд на 1 кв. град: $n(l_3, b_3)/9 \cos b$ и соответствующие средние. Рис.1 изображает их долготные зависимости для фиксированных b . Рис.2 дает широтные зависимости средних в восьми интервалах по долготе. Отношение $\frac{n(b=0^\circ)}{n(b=90^\circ)}$ по рис. 2 варьируется между 7 и 20, то есть значительно больше, чем для ярких звезд без учета спектра (3 — 4, по ван-Райну и Сирсу, [4]). Учет поглощения света мало увеличивает это

отношение для ярких звезд, так как на $l \leq 100-150$ пк вокруг Солнца обнаружена область, практически свободная от пыли [5].

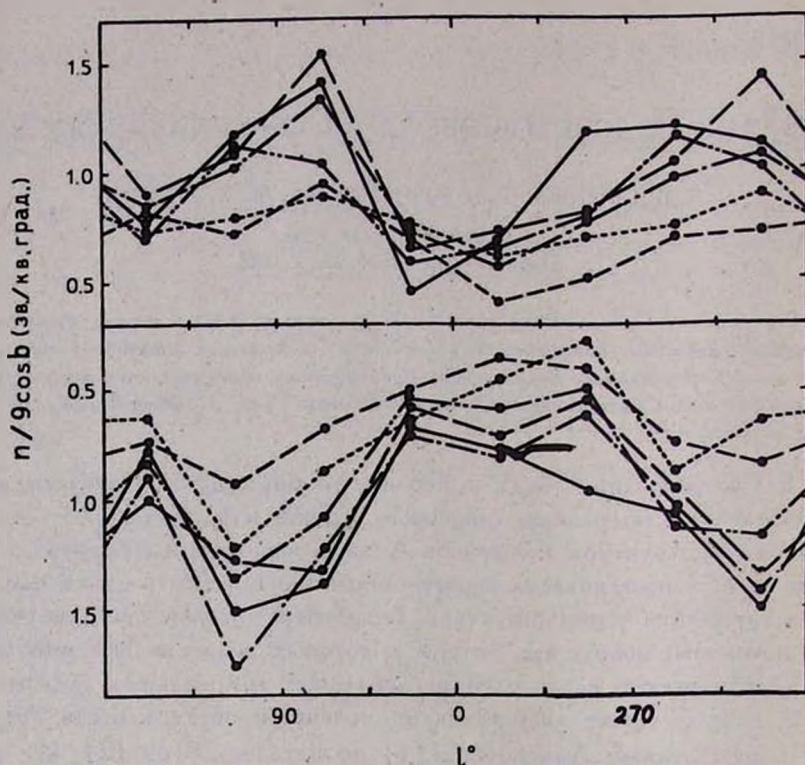


Рис. 1. Зависимость средней плотности звезд $\bar{n}(l_{45}, b_3)/9 \cos b$ от галактической долготы l . Кривые для $b > 0$ проведены выше оси абсцисс, для $b < 0$ — ниже оси абсцисс. — 0—3°; --- 3—6°; -.- 6—9°; ... 9—12°; ---- 12—15°; - - - 15—18°.

Концентрация к малым широтам обязана тому, что А-звезды входят в плоскую подсистему Галактики и в Местную систему (МС), внутри которых пространственная плотность нарастает к плоскостям симметрии.

Максимумы кривых на рис. 1 связаны с тем, что в этих направлениях мы смотрим вдоль спирального рукава (если он здесь проходит) и вдоль вытянутости МС. Минимум у кривых около $l = 300^\circ$ и $b < 0$ на рис. 1 и большая асимметрия в блоке $l(270^\circ - 315^\circ)$ на рис. 2 связаны с неполнотой каталога в зоне южного полюса мира (З.Ю.П.), соответствующей $b(0^\circ - 53^\circ)$.

Средние $n(l_{45}, b_3)/9 \cos b$, по которым составлены рис. 1 и 2, автоматически комбинируют перечисленные глобальные эффекты, включая даже поглощение света, притом именно для совокупности А0-А2 звезд ярче 9^m

из каталога SAO.

Специальная проверка показала, что немонотонность кривых на рис. 1 и 2, используемых ниже, мало влияет на результаты.

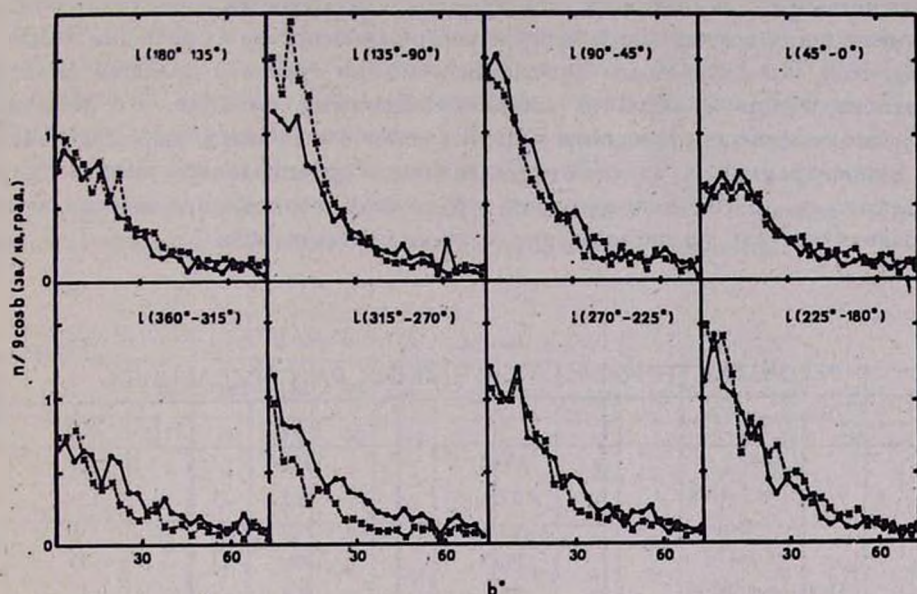


Рис. 2. Зависимость средней плотности звезд $\bar{n}(l_3, b_3)/9 \cos b$ от галактической широты b в каждом из интервалов по l . Сплошные линии относятся к $b > 0$, пунктирные — к $b < 0$.

2. Корреляция между распределениями звезд и протяженных источников радиоэмиссии. Распределение звезд A0-A2 мы сопоставили с распределением яркостной температуры T_λ непрерывного радиоизлучения на частоте 820 МГц по данным Беркхьюзен [6]. Оба они являются интегральными в отношении охвата расстояний: А-звезды от ярчайших до $V=9^m$ находятся, в основном, ближе 400 пк от Солнца; радиоизлучение исходит как с этих же расстояний, так и с больших. Карты Беркхьюзен покрывают область неба со склонениями от -7° до $+85^\circ$. По ним определены средние T_λ в каждой площадке $(\Delta l, \Delta b) = (3^\circ, 3^\circ)$. T_λ , пропорциональные интенсивности излучения, сопоставлены с соответствующими числами звезд A0-A2 — $n(l, b)$. Всего рассмотрено 2538 площадок или пар значений (n, T_λ) . По ним получены средние: $\bar{n} = 2.04$, $T_\lambda = 6.31 \text{ K}$ и стандартные отклонения: $\sigma_n = \pm 3.07$, $\sigma_T = \pm 1.59 \text{ K}$. Коэффициент корреляции оказался равным $r = 0.53 \pm 0.02$. Надежность этого значения определяется порогом вероятнос-

ти безошибочного прогноза $b > 0.999$, поскольку $t = r/e = 26.5$, что значительно превышает значение критерия Стьюдента $t_{\alpha} = 3.3$ для столь большого числа сравниваемых пар [7]. Коэффициент r для А-звезд оказался лишь немного меньше, чем по всем звездам до 9^м каталога SAO, по подсчетам [8], для которых $r = 0.59 \pm 0.02$. Аналогичная корреляция обнаружена и для других частот непрерывного радиоспектра на больших площадях неба. По полученным значениям r можно судить о большом вкладе радиоизлучения из области, занимаемой данными звездами, и о сходстве в расположении протяженных радиоисточников и А-звезд, выражающемся в концентрациях к плоскости Галактики и к спиральной ветви. Если имеются и другие концентрации, то в силу корреляции, они должны проявляться как по звездам, так и по радиоизлучению.

Таблица 1

ВЕРОЯТНОСТИ $P(n \geq n_i)$ В СЛУЧАЙНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯХ

Распределение	N_1	N_2	N_3
Гаусса	15.87	2.28	0.14
Пуассона $\lambda=2.5$	23.0	6.2	1.1
$\lambda=3$	23.5	5.9	1.0
$\lambda=16$	18.78	3.61	0.41
Модельное $\bar{n}=16$	16.7	2.4	0.17
Случайное распределение $\bar{n}=17$	17.3	1.9	0.0

3. *Отклонения от средних распределений.* Локальные отклонения от крупномасштабной структуры в радиусе сотен парсеков вокруг Солнца можно, в принципе, получить из разностей: $\Delta n(l_3, b_3) = n(l_3, b_3) - n(l_{45}, b_3)$. Поскольку плотность А-звезд невелика, существенны случайные флуктуации. Чтобы установить, имеются ли на их фоне локальные закономерности, рассмотрим те площадки, где $\Delta n_k(l_3, b_3)$ превышают k -кратную среднюю квадратичную флуктуацию:

$$\Delta n_k(l_3, b_3) = n_k(l_3, b_3) - n(l_{45}, b_3) \geq k\sqrt{n} = k\sqrt{n(l_{45}, b_3)}. \quad (1)$$

Надо выяснить: 1) имеются ли отклонения в распределении этих площадок от случайных законов? 2) Нет ли особенностей в их размещении по небу? 3) Нет ли связи с локальной структурой Галактики?

1. Рассмотрим случаи $k=1, 2, 3$. Очевидно, что в n_1 входит n_2 , а в n_2 входит n_3 . Числа площадок с такими n_k обозначим через N_k . Подсчеты по всему небу, т.е. по 7200 его площадкам, обнаружили:

$$N_1=1179(\text{или } 16.38\%), \quad N_2=425(5.90\%), \quad N_3=118(1.64\%). \quad (2)$$

Для сравнения в табл.1 приведены аналогичные процентные данные для законов Гаусса, Пуассона (при трех значениях λ) [9] и модельного случайного распределения (для двух значений $\bar{n}$) [10], иначе говоря, приведены вероятности $P_k(n \geq n_k)$. N_1 оказалось близким к табличным значениям по Гауссу и модельному при $\bar{n}=16$, а N_2 и N_3 существенно превышают их. Соответственно $N(\bar{n} \leq \bar{n} + \sqrt{\bar{n}})$ на несколько процентов меньше случайного, что, вероятно, трудно будет увидеть при больших N , близких к $\bar{N}$. Избыток N_2 составляет примерно 250 площадок неба. Распределение Пуассона дает N_1 больше наблюдаемых при любом λ . Превышения в N_1 , как и значения N_2 и N_3 зависят от λ . Подбор малых λ , при которых N_2 или N_3 близки к наблюдаемым, ведет к неприемлемо большим N_1 и $\bar{N}$. Следовательно, наблюдаемое распределение отличается от функций Пуассона.

Таблица 2

ЧИСЛА ПЛОЩАДОК $N_1(n_1)$, $N_2(n_2)$, $N_3(n_3)$ В УЧАСТКАХ

b	l	180	150	120	90	60	30	0	330	300	270	240	210	$N_k(b)$
a	N_1	21*	19*	13	16	14	8	12	6	12	17	18	19*	14.6
	N_2	2	1	1	4	3	3	1	2	5*	5*	6*	—	2.8
	N_3	2*	—	—	1	2	3*	1	—	2*	1	—	—	1.0
б		18	16	19	15	23*	19	26*	13	19	12	15	17	17.7
		5	7	9	7	12*	5	11*	4	3	10	8	11*	7.7
		2	4*	1	2	2	3*	1	2	—	—	—	3*	1.7
в		27*	12	26*	24	34*		6	21	13	23	19	24	10
		10*	1	9	11*	18*	3	10*	1	8	2	9	3	7.1
		3	—	4*	2	8*	—	2	—	3	1	2	—	2.1
г		14	29**	18	16	22	16	24*	4	31*	14	21	24*	19.4
		5	10*	8	7	4	7	6	2	15*	15	4	4	11*
		2	4*	1	—	1	3	4*	—	8*	—	1	4*	2.3
д		19	12	19	21*	15	7	17	15	11	15	20*	19	15.8
		15**	7	12*	11*	9	1	4	9	8	7	10	8	8.4
		3	—	2	3	2	—	1	2	4*	1	4*	2	2.0
е		11	13	7	11	15*	12	11	10	10	7	13	10	10.8
		4	3	1	6*	2	3	6*	—	2	1	2	1	2.6
		2*	3**	1	1	—	—	1	—	—	1	—	—	0.8
№		12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	

В отдельных участках неба N_1, N_2, N_3 еще сильнее отклоняются от табл.1. Это видно из табл. 2, относящейся к 72 участкам неба в интервалах

$(\Delta l, \Delta b) = (30^\circ, 30^\circ)$. Каждый участок содержит 100 площадок $(\Delta l, \Delta b) = (3^\circ, 3^\circ)$. В последнем столбце даны N_k по каждой широтной зоне.

Таким образом, большинство А-звезд неба ($N < N_1$) имеют распределение, близкое к нормальному, но в области больших отклонений от средних $\bar{l}$ распределение явно превышает случайное. Таков первый признак, в общем, неслучайного распределения части А-звезд.

II. Значения $N_k(l, b) \geq N_k(b) + k\sqrt{N_k(b)}$ отмечены в табл. 2 k звездочками ($k=1, 2, 3$). Статистика по небу этих участков приведена в табл. 3.

Таблица 3

ЧИСЛА И ПРОЦЕНТЫ УЧАСТКОВ N_k^* , N_k^{**} , N_k^{***} ПО НЕБУ

	$>^*$	$>^{**}$	$>^{***}$	$>^*$	$>^{**}$	$>^{***}$
N_1	15	4	1	20.8%	5.6%	1.4%
N_2	18	6	2	25.0	8.3	2.8
N_3	16	4	2	22.2	5.6	2.8

Частоты N_k^* и N_k^{**} при всех k меньше отличаются от пуассоновских (по сравнению с частотами площадок), но они существенно выше, чем в двух других случайных распределениях по табл. 1. N_1^{***} гораздо выше всех N_j в табл. 1.

Отмеченные участки крайне неравномерно размещены по небу. По табл. 2 можно выделить несколько связанных полей, состоящих из многих плотных участков. Точно также имеются большие связанные поля средней и ниже средней плотности. В этом смысле левая половина табл. 2 заметно отличается от правой. Вероятность случайной сегрегации оценим, если разделим небо на не менее крупные области. Например, на 9 областей, т.е. по 8 участков в каждой или по 800 площадок $(3^\circ, 3^\circ)$. На одну область, в среднем, приходится 3 участка с N_2 или N_3 , отмеченными звездочками. Вероятность того, что в некоторой области 8 участков отмечены, т.е. принадлежат одному полю, равна $P(N_2=8) \approx P(\bar{v} + 3\sqrt{\bar{v}}) = P(v_3)$, что по табл. 1 (последний столбец) и по (2) заключено между 0 и 1.6%. В итоге вероятность случайной концентрации звезд к этим полям (P) есть произведение малых вероятностей трех независимых событий: концентрации звезд в площадке, концентрации площадок в участке и концентрации участков в поле

$$P = P(n \geq n_2) P(N_2 \geq N_2^*) P(v \geq v_3). \quad (3)$$

Подставляя значения для распределений нормального и наблюдаемого (по

(2)), находим соответственно $P_k = 0.023 \cdot 0.16 \cdot 0.0014 = 5.1 \cdot 10^{-6}$ и $P_k = 0.059 \cdot 0.16 \cdot 0.016 = 1.5 \cdot 10^{-4}$

4. *Связь концентрации с локальной структурой.* Коль скоро обнаруженные концентрации относятся к ярким звездам, есть основание связать их с околосолнечной локальной структурой. Воспользуемся ее описанием, данным Долидзе [11, 12].

Она считает, что здесь имеются две основные структуры: 1) Ответвление локальной спиральной ветви, наблюдаемое, главным образом, в направлениях $l = 180^\circ - 240^\circ$ и 2) Местная система (М.С.), представленная Поясом Гулда и вновь открытым Поясом Долидзе, а также связанными с ними другими деталями-облаками, кольцами и оболочками.

С таким описанием вполне согласуются данные табл. 2. Ответвлению спиральной ветви на $l(180^\circ - 240^\circ)$ соответствует цепь участков $< 2a, 16, 2b, 1g, 2d >$. В участке (2b) $N - N_{,*} = -0.3$ звезды. Большой диапазон их широт не означает большие z — координаты, он связан с близостью к Солнцу. Главные пояса МС почти симметричны галактической плоскости и наклонены к ней примерно на 17° . Но наиболее близкие к нам детали этих поясов достигают в максимуме синусоиды больших широт (до $b \approx 50^\circ$). Пояс Долидзе в северном полушарии проходит по долготам $l \approx 30^\circ - 210^\circ$, а Пояс Гулда в южном — на $l \approx 60^\circ - 240^\circ$. Вдоль пояса Долидзе расположены следующие участки, отмеченные звездочками и близкие к ним по численности: ниже экватора — 1г, 2г, 4г, 6г, 7г, выше экватора — 8в, 9в, 10в, 11б, 12в. Участок (5г) находится в ЗЮП и потому имеет неполную статистику. На $l(180^\circ - 240^\circ)$ Пояс Долидзе пересекает в проекции указанное выше спиральное ответвление.

Слабее выражена концентрация к Поясу Гулда. На него попадают: очень плотный участок (11г) с ассоциацией α Per, участок (6в) с ассоциацией Sco-Cep, а также (1г, 12в), находящиеся на пересечении поясов, и некоторые другие.

Однако даже расширение зоны поясов до $|b| \lesssim 50^\circ$ вблизи максимумов синусоид не может охватить все участки, отмеченные звездочками. В рамках описанной Долидзе структуры МС остается еще одна возможность: соотнести концентрации звезд с концентрациями газа, обнаруженными по радио и рентгеновским наблюдениям. Такое право дает нам и установленная выше корреляция между распределениями A0-A2 звезд и интенсивности непрерывной радиоэмиссии. Известно, что на неоптических частотах ярко проявляются детали галактической структуры, названные шпурами или петлями. По оценкам Беркхьюзен [13], Петли I — IV находятся не дальше 400 пк, т.е. в пределах МС. Едва ли коэффициенты корреляции были бы столь большими, если бы значительные части совокупностей звезд

не повторяли узоров радиопетель. Об этом говорит и тот факт, что в областях неба, где находятся отдельные петли, коэффициент корреляции ближе к 1, чем найденный выше. Например, по данным Зениной [14], на $l(80^\circ-110^\circ)$ и $b(0^\circ-40^\circ)$, где проходит Петля III, $r=0.85\pm 0.05$ (по звездам A0-A2 и частоте 820 МГц).

Таким образом, возникло предположение о звездной составляющей радиопетель [15,16] — образований радиусом порядка 100 пк. На рис.3 схематично изображены четыре радиопетли (I-IV) по Ландекеру и Вилебинскому [17], полученные на частоте 150 МГц. Там же видны границы наших участков. Сопоставляя рис.3 с табл.2, видим, что левой части таблицы, пестрящей звездочками, соответствует область карты, где сближаются и даже пересекаются радиопетли. И во второй половине неба самый населенный участок (4г) тоже попадает на Петлю 1.

Прослеживаются и более детальные связи: вдоль каждой из четырех петель расположены цепи участков, густо населенных А-звездами, по крайней мере, с $N_k(l,b) \geq N_k(b)$. Перечислим их:

I. 4а, 3б, 4в, 4г, 8в, 8б, 7а.

II. 9в, 10в, 11г, 12д, 12е, 11е, 9е, 8д(или 9д), 8г(или 9г).

III. 10в, 10б, 11б, 12в, 11г, 10г.

IV. 4б, 6б.

Реальные радиопетли отличаются от схематичных на рис.3 переменностью толщины и интенсивности вдоль петли, рядом ответвлений. Судя по табл.2, это повторяется и по звездам.

Как отмечает Долидзе [12], с каждым поясом связаны свои объекты, входящие в МС, в том числе и петли. Если плоскость, связанная с Поясом Гулда, проходит через центры Петель I и II, а Пояс Долидзе огибает их, то для Петли III наоборот: через центр проходит Пояс Долидзе, а Пояс Гулда огибает ее. Еще один интересный факт: наиболее плотные участки на каждой петле почти диаметрально противоположны. Таковы I(4г и 8в), III (12в и среднее из 9в+10в), IV (4б и 6б). Сильная растянутость проекции на карте южного края Петли II мешает четко увидеть, что противостоит (IIг). Возможно, это среднее из (8е, 8д, 9е, 9д). Эти геометрические обстоятельства-своеобразные доводы в пользу как принадлежности петель к МС, так и связи между звездами и петлями. Петли определяют протяженность МС по z-координате. И не удивительно, что имеются участки, которые одновременно показывают концентрацию звезд и к поясам, и к петлям. Но свести все к двум поясам не удастся.

5. *Детализация связи.* Вернемся от больших участков к исходным площадкам ($3^\circ, 3^\circ$). На рис.3 нанесены те из них, в которых $n \geq n_1, n_2, n_3$. Неравномерность в распределении этих площадок видна и теперь, но нет

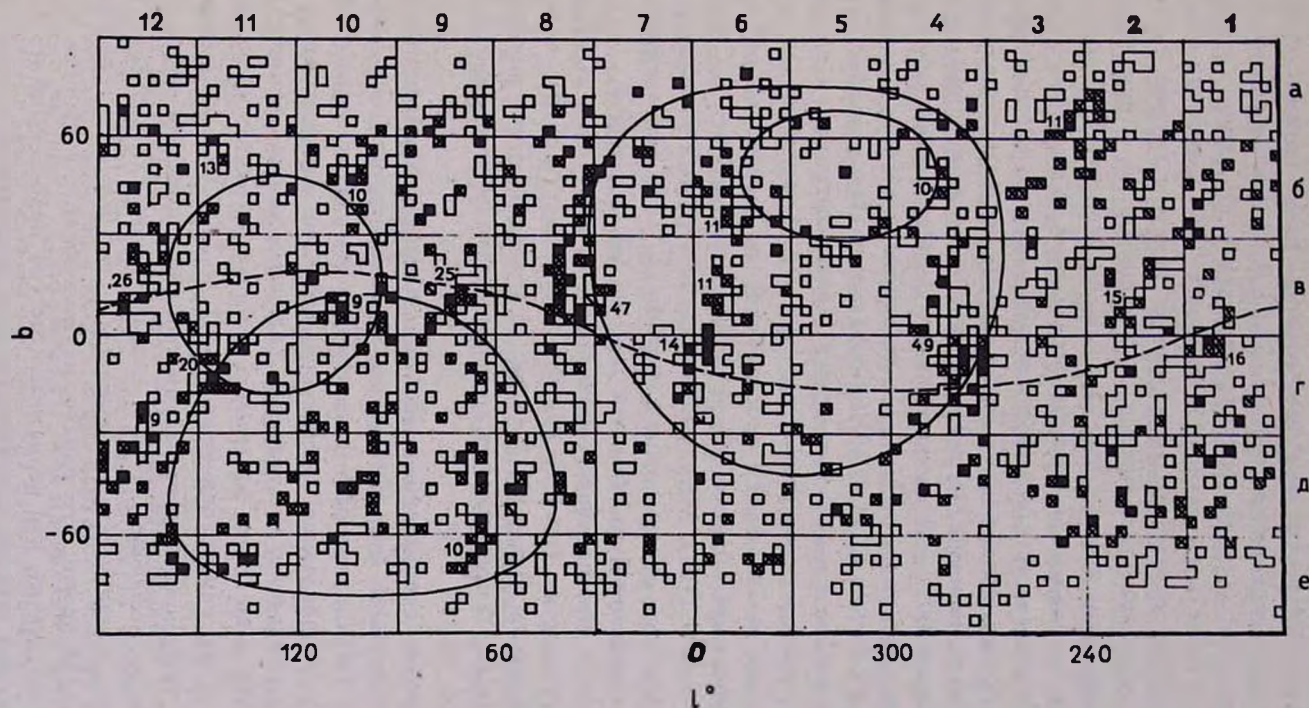


Рис.3. Расположение на небе полшадов, число звезд A0 - A2 в которых превосходит среднее $\bar{n}(l_{45}, b_3)$ больше, чем на величину k -кратной средней квадратичной флуктуации $k\sqrt{\bar{n}}$ ($k=1$ —□, $k=2$ —◻, $k=3$ —◼). Малые круги — радиопетли I — IV на частоте 150Мгц. Пунктирная линия — Пояс Долидзе.

таких больших сплошных полей, как по участкам. Они распались на меньшие, хотя и достаточно крупные группы. В 17 группах $m \geq 9$, в 8 группах $m > 13$. Среди них есть $m=25, 26, 47$ и 49. Распределение чисел площадок в группах (m) не удается представить ни одним случайным законом. Так, в модельном случайном разбросе 16% клеток на площади 120×60 , во всех просчитанных 11 вариантах найдены группы с $m=13$. В некоторых вариантах встречаются и большие m , в одном варианте $m_{\max}=22$. Общее число групп с $m > 13$ в каждом варианте от 0 до 3, а на рис. 3 их 8. Отклонение наблюдаемого распределения от модельного случайного, как и от гауссовского и пуассоновского, значимо по критерию χ^2 . Нетрудно установить конкретное соответствие между большими группами плотных площадок, поясами МС и связанными с ними четырьмя петлями. Все группы на $l \approx 200^\circ - 250^\circ$ можно связать с ответвлением спирального рукава, с его внутренней структурой, на которой мы здесь не останавливаемся. 8 групп с $m=26, 9, 25, 47, 14, 49, 15, 16$ попадают на Пояс Долидзе. Одновременно большинство из них, как отроги Пояса, вытянуты в широтном направлении и повторяют очертания радиопетель. В частности, две самые большие группы ($m=47$ и 49) простираются по широте на 66° и 57° вдоль противоположных сторон Петли I. Первая совпадает с Северным полярным шпуром (СПШ). Между этими двумя отрогами выделяется еще один, представленный цепью групп с $m=14, 11, 11$ и ряда меньших, и, вероятно, расположенный на оболочке Петли I за ее центром.

Нам видится, что противостоящие друг другу группы с $m=25$ и 26 вместе с рядом других ($m=20, 13, 10$) составляют, по [18], внешнюю оболочку раздвоенной Петли III (на рис. 3 показана только внутренняя, по [17]). В Петле IV противостоят друг другу группы площадок (с $n \geq n_1$ или n_2) числом $m=10$ и 11.

Иллюстрацию совпадений можно продолжить практически на все группы, отмеченные на рис. 3. Правда, с одной стороны, это реальные распределения звезд, с другой — схематичные по радиоданным. Поэтому напомним, что установленная выше корреляция, как и найденные в [14] и [15], этим недостатком не страдают. Уязвимым местом можно считать конкретные очертания групп, выделение которых основывалось на принятии $\bar{n}(l_4, b_3)$ с их немонотонностью (рис. 1 и 2). Однако проверка по средним $\bar{n}$ со смещенными интервалами координат показала, что влияние этого фактора не решающее, хотя и создает некоторые вариации [10]. Таким образом, практически все кластеры с $m \geq 9$ удастся соотнести с локальными структурами, что однако, не исключает случайности некоторых из них. Это значит, что вероятности по (3) надо домножить еще на один очень малый фактор случайности всех совпадений с локальными структурами. В реальных группах звезды, по-видимому, имеют общее про-

исхождение. Естественно каждую группу считать кластером, коль скоро ей присущи общие характерные черты: спектр А0-А2, звездная величина $V < 9^m$, контакт многих площадок с $n \geq n_1$, собственная структура, концентрация к известному элементу локальной структуры Галактики.

6. *Области дефицита звезд.* Противоположная крайность в распределении звезд-в площадках особо низкой плотности. Очевидно, что из-за усечения $n=0$ распределение по обе стороны от $\bar{n}$ не симметрично. Известно, что в радиопетлях имеются целые области низкой интенсивности излучения, что нашло теоретическое обоснование (ссылки в [19]). Судя по достаточно высокой корреляции между радиоданными и распределением звезд, можно ожидать в тех же областях дефицита звезд. И это подтвердилось в тех областях Петель I и III, для которых проводилось детальное сопоставление [14,20]. Используя данные по всему небу, можно убедиться в общности и этих результатов. В трех больших петлях можно выделить обширные поля или полости, состоящие из контактирующих между собой площадок с $0 \leq n < \bar{n} - \sqrt{\bar{n}}$. На рис.3 они приходятся на белые пятна, где $n < n_1$, хотя и меньше их. В петлях I и II каждое поле объединяет более 50 площадок, в Петле III — 38 площадок. Малая Петля IV оставлена без внимания.

Области особо низкой плотности внутри петель обычно примыкают к наиболее компактным группам в оболочках. Это видно даже по парам участков в табл.2: (7в, 8в) и (4г, 5г). Контраст плотности в них не меньше $n_{об}/n_{пол} \geq (\bar{n} + \sqrt{\bar{n}})/(\bar{n} - \sqrt{\bar{n}}) = (\sqrt{\bar{n}} + 1)/(\sqrt{\bar{n}} - 1)$, что близко к 4 для $\bar{n}$ между 2,5 и 4. Число 4 приводится и для отношения интенсивностей 21-см излучения в СПШ, и в соседней полости Петли 1 (Хейлес и Дженкинс [21]).

В трактовке дефицита звезд обычно привлекается поглощение света. Известно, что внутри Петли I имеется большой комплекс темных облаков Orp. Однако специальное рассмотрение Анисимовой [16] показало, что он не может объяснить весь дефицит звезд, например, в полосе $l=10^0-20^0$ и $b>0$, где пространство очень прозрачно, по крайней мере до 200 пк. По обе стороны от полосы, т. е., в ядре Петли ($l \approx -45^0, +10^0$) и на оболочке СПШ ($b \approx 20^0-40^0$) поглощение $A_v = 3E_{B-v}$ в несколько раз выше: $0^m.2-0^m.4$. Между тем, в этих участках наблюдаются большие избытки плотности звезд. Стало быть, поглощение света может лишь немного занизить эти избытки, а не увеличить контраст. Аналогичное заключение получено Зениной [14] по Петле III. Так проявляется пылевая составляющая петель. Таким образом показана еще одна сторона сходства распределений звезд (и пыли) с радиопетлями: реальность полостей.

7. Заключение. Анализ распределений A0-A2 звезд с $V \leq 9^m$ по небу подтвердил известные концентрации к плоскости Галактики, к локальному спиральному рукаву и к его ответвлению, а также обнаружил локальные концентрации к деталям Местной Системы. Заметим, что они подтверждены и для более ярких A-звезд ($V \leq 8^m.5$ и $V \leq 7^m.5$). Однако найденные корреляции пока основываются на проекциях на небесную сферу. Проверка аналогичных корреляций по лучу зрения встречается с трудностями. С одной стороны, это остающаяся неопределенность в расстояниях деталей МС. Так, согласно [13], расстояния и размеры петель имеют ошибки в пределах $\pm(40 \div 135)$ пк. С другой стороны — отсутствие определений классов светимостей большинства северных A-звезд и неоднозначность существующих калибровок (S_p, M_p), в которых различия подчас близки к 1^m , что соответствует $\Delta r = \pm 0.58r$. В рамках таких больших неопределенностей имеются варианты совпадения расстояний звездных кластеров и радиоволокон, то есть совпадения и третьей координаты. Например, припишем СПШ и звездному кластеру с $m=47$ хорошо определенное расстояние ассоциации Sco—Cen ($r=170$ пк или $V-A_p-M_p=6^m.2$), поскольку эта ассоциация является ядром Петли I, [22].

С абсолютными величинами M_p из калибровки [23] при поглощении $A_p=0^m.4$ звезды кластера всевозможных классов светимости должны иметь: V между $6^m.7$ и $8^m.2$. Интервал V можно расширить до предельного в работе $V=9^m$ за счет протяженности кластера по лучу зрения, а также за счет неопределенности калибровки и ошибок в V .

Снижение ошибок в r , конечно, желательно, но едва ли это изменит вывод о неслучайности концентраций звезд к деталям МС, имеющий по рассмотренным в статье факторам очень большую вероятность. Во всяком случае, неизвестны альтернативные детали локальной структуры, с которыми можно связать все аспекты распределения A-звезд так же хорошо, как с поясами и петлями.

Звездная форма материи превалирует как в Галактике в целом, так и в ее части — МС. Повтому допущение о звездной составляющей таких крупных деталей, как петли, не должно казаться удивительным, если их возраст не сильно отличается от возраста МС. Уивер [22] полагает, что Петля I имеет возраст породившей ее ассоциации Sco—Cen ($1 \div 3 \cdot 10^7$ лет). А если звездная составляющая Петли I порождена не этой ассоциацией, а какой-то из ее предшественниц, возникших рядом, в том же гигантском молекулярном облаке (ГМО), то ее возраст еще больше ($\geq 10^8$ лет). Пусть наблюдаемое внутри Петли I ГМО имеет массу, близкую к средней для облаков этого класса ($10^6 - 10^7 M_\odot$), тогда приливной радиус системы, контролируемой им, не меньше наблюдаемого радиуса петли ($R \approx 115$ пк [13]). В таком случае ГМО обеспечит динамическую замкну-

тость системы Петли I, противостоящую ее разрушению [10]. Сходная ситуация (по Уиверу) [22] имеется в системе ассоциации α Пер и Петель II и III.

Исследования динамики и кинематики этих систем помогут понять взаимосвязи между ГМО, ассоциациями, петлями и МС и создать непротиворечивую картину локальной структуры.

Ростовский педагогический
институт

THE ANALYSIS OF THE A0-A2 STELLAR COUNTS FROM THE SAO CATALOGUE

R.B.SHATSOVA, G.B.ANISIMOVA, I.A.ZENINA

The overall distribution of A0-A2 stars brighter than $V=9^m$ taken from the SAO catalogue confirms the known concentrations to the Galactic plane, the local spiral arm and its branch. A closer treatment of that background reveals a microstructure connected with such details of the local system as the Dolidze and Gould belts and the loops known from radio observations.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.Б.Анисимова, в Деп. ВИНТИ, № 3058-83, 112стр., 1983.
2. Smithsonian Astrophysical Observatory Catalogue of 258997 stars with astrophysical data, Washington, 1980. (магнитная лента ЦАД Астросовета АН СССР).
3. F.Ochsenbein, Bull. Inform. CDS, 19, 74, 1980.
4. П.Г.Куликовский, Звездная астрономия, Наука, М., 1985.
5. T.N.G.Westin, Astron. and Astrophys. Suppl. Ser., 60, 99, 1985.
6. E.M.Berkhuijsen, Astron. and Astrophys. Suppl. Ser., 5, 263, 1972.
7. Н.А.Плохинский, Биометрия, изд. МГУ, М., 1970.
8. Г.Б.Анисимова, Деп. в ВИНТИ, № 3059-83, 112стр., 1983.
9. Я.Янко, Математико-статистические таблицы, Госстатиздат, М., 1961.
10. Р.Б.Шацова, Г.Б.Анисимова, Сб. Астрон-Геод. исслед. Статистические методы, УрГУ, Свердловск, 1987, стр.37.
11. М.В.Долидзе, Письма в Астрон.ж., 6, 92, 1980.
12. М.В.Долидзе, Письма в Астрон.ж., 6, 745, 1980.
13. E.M.Berkhuijsen, Astron. and Astrophys., 24, 143, 1973.
14. И.А.Зенина, Деп. в ВИНТИ № 952-84, 37стр., 1984.
15. Г.Б.Анисимова, Астрон.ж., 61, 1226, 1984.
16. Г.Б.Анисимова, Сб. Вopr. астрофиз., Саранск, 1984, стр. 25.
17. T.L.Landecker, R.Wielebinski, Austr.J.Phys., Suppl. Ser., 16, 1, 1970.
18. E.M.Berkhuijsen, Astron. and Astrophys., 14, 359, 1971.
19. Т.А.Лозинская, Сверхновые звезды и звездный ветер. Взаимодействие с газом Галактики, Наука, М., 1986.

20. Р.Б.Шацова, Г.Б.Анисимова, Сб.Звездн. скопления, УрГУ, Свердловск, 1987, стр.207.
21. C.Heiles, E.B.Jenkins, *Astron. and Astrophys.*, **46**, 333, 1976.
22. H.Weaver, *The Large-Scale characteristics of the Galaxy*, E.A.Dordrecht, IAU 1979, 295.
23. W.A.Deutschman, R.J.Davis, R.E.Schild, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **30**, 91, 1976.