

УДК: 524.52

ИНФРАКРАСНЫЕ ИСТОЧНИКИ В РАДИОПЕТЛЯХ

И.Н.ОВЧАРОВА, Р.Б.ШАЦОВА

Поступила 27 декабря 1999

Принята к печати 20 февраля 2000

Обнаружена концентрация IRAS-источников на волнах 12, 25, 60 и 100 μm к радиопетлям I-IV. Это позволяет приписать этим источникам расстояния порядка 100-300 пк. В районе Северного полярного шпура небольшие избытки плотности IRAS-источников над средними на соответствующих широтах обнаружены только на 12 и 25 μm .

Уже первые обзоры неба в инфракрасных лучах обнаружили большую галактическую концентрацию источников излучения на $\lambda = 12\text{-}100\mu\text{m}$. Имеются и другие концентрации таких источников и их групп, названных циррусами, разбросанных по всему небу. Хотя их распределение считается хаотичным, постепенно из этого хаоса удается извлекать те или иные структуры, известные по оптическим наблюдениям: галактики, звездные скопления и другие.

Покажем, что имеются концентрации циррусов к радиопетлям. Эти крупные оболочечные структуры известны как источники радиоизлучения на всевозможных частотах непрерывного спектра и в линии 21см, а также рентгеновского и гамма-излучения. В оболочках обнаружена даже звездная составляющая [1-3]. В областях Петли I Анисимовой [1] и Петли III Зениной [4] изучалось поглощение света по избыткам цвета звезд. Оно оказалось большим, чем у фона, что означает наличие пылевой составляющей у петель. Это позволило предвидеть концентрации IRAS-источников в петлях.

В каталоге IRAS [5] используется экваториальная система координат (α, δ) . Она неудобна для изучения петель, которые в этой системе имеют непривычную форму. Так, например, Петля III, окружающая Северный полюс мира, в прямоугольной проекции (α, δ) , вытянута почти по прямой, параллельной небесному экватору.

Привычный вид все петли имеют в галактической системе координат (l, b) . Поэтому мы использовали выполненные Анисимовой перевод координат IRAS-источников к системе (l, b) и подсчеты чисел источников $n(l, b)$ в ячейках неба $(\Delta l, \Delta b) = (3^\circ, 3^\circ)$. Они еще не опубликованы. Работы с подсчетами IRAS-источников проще, чем с огромным массивом данных каталога (более 250000 объектов). Подсчеты $n(l, b)$ произведены по каждой из четырех длин волн $(\lambda = 12, 25, 60 \text{ и } 100 \mu\text{m})$. В них отбирались наблюдения третьего и второго

Таблица 1

ТАБЛИЦА СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ $\bar{n}(\Delta l, b)$

Δl	$\lambda=12\mu\text{m}$											$\lambda=25\mu\text{m}$											$\lambda=60\mu\text{m}$											$\lambda=100\mu\text{m}$										
	0-120		120-180		180-240		240-300		300-380			0-120		120-180		180-240		240-300		300-380			0-120		120-180		180-240		240-300		300-380													
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+											
87-90	1	-	-	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
84-87	1	-	-	2	1	0	2	2	1	1	0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
81-84	2	-	-	2	1	0	-	2	1	1	0	-	-	0	1	0	-	0	0	0	1	-	-	0	2	1	0	1	0	1	0													
78-81	2	-	-	2	1	1	-	2	1	-	1	-	-	1	1	1	-	1	0	-	1	-	-	0	2	1	-	1	1	-	1													
75-78	3	3	2	2	1	1	-	3	1	-	1	0	1	1	1	1	-	1	0	-	2	1	1	1	2	1	-	1	1	-	2													
72-75	3	3	2	3	1	2	2	3	1	-	1	1	1	2	0	1	1	1	1	-	2	1	2	1	1	2	1	1	2	-	3													
68-72	4	3	2	4	2	2	3	3	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1													
66-68	4	3	4	4	2	2	4	4	2	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	3	2	3	1	3	3	2	2	3	2	2													
63-66	4	4	4	4	2	4	4	5	2	2	1	1	2	2	1	2	2	2	1	1	3	2	3	2	4	4	2	4	3	3	2													
60-63	5	4	5	4	3	3	4	6	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2	3	2	4	5	3	3	3	3	2													
57-60	6	4	5	4	3	3	4	6	3	3	2	1	3	2	2	3	2	2	1	2	4	3	3	2	5	4	3	3	3	3	2													
54-57	6	5	5	5	4	4	5	7	3	3	2	1	3	2	3	2	3	3	1	2	4	4	4	3	5	6	4	3	4	3	2													
51-54	7	6	6	5	4	5	5	7	3	4	2	1	3	2	3	3	3	3	2	3	4	4	4	3	6	6	4	4	4	4	3													
48-51	8	7	6	5	5	6	6	8	4	4	3	1	3	3	3	3	3	4	1	4	4	4	5	4	6	6	4	4	4	4	3													
45-48	9	8	7	6	5	5	6	11	4	6	3	1	4	3	3	3	3	4	2	4	4	8	5	3	7	6	5	4	5	4	6													
42-45	9	8	8	7	5	5	7	11	5	7	3	2	4	3	4	4	3	6	2	5	4	6	6	4	7	7	5	4	5	5	7													
39-42	11	8	9	8	8	8	10	5	7	3	2	4	3	4	4	3	6	2	5	4	7	6	5	7	7	6	5	5	7	7	11													
36-39	12	10	10	10	8	7	8	12	6	10	4	2	5	4	4	4	3	6	3	7	5	11	5	4	7	9	6	5	5	8	11													
33-36	12	11	10	11	9	9	10	20	8	16	4	2	5	4	4	4	13	3	10	6	10	6	5	6	9	5	7	6	8	9	10													
30-33	15	12	10	12	10	9	11	29	9	19	6	3	5	5	5	5	4	12	4	10	6	8	7	5	6	10	5	8	8	9	10													
27-30	18	13	13	12	11	12	13	20	11	15	6	3	6	5	6	6	5	9	5	8	8	8	6	5	7	10	5	8	7	6	10													
24-27	19	15	14	13	13	14	17	20	12	18	7	4	7	8	8	7	8	10	7	10	10	9	8	5	8	15	7	8	8	7	15													
21-24	22	21	18	15	16	16	20	25	16	21	0	4	10	9	6	11	9	11	10	13	8	8	6	8	17	7	10	10	9	16	15													
18-21	22	22	18	19	17	17	25	30	20	27	10	8	10	10	7	14	12	16	13	15	14	10	11	8	9	20	11	11	10	18	19													
15-18	27	30	25	20	18	20	32	34	26	33	14	7	14	10	7	15	12	19	16	17	14	13	10	8	8	25	8	10	11	13	23													
12-15	35	40	27	25	24	26	40	42	38	42	19	19	18	12	8	15	13	22	21	21	18	13	12	10	8	23	8	11	12	16	24													
9-12	47	75	33	30	27	26	53	60	45	61	24	30	19	15	12	17	18	24	36	32	18	23	17	16	9	18	9	20	14	20														
6-9	72	100	40	31	34	33	83	100	81	103	44	58	20	23	17	20	25	28	81	57	25	34	29	30	12	22	11	17	22	27														
3-6	111	115	60	48	44	36	172	180	181	180	101	125	33	20	23	25	51	89	99	122	45	57	55	55	20	16	23	28	43	44														
0-3	170	320	180	60	70	70	135	321	250	300	210	128	52	50	44	50	110	120	208	277	66	123	78	133	50	50	58	64	73	101	43													

классов надежности (т.е. высокого и умеренного качества). На каждой широте ($b, \Delta b = 3^\circ$) в пяти интервалах Δl определялись средние числа источников в ячейке $\bar{n}(\Delta l, b)$ (табл.1). Колебания \bar{n} по долготе особенно велики на малых $|b|$ для λ_{12} и λ_{25} . С помощью табл.1 выделены ячейки, в которых

$$n(l, b) \geq \bar{n}(\Delta l, b) + k \sqrt{\bar{n}(\Delta l, b)}, \quad k = 1, 2 \quad (1)$$

Расположения групп ячеек, удовлетворяющих условию (1) при $k=1$, для λ_{60} и λ_{100} показаны в нашей статье [6] и для λ_{25} на рис.1. Изолированные ячейки опущены.

В разностях $n - (\bar{n} + \sqrt{\bar{n}})$ на λ_{60} и λ_{100} Млечный путь выделяется относительно слабо. На λ_{12} он превалирует на $l \approx 0^\circ \pm 60^\circ$ и на λ_{25} - на $l \approx 345^\circ \pm 45^\circ$. По-видимому, эти концентрации, особенно на λ_{12} , относятся к крупномасштабной структуре Галактики, возможно, к далекому балджу. Нас же здесь интересуют более локальные структуры. Поэтому указанные области исключим из дальнейшего рассмотрения. На рис. 2 и 3 представлены наложения данных по $\lambda \geq 25 \mu\text{m}$.

Для выявления концентраций IRAS-источников к петлям на рис.1-3 использованы изображения петель I-IV по данным Ландекера и Вилебинского [7] для радиоизлучения на частоте 150 МГц. Заметим, что для других частот положения центров и радиусы петель несколько различаются.

Окантованные и затушеванные на рис. 1-3, а также на рис. 1 и 2 в [6] группы контактирующих между собой ячеек можно считать циррусами разных размеров. Некоторые из них повторяются на всех частотах, но чаще они не совпадают. При этом они создают и дополняют общую картину петель и их деталей, что особенно хорошо видно на рис.2 и 3. На рис.2 для $k=1$ включены только циррусы протяженностью не менее 15° . На рис.3 окантованы более плотные циррусы протяженностью не менее 9° , крестиками отмечены изолированные ячейки или контактирующие пары, удовлетворяющие условию (1) для $k=2$.

Все петли выделяются благодаря циррусам, расположенным вдоль их границ, а также благодаря "пустым" кольцам внутри петель, концентричным границам. Через центры петель проходят протяженные циррусы или их цепи, напоминающие бары. Хотя в большинстве случаев расстояния циррусов еще неизвестны, с большой вероятностью их можно связать с петлями, оценки расстояний которых имеются, например, у Беркхьюзен [8]. Бары имеют продолжение вне петель. Они, как и другие цепи циррусов, связывают соседние петли, напоминая мосты. Очевидно, так проявляется структура Местной системы, в которую входят названные элементы. Если мосты можно отнести к спокойным регулярным областям, то петли - к высоко активным, иррегулярным областям Местной системы. Вопросы общей структуры Местной системы рассмотрены в статье Шацовой

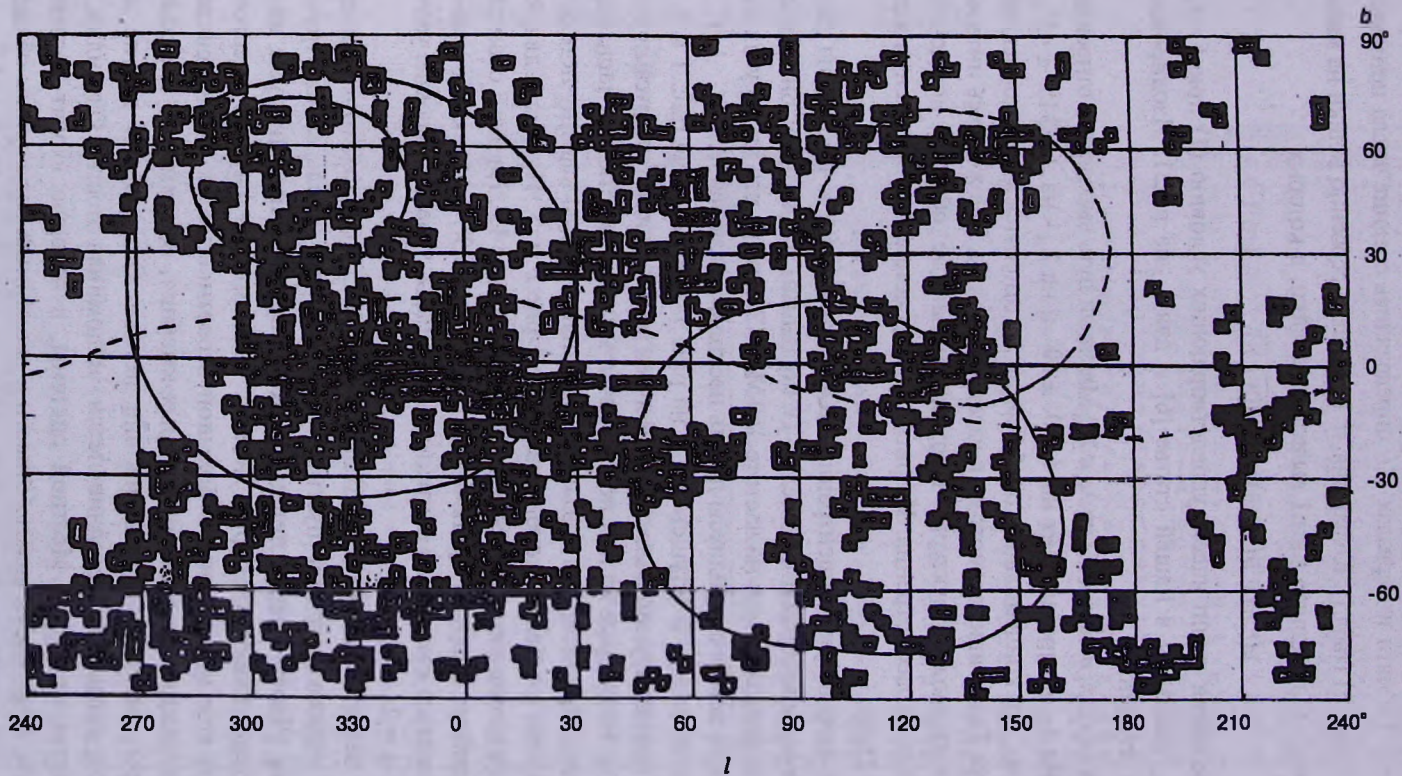


Рис.1. Распределение IRAS-циррусов на $\lambda = 25\mu\text{m}$ в галактической системе координат (l, b) . Радиопетли I-IV и Пояс Гулда.

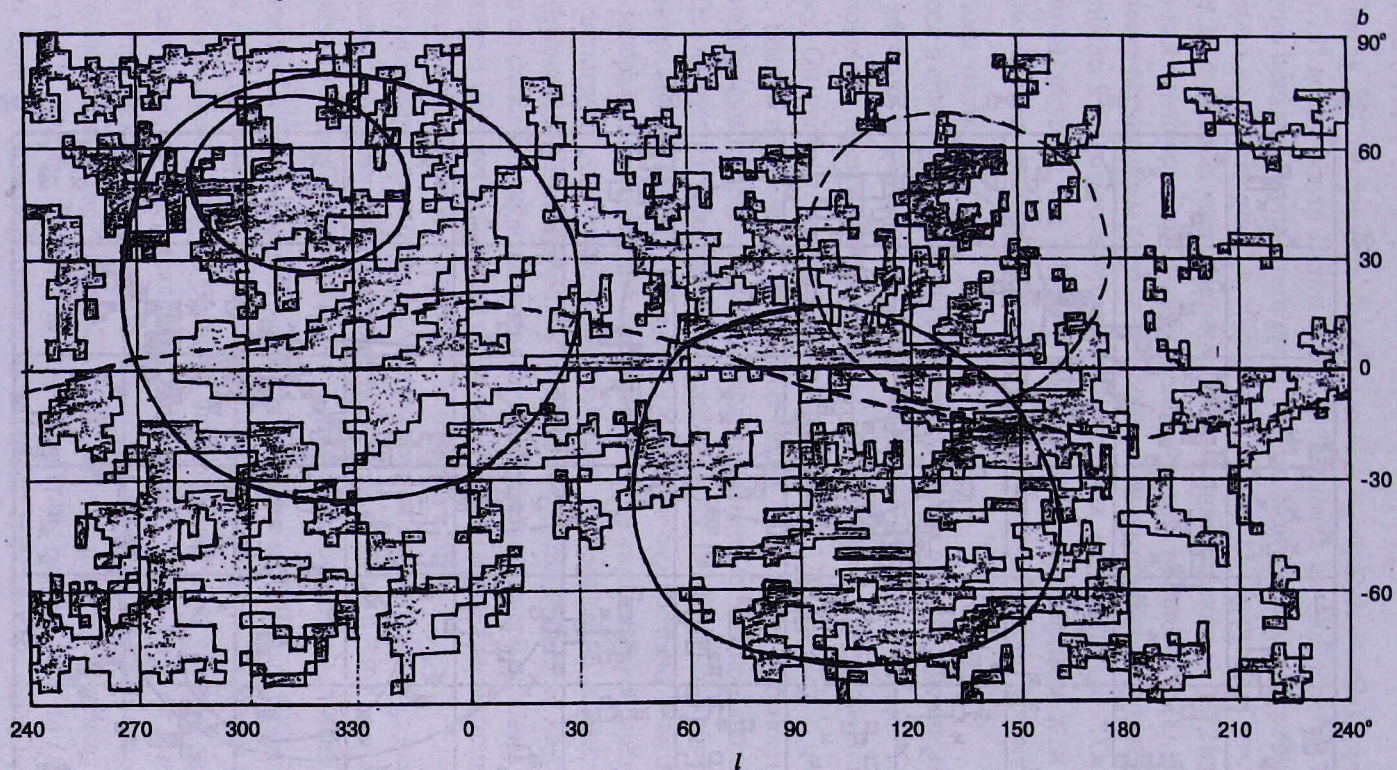


Рис.2. Наложение распределений циррусов длиннее 15° на всех $\lambda \geq 25\mu\text{m}$, при $k=1$. См. подпись к рис.1.

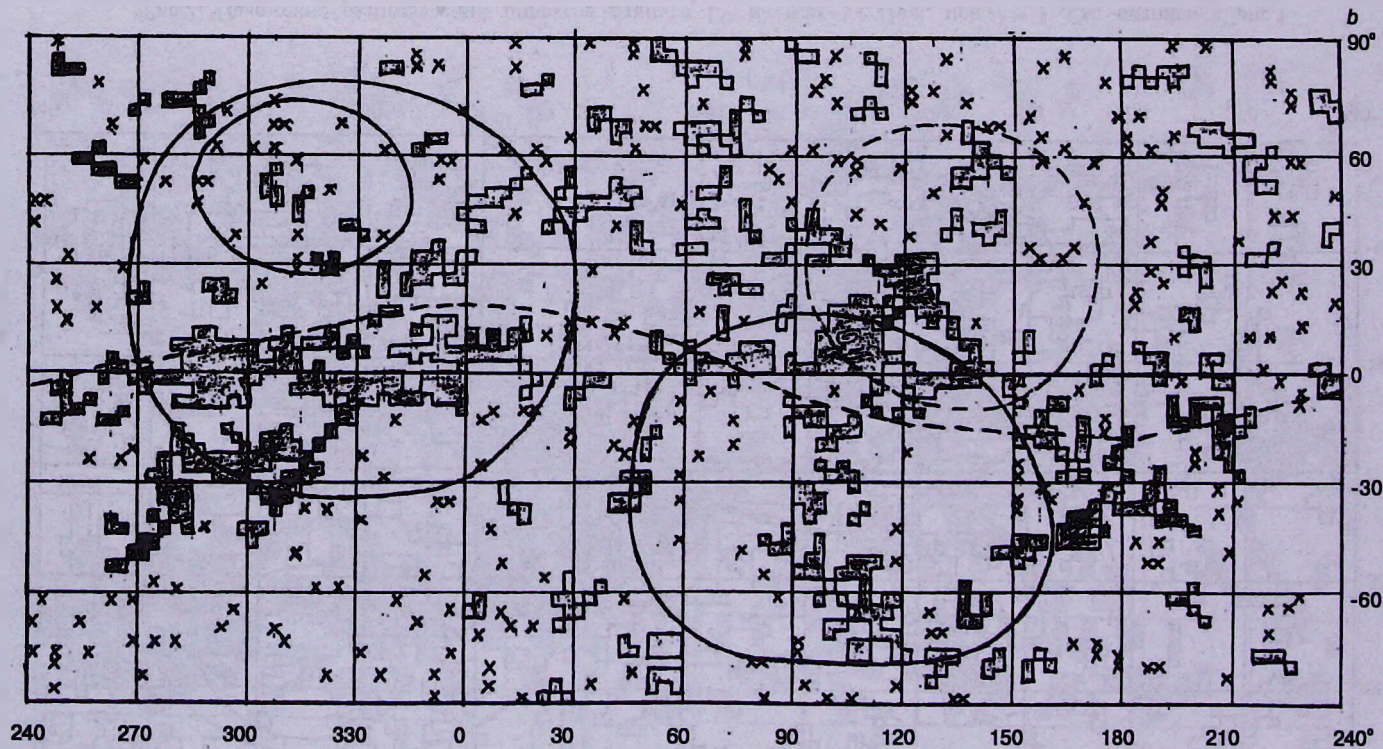


Рис.3. Наложение распределений циррусов длиннее 9° на всех $\lambda \geq 25\mu\text{m}$, при $k=2$. См. подпись к рис.1.

и Анисимовой [9]. Здесь остановимся на некоторых чертах каждой петли на основании рис.1-3 и рис.1 и 2 в [6].

Петля I. Совокупность циррусов на λ_{25} и λ_{60} образует оболочку толщиной около 15° вокруг круга Петли I по [7]. Оболочка из циррусов на λ_{12} и λ_{100} частично попадает внутрь этого круга, так что радиусы оболочек различаются примерно на 5° . На рис.2 в оболочку попадает 13 циррусов. Пять из них имеют $b < 0$. Южная часть Петли видна и в линии водорода ($\lambda=21\text{см}$), в то время как в непрерывном радиоизлучении она не наблюдается [8]. На рис.3 в оболочке насчитываем десяток еще более плотных циррусов протяженностью не меньше 9° . Однако достопримечательность радиопетли I - Северный полярный шпур на ($l \leq 30^\circ, b \approx 17^\circ + 33^\circ$) слабо выделяется на λ_{12} и λ_{25} . На больших λ здесь вообще нет избытка IRAS-источников по сравнению со средними числами \bar{n} .

Цепи и сплошные протяженные циррусы на всех рисунках (но слабее других на λ_{60}) образуют наклонные бары. Один - от ($l \approx 277^\circ, b \approx 0^\circ$) к ($l \geq 360^\circ, b \geq 30^\circ$) с наклоном к плоскости Галактики на $\approx 30^\circ$. Второй бар перпендикулярен первому. Он проходит через ($l \approx 7^\circ, b \approx 0^\circ$) и ($l \approx 270^\circ, b \approx 60^\circ$) с наклоном $\approx 60^\circ$. Вблизи пересечения этих баров видим "дыру", где плотность IRAS-источников меньше средней. Здесь находится центр Петли I по Давелаар и др. [10]. Почти пусто и пространство между барами и оболочкой, образующее внутреннее кольцо Петли I. Отметим, что первый бар проходит вблизи Пояса Гулда, изображенного пунктирными линиями на рисунках. Второй бар проходит вдоль эклиптики, что представляет большой интерес. Дело в том, что на концентрацию IRAS-источников к эклиптике обратил внимание Хаусер [11], однако он связал ее с зодиакальным светом Солнечной системы. Связь бара на эклиптике с Петлей I - заведомо внешним объектам можно рассматривать как альтернативную гипотезу. Подробнее ее изучаем в [9].

В [6] показано, что много IRAS-источников, особенно на λ_{100} , находится в областях повышенного поглощения света ($0.^m24 + 0.^m40$) для звезд с расстояниями до 200 пк, по [1]. На λ_{60} IRAS значительно меньше.

Петля II. Густо концентрируются циррусы к оболочке, причем чаще внутри круга Петли II по [7]. Заметен некоторый сдвиг оболочки по λ_{25} и λ_{60} относительно λ_{12} и λ_{100} . Обращает на себя внимание система длинных узких циррусов на λ_{100} , параллельных плоскости Галактики на $l \geq 140^\circ$ и вблизи ядра Петли, параллельно эклиптике. Вместе с другими циррусами они создают первый бар, а "вертикальная" цепь циррусов определяет второй бар Петли II. Южнее $b \approx -60^\circ$ до границы Петли растянулось по l крупное облако. Еще протяженнее облака на северной границе. Но здесь проходят Петля III, Млечный путь и Пояс Гулда, так что трудно отнести эти облака к той или иной структуре. Тем не менее, вместе с восточными и западными

циррусами они создают оболочку более широкую и плотную, чем у Петли I. Это отчасти связано с большей близостью Петли II. Размеры внутреннего почти "пустого" кольца варьируются, наибольшее - на λ_{60} . К тому же здесь проходит цепь ячеек с техническим пробелом в наблюдениях IRAS, что создает некоторую неопределенность. На λ_{12} практически нет ядра. На рис.3 в центре петли, на пересечении баров, находится "дыра".

Петля III. Изображение радиопетли III на рис.1-3 получено Зениной [4] по совокупности многих данных. С ним несколько лучше, чем с петлей по [7], согласуется распределение и IRAS-источников. Плотность заполнения оболочки зависит от λ . Так, на полукруге южных широт и на $l \geq 150^\circ$ нет избытка плотности на λ_{60} , в отличие от других λ . На противоположном полукруге оболочки Петли III циррусов много на всех λ . Много IRAS-источников и внутри петли. Они позволяют очертить проходящие через ядро бары: между $(l \approx 90^\circ, b \approx 10^\circ)$ и $(l \approx 140^\circ, b \approx 40^\circ)$ и перпендикулярный ему, особенно четко видный на рис.3. Между ними и оболочкой находятся части "пустого" кольца. В заштрихованных участках на рис.1-2 в [6] поглощение света по [4] достигает $0^m.7$. В этих же местах на первом баре плотность IRAS-источников больше средней.

Петля IV. На совмещенной карте рис.2, как и на отдельных λ , оболочка довольно равномерно заполнена облаками, хотя имеется ряд различий. Везде, кроме λ_{60} , четко прослеживается бар от $(l \approx 340^\circ, b \approx 35^\circ)$ до $(l \approx 290^\circ, b \approx 60^\circ)$. Он хорошо виден и на рис.3. Этот бар тоже совпадает с эклиптической. Поперечный бар и "дыра" на пересечении баров видны на λ_{25} и λ_{60} .

На рис.2 и рис.3 имеются циррусы, возможно связанные с оболочкой Рейнолдса-Огдена с центром $(l \approx 200^\circ, b \approx -15^\circ, \bar{r} \approx 0.5 \text{ кпк})$, [12]. Однако из-за отсутствия однозначных данных по ее очертаниям мы ее не рассматриваем.

В табл.2 приведены числовые данные по координатам геометрических центров (l_c, b_c) , угловым диаметрам петель (d_p, d_s) и толщине оболочек Δd . Во вторых строчках указаны отличия от соответствующих данных Беркхьюзен [8] для $\lambda = 820 \text{ МГц}$, причем с ними сравнивались диаметры d_s . Различия в (l_c, b_c) , как правило, находятся в пределах ошибок в [8] и размеров ячеек, использованных в подсчетах $n(l, b)$. Разности $d_s - d$ наименьшие для λ_{100} , для остальных диапазонов наибольшие в Петлях I и IV. Это напоминает известную ситуацию с радиоданными в разных частотах, например, по [7] и [8].

В IRAS-данных, возможно, следует различать, кроме геометрических, динамические центры петель, которые находятся на пересечении массивных баров. В петлях I и II это "дыры", за исключением λ_{100} . В Петле III "дыра" приходится на центр по [4].

Сходство параметров проекций на небесную сферу всех радиопетель и соответствующих им распределений IRAS-источников можно использовать

Таблица 2

ПАРАМЕТРЫ ПЕТЕЛЬ ПО IRAS (12, 25, 60, 100 μm), СРАВНЕНИЕ С РАДИОДАНЫМИ НА $\lambda=820$ МГц

Петля	$\lambda=12\mu\text{m}$				$\lambda=25\mu\text{m}$			
	$l_c^{(0)}$ Δl_c	$b_c^{(0)}$ Δb_c	$d_1^{(0)} \times d_2^{(0)}$ $d_1 - d_2$	Δd^{R}	$l_c^{(0)}$ Δl_c	$b_c^{(0)}$ Δb_c	$d_1^{(0)} \times d_2^{(0)}$ $d_1 - d_2$	$\Delta d^{(0)}$
I	327	18	130 x 125	15	330	21	130 x 125	15
	-2	0.5	9		-1	3.5	9	
II	96	-36	115 x 90	10	100	-33	110 x 90	10
	-4	-3.5	-1		0	-0.5	-1	
III	123	18	60 x 60	6	126	18	60 x 66	6
	-1	2.5	-5		2	2.5	1	
IV	315	50	51 x 54	6	315	48	66 x 50	10
	0	1.5	14		0	-0.5	10	
Петля	$\lambda=60\mu\text{m}$				$\lambda=100\mu\text{m}$			
I	325	20	130 x 125	15	330	20	130 x 115	15
	-4	2.5	9		1	2.5	-1	
II	100	-35	105 x 85	15	100	-35	120 x 90	15
	0	-2.5	-6		0	-2.5	-1	
III	123	20	65 x 65	10	123	20	65 x 65	10
	-1	4.5	0		-1	4.5	0	
IV	315	50	55 x 50	10	315	50	55 x 48	10
	0	1.5	10		0	1.5	8	

для оценки расстояний последних по [8]: 130 ± 75 (I), 110 ± 40 (II), 150 ± 50 (III), 250 ± 90 пк (IV) или по другим данным. Для центра Петли I, вероятно, более подходит $r=170$ пк, как для звездной ассоциации Sco-Cep, с которой связана эта петля.

Выше неоднократно отмечалось, что излучение на λ_{60} отличается от других волн. Это - немного большие угловые размеры Петли I и внутреннего "пустого" кольца в Петле II, отсутствие некоторых деталей в петлях III и IV, видимых на других λ , меньшее число IRAS $_{60}$ в районе повышенного поглощения света звезд с расстояниями до 200 пк в Петле I.

Такие особенности можно объяснить, если приписать IRAS $_{60}$ меньшие расстояния, чем для остальных источников. И все же распределение IRAS $_{60}$, удовлетворяющих условию (1), обладает основными чертами всех петель. Следовательно, различие в расстояниях невелико, порядка десятков парсеков. Поскольку речь идет только об IRAS $_{60}$, связанных с локальной структурой, наш вывод не относится к расстояниям большинства источников, излучающих на этой волне. Ведь излучение на волне $60\mu\text{m}$ приписывают даже внегалактическим источникам на широтах $|b| > 20^\circ$ и галактическим на $|b| < 20^\circ$, [13].

Излучение на λ_{12} и λ_{25} связывают [13] со звездами либо непосредственно в IR-диапазоне их спектра, либо через окружающие звезды пылевые оболочки. То, что при этом источники IRAS₁₂ и IRAS₂₅ входят в петли, согласуется с ранее установленной звездной составляющей всех петель, [1-4] и др.

Распределение звезд в петлях имеет те же особенности: концентрации в оболочках и центральных областях, очень низкую плотность в остальном объеме петель. Внутри Петли I находится мощная ассоциация В-звезд Sco-Cep. На больших широтах центров Петель II и III Морозов [14] и Зенина [4] также обнаружили группы В-звезд, хотя и не столь многочисленные. У горячих В-звезд в диапазоне IR на разных λ возможно излучают в основном окружающие их туманности. Однако таких звезд мало в оболочках петель. У многочисленных звезд поздних спектральных классов (в частности, у К-звезд) это основная часть собственного излучения на малых IR-волнах [13]. Быть может, этим объясняется наблюдаемость Северного полярного шпура только на λ_{12} и λ_{25} .

Выводы. 1. По данным каталога IRAS обнаружена концентрация источников инфракрасного излучения на $\lambda = 12, 25, 60$ и $100 \mu\text{m}$ к оболочечным структурам - Петлям I-IV.

2. Координаты центров и угловые размеры структур по IRAS мало отличаются от аналогичных радиоданных.

3. Распределение IRAS-источников согласуется с распределением звезд в петлях.

4. В местах избыточного поглощения света звезд в направлениях Петель I и III имеются многочисленные группы (циррусы) IRAS-источников, что говорит о пылевой природе последних.

5. Поскольку расстояния до петель и звезд известны ($r \leq 250 \text{пк}$), такую же оценку можно приписать расстояниям соответствующих IRAS.

Ростовский государственный педагогический университет, Россия

INFRARED SOURCES IN RADIOLOOPS

I.N.OVCHAROVA, R.B.SHATSOVA

A concentration of IRAS sources at wavelengths 12, 25, 60 and $100 \mu\text{m}$ in the radioloops I-IV has been detected. This allows to conclude that these sources are located at distances from 100 to 300 pc. In the region of northern polar spure an excess of density of IRAS sources over the means for the same latitudes has been detected at 12 and $25 \mu\text{m}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Г.Б.Анисимова*, Вопросы астрофизики, Саранск, 1984, с.25.
2. *Р.Б.Шацова, Г.Б.Анисимова*, Астрономо-геодезические исследования, Свердловск, 1987, с.37.
3. *И.А.Зенина*, Астрофизика, 33, 283, 1990.
4. *И.А.Зенина*, Обнаружение звездной составляющей радиопетли III звездно-статистическими методами, 1983, с. 1-37 (деп. в ВИНТИ 5.01.84, № 952-84).
5. IRAS Catalogue of Point Sources, Joint IRAS Science W.C., 1986.
6. *И.Н.Овчарова, Р.Б.Шацова*, Труды IV съезда астрономического общества, М., 1988, с.177.
7. *T.L.Landecker, R.Wielebinski*, Austral. J. Phys. Astrophys. Suppl. Ser., 16, 1, 1970.
8. *E.M.Berkhuijsen*, Astron. Astrophys., 24, 143, 1973.
9. *Р.Б.Шацова, Г.Б.Анисимова*, Труды конференции "Астрофизика на рубеже веков", Пущино, 1999, с.375.
10. *J.Davelaar, J.A.M.Blecker, A.J.M.Deereuberg*, Astron. Astrophys., 92, 231, 1980.
11. *M.G.Hauser*, IAU Symp., № 168, 1994.
12. *R.J.Reynolds, P.M.Ogden*, Astrophys. J., 229, 942, 1979.
13. IRAS Explanatory Supplement, 1987.
14. *П.А.Морозов*, Звездная ассоциация в ядре Петли II, дипломная работа, РГПИ, 1990.