

УДК 523.164.3

**ЛИНЕЙНАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ ГАЛАКТИЧЕСКОГО
РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ НА ЧАСТОТЕ 102 МГц ОКОЛО $l=140^\circ$, $b=+8^\circ$**

*А. М. Пасека, Л. В. Попова, В. А. Разин,
В. Г. Архангельский, Ю. Е. Самохвалов*

Приведены результаты измерений линейной поляризации галактического радиоизлучения на частоте 120 МГц в области неба со средним склонением $+64^\circ$ и прямыми восхождениями 1—5^h. Наблюдения проводились с помощью 12-метрового радиотелескопа. Ширина луча антенны по точкам половинной мощности равнялась $15^\circ 50' \times 16^\circ 00'$. Приемник имел полосу пропускания 1,2 МГц. Измерения проводились методом сопровождения отдельных участков неба. Максимальная температура линейно-поляризованного радиоизлучения на частоте 102 МГц зарегистрирована при $\alpha = 3^h$ и имеет величину $6,7 \pm 0,8$ К (позиционный угол в экваториальной системе координат $160 \pm 25^\circ$, в галактической $131 \pm 25^\circ$). Полученные данные вместе с результатами поляризационных измерений на более высоких частотах [1—3] свидетельствуют о том, что: 1) степень поляризации излучения приблизительно пропорциональна $\lambda^{-4/3}$; 2) концентрация ионизованного газа в «поляризованной» области $\sim 3 \cdot 10^{-3}$ см⁻³; 3) линейно-поляризованное излучение генерируется в локальном галактическом рукаве, включая непосредственные окрестности солнечной системы, а не в объектах типа близких остатков сверхновых звезд.

Цель настоящей работы, выполненной в развитие поляризационных исследований галактического радиоизлучения на частотах 950 МГц [1], 735, 510, 437 МГц [2] и 210 МГц [3], заключалась в получении данных о характере деполаризации излучения из области неба около $l=140^\circ$, $b=+8^\circ$ на метровых волнах. Эта информация существенна как для оценок средней концентрации ионизованного межзвездного газа, так и для разработки физической модели области, генерирующей линейно-поляризованное радиоизлучение.

Измерения поляризации галактического радиоизлучения на частоте 102 МГц проводились в декабре 1972 г. и в сентябре—декабре 1973 г. с помощью радиотелескопа с параболическим рефлектором диаметром 12 м на полигоне НИРФИ в Старой Пустыни. Облучатель, представлявший собой два параллельных вибратора с рефлектором, был смонтирован на цилиндрической трубе, идущей вдоль геометрической оси параболоида. Ширина диаграммы направленности антенны по точкам половинной мощности равнялась $15^\circ 50'$ в E -плоскости и $16^\circ 00'$ в H -плоскости. При поляризационных измерениях облучатель непрерывно вращался со скоростью один оборот за пять минут. Антенный тракт состоял из кабеля с малыми потерями, который проходил внутри цилиндрической трубы, коаксиального вращающегося сочленения, линии переменной длины и вентиля, обеспечивавшего развязку 25 дБ.

Приемная аппаратура представляла собой модуляционный радиометр с чувствительностью 0,4 К при постоянной времени 16 с. Полоса пропускания приемника равнялась 1,2 МГц. Для уменьшения влияния помех на входе радиометра включался специальный полосовой фильтр с резонансной частотой 102 МГц и резко спадающей частотной харак-

теристикой при расстройке больше $\pm 0,7$ МГц. Калибровка радиотеле-скопа осуществлялась по шумовому генератору и по распределенному космическому радиоизлучению в областях неба с координатами $\alpha = 6^h 00^m$, $\delta = 70^\circ$ и $\alpha = 10^h 00^m$, $\delta = 70^\circ$. Разность ярких температур неба в этих областях на частоте 102 МГц на основании проведенных измерений была принята равной 300 К (с погрешностью $\pm 10\%$).

Программой поляризационных измерений на частоте 102 МГц предусматривались наблюдения области неба со средним склонением $\delta = +64^\circ$ и прямыми восхождениями $\alpha = 1^h \div 5^h$. Специфика измерений поляризации галактического радиоизлучения на частоте 102 МГц состояла в том, что из-за высокой яркости (~ 800 К) и неоднородности галактического фона побочные эффекты имели большую величину и менялись со временем. По этой причине «метод разрезов» [1-3] оказался неэффективным. Вместо него пришлось применять значительно более трудоемкий «метод сопровождения» отдельных областей, который на высоких частотах использовался лишь при наблюдениях калибровочных точек [1-3]. Заметим еще, что все измерения проводились ночью, чтобы избежать помех от Солнца. Редукция экспериментальных данных выполнялась так же, как и в работах [1-3].

В табл. 1 приведены результаты измерений линейной поляризации галактического радиоизлучения на частоте 102 МГц. В первых двух столбцах даны экваториальные координаты точек, наблюдавшихся методом сопровождения; в двух следующих столбцах — их новые галактические координаты. Далее идут температуры поляризованной компоненты $T_p \pm \sigma_T$, где σ_T — среднеквадратичная погрешность измерения T_p , и значения «внутреннего» позиционного угла электрического вектора в экваториальной ($\chi_e \pm \sigma_{\chi_e}$) и галактической ($\chi_g \pm \sigma_{\chi_g}$) системах координат (σ_{χ} — среднеквадратичная погрешность измерения позиционного угла без учета возможной систематической ошибки в определении угла поворота плоскости поляризации излучения в ионосфере). В последнем столбце табл. 1 указано число измерений.

Таблица 1

Поляризация галактического радиоизлучения на частоте 102 МГц

δ , град	α	b	l	$T_p \pm \sigma_T$, К	$\chi_e \pm \sigma_{\chi_e}$, град	$\chi_g \pm \sigma_{\chi_g}$, град	Число измере- ний
+64	1 ^h 30 ^m	1°45'	127°27'	4,1 ± 0,8	65 ± 25	57 ± 25	369
	2 ^h 30 ^m	3°31'	133°40'	6,0 ± 1,3	180 ± 25	157 ± 25	273
	3 ^h 00 ^m	4°57'	136°36'	6,7 ± 0,8	160 ± 25	131 ± 25	676
	4 ^h 30 ^m	11°03'	144°16'	< 3 $\sigma_T = 2,4$	—	—	905

На рис. 1 и 2 приведены корреляционные диаграммы «измеренный позиционный угол в экваториальной системе координат — расчетный угол поворота плоскости поляризации излучения в ионосфере» для областей соответственно с $\alpha = 3^h 00^m$, $\delta = +64^\circ$ и $\alpha = 1^h 30^m$, $\delta = +64^\circ$ (вычисления угла поворота плоскости поляризации излучения в ионосфере проводились по данным станции вертикального зондирования так же, как и в работах [2, 3]). Высокие значения коэффициентов корреляции ($0,73 \pm 0,02$ и $0,9 \pm 0,1$ соответственно) дают дополнительные свидетельства корректности результатов поляризационных измерений на частоте 102 МГц. Последние интересно сравнить с предварительными данными о поляризации галактического радиоизлучения на частоте 90 МГц [4]. Согласно работе [4] в области неба со средним склоне-

нием $+56^\circ$ при ширине диаграммы направленности антенны $25 \times 25^\circ$ по точкам половинной мощности максимальный эффект, который можно было принять за поляризационный, равнялся 6—8 К, т. е. почти такой же, как в табл. 1.

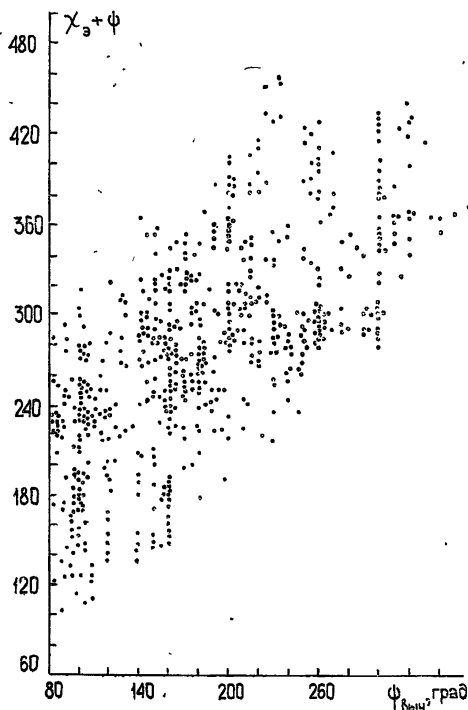


Рис. 1.

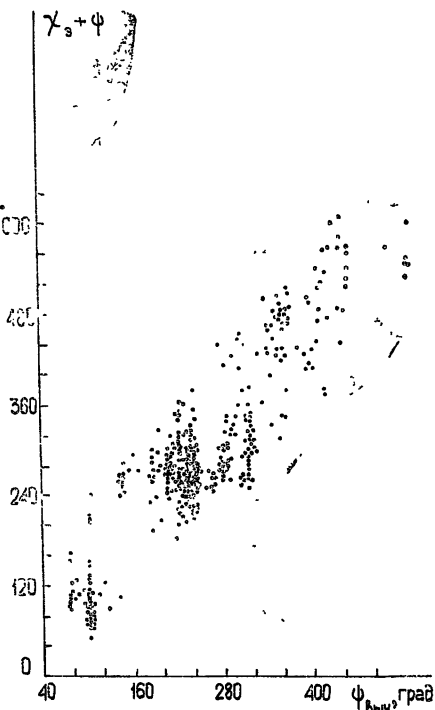


Рис. 2.

Данные таблицы вместе с результатами поляризационных измерений на более высоких частотах [1-3] позволяют сделать следующие основные выводы.

1) Деполяризация галактического радиоизлучения в области неба около $l = 140^\circ$, $b = +8^\circ$ с увеличением длины волны λ происходит довольно медленно; степень поляризации $p(\lambda)$ приблизительно пропорциональна $\lambda^{-4/3}$ в согласии с теорией фарадеевской деполяризации излучения анизотричными неоднородностями ионизированного межзвездного газа, находящимися внутри области, генерирующей поляризованное излучение [5]. Наблюдаемая на метровых волнах зависимость $p(\lambda)$ не имеет ничего общего с выведенным в работе [6] выражением $p(\lambda) \propto \exp(-k\lambda^4)$, где k — коэффициент, зависящий от параметров межзвездной среды.

2) Средняя концентрация ионизированного газа в «поляризованной» области весьма мала. Действительно, излучательная способность локального галактического рукава на частоте 102 МГц имеет величину $\epsilon_T \sim 0,6 \text{ К} \cdot \text{нс}^{-1}$ [7, 3]. Размер «поляризованной» области $R_n \sim T_n / \epsilon_T \sim 10 \text{ нс}$. Угол поворота плоскости поляризации излучения при прохождении «поляризованной» области $\phi = 2,37 \cdot 10^4 N_e H_{\parallel} R_n \nu^{-2}$, где N_e — концентрация электронов в см^{-3} , H_{\parallel} — продольная составляющая магнитного поля в гауссах, ν — частота излучения в герцах. Из условия $\phi \sim 1$ находим $N_e H_{\parallel} \sim 10^{-3} \text{ Гс} \cdot \text{см}^{-3}$. Отсюда при $H_{\parallel} \sim 3 \cdot 10^{-3} \text{ Гс}$ получаем $N_e \sim 3 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-3}$. Аналогичный результат был получен в работах [4, 8] и недавно в работе [3].

3) Линейно-поляризованное радиоизлучение генерируется во всей толще локального галактического рукава, включая непосредственные окрестности солнечной системы [9], а не в объектах типа близких остатков сверхновых звезд [10]. Дело в том, что в остатках сверхновых радиоизлучение сильно деполяризуется уже на дециметровых волнах (см., например, [11, 12]). Кроме того, радиоизлучение на метровых волнах от остатков сверхновых должно было бы деполяризоваться в межзвездной среде [5].

Авторы благодарны Л. В. Гришкевичу за предоставление ионосферных данных, П. А. Капустину и А. А. Петровскому за помощь в подготовке аппаратуры, в частности за разработку входного полосового фильтра, и С. А. Волохову за участие в разработке облучателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Мельников, В. А. Разин, В. В. Хрулев, Изв. высш. уч. зав. — Радиофизика, 10, № 12, 1760 (1967).
2. В. А. Разин, В. В. Хрулев, В. Т. Федоров, С. А. Волохов, А. А. Мельников, А. М. Пасека, Л. В. Пупышева, Изв. высш. уч. зав. — Радиофизика, 11, № 10, 1461 (1968).
3. П. А. Капустин, А. А. Петровский, Л. В. Пупышева, В. А. Разин, Изв. высш. уч. зав. — Радиофизика, 16, № 9, 1325 (1973).
4. В. А. Разин, Астрон. ж., 35, 241 (1958).
5. В. А. Разин, И. П. Хижнякова, Изв. высш. уч. зав. — Радиофизика, 12, № 4, 479 (1969).
6. В. J. Burn, Month. Not. Roy. Astr. Soc., 133, 67 (1966).
7. R. S. Roger, Astrophys. J., 155, 831 (1969).
8. В. А. Разин, Астрон. ж., 35, 829 (1958).
9. В. А. Разин, Астрон. ж., 48, 46 (1971).
10. E. M. Berkhuijsen, Astron. Astrophys., 14, 359 (1971).
11. P. H. Moffat, Month. Not. Roy. Astr. Soc., 153, 401 (1971).
12. M. R. Kundu, Astrophys. J. Lett., 158, L103 (1969).

Научно-исследовательский радиофизический институт

Поступила в редакцию
20 сентября 1974 г.

A LINEAR POLARIZATION OF THE GALACTIC RADIO EMISSION AT 102 MHz NEAR $l = 140^\circ$, $b = +8^\circ$

*A. M. Paseka, L. V. Popova, V. A. Razin, V. G. Arkhangel'skii,
Yu. E. Samokhvalov*

The results of measuring a linear polarization of the galactic radio emission at 102 MHz from the part of the sky with the mean declination $+64^\circ$ and right ascension $1-5^h$ are presented. Observations are carried out by 12-m radio telescope. The half-power beamwidth was $15^\circ 15' \times 16^\circ 00'$. The transmission band of the receiver was 12 MHz. Measurements were carried out by scanning separate parts of the sky. The maximum temperature of linearly-polarized radio emission at 102 MHz was measured at $\alpha = 3^h$ and amounts to $67 \pm 0.8^\circ \text{K}$ (the polarization angle in the equatorial coordinate system is $160 \pm 25^\circ$, in the galactic one $131 \pm 25^\circ$). The obtained data together with the results of polarization measurements at the higher frequencies [1-3] testify to the fact that: 1) the degree of polarization of radiation is approximately proportional to $\lambda^{-4/3}$; 2) ionized gas concentration in the polarization region $\sim 3 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-3}$; 3) linearly polarized radiation generates in a local galactic arm including the region in the vicinity of the solar system rather than in the objects of the nearest supernova remnants.