

УДК: 524.6-337

ОРИЕНТАЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ГАЛАКТИКИ В ОКРЕСТНОСТЯХ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

М.А.ЕРИЦЯН, Г.А.ПОГОСЯН

Поступила 25 декабря 1995

Принята к печати 10 мая 1996

На основе анализа данных позиционных углов плоскостей поляризации для приблизительно 3000 звезд ($|b| \leq 5^\circ$ и $P \geq 0.5\%$) показано, что угол между магнитным полем и экваториальной плоскостью Галактики равен приблизительно $0-5^\circ$. Расстояние, до которого воздействие локальных магнитных полей Галактики на позиционные углы плоскостей поляризации больше, чем воздействие магнитного поля Галактики, оценивается порядка 500 пк. С расстояния $r \geq 1000$ пк воздействие галактического магнитного поля становится доминирующим.

1. *Введение.* Открытие поляризации света звезд в 1949г. Хилтнером [1,2], Холлом [3] и Домбровским [4] ставило задачу их исследования по характеру поляризации света.

Оказалось, что поляризация света звезд может быть как межзвездной [1-4], так и звездной [5-8], определяемой магнитным полем среды.

Явление поляризации света звезд можно использовать для определения природы и ориентации магнитного поля Галактики.

В настоящей работе рассматривается ориентация магнитного поля Галактики относительно галактической плоскости в окрестностях Солнца.

2. *Обзор наблюдений.* С целью изучения природы и ориентации магнитного поля Галактики используются позиционный угол плоскости поляризации и степень поляризации. Значения направления магнитного поля Галактики по галактической долготе существенно отличаются. Например, согласно Эллису [9], магнитное поле Галактики направлено к галактической долготе $l \approx 45^\circ$, в то время как в исследованиях [10-12] приводится значение $l \approx 90^\circ$.

Из более поздних работ [13] следует, что магнитное поле Галактики большей частью концентрируется в спиральных рукавах и направлено вдоль осей соответствующих рукавов.

В работе [14] построена модель двухкомпонентного магнитного поля нашей Галактики. Первый компонент (плоский) магнитного поля параллелен спиральным рукавам Галактики, причем в соседних спиральных рукавах поля имеют противоположные направления. Второй компонент магнитного поля простирается на большие расстояния от плоскости Галактики и охватывает спиральные рукава.

В упомянутых работах рассматривалась только направленность магнитного поля Галактики в экваториальной плоскости, т.е. по l и не был рассмотрен вопрос об ориентации магнитного поля Галактики относительно экваториальной плоскости.

Для решения этого вопроса необходимо рассмотреть распределение звезд по позиционным углам плоскостей поляризации относительно галактического экватора. Такая работа была выполнена Шайном еще в 1957г. [15]. Было показано, что позиционные углы плоскостей поляризации света звезд, и, следовательно, магнитное поле Галактики наклонены к экваториальной плоскости Галактики примерно на 18° . Как отмечено самим автором, эта оценка считается грубой и относится к отдельной области неба.

Из вышесказанного явствует, что нет еще определенного мнения насчет точной ориентации магнитного поля Галактики. Для прояснения этого вопроса мы использовали обширные поляриметрические данные.

3. *Распределение звезд по позиционным углам плоскости поляризации.* Материалом для исследования распределения звезд по позиционным углам плоскостей поляризации служили поляриметрические данные каталога поляризации света звезд Матесона и др. [16], приблизительно для 7500 звезд, максимальное расстояние которых около 10 кпк. Для определения ориентации магнитного поля Галактики, естественно, необходимо брать те звезды, у которых поляризация межзвездная, так как она обусловлена влиянием магнитного поля Галактики и локальными магнитными полями на пылевые частицы в межзвездном пространстве. Такие звезды, в основном, находятся на низких галактических широтах, примерно $b = \pm 5^\circ$. Это первое условие выборки. Второе условие состоит в том, что у выбранных звезд позиционные углы плоскостей поляризации должны быть определены наиболее точно, что возможно при большей степени поляризации ($P \geq 0.5\%$). Остальные звезды, у которых степень поляризации $P < 0.5\%$, были отброшены.

Таким образом, из каталога были выбраны звезды, которые удовлетворяли следующим условиям: 1. Звезды с галактической широтой $|b| \leq 5^\circ$. 2. Звезды со степенью поляризации $P \geq 0.5\%$.

Общее число звезд, удовлетворяющих этим условиям, оказалось $N = 2933$. Мы разбили их по позиционным углам плоскостей поляризации на равные интервалы: $\Delta\theta = 5^\circ$. Здесь θ - позиционный угол плоскости поляризации света звезд относительно экваториальной плоскости Галактики. $\theta = (90 - \theta_G)$, где θ_G - позиционный угол поляризации относительно направления север-юг Галактики. Когда плоскость поляризации лежит в экваториальной плоскости Галактики, то $\theta = 0$. Значение θ меняется от $+90^\circ$ (в северном полушарии) до -90° (в южном полушарии).

Результаты статистики приведены в табл. 1, где даны числа звезд N и интервалы позиционных углов плоскостей поляризации $\Delta\theta$.

Таблица 1

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗВЕЗД ПО ПОЗИЦИОННЫМ УГЛАМ
ПЛОСКОСТЕЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА ЗВЕЗД

$\Delta\theta$	N	$-\Delta\theta$	N
0-5	334	1-5	323
5-10	263	5-10	254
10-15	200	10-15	158
15-20	170	15-20	114
20-25	119	20-25	81
25-30	90	25-30	83
30-35	79	30-35	57
35-40	55	35-40	47
40-45	48	40-45	45
45-50	48	45-50	27
50-55	31	50-55	29
55-60	38	55-60	14
60-65	25	60-65	19
65-70	26	65-70	16
70-75	20	70-75	10
75-80	21	75-80	9
80-85	18	80-85	27
85-90	25	85-90	10
	1610		1323

По данным табл. 1 было построено распределение звезд по позиционным углам плоскостей поляризации (рис. 1). Как видно из этого рисунка, максимум числа звезд находится в интервале $\theta = \pm 5^\circ$, т.е. примерно у 69% всех звезд с поляризованным светом позиционные углы плоскостей поляризации наклонены к плоскости Галактики меньше, чем $\theta = 25^\circ$, у 24% всех звезд позиционные углы поляризации находятся в пределах $25^\circ < \theta \leq 60^\circ$ и только у 7% звезд плоскость поляризации света наклонена к плоскости Галактики больше $\theta \geq 61^\circ$. По данным табл. 1 определены также средние значения позиционных углов и дисперсия, которые, соответственно, равны $\bar{\theta} = 2^\circ.7$, $\sigma = 22^\circ$.

Для выяснения влияния галактической широты на это распределение, мы рассмотрели тот же вопрос, но уже для других выборок по галактическим широтам: а) $|b| \leq 1^\circ$, б) $|b| \leq 10^\circ$. В обоих случаях значение θ для максимумов распределений не отличалось от значения θ для максимума распределения в случае $|b| \leq 5^\circ$. Здесь можно лишь отметить, что в случае

$|b| \leq 1^\circ$ число звезд резко уменьшается, а при $|b| \leq 10^\circ$ - увеличивается незначительно. Так как вид распределений и значения 0 максимумов в случаях $|b| \leq 1^\circ$ и $|b| \leq 10^\circ$ были такими же, как и при $|b| \leq 5^\circ$, то эти распределения мы не приводим.

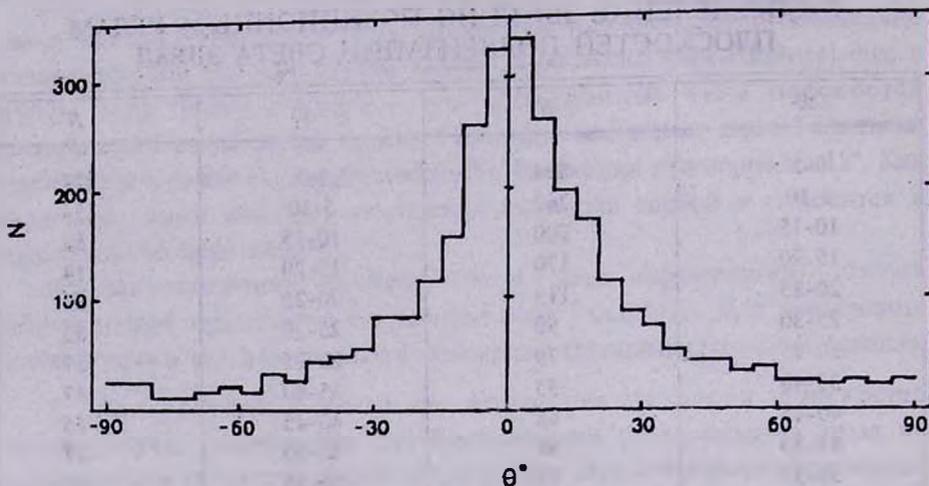


Рис. 1. Распределение звезд по позиционным углам плоскостей поляризации.

Распределение звезд по позиционным углам плоскостей поляризации, приведенное на рис. 1, дает общее представление о распределении позиционных углов плоскостей поляризации в окрестностях солнечной системы. Теперь представляет интерес рассмотреть, как изменяется это распределение в зависимости от расстояния звезд от Солнца.

4. *Распределения звезд по позиционным углам плоскостей поляризации в зависимости от расстояния от Солнца.* Из поляриметрических наблюдений звезд известно, что позиционные углы плоскостей поляризации подвергаются большим изменениям: $\theta = \pm 90^\circ$ (относительно галактического экватора). Причина этих изменений, в основном, обусловлена как существованием локальных магнитных полей, так и флуктуациями общего магнитного поля Галактики [15].

С этой точки зрения интересно знать о совместном действии этих двух эффектов (локальных и галактических магнитных полей) на флуктуацию θ . Которая из этих двух эффектов играет большую роль, и с какого расстояния от Солнца они начинают действовать?

Чтобы получить представление о влиянии этих эффектов на θ в зависимости от расстояния от Солнца, мы разбили имеющиеся у нас все данные на 10 групп по расстояниям, с шагом 500 пк.

Поскольку число звезд с поляризацией света с расстояниями больше 4500 пк очень мало ($N = 151$), звезды с расстоянием от 4500-10000 пк взяты в одну группу.

Для каждой группы звезд построен график распределения по θ . Полученные гистограммы для всех 10 групп, кроме первой, показывают, что по мере удаления от Солнца с шагом 500 пк, распределения звезд по θ принимают вид нормального гауссовского распределения. Начиная с расстояния больше 500 пк на всех 9 гистограммах в узком интервале $\theta = \pm 5^\circ$ четко выражается максимум. Это означает, что, начиная с расстояния $r > 500$ пк, направления плоскостей поляризации света звезд обусловлены, в основном, галактическим магнитным полем. Следовательно, можно предполагать, что направление магнитного поля Галактики относительно плоскости Галактики тоже отклонено под углом, находящимся в интервале $\theta = \pm 5^\circ$.

Что касается первой группы (расстояния $r \leq 500$ пк), то это распределение имеет хаотический вид, обнаруживается слабый максимум, который находится в широком интервале позиционных углов $\theta = \pm 25^\circ$. Это говорит о том, что в этом объеме вокруг Солнца ($r \leq 500$ пк) позиционные углы поляризации определяются, в основном, локальными магнитными полями, которые имеют разные направления. Отсюда можно предположить, что влияние локальных магнитных полей обнаруживается на расстояниях от Солнца до нескольких сотен парсек.

Проведя более подробное исследование, мы построили график зависимости $\bar{\theta}$ (среднее значение позиционных углов поляризации для каждой группы звезд) от расстояния r .

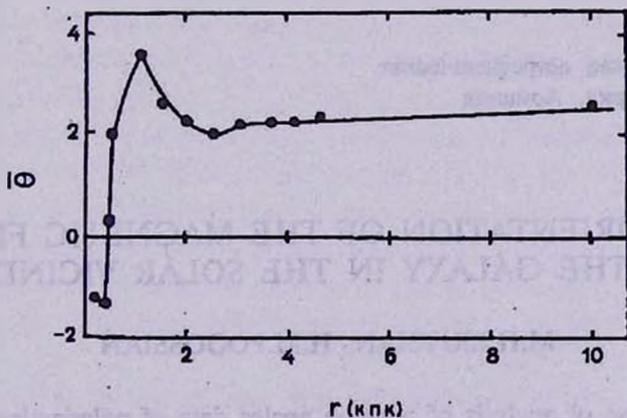


Рис. 2. Зависимость среднего значения позиционных углов плоскостей поляризации ($\bar{\theta}$) от расстояния (r).

Из графика (рис. 2) четко следует, что, начиная с расстояния 1000 пк, значение $\bar{\theta}$ почти не меняется и равняется чуть более 2° . Это означает, что на плоскость поляризации, начиная с $r = 1000$ пк, действует общее магнитное поле Галактики, которое наклонено к плоскости Галактики под углом $\sim 2^\circ$.

В интервале расстояния до $r \leq 1000$ пк значение θ меняется в пределах от -1.5° до $+4^\circ$, которое можно объяснить влиянием локальных магнитных полей Галактики.

Из рис. 2 определены дисперсия и среднее значение средних позиционных углов плоскостей поляризации, которые, соответственно, равны $\sigma = 1.5$, $\bar{\theta} = 2.5^\circ$.

5. *Заключение.* Из результатов распределения звезд по позиционным углам плоскостей поляризации в зависимости от расстояния от Солнца можно сделать следующие выводы:

1. Позиционный угол плоскостей поляризации света звезд, следовательно, и плоскость магнитного поля Галактики наклонены к экваториальной плоскости Галактики и составляют с ней малый угол, находящийся в интервале $\theta \approx 0 - 5^\circ$.

2. Воздействие локальных магнитных полей на позиционные углы плоскостей поляризации света звезд доминирует примерно до расстояния $r = 500$ пк.

3. Начиная с расстояния $r \geq 500$ пк, влияние магнитного поля Галактики на позиционные углы плоскостей поляризации света звезд становится все заметнее и доминирует с расстояния $r \geq 100$ пк.

Авторы благодарны д. ф.-м. н. Р.А.Варданяну за обсуждения и ценные советы.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория, Армения

THE ORIENTATION OF THE MAGNETIC FIELD OF THE GALAXY IN THE SOLAR VICINITY

M.H.ERITSIAN, H.M.POGOSSIAN

On the base of analysis of position angles data of polarization planes for about 3000 stars ($|b| \leq 5^\circ$ and $P \geq 0.5\%$) it is shown, that the angle between the magnetic field and the equatorial plane of the Galaxy is about $0-5^\circ$. The distance inside of which the influence of local magnetic fields of the Galaxy is higher on the position angle of polarization plane than the influence of magnetic field of the Galaxy, is estimated about 500 pc. For distance $r \geq 1000$ pc the influence of the Galactic magnetic field becomes dominant.

ЛИТЕРАТУРА

1. *W.A.Hiltner*, *Astrophys. J.*, **109**, 471, 1949.
2. *W.A.Hiltner*, *Astrophys. J.*, **114**, 241, 1951.
3. *J.S.Hall*, *Science*, **109**, 166, 1949.
4. *В.А.Домбровский*, *ДАН Арм.ССР*, **12**, 4, 103, 1950.
5. *К.А.Григорян*, *Сообщ. БАО*, **25**, 45, 1958.
6. *К.А.Serkowski*, *Astrophys. J.*, **156**, L55, 1969.
7. *Р.А.Варданян*, *Сообщ. БАО*, **35**, 3, 1964.
8. *К.А.Григорян*, *М.А.Еришян*, *Астрофизика*, **7**, 303, 1971.
9. *R.S.Ellis*, *D.J.Axon*, *Astrophys. Space Sci.*, **4**, 425, 1978.
10. *D.J.Axon*, *R.S.Ellis*, *Mon. Notice Roy. Astron. Soc.*, **17**, 499, 1976.
11. *К.А.Serkowski*, *Adv. Astron. Astrophys.*, **1**, 290, 1962.
12. *R.N.Manchester*, *Astrophys. J.*, **186**, 637, 1973.
13. *Р.Р.Андреасян*, *А.М.Макаров*, *Астрофизика*, **28**, 419, 1988.
14. *Р.Р.Андреасян*, *А.М.Макаров*, *Астрофизика*, **31**, 257, 1989.
15. *Г.А.Шайн*, *Астрон. ж.*, **34**, 3, 1957.
16. *D.S.Mathewson*, *V.L.Ford*, *Y.Krautter*, *Bul. CDS*, **14**, 115, 1978.