

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПУЛЬСАРОВ В ГАЛАКТИКЕ

А.Р.АНДРЕАСЯН, Р.Р.АНДРЕАСЯН, Г.М.ПАРОНЯН

Поступила 3 июля 2015

Принята к печати 16 декабря 2015

Показано, что нормальные радиопульсары распределены не симметрично относительно плоскости Галактики. Причем, в направлениях к центру Галактики плоскость симметрии пульсаров расположена в среднем на 50 пк выше плоскости Галактики, а в направлениях к антицентру - в среднем на 100 пк ниже этой плоскости. Распределение всех пульсаров относительно плоскости Галактики можно представить экспоненциальной функцией с характеристическим расстоянием от плоскости Галактики примерно 300 пк. Характеристическое расстояние увеличивается в пределах 130-420 пк в зависимости от возраста пульсаров. В распределении поверхностной плотности пульсаров наблюдается максимум на расстоянии примерно 3-4 кпк от центра Галактики. Плотность пульсаров в центральной области Галактики примерно такая же, как вокруг Солнца.

Ключевые слова: *пульсары; распределения*

1. *Введение.* Изучение распределения пульсаров в Галактике имеет очень важное значение для понимания многих аспектов их рождения и эволюции, таких как: оценка темпа рождения пульсаров, распределение скорости, полученной пульсаром при его рождении в процессе асимметричной вспышки сверхновой звезды и т.д., а также для построения модели Галактики. В настоящее время найдены более 2400 пульсаров, которые в основном сконцентрированы около плоскости нашей Галактики, а небольшая часть находится в некоторых галактических шаровых скоплениях и в близких внегалактических объектах, таких как Магеллановые облака. Данные пульсаров приведены в каталоге пульсаров ATNF (ATNF Pulsar Catalogue). В этом каталоге собраны как чисто наблюдательные данные пульсаров, так и данные, полученные с использованием наблюдательных данных и теоретических моделей пульсаров (характеристический возраст, магнитное поле пульсаров и др.), а также моделей Галактики (например, расстояния пульсаров с использованием распределения электронной концентрации в Галактике). Для изучения галактического распределения пульсаров используются данные о расстояниях пульсаров от Солнца и галактические координаты (l , b). Эти расстояния определяются с использованием наблюдательных данных о мерах вращений (DM) пульсаров [1]

$$DM = \int n_e dl, \quad (1)$$

где интегрирование проводится по пути L пройденного излучением пульсара к наблюдателю, а n_e - электронная концентрация в межзвездной среде на этом пути. Полученные таким образом расстояния пульсаров будут сильно зависеть от принятой модели распределения электронной концентрации n_e в Галактике. Следовательно, можно ожидать, что распределение пульсаров, вероятно, будет зависеть от модели распределения электронной концентрации. Приведенные в каталоге ATNF значения расстояний пульсаров определены с помощью модели распределения электронной концентрации в Галактике, полученной в работе [2]. В настоящей работе для изучения распределения пульсаров в Галактике мы будем использовать расстояния из каталога ATNF и будем обсуждать вопрос о зависимости полученных результатов от метода определения расстояний пульсаров.

2. Выбор использованных пульсаров. Как было отмечено выше, в каталоге пульсаров ATNF помимо галактических пульсаров есть также пульсары, находящиеся в Магеллановых облаках. Поскольку мы будем изучать галактическое распределение пульсаров, то из рассмотрения были исключены пульсары, находящиеся вне нашей Галактики, а также пульсары, находящиеся в шаровых скоплениях, поскольку галактическое распределение шаровых скоплений хорошо известно. Были исключены также рентгеновские и гамма-пульсары. После этих исключений остаются так называемые миллисекундные пульсары и обычные пульсары, излучение которых в основном приходится в радиодиапазоне. Распределение миллисекундных пульсаров в Галактике и их механизм излучения сильно отличаются от

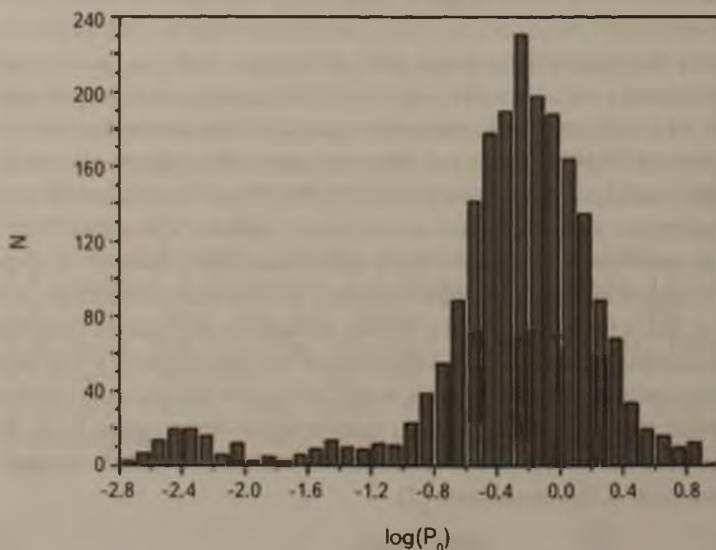


Рис.1. Распределение пульсаров по периоду пульсации.

распределения и механизма излучения обычных пульсаров (см., например, [3]). В настоящей работе мы займемся обычными пульсарами и поэтому из рассмотрения будем исключать также миллисекундные пульсары. Чтобы определить тот период (P_0) пульсара, с которого будут исключены миллисекундные пульсары, было построено распределение оставшихся радиопулсаров по периоду пульсации.

На рис.1 приведено распределение радиопулсаров по периоду P_0 . На оси абсцисс приведены значения $\log(P_0)$, а на оси ординат число пульсаров. Из рисунка видно, что на графике действительно использованы две разные группы объектов с разными распределениями, имеющие свои максимумы при значениях примерно $\log(P_0) = -2.4$, и $\log(P_0) = -0.25$. Минимум распределения между этими группами приходится примерно на значение $\log(P_0) = -1.7$, которому соответствует $P_0 = 0.02$ с. Это значение периода P_0 было выбрано для разделения пульсаров на два подтипа: если $P_0 < 0.02$ с - миллисекундные пульсары, и если $P_0 \geq 0.02$ с - обычные радиопулсары. Конечно выбор значения $P_0 = 0.02$ с для разделения пульсаров на два подтипа немного условный, но то, что пульсары этих подтипов совершенно отличаются по их механизму излучения и по галактическому распределению, очевидно [3]. Поэтому из рассмотрения были исключены также выбранные таким образом миллисекундные пульсары. После всех этих исключений остались 1955 так называемых обычных пульсаров, которые в литературе (см. [4]) принято называть нормальными радиопулсарами. Галактическому распределению этих 1955 нормальных радиопулсаров посвящена настоящая работа.

3. Распределение пульсаров относительно плоскости Галактики. Изучение распределения пульсаров относительно плоскости Галактики очень важно во многих аспектах: а) для выяснения какому населению относятся пульсары; б) какие звезды являются родительскими для пульсаров; в) какие пространственные скорости получают пульсары при рождении вследствие взрыва сверхновой звезды и т.д.

Есть предположение, что пульсары хорошо коррелируют со спиральными рукавами Галактики [5] и рождаются вследствие эволюции О-В звезд, галактическое распределение которых хорошо известно [6]. Эти звезды сильно сконцентрированы у плоскости Галактики, а, в частности, близкие О-В звезды распределены асимметрично относительно плоскости Галактики, которая известна под названием пояса Гульда (см., например, [7] и ссылки в нем). Согласно поясу Гульда плоскость симметрии распределения О-В звезд наклонена относительно плоскости Галактики, причем в направлениях галактической долготы $l = 0^\circ - 180^\circ$ О-В звезды распределены выше плоскости Галактики (в основном находятся в северном полушарии Галактики), а в направлениях $l = 180^\circ - 360^\circ$ О-В звезды в основном находятся в южном

полушарии Галактики. Асимметричное распределение имеет также газопылевая составляющая Галактики [8].

В работах [9,10] было показано, что регулярное магнитное поле (изученное по мерам вращения пульсаров) в спиральном рукаве Стрельца в направлении галактической долготы примерно $40^\circ - 70^\circ$ находится в северном полушарии Галактики, или это может быть следствием того, что, вероятно, спиральный рукав полностью находится в северном полушарии Галактики. Этот результат тоже хорошо вписывается в картину пояса Гульда. Сказанное выше наводит на мысль изучения симметричности распределения пульсаров относительно плоскости Галактики. Для этой цели были использованы данные вышеупомянутых 1955 обычных пульсаров. Было построено распределение пульсаров относительно плоскости Галактики (рис.2).

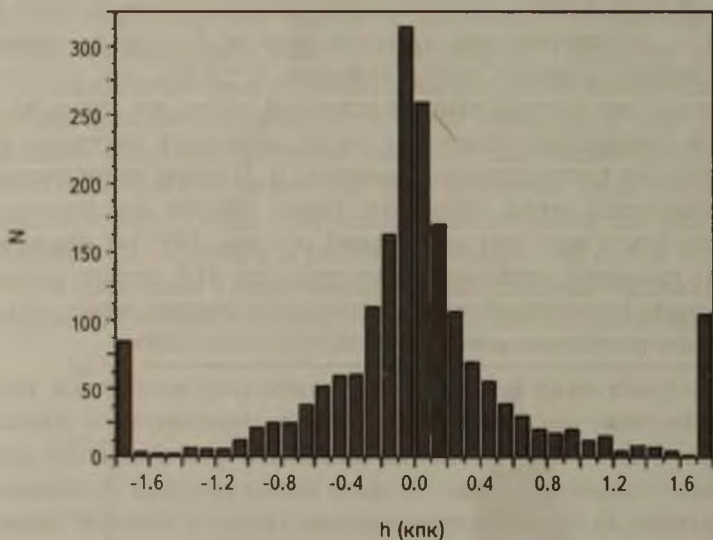


Рис.2. Распределение пульсаров относительно плоскости Галактики. h - это расстояние пульсаров от плоскости Галактики.

На рис.2 приводится распределение расстояний h пульсаров от плоскости Галактики. Из рисунка видно, что пульсары сильно сконцентрированы у плоскости Галактики, но на расстояниях от плоскости галактики $h = \pm 1.76$ кпк расположено много пульсаров. На расстояниях же вне области $-1.76 \text{ кпк} \leq h \leq 1.76 \text{ кпк}$ нет ни одного пульсара. Такое распределение связано с использованием в каталоге пульсаров (ATNF Pulsar Catalogue) метода определения расстояний пульсаров [2]. При определении расстояний по этому методу была принята модель распределения электронной концентрации n_e в Галактике, согласно которой вне области $-1.76 \text{ кпк} \leq h \leq 1.76 \text{ кпк}$

принято $n_e = 0$. Вследствие этого для всех далеких пульсаров, которые расположены вне слоя $-1.76 \text{ кпк} \leq h \leq 1.76 \text{ кпк}$, был принят нижний предел их расстояний от Солнца, а также расстояний от плоскости Галактики, соответствующих значениям $h = \pm 1.76 \text{ кпк}$. Имея в виду вышесказанное, для изучения галактического распределения пульсаров из рассмотрения были исключены также пульсары, у которых $|h| > 1.5 \text{ кпк}$. После этих исключений остаются 1763 пульсара, которые будут использованы в работе. Распределение пульсаров относительно плоскости Галактики останется тем же, как на рис.2, но с тем отличием, что не будет пульсаров, сконцентрированных на расстоянии от плоскости Галактики $h = \pm 1.76 \text{ кпк}$.

Как было сказано выше, принято, что пульсары рождаются вследствие эволюции О-В звезд, а близкие О-В звезды образуют пояс Гульда, который наклонен относительно плоскости Галактики. Хотя после рождения пульсары уходят с места рождения, но в распределении пульсаров возможно остался след от начального распределения родительских звезд. Для выяснения этого вопроса исследуем зависимость асимметрии распределения пульсаров относительно плоскости Галактики в зависимости от галактической долготы l . Были исследованы разные группы пульсаров, разделенные по их расстояниям от Солнца. Для разных групп изучена зависимость между средним расстоянием $\langle h \rangle$ пульсаров от плоскости Галактики и галактической долготы l . Выяснилось, что во всех группах пульсаров в направлениях $-60^\circ < l < 60^\circ$ пульсары распределены в среднем выше плоскости Галактики, а в направлениях $60^\circ < l < 300^\circ$ - ниже плоскости Галактики. Разделение пульсаров по галактической долготе l проведено таким образом, чтобы эффект наклона плоскости распределения пульсаров был виден лучшим образом. В табл.1 приведены результаты этого исследования.

В первой строке таблицы приведено разделение пульсаров в группы в зависимости от их расстояния от Солнца в килопарсеках. Во второй и третьей строке приведены значения среднего расстояния пульсаров от плоскости Галактики $\langle h \rangle$ (в парсеках) для галактических направлений, соответственно, к центру Галактики $-60^\circ < l < 60^\circ$, и к антицентру Галактики $60^\circ < l < 300^\circ$. Из таблицы видно, что действительно плоскость распределения

Таблица 1

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПУЛЬСАРОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ПЛОСКОСТИ
ГАЛАКТИКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГАЛАКТИЧЕСКОЙ
ДОЛГОТЫ l**

$l \setminus R \text{ кпк}$	$0 \div 8$	$4 \div 8$	$0 \div 4$	$2 \div 4$	$0 \div 2$
$-60^\circ \div 60^\circ$	32.1	10.6	62.2	79.4	36.9
$60^\circ \div 300^\circ$	-98.9	-113.8	-91.1	-77.9	-103.3

пульсаров наклонена относительно плоскости Галактики. Причем в направлениях к центру Галактики плоскость распределения пульсаров находится выше плоскости Галактики в среднем на 50 пк, а в направлениях к антицентру Галактики плоскость распределения пульсаров находится ниже плоскости Галактики примерно на 100 пк. Хотя эффект наклонности плоскости симметрии распределения пульсаров относительно плоскости Галактики очевиден, но полученное направление наклона плоскости симметрии пульсаров отличается от направления наклона плоскости симметрии близких О-В звезд, или так называемого пояса Гульда. Причина такого отличия пока не выяснена и будет предметом отдельного исследования.

Из рис.2 видно, что распределение всех пульсаров, если не рассматривать их зависимость от галактической долготы l , после исключения пульсаров с $|h| > 1.5$ кпк тоже останется симметричным относительно плоскости Галактики. Следовательно можно рассмотреть распределение абсолютных расстояний пульсаров $|h|$, которое приведено на рис.3.

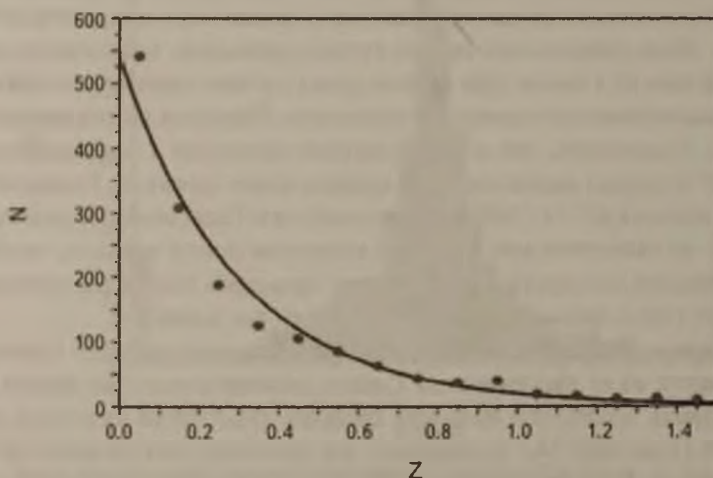


Рис.3. Распределение абсолютных значений расстояния пульсаров от плоскости Галактики.

На рис.3 вместе с распределением абсолютных значений расстояния пульсаров от плоскости Галактики приведена также аппроксимация функции распределения $N(|h|)$ экспоненциальной функцией

$$N(|h|) = N_0 e^{-|h|/H}, \quad (2)$$

где N_0 - число пульсаров на плоскости Галактики, а H - характеристическое расстояние от плоскости Галактики. Для этого распределения получено: $N_0 = 541$ и $H = 0.298$ кпк.

Нормированная функция распределения $\phi(|h|)$ имеет вид

$$\varphi(|h|) = (l/H) e^{-|h|/H}, \quad (3)$$

из которого следует, что характеристическое расстояние H можно определять как среднее значение абсолютных значений расстояний пульсаров $\langle |h| \rangle$ от плоскости Галактики.

$$H = \langle |h| \rangle. \quad (4)$$

Выше было приведено значение характеристического расстояния $H = 0.298$ кпк для всех нормальных пульсаров с $|h| < 1.5$ кпк независимо от возраста пульсара. Поскольку принято, что пульсары рождаются у плоскости Галактики и удаляются от нее из-за скорости, полученной в результате вспышки сверхновой звезды, то характеристическое расстояние от плоскости Галактики должно увеличиться по мере увеличения возраста пульсара. В каталоге пульсаров ATNF приведены значения характеристического возраста (τ) пульсаров, которые определяются из наблюдательных данных по формуле

$$\tau = P/(2PI), \quad (5)$$

где, P (как и выше) - период пульсара, а PI - временное изменение периода пульсара. В табл.2 приводятся значения характеристических расстояний H (в парсеках) от плоскости Галактики для разных возрастных групп пульсаров (в годах), полученные по формуле (4). В третьей строке таблицы - число пульсаров (N) в соответствующей группе.

Таблица 2

ЗНАЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ РАССТОЯНИЙ H ОТ ПЛОСКОСТИ ГАЛАКТИКИ ДЛЯ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП ПУЛЬСАРОВ

	$\tau < 10^6$	$10^6 < \tau < 10^7$	$10^7 < \tau < 10^8$
H	131	302	423
N	338	620	395

Из таблицы хорошо видно, что характеристические расстояния H увеличиваются с возрастом пульсаров. Это соответствует общепринятому предположению, что пульсары рождаются вблизи плоскости Галактики и распространяются в Галактике со скоростями, полученными во время вспышки родительской сверхновой звезды. Полученный результат можно использовать для изучения распределения этих скоростей (см., например, [12,14]).

4. *Распределение пульсаров в плоскости Галактики.* Во многих работах (см., например, [4]) было показано, что в центральной части Галактики плотность пульсаров намного меньше, чем в кольце с

диаметром $R \approx 3 - 4$ кпк от центра Галактики (R - галактоцентрическое расстояние), где плотность достигает максимума. На галактоцентрических расстояниях больше 4 кпк плотность пульсаров уменьшается и на расстоянии Солнца - $R_0 = 8.5$ кпк, она примерно равняется центральной плотности. Надо отметить, что на расстоянии $R \approx 3 - 4$ кпк от центра Галактики, максимума достигает также электронная концентрация n_e в модели, использованной Тейлором и Кордесом [2,13] при определении расстояний пульсаров. В настоящем разделе будет изучено распределение пульсаров относительно центра Галактики с использованием многочисленных данных и отличающегося методом обработки, в сравнении с предыдущими работами. Были использованы данные нормальных пульсаров, расположенных у плоскости Галактики в слое $-1.5 \text{ кпк} \leq h \leq +1.5 \text{ кпк}$. Используя данные о расстояниях пульсаров d_i от Солнца были определены галактоцентрические расстояния R_i по формуле

$$R_i = \left[R_0^2 + d_{i0}^2 - R_0 d_{i0} \cos(l_i) \right]^{1/2}, \quad (6)$$

где обозначена $d_{i0} = d_i \sin(b_i)$. d_{i0} - это проекция расстояния данного пульсара на плоскости Галактики, (l_i, b_i) галактические координаты, а $R_0 = 8.5$ кпк - расстояние Солнца от центра Галактики. Будем изучать зависимость плотности пульсаров от галактоцентрического расстояния в направлении центра Галактики. В плоскости Галактики были выделены области, в которых пульсары имеют примерно одинаковые расстояния от центра Галактики. Потом из каждой области выбирались те пульсары, которые примерно одинаково удалены от Солнца. Это делается следующим образом. Сначала в плоскости Галактики проводятся галактоцентрические

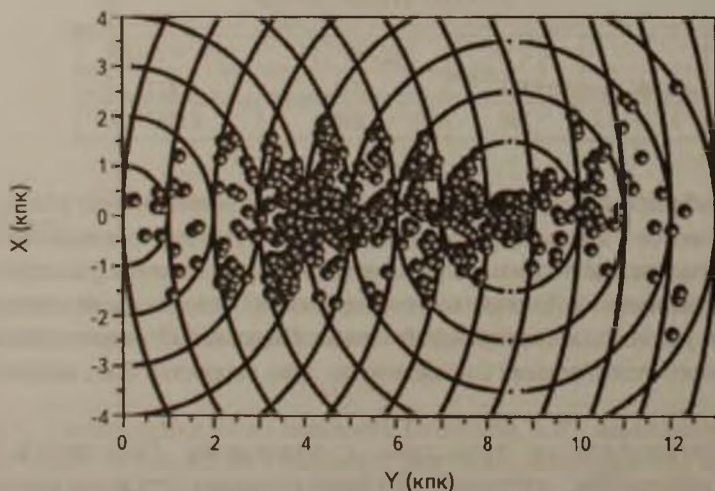


Рис.4. Наблюдаемое распределение пульсаров в направлении центра Галактики.

окружности с расстоянием R , отличающиеся друг от друга, скажем, на 1 кпк. Таким образом получаются кольца с шириной 1 кпк. Эту ширину в ходе работы можно изменять для того, чтобы в отдельных областях находилось достаточное количество (в статистическом смысле) пульсаров. Потом проводятся такие же окружности, но с центром - Солнце. В результате сечения этих окружностей галактическая плоскость разделяется на участки, в которых пульсары имеют примерно одинаковые расстояния R от центра Галактики и одинаковые расстояния d_{i0} от Солнца. Для нашей работы мы выбрали выделенные таким образом те области, которые находятся в направлении центра Галактики.

На рис.4 приведены полученные таким образом области и пульсары, находящиеся в них. Центр Галактики находится в точке с координатами (0 кпк; 0 кпк), а Солнце - в точке с координатами (0 кпк; 8.5 кпк).

Были вычислены число пульсаров в этих областях, площадь области и плотность пульсаров в каждой области. Данные об этих областях приведены в табл.3, в первой строке даны расстояния области от центра Галактики, во второй - число пульсаров в области, в третьей строке - площадь области S в кпк², а в четвертой - средняя плотность Q пульсаров.

Таблица 3

ЗАВИСИМОСТЬ ПЛОТНОСТИ ПУЛЬСАРОВ ОТ РАССТОЯНИЯ ЦЕНТРА ГАЛАКТИКИ

R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N	28	42	92	96	71	48	35	29	43	16	12	25	7
S	1.53	2.25	2.63	2.82	2.86	2.74	2.47	1.95	3.14	2.17	3.10	3.91	4.68
Q	18.28	18.69	34.99	34.06	24.86	17.49	14.17	14.87	13.69	7.37	3.87	6.39	1.49

На рис.5 приведено распределение наблюдаемой плотности пульсаров в зависимости от расстояния от центра Галактики.

Из рисунка видно, что в центральной области Галактики есть большой дефицит пульсаров. Такой дефицит частично или полностью можно объяснить тем, что, чем дальше пульсар от Солнца, тем труднее его найти. Это связано со многими факторами, главным из которых являлось то, что из-за ограниченной чувствительности приемника пульсары малой радиосветимости, находящиеся дальше некоторого расстояния от Солнца, невозможно наблюдать. Однако есть ряд немаловажных факторов, затрудняющих обнаружение далеких пульсаров. Такими факторами являются: рассеивание и мерцание излучения пульсара в межзвездной среде, расширение импульса, внутренняя вариация излучения пульсара и др. Учет влияния отдельных факторов, тем более всех этих факторов совместно

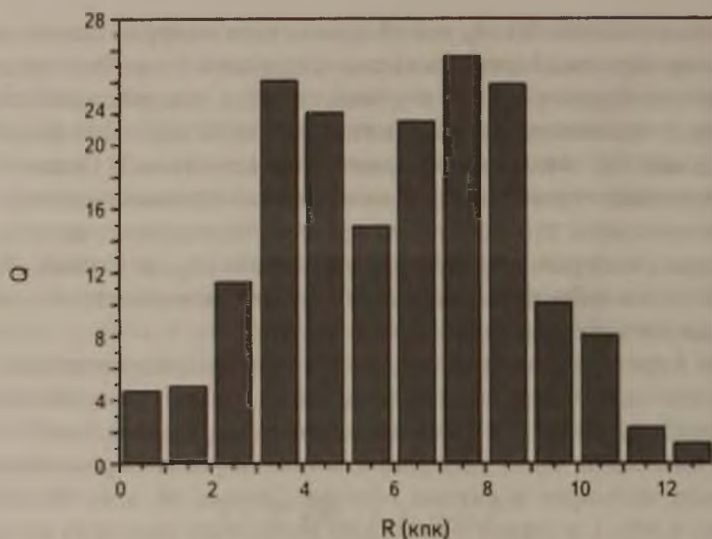


Рис.5. Распределение наблюдаемой плотности пульсаров в зависимости расстояния от центра Галактики.

на обнаружение пульсара - очень сложная задача. Поэтому до сих пор не получена более или менее приемлемая функция светимости пульсаров. Например, в работах [3,15] для распределения светимости пульсаров

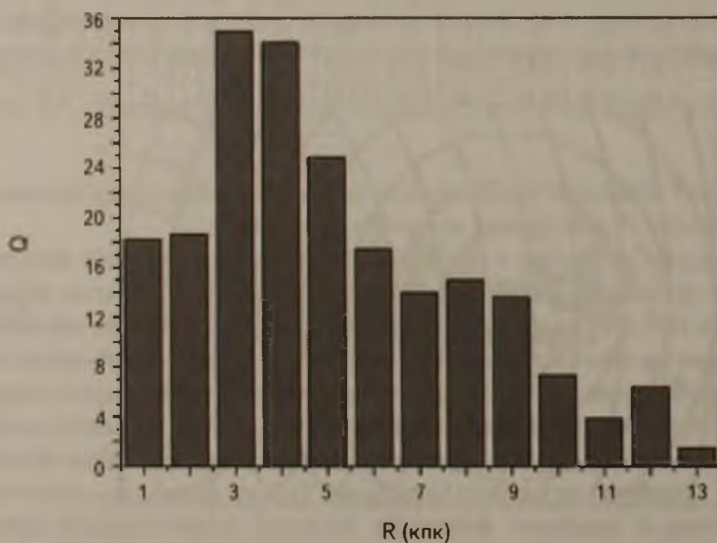


Рис.6. Истинное распределение плотности пульсаров (число пульсаров в площади 1 кпк²) в зависимости от расстояния (Солнце находится на расстоянии $R = 8.5$ кпк).

применяется нормальная функция от логарифма светимости,

$$f(\log L) = (1/\sigma\sqrt{2\pi}) \exp\{-(\log L - \mu)^2 / 2\sigma^2\}, \quad (7)$$

где L - светимость пульсаров, μ - среднее значение, а σ - стандартное отклонение распределения. Параметры распределения определяются из наблюдательных данных, используя разные модели пульсаров и галактическое распределение межзвездной среды, делая при этом разные теоретические предположения.

В настоящей работе для построения истинного распределения плотности пульсаров в плоскости Галактики (в направлении центра Галактики), мы воспользовались более простым методом, не используя никаких моделей и предположений. Суть метода состоит в том, что из наблюдений мы приблизительно имеем нижний предел светимости пульсаров, начиная с которого пульсары обнаруживаются в упомянутых выше областях. Используя функцию светимости пульсаров, можно оценить сколько процентов пульсаров не обнаружено в каждой области из-за всех мешающих факторов и восстановить примерное число пульсаров в этих областях. На рис.6 приведено истинное распределение плотности пульсаров в зависимости от расстояния по направлению к центру Галактики. Для построения этого распределения была использована функция светимости пульсаров, полученная с использованием только близких пульсаров (пульсары, находящиеся ближе 1 кпк или 1.5 кпк и 2 кпк). Ясно, что при этом мы потеряем некоторые пульсары малой светимости. Для построения истинного распределения плотности пульсаров была использована также функция светимости, приведенная в формуле (7). Надо отметить, что все распределения, полученные с использованием разных функций светимости, имеют примерно одинаковый вид, поэтому на рис.6 приводится распределение, в котором для построения функции светимости были использованы пульсары, находящиеся ближе 1.5 кпк.

Из рисунка видно, что плотность нормальных пульсаров достигает максимума на расстоянии 3-4 кпк от центра Галактики. В центральной области есть некоторый дефицит пульсаров. Результат, полученный в этом разделе с использованием известных в настоящее время пульсаров, хорошо соответствует результатам, полученным ранее (см.[4]).

5. Заключение. Приведем основные результаты, полученные в настоящей работе.

Было показано, что нормальные радиопульсары распределены не симметрично относительно плоскости Галактики. Этот эффект наблюдается во всех изученных группах пульсаров, разделенных по их расстоянию от Солнца ($0 \div 8$ кпк; $4 \div 8$ кпк; $0 \div 4$ кпк; $2 \div 4$ кпк; $0 \div 2$ кпк). Причем в направлениях к центру Галактики (в области галактической долготы

$-60^\circ \div 60^\circ$) пульсары расположены в среднем на 50 пк выше плоскости Галактики, а в направлениях к антицентру Галактики (в области галактической долготы $60^\circ \div 300^\circ$) пульсары расположены в среднем на 100 пк ниже плоскости Галактики.

Распределение всех пульсаров относительно плоскости Галактики хорошо представляется экспоненциальной функцией с характеристическим расстоянием от плоскости Галактики примерно 300 пк. Причем характеристическое расстояние от плоскости Галактики увеличивается от значений примерно 130 пк к 420 пк в зависимости от возраста пульсаров.

В распределении поверхностной плотности пульсаров наблюдается максимум на галактоцентрических расстояниях примерно 3-4 кпк. Причем плотность пульсаров в центральной области Галактики примерно такая же, как вокруг Солнца. Этот результат может сильно зависеть от модели галактического распределения электронной концентрации, использованной при вычислении расстояний пульсаров [2,13], приведенной в каталоге пульсаров ATNF (ATNF Pulsar Catalogue). Для исследования вопроса такой зависимости будет посвящена другая работа.

Бюраканская астрофизическая обсерватория, Армения,
e-mail: handreasyan@bao.sci.am randrasyan@bao.sci.am
gurgun@bao.sci.am

ON THE DISTRIBUTION OF PULSARS IN THE GALAXY

H.A.ANDREASYAN, R.R.ANDREASYAN, G.M.PARONYAN

It has been shown that normal radio pulsars are not distributed symmetrically relative to the plane of the Galaxy. Moreover, in the directions to the Galactic center the plane of symmetry of pulsars is higher than galactic plane on average of 50 ps, and towards anticentre - on average of 100 ps below of this plane. Distribution of all pulsars relative to the plane of the Galaxy can be represented by an exponential function with a characteristic distance about 300 ps from the galactic plane. The characteristic distance increases within 130-420 ps, depending on the age of the pulsar. In the distribution of the surface density of pulsars is observed a maximum at the distances from the Galaxy centre of about 3-4 kps. The density of pulsars in the central region of the galaxy is about the same as in the vicinity of the sun.

Key words: *pulsars: distribution*

ЛИТЕРАТУРА

1. *Р.Манчестер, Дж.Тейлор*, Пульсары, М., Мир, 1980.
2. *J.H.Taylor, J.M.Cordes*, Pulsar Distances and the Galactic Distribution of Free Electrons, *Astrophys. J.*, **411**, 674, 1993.
3. *F.C.Faucher-Giguere, V.M.Kaspi*, *Astrophys. J.*, **643**, 332, 2006.
4. *Yusifov, I.Küçük*, Revisiting the radial distribution of pulsars in the Galaxy, *Astron. Astrophys.*, **422**, 545, 2004.
5. *M.Kramer et al.*, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **342**, 1299, 2003.
6. *L.Bronfman, S.Casassus, J.May, L.-A.Nyman*, *Astron. Astrophys.*, **358**, 521, 2000.
7. *K.Biazzo, J.M.Alcala, E.Covino et al.*, Crossing the Gould Belt in the Orion Vicinity, *Astron. Astrophys.*, **542**, A.115B, 2012.
8. *П.Г.Куликовский*, Звездная астрономия, М., Наука, с.16, 1985.
9. *R.R.Andreasyan, M.A.Hovhannisyan, M.R.Andreasyan*, *Astrophys. J.*, **46**, 341, 2003.
10. *R.R.Andreasyan, S.K.Balayan, V.H.Movsesyan*, Structure of the magnetic field near the galactic plane, *Astrophys. J.*, **54**, 177A, 2011.
11. *П.Г.Куликовский*, Звездная астрономия, М., Наука, (с.101, 163, 175) 1985.
12. *K.L.Huang, J.H.Huang, Q.H.Peng*, */z/* distribution and age of pulsars, *Astron. Astrophys.*, **152**, 89, 1985.
13. *J.M.Cordes*, NE2001: A New Model for the Galactic Electron Density and its Fluctuations, *ASPC*, **317**, 211C, 2004.
14. *T.G.Arshakyan*, *Astrophys. J.*, **37**, 143, 1994.
15. *J.Chennamangalam, D.R.Lorimer, I.Mandel, M.Bagchi*, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **431**, 874, 2013.

