

О СВЯЗИ МЕЖДУ ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯМИ МЕЖЗВЕЗДНОГО НЕЙТРАЛЬНОГО ВОДОРОДА И ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИХ ЦЕФЕИД

Г. С. Бадалян

1. ВВЕДЕНИЕ

Основной целью настоящей работы является исследование пространственного распределения долгопериодических цефеид относительно спиральных ветвей Галактики и сравнение между собой распределений межзвездного нейтрального водорода и долгопериодических цефеид. Кроме того, в данной работе сделана попытка сравнить распределение нейтрального водорода с распределением звезд типов O, cG и долгопериодических переменных.

В последние годы изучение структуры спиральных туманностей показало, что ветви их в основном определяются расположением горячих гигантов, а исследование распределения горячих гигантов в нашей Галактике дало возможность приступить к изучению структуры ее спиральных ветвей.

С другой стороны, строение спиральных ветвей Галактики можно попытаться определить из пространственных распределений других объектов, напр.: сверхгигантов, звездных скоплений, нейтрального и ионизованного водорода.

По первому из этих путей идет работа Моргана, Уитфорда и Коде [1], в которой исследована структура Галактики, исходя из пространственного распределения O-ассоциаций, горячих звезд — сверхгигантов и гигантов ранних типов.

Используя данные о 27 O-ассоциациях и о ряде индивидуальных звезд, они установили, что Галактика имеет две внешние и одну внутреннюю спиральные ветви, шириной каждая примерно 500 парсеков.

В 1953 году Б. А. Воронцов-Вельяминов [2] на осно-

вании изучения пространственного распределения горячих сверхгигантов и долгопериодических цефеид принял несколько иное расположение двух спиральных ветвей нашей Галактики.

Недавно появилась новая работа В. Ф. Газе [3], в которой она, исследуя распределение 150 диффузных туманностей, получили две внешние и одну внутреннюю ветвь Галактики.

В области исследования спиральной структуры Галактики по распределению межзвездного газа наиболее обстоятельную и значительную работу выполнили Оорт, ван-де Хюелт и Мюллер [4]. Посредством исследования распределения интенсивностей нейтрального водорода на диаграмме расстояние — галактическая долгота им удалось установить расположение спиральных рукавов Галактики. Таким образом, можно сделать очень важный вывод, что по всей видимости, межзвездный нейтральный водород в основном находится в спиральных ветвях Галактики.

Недавно появилась работа Ломанина [5], которая является попыткой продолжить анализ данных голландских астрономов. В работе Ломанина обсуждается расположение трех спиральных ветвей.

В 1955 году появилась работа П. П. Паренаго [6]. Исходя из результатов голландских исследователей относительно распределения плотности нейтрального водорода и воспользовавшись другими данными, он получил расположение пяти спиральных ветвей в нашей Галактике.

Полученные нами в первой части настоящей работы данные о расстояниях 167 долгопериодических цефеид показывают, что пространственное распределение их на диаграмме расстояние — галактическая долгота в основном сходно с распределением нейтрального водорода.

Имеется общее сходство между ветвями, полученными по ассоциациям, и звездным скоплениям Вивером [7] и по цефедам нами. Наиболее сходны внешняя далекая ветвь Вивера и наша внешняя вторая ветвь, расстояния и направления которых почти совпадают.

Во время выполнения настоящей работы появилась

статья Торгард [8] относительно распределения долгопериодических цефеид в спиральных ветвях Галактики. В этой работе приведено распределение тех цефеид, которые находятся в интервале l от 80 до 175° на диаграмме расстояние — галактическая долгота. В этой статье автор выразил мнение, что концентрация цефеид в спиральных ветвях Галактики реальна.

Вторая часть данной работы в основном посвящена исследованию связи между распределением нейтрального водорода и цефеид.

Орт, ван-де Хюлст и Мюллер определили интенсивности излучения атомов нейтрального водорода в зависимости от галактических долгот и радиальных скоростей, и получили распределение интенсивности нейтрального водорода на диаграмме радиальная скорость — галактическая долгота.

По аналогии с этим мы попытались на основании радиальных скоростей долгопериодических цефеид построить распределение последних на такой же диаграмме радиальная скорость — галактическая долгота. Сравнение этих двух распределений представляет большой интерес. Поскольку межзвездный нейтральный водород и долгопериодические цефеиды сильно концентрируются в плоскости экватора Галактики и составляют плоские подсистемы, возникает вопрос о возможной генетической связи между ними.

Указанное сравнение можно выполнить, исследуя статистику интенсивностей межзвездного нейтрального водорода в тех местах диаграммы, где находятся долгопериодические цефеиды, поскольку эти интенсивности пропорциональны плотностям водорода.

Посредством наблюдений монохроматического радиоизлучения Большого и Малого Магеллановых Облаков в 1954 году Керр, Хайндман и Робинсон [9] исследовали распределение интегральной яркости нейтрального водорода в этих облаках. Кроме того, они определили радиальные скорости водорода в разных точках обоих Магеллановых Облаков. Поскольку в Магеллановых Облаках обнаружено около тысячи долгопериодических цефеид, интересно

рассмотреть связь между распределениями интенсивностей нейтрального водорода и цефеид в этих облаках.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИХ ЦЕФЕИД В ГАЛАКТИКЕ

Располагая избытками цвета для 167 долгопериодических цефеид, определенными нами [10] посредством двухцветных фотографических наблюдений в Бюраканской астрофизической обсерватории, мы попытались выяснить их распределение в плоскости Галактики.

Расстояния долгопериодических цефеид были определены согласно новой шкале расстояний, т. е. была использована усредненная формула период-светимость Б. В. Кукаркина [11], к которой мы прибавили поправку в -0.5 звездных величин.

Пространственное распределение 167 цефеид в плоскости Галактики представлено схематически на рис. 1. Расстояние Солнца от центра Галактики принято равным 8200 парсекам.

Если наложить на этот рисунок очертания галактических ветвей, полученных Оортом, ван-де Хюлстом и Мюллером, посредством изучения распределения нейтрального водорода, то окажется, что цефеиды расположены главным образом в 4 спиральных ветвях, из которых 3 внешних и 1 внутренняя. Из этих ветвей более четко определяются, повидимому, две далекие внешние и одна внутренняя. Что же касается внешней, близкой к Солнцу, ветви, то ее границы и направление недостаточно четко определяются из распределения цефеид.

Ряд цефеид в направлении Лебеда, вследствие большой отдаленности, находятся вне пределов приведенного рисунка; например: KX Cyg, I Y Cyg, V₂₁₇ Cyg, V₂₃₀ Cyg и CC L ygae. Они, по всей вероятности, входят в состав внешних далеких ветвей. Сравнение показывает, что между результатами, относящимися к структуре спиральных ветвей, полученными посредством наблюдения нейтрального водорода Оортом, ван-де Хюлстом, Мюллером, и полученными нами распределением долгопериодических цефеид имеется удовлетворительное согласие. Особенно заслуживает внимания тот факт, что

результаты, полученные Оортом и нами относительно „Солнечной ветви“, несмотря на имеющую место в обоих случаях неопределенность, тем не менее, близки друг к другу. Интересно, что сгущения цефеид, встречающихся в данном направлении и на данном расстоянии, почти всегда совпадают с областями большой плотности нейтрального водорода.

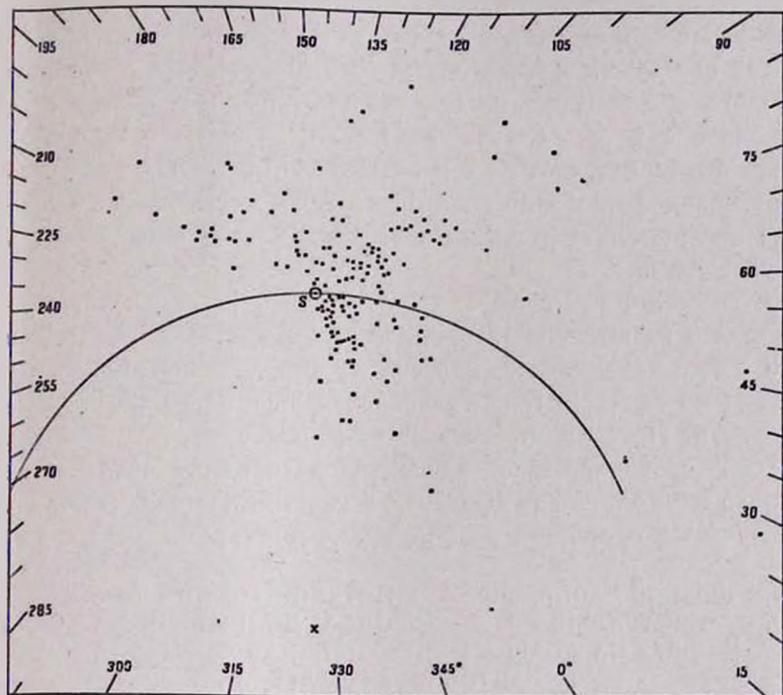


Рис. 1. Распределение долгопериодических цефеид по галактическим долготам и по расстояниям. Масштаб: 1 см = 1000 парсекам.

Необходимо отметить, что для изучения строения ветвей Галактики несомненно большое значение могут иметь ошибки в определении межзвездного поглощения, связанные с целым рядом трудностей, имеющих при исследовании поглощения по избыткам цвета.

Можно предполагать, в частности, что получающееся рассеяние цефеид по отношению к внешней, близкой к

Солнцу ветви, объясняется частично ошибками в расстояниях, вызванными неточным знанием поглощения. С другой стороны, поглощение не влияет на радиоизлучение нейтрального водорода. Поэтому известное расхождение между распределениями нейтрального водорода и долгопериодических цефеид в плоскости Галактики может возникать по причине неточного определения поглощения.

Для получения точной картины структуры ветвей по исследованным цефеид и других объектов необходимо иметь более обширный и однородный наблюдательный материал. Желательно наблюдение тех цефеид, которые находятся в широтах от $l = 215^\circ$ до $l = 320^\circ$. Особенно интересно было бы исследование их в созвездии Киля, где известно значительное число цефеид. Интересно, составляют ли южные цефеиды продолжение известных ветвей или входят в другие ветви.

Вместе с тем следует отметить, что распределение водорода в галактической плоскости, полученное Оортом и его сотрудниками, основывается на определенном предположении об эффекте галактического вращения на радиальные скорости. Поэтому представляется целесообразным найти способ сравнения распределений водорода и цефеид на основе одних лишь наблюдательных данных, без перехода от лучевых скоростей водорода к расстояниям.

3. СРАВНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ МЕЖЗВЕЗДНОГО НЕЙТРАЛЬНОГО ВОДОРОДА И ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИХ ЦЕФЕИД НА ДИАГРАММЕ РАДИАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ — ГАЛАКТИЧЕСКАЯ ДОЛГОТА

Для исследования распределения интенсивностей межзвездного нейтрального водорода и долгопериодических цефеид на диаграмме радиальная скорость — галактическая долгота мы использовали данные работы Оорта, ван-де Хюлста и Мюллера по радиоизлучению атомов нейтрального водорода на длине волны 21 см.

Сравнение распределений нейтрального водорода и цефеид на диаграмме радиальная скорость — галактическая долгота имеет то преимущество перед сравнением, произ-

водимым на диаграмме расстояние — галактическая долгота, что все данные в первом случае получаются непосредственно из наблюдений. Между тем расстояния долгопериодических цефеид из наблюдений не определяются непосредственно и на них влияют ошибки в абсолютных величинах и в поглощении света.

Поэтому перейдем к сравнению распределений на диаграмме радиальная скорость — галактическая долгота.

Оорт и его сотрудники изучили распределение интенсивностей нейтрального водорода по направлению галактических долгот от 322 до 220° .

В таблице 2 их работы даны интенсивности межзвездного водорода для клеток диаграммы (v_r, l) через $10 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ по оси скоростей и через 5° по оси долгот.

Поскольку по направлению упомянутых галактических долгот имеется большое количество долгопериодических цефеид, для которых определена радиальная скорость, мы на основе данных Оорта, ван-де Хюлста и Мюллера определили соответствующие интенсивности водорода для тех мест диаграммы радиальная скорость — галактическая долгота, где расположены долгопериодические цефеиды. Необходимые для этого радиальные скорости долгопериодических цефеид, освобожденные от движения Солнца, в основном взяты из работы Джоя [12], а для некоторых цефеид из каталога радиальных скоростей Вильсона [13].

Всего было взято 146 долгопериодических цефеид, для которых определены радиальные скорости и которые находятся между долготами от $l = 322$ до $l = 220^\circ$.

После определения для окрестности каждой цефеиды интенсивности нейтрального водорода были вычислены частоты встречаемости цефеид в различных интервалах интенсивностей и сравнены с частотами встречаемости тех или иных значений интенсивностей во всех клетках диаграммы Оорта, ван-де Хюлста и Мюллера вообще.

Полученные результаты приведены в таблице 1, где в первой горизонтальной строке приведены интервалы интенсивностей, во второй строке приведено число соответствую-

щих клеток, в третьей строке дано число цефеид, соответствующих данным интервалам интенсивности. Из данных таблицы 1 ясно видно, что количество долгопериодических

Таблица 1

Интервал интенсивностей	1—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100	101—110
Частота встречаемости интенсивностей нейтрального водорода	270	200	160	190	147	145	101	77	43	24	12
Число долгопериодических цефеид	1	6	8	7	21	25	35	23	10	7	3
Отношение числа цефеид к частоте встречаемости интенсивностей нейтрального водорода, выраженное в процентах	0.4	3	5	4	14	17	35	30	23	29	25

ческих цефеид, в областях с меньшей интенсивностью нейтрального водорода, весьма мало по сравнению с количеством цефеид, находящихся в областях с большой плотностью нейтрального водорода. Например, интервалу 1—10 соответствует 270 клеток диаграммы (v_r , l), между тем на все эти клетки приходится только одна цефеида. Считаем необходимым сказать, что ни одной цефеиде не соответствует нуль интенсивности, кроме ВВ Геркулеса, что связано с ее исключительно большой радиальной скоростью, которая после исправления за движения Солнца оказалась равной 109,9 км/сек. Для более ясного представления о распределении цефеид по интенсивностям нейтрального водорода в их окрестностях мы разделили числа третьей строки на числа второй строки, получив тем самым проценты клеток, заполненных цефеидами. Из этих данных видно, что в интервале интенсивностей 1—10 процент заполненных клеток равен всего 0.4, а в интервале 61—70 мы имеем 35 процентов.

Данные таблицы 1 представлены нами также в виде кривых на рис. 2, где масштабы для кривых, изображающих полное число клеток и число цефеид, различны и даны раздельно.

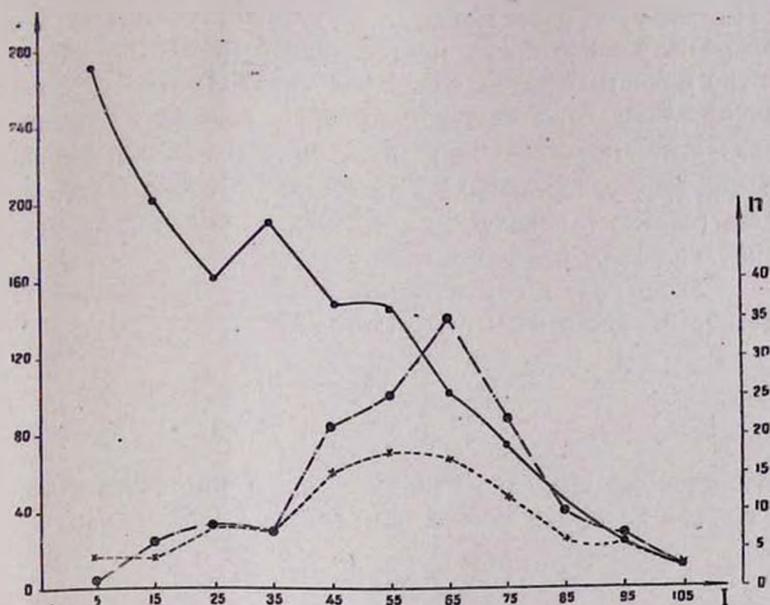


Рис. 2.

- Межзвездный нейтральный водород.
- · - Долгопериодические цефеиды.
- - - Звезды типа O.

Для иллюстрации приводим также рис. 3, изображающий наложенные друг на друга диаграммы (v_r, l) для нейтрального водорода и цефеид. На этой диаграмме кривые линии проведены через точки одинаковой интенсивности (по Оорту и др.), а цефеиды изображены кружками. Из этой диаграммы ясно видно, что цефеиды в основном концентрируются в областях, где интенсивность нейтрального водорода сравнительно велика.

Для количественного сравнения обоих распределений мы вычислили средневзвешенные интенсивности для всех клеток межзвездного нейтрального водорода и для клеток, содержащих долгопериодические цефеиды. Первую из этих мы определили по следующей формуле:

$$\bar{I}_H = \frac{\int I_H \rho ds}{\int \rho ds}, \quad (1)$$

где \bar{I}_n — средняя интенсивность излучения атомов нейтрального водорода, ρ — плотность нейтрального водорода, которую можно принять пропорциональной числу атомов водорода в данной площадке, а ds — элементарная площадка диаграммы радиальная скорость — галактическая долгота. Определенная по этой формуле величина \bar{I} представляет собой интенсивность (плотность) излучения нейтрального водорода, усредненную по всем его атомам.

Исходя из того, что интенсивность пропорциональна плотности, вместо формулы (1) можно написать:

$$\bar{I}_n = \frac{\int I^2 ds}{\int I ds} = \frac{\Sigma I^2}{\Sigma I}. \quad (2)$$

Точно так же среднюю квадратическую интенсивность нейтрального водорода можно определить из формулы:

$$\bar{I}_n = \frac{\int I^2 \rho ds}{\int \rho ds} = \frac{\int I^2 ds}{\int I ds} = \frac{\Sigma I^2}{\Sigma I}. \quad (3)$$

Для долгопериодических цефеид мы вычислили среднюю арифметическую интенсивность по формуле:

$$\bar{I}_{\text{ср}} = \frac{\Sigma J}{n}, \quad (4)$$

где n — число цефеид и равно 146.

Вычисленная средняя интенсивность нейтрального водорода, усредненная по всем его атомам, по формуле (1) получилась равной:

$$\bar{I}_n = 54.1,$$

а для областей вокруг долгопериодических цефеид по формуле (4):

$$\bar{I}_{\text{ср}} = 60.3.$$

Затем мы определили среднее квадратичное отклонение интенсивностей для нейтрального водорода и цефеид по формуле:



Рис. 3. Распределение нейтрального водорода и долгопериодических цефеид на диаграмме радиальная скорость—галактическая долгота.

$$\sigma^2 = \bar{l}^2 - \bar{l}^2. \quad (5)$$

Для нейтрального водорода: $\sigma_n = \pm 23.5$, а для цефеид:
 $\sigma_{\text{ср}} = \pm 20.5$.

Разница между среднеквадратичными отклонениями интенсивностей нейтрального водорода и цефеид происходит из-за того, что цефеиды, как мы сказали, в основном распределены в наиболее плотных областях нейтрального водорода.

Сравнение полученных значений средних интенсивностей водорода и цефеид подтверждает тот факт, что действительно цефеиды распределены в сравнительно плотных областях нейтрального водорода: то-есть „межзвездный водород как бы меньше связан с самим собой, чем цефеиды с нейтральным водородом“. Это обстоятельство служит основанием сделать предварительный вывод, что между ними вероятно существует генетическая связь в том смысле, что можно предполагать, что долгопериодические цефеиды возникают в какой-то связи с уплотнениями нейтрального водорода.

Если бы не было пекулярных движений, то точное совпадение распределений цефеид и межзвездного газа на диаграмме (v_r, l) означало бы их точное совпадение в пространстве. Однако, поскольку как цефеиды, так и облака нейтрального водорода должны иметь пекулярные лучевые скорости, то должны появиться некоторые различия в распределении на диаграмме (v_r, l), даже если пространственные распределения точно совпадают. Отсюда следует, что если наблюдаемые распределения на диаграмме (v_r, l) сходны, то истинные распределения еще более близки друг к другу. Иначе говоря, можно предположить, что истинная связь между цефеидами и нейтральным водородом более сильна, чем получается непосредственно из сравнения распределений на диаграмме (v_r, l).

4. СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ПЕРИОДОМ ЦЕФЕИД И СРЕДНЕЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ НЕЙТРАЛЬНОГО ВОДОРОДА В ОКРУЖАЮЩЕЙ ОБЛАСТИ

Для исследования соотношения между логарифмом периода цефеид и значением интенсивности нейтрального во-

дороды в их окрестностях 146 долгопериодических цефеид были подразделены на группы по логарифму периода и были выведены средние арифметические значения логарифма периода и интенсивности для каждой группы. Полученные результаты показывают, что при малых периодах средняя интенсивность заметно возрастает с $\log P$, равного 0.30, до значения $\log P$, равного 0.90, после чего остается почти постоянной. Это соотношение графически представлено на рис. 4, где по оси абсцисс отложены логарифмы периода, а по оси ординат средние значения интенсивности.

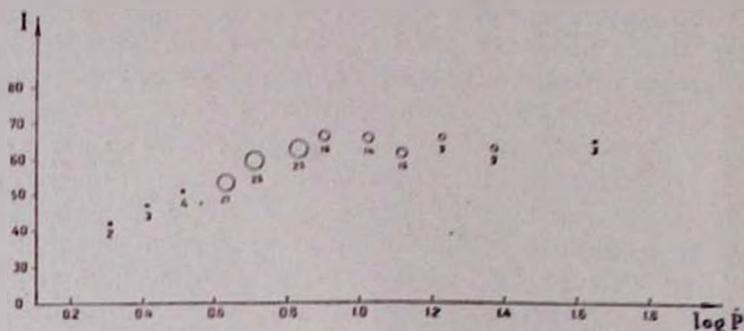


Рис. 4. Соотношение между средним значением интенсивности нейтрального водорода и логарифмом периода долгопериодических цефеид.

Среднее значение интенсивности для тех цефеид, у которых логарифм периода меньше 0.90, оказалось равным 58.7, а для цефеид, логарифм периода которых больше 0.90, средняя интенсивность равна 63.3.

Это обстоятельство показывает, что те цефеиды, которые имеют длинные периоды, вероятно более сильно связаны с нейтральным водородом, чем цефеиды, логарифм периода которых меньше 0.90. Эти результаты дают основание сказать, что в этом отношении галактические цефеиды можно разделить на две группы. К первой группе следует отнести те цефеиды, длины периодов которых меньше 9 дней, а к второй группе цефеиды, период которых больше 9 дней. Интересно, кроме того, отметить, что средние интенсивности межзвездного водорода для групп цефеид с

логарифмами периода, равными 0.31 и 0.41, равны соответственно 41 и 47.

Эти значения уже приближаются к средней интенсивности, полученной таким же способом для долгопериодических переменных звезд (равной 32), длина периода которых не превосходит 200 дней; как известно, согласно Б. В. Кукаркину, последние составляют сферические подсистемы.

Достоин внимания тот факт, что между логарифмом периода цефеид Магеллановых Облаков и интенсивностью нейтрального водорода существует зависимость, имеющая с качественной стороны такой же характер, как и для цефеид нашей Галактики.

Этот вопрос рассмотрен в следующем параграфе.

5. СООТНОШЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ НЕЙТРАЛЬНОГО ВОДОРОДА И ЦЕФЕИД В МАГЕЛЛАНОВЫХ ОБЛАКАХ

В 1954 году появилась работа Керра, Хайндмана и Робинсона относительно исследования монохроматического излучения нейтрального водорода в Магеллановых Облаках. На основе наблюдений на волне 21 см в Магеллановых Облаках они определяли распределение интегральной яркости этой линии в обеих облаках.

По исследованию Керра, Хайндмана и Робинсона оказалось, что масса нейтрального водорода в обоих Магеллановых Облаках почти одинакового порядка. Масса нейтрального водорода в Большом Облаке составляет $6 \times 10^8 M_{\odot}$ и в Малом Облаке $4 \times 10^8 M_{\odot}$.

Как известно, число обнаруженных цефеид в обоих облаках в настоящее время принято равным около 993, из которых 654 цефеиды находятся в Малом Облаке. Шепли [14] показал, что цефеиды, имеющие длинные периоды, расположены в центральной области Больших и Малых облаков, а цефеиды, имеющие меньшие периоды, — на краях. С другой стороны, из данных Керра, Хайндмана и Робинсона относительно интенсивностей излучения атомов нейтрального водорода видно, что в центральной области обоих облаков интенсивность заметно больше, чем на краях.

С другой стороны, число цефеид в Малом Облаке не

меньше, чем в большом. Поскольку площадь проекции Малого Облака гораздо меньше, чем площадь Большого Облака, то отсюда вытекает, что в центральных частях Малого Облака концентрация цефеид особенно велика. Это находится в соответствии с тем, что плотность водорода в центре Малого Облака выше, чем в центре Большого Облака, особенно если перейти к пространственным плотностям.

Отсюда вытекает тот вывод, что в Магеллановых облаках цефеиды, имеющие большой период, очень сильно связаны с нейтральным водородом, поскольку, как было сказано выше, в центральной области концентрированы цефеиды с большими периодами. Такой же результат получен выше относительно цефеид нашей Галактики.

Таким образом, исходя из вышеупомянутых фактических данных, можно сделать качественный вывод, что характер соотношения (параллелизма) между нейтральным водородом и цефеидами в Магеллановых Облаках в основном такой же, как в нашей Галактике.

6. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СРАВНЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ НЕЙТРАЛЬНОГО ВОДОРОДА И ЗВЕЗД ТИПА О

Поскольку звезды типа О сильно концентрируются около плоскости Галактики, возникает вопрос о том, как связано их распределение с распределением нейтрального водорода. Для ответа на этот вопрос мы попытались исследовать соотношение между нейтральным водородом и звездами типа О, таким же методом, как это было сделано в отношении цефеид. Для этого мы использовали те О звезды, для которых определена радиальная скорость и которые распределены в плоскости Галактики от $l = 320$ до $l = 220^\circ$. Количество таких О звезд по каталогу радиальных скоростей Вильсона оказалось 103. Для этих звезд после поправки за движение Солнца мы определили из данных Оорта и др. интенсивности межзвездного нейтрального водорода в их окрестностях.

Среднее значение интенсивности для 103 О звезд полу-

чилоь равным 54.1, что совпадает со средним значением интенсивности для самого нейтрального водорода.

Отсюда, естественно, возникает вопрос, можно ли считать звезды типа О менее связанными с распределением межзвездного водорода, чем цефеиды, где среднее значение интенсивности выше. Так как О звезды обладают сравнительно большими поверхностными температурами, в окружающем О звезды пространстве примерно на расстояния от 30 до 40 парсеков водород в основном находится в ионизованном состоянии. Это должно уменьшать интенсивность монохроматического излучения нейтрального водорода, наблюдаемую вокруг О звезд. Из рис. 2 также видно, что действительно О звезды меньше связаны с нейтральным водородом, чем цефеиды.

Пространственное распределение О звезд на диаграмме радиальная скорость — галактическая долгота кажется более безразличным относительно распределения интенсивности нейтрального водорода, чем в случае цефеид. Иначе говоря, О звезды меньше концентрируются в районе максимальной плотности нейтрального межзвездного водорода, чем цефеиды.

6. СРАВНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ НЕЙТРАЛЬНОГО ВОДОРОДА И ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД

Как известно, в последние годы Б. В. Кукаркиным установлено, что долгопериодические переменные звезды типа Миры Кита в основном составляют промежуточную подсистему, хотя часть их входит в плоскую и сферическую составляющие нашей галактики. Поэтому интересно установить, какая может быть связь между нейтральным водородом и звездами типа Миры Кита. Для исследования этого вопроса мы поступили таким же методом, как и в случае долгопериодических цефеид, определив интенсивности межзвездного водорода на диаграмме (v_r, l) для звезд типа Миры Кита. При этом мы не обращали внимания на то, что галактическая широта звезд типа Миры Кита иногда значительно отличалась от нуля и формально брали плотность водорода в той точке диаграммы (v_r, l), составленной для плоскости галактики, которая соответствовала лучевой скорости и галактической долготе данной звезды. При этом были взяты те звезды

типа Миры Кита, для которых определены радиальные скорости. Как известно, эти переменные звезды имеют оболочки, где возникают эмиссионные линии, дающие свои радиальные скорости, отличные от радиальных скоростей, полученных по линиям поглощения. Иначе говоря, для каждой звезды типа Миры Кита имеются две радиальные скорости: из них одна радиальная скорость относится к обращающему слою звезды, а другая — к расширяющейся оболочке. Конечно, мы в данном случае использовали радиальную скорость, которая относится к обращающему слою. Кроме того, мы ограничились теми звездами типа Миры Кита, для которых галактическая широта не превышает $\pm 25^\circ$. Число звезд Миры Кита, для которых известна радиальная скорость, и находящихся на галактических широтах от 0 до $\pm 25^\circ$, согласно „Каталогу радиальных скоростей звезд“ Вильсона, оказалось равным 119. Среднее значение интенсивностей для этих 119 звезд равно 49, что значительно меньше средних значений

Таблица 2

Интервал интенсивностей	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	101-110
Частота встречаемости интенсивностей нейтрального водорода	270	200	160	190	147	145	101	77	43	24	12
Число долгопериодических переменных звезд	27	8	6	22	13	8	14	12	5	4	0

интенсивностей для самого нейтрального водорода и для долгопериодических цефеид. Полученные результаты показывают, что долгопериодические переменные и нейтральный водород, по своему распределению весьма мало связаны друг с другом. Как видно из рис. 5, значительная часть из 119 звезд Миры Кита находится в таких местах, где плотность нейтрального водорода равна нулю или сравнительно мала. Например, 23 долгопериодических переменных звезд соответствует нуль интенсивности. Кроме

того, ряд звезд благодаря большим радиальным скоростям находится вне пределов нашей (*v. l.*) диаграммы.

Поэтому естественно считать, что долгопериодические переменные звезды в основном не сосредоточены в ветвях Галактики.

То обстоятельство, что звезды типа Миры Кита менее связаны с нейтральным водородом, чем долгопериодические цефеиды, подтверждается также данными относительно частот встречаемости различных значений интенсивностей для нейтрального водорода и для долгопериодических переменных звезд. Это хорошо видно из кривых (рис. 6), построенных на основании данных, приведенных в таблице 2.

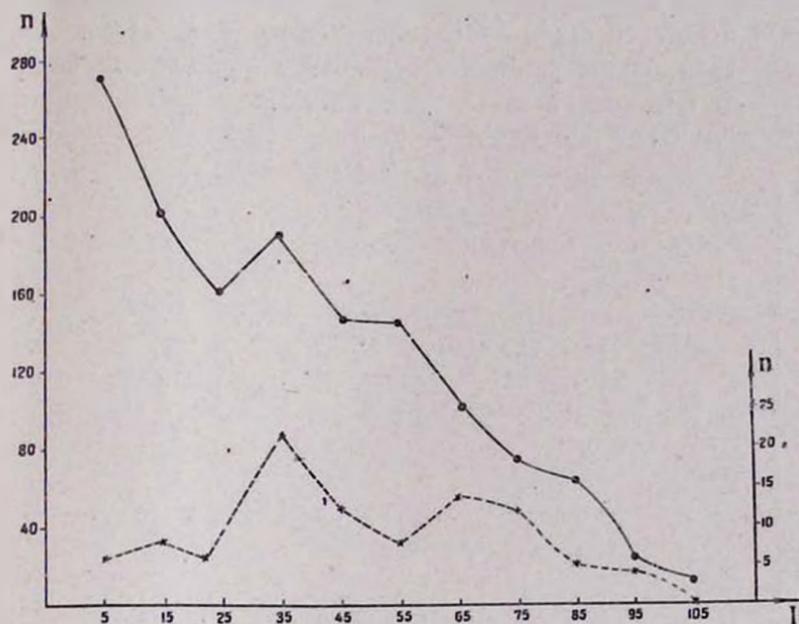


Рис. 6. Соотношение интенсивностей нейтрального водорода и долгопериодических переменных звезд.

----- долгопериодические переменные звезды.

—— нейтральный водород.

На этом рисунке по оси ординат отложены частоты встречаемости интенсивностей нейтрального водорода (слева) и частоты встречаемости различных интенсивностей для

долгопериодических переменных (справа), а на оси абсцисс — сама интенсивность.

Интересно сравнить рисунки 2 и 6; мы видим, что максимум частоты долгопериодических переменных приходится на области, где интенсивность нейтрального водорода около 40, между тем как максимум частоты долгопериодических цефеид приходится на области, где интенсивность равна 70 (рис. 2).

Интересно отметить, что интенсивности нейтрального водорода около звезд Миры Кита коррелируются с длиной периода, причем интенсивность в среднем возрастает с увеличением длины периода. Это ясно видно из рисунка 7, где по оси абсцисс отложена длина периода, выраженная в днях, и по оси ординат — интенсивность. Для составления этого графика мы разбили все значения периодов на интервалы по 100 дней и взяли для этих интервалов средние значения периода и интенсивности.

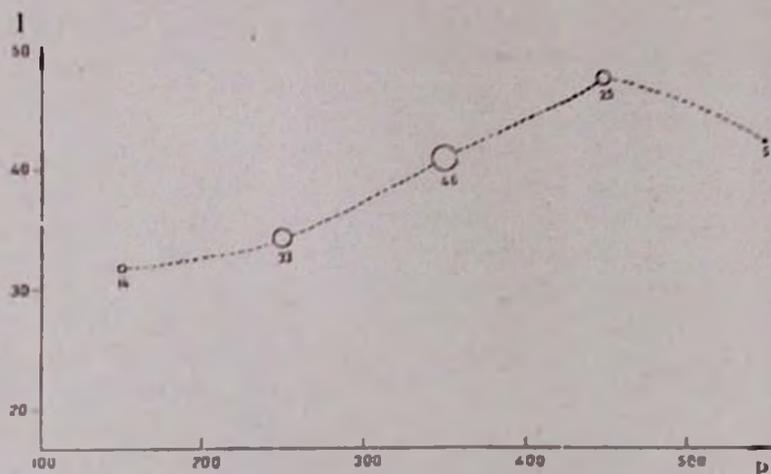


Рис. 7. Зависимость между интенсивностью нейтрального водорода и периодом долгопериодических переменных звезд.

Можно предполагать, что по крайней мере часть долгопериодических переменных, обладающих длинными периодами, вероятно каким-то образом связана с распределением нейтрального водорода. Эти звезды, вероятно, входят в плоскую составляющую Галактики.

Для контроля наших выводов мы нашли целесообразным сопоставить также интенсивности долгопериодических переменных звезд и короткопериодических цефеид типа RR Лиры. Звезды типа RR Лиры образуют сферическую подсистему и расположены частью в высоких широтах. Но мы взяли лишь те звезды типа RR Лиры, которые расположены в низких галактических широтах: от 0 до $\pm 25^\circ$, для которых определена радиальная скорость. Таких звезд оказалось всего 16. Для этих звезд среднее значение интенсивности получилось равным 30, причем 7 звездам типа RR Лиры соответствует интенсивность нуль, и они, благодаря большой радиальной скорости, находятся вне пределов нашего графика (v_r , l) диаграммы. С другой стороны, средняя интенсивность для долгопериодических переменных типа Миры Кита, имеющих малые периоды, почти такая же и равна 32.

Полученные результаты находятся в согласии с тем, что по пространственному распределению звезды типа Миры Кита, длины периодов которых не больше 200 дней, и звезды типа RR Лиры принадлежат к одинакового вида (сферическим) подсистемам.

Наконец, считаем целесообразным, для непосредственного сравнения и общего представления относительно полученных результатов сопоставить средние значения интенсивностей нейтрального водорода для тех объектов, о которых сказано в данной работе.

В таблице 3 в первом столбце дано название класса объектов, во втором — средние значения интенсивностей и в третьем — число звезд или число клеток нейтрального водорода.

Таблица 3

Название объектов	\bar{I}	n
1. Нейтральн. водород	54.1	1369
2. Долгопериодические цефеиды	60.3	146
3. Звезды типа cG	56,0	71
4. Звезды типа O	54.8	103
5. Долгопериодические переменные	40,0	119
6. Короткопериодические цефеиды	30.9	16

Выводы

Исходя из полученных в настоящей работе результатов, можно сделать следующие выводы:

1. Распределение долгопериодических цефеид в плоскости Галактики (рис. 1) показывает, что цефеиды в основном расположены в спиральных ветвях Галактики, определенных по распределению нейтрального водорода.

Хорошая корреляция между распределениями нейтрального водорода и цефеид отчетливо видна на диаграмме радиальная скорость — галактическая долгота (рис. 3).

2. Результаты сравнения усредненных значений интенсивностей нейтрального водорода „в самом себе“ и в местах расположения долгопериодических цефеид показали, что цефеиды в основном распределены в более плотных областях нейтрального водорода. Это служит основанием сделать предварительный вывод о том, что связь между нейтральным водородом и цефеидами носит генетический характер. Иначе говоря, возможно, что цефеиды образуются в тех местах, где плотность нейтрального водорода достигает максимума.

3. Распределение значений интенсивностей в зависимости от значений периода цефеид (рис. 4) показывает, что цефеиды, имеющие большой период, более сильно связаны с нейтральным водородом, чем цефеиды, имеющие малый период.

4. Взаимное расположение нейтрального водорода и цефеид в Магеллановых Облаках имеет черты сходства с их взаимным расположением в Галактике. Есть определенная тенденция цефеид в нашей Галактике и в Магеллановых Облаках располагаться в тех областях, где плотность нейтрального водорода сравнительно велика.

Следовательно, можно предполагать, что механизм образования цефеид, связанный с наличием нейтрального водорода в нашей Галактике и в Магеллановых Облаках, вероятно должен быть одинаков.

Необходимо отметить, что после цефеид, сравнительно сильно связаны с нейтральным водородом сверхгиганты типа CB (табл. 3.).

5. Средняя интенсивность нейтрального водорода в самом себе и средняя интенсивность его в окрестностях звезд типа О оказались одинаковыми. Иначе говоря, связь между нейтральным водородом и звездами типа О меньше, чем связь с цефеидами. Это возможно объясняется тем, что водород, окружающий непосредственно звезды типа О, находится в ионизованном состоянии и недоступен для наблюдений в 21 см линии.

6. Особый интерес представляет сравнение распределения интенсивностей нейтрального водорода и долгопериодических переменных звезд. Из среднего значения интенсивностей для долгопериодических переменных и их видимого распределения на диаграмме радиальная скорость — галактическая долгота (рис. 5) видно, что действительно долгопериодические переменные весьма мало связаны с нейтральным водородом (таблица 3).

Кроме того, из полученных результатов видно, что между средней интенсивностью нейтрального водорода вокруг долгопериодических переменных и их периодом оказалась заметная зависимость. Звезды, имеющие большой период, все же более связаны с нейтральным водородом, чем те звезды, которые имеют меньшие периоды. Это, повидимому, имеет ту причину, что часть долгопериодических переменных звезд, имеющих малые периоды, вероятно, связаны со сферическими подсистемами, а с большими периодами связаны с плоскими подсистемами, что согласуется с выводом Б. В. Кукаркина о том, что те долгопериодические переменные, которые имеют период не больше 200 дней, принадлежат к сферической подсистеме.

Исходя из полученных данных, можно предполагать, что, долгопериодические переменные звезды вероятно не распределены в спиральных ветвях Галактики, кроме немногих звезд с длинными периодами.

7. Для более обоснованного и тщательного изучения затронутых вопросов, изложенных в настоящей работе относительно соотношения нейтрального водорода и долгопериодических цефеид, весьма необходимо и желательно дополнить имеющийся материал радионаблюдениями нейтрального

водорода на волне 21 см в высоких галактических широтах, и также расширить материал относительно радиальных скоростей цефеид.

В заключение считаю приятным долгом выразить глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну за ценные замечания.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория АН АрмССР

Март 1956 г.

Հ. Ս. ԲԱՇԱՇՅԱՆ

ՄԻՋԱՍՏՂԱՅԻՆ ՉԵՁՈՔ ՋՐԱԾՆԻ ԵՎ ԵՐԿԱՐԱԳԱՐՐԵՐԱԿԻԱՆ ՑԵՓԵԻԴՆԵՐԻ ՏԱՐԱԾԿԱԿԱՆ ԲԱՇԽՎԱԾՈՒ ՄԱՍԻՆ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Ներկա աշխատության հիմնական նպատակը հանդիսանում է երկարապարբերական ցեֆեիդների տարածական բաշխվածության ուսումնասիրությունը Գալակտիկայի սպիրալաձև թևերի նկատմամբ և միջաստղային չեղոք Ջրածնի ու երկարապարբերական ցեֆեիդների խտությունների բաշխվածության համեմատումը, որը հիմք է ծառայում պարզարանելու նրանց միջև գեներալի կապի գոյության նախադրությունը:

Բացի դրանից այժայ աշխատությունում ստուգման նպատակով փորձ է արված համեմատել չեղոք Ջրածնի և մի քանի այլ տիպի աստղերի, ինչպես, օրինակ՝ O, C₈, երկարապարբերական փոփոխական աստղերի և RR Գնարի տիպի աստղերի շուրջը եղած չեղոք Ջրածնի ատոմների խտությունները:

1. Մեր դիտումների միջոցով 167 երկարապարբերական ցեֆեիդները, ըստ նեոտափորության նոր ցուցնակի նեոտափորություն-գալակտիկական երկարություն դիագրամի վրա հիմնականում բաշխված են Գալակտիկայի սպիրալաձև թևերում: Ցեֆեիդների այս բաշխվածությունը որոշակի համապատասխանություն ունի Օտրաի, վան-դե Նյուլստի և Մյուլլերի միջաստղային չեղոք Ջրածնի խտության բաշխվածության միջոցով ստացված թևերի նկատմամբ:

2. Այս աշխատության երկրորդ մասը, նվիրված է Գալակտիկայում պարունակվող չեղոք Ջրածնի և երկարապարբեր-

րական ցեֆեիդների միջև եղած գեներտիկ կապին, ըստ որում օգտագործել ենք Օօրտի, վան-դե Յոուլստի և Մյուլլերի աշխատանքը: Նրանք դիտելով չեղոք ջրածնի ատոմների ճառագայթումը, որոշել են վերջինիս խտության բաշխվածությունը տեսագծային արագություն-գալակտիկական երկարություն դիագրամի նկատմամբ: Դրանից ելնելով, մենք վերծնել ենք երկարապարբերական ցեֆեիդների տեսագծային արագությունների և գալակտիկական երկարությունների հիման վրա կառուցել նրանց բաշխվածությունը նույն դիագրամի վրա:

Միջաստղային չեղոք ջրածնի և երկարապարբերական ցեֆեիդների տարածական բաշխվածությունների իրար հետ բաղդատելը մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում, այն տեսակետից, որ չեղոք ջրածինը և երկարապարբերական ցիֆեիդները ուժեղ կերպով կենտրոնացած են Գալակտիկայի հասարակածային հարթությունում և կազմում են հարթ ենթասիստեմներ: Ընդ որում հարց է առաջանում նրանց միջև գեներտիկ կապի հնարավորության մասին:

Միջաստղային չեղոք ջրածնի և երկարապարբերական ցեֆեիդների բաշխվածության համեմատությունը տեսագծային արագություն-գալակտիկական երկարություն դիագրամի վրա, հեռավորություն-գալակտիկական երկարություն դիագրամի նկատմամբ այն առավելությունն ունի, որ տեսագծային արագությունները որոշվում են անմիջական դիտումներից, իսկ հեռավորությունները չեն որոշվում անմիջական դիտումներից և վերջինիս վրա, անշուշտ, ազդում են բացարձակ աստղային մեծությունները և լույսի կլանումը որոշելիս առաջացող սխալները: Ընդ որում այս հետադոտությունը կատարելու համար նպատակահարմար ենք դրել հեռավորություն - գալակտիկական երկարություն դիագրամից անցնել տեսագծային արագություն-գալակտիկական երկարություն դիագրամին:

Տեսագծային արագություն-գալակտիկական երկարություն դիագրամի միջոցով որոշել ենք 146 երկարապարբերական ցեֆեիդների շրջապատին համասյատասխանող չեղոք ջրածնի ինտենսիվությունները: Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ երկարապարբերական ցեֆեիդները, հիմնականում, բաշխված են մեծ խտություն ունեցող չեղոք ջրածնի տիրույթներում (աղյուսակ 1, նկ. 2 և նկ. 3):

Միջաստղային չեղոք ջրածնի ատոմների ռադիո ճառագ-

դայնաման և ցեֆեիդների տեղին համապատասխան ինտենսիվությամբ յայնչևերի քանակական համեմատում կատարելու համար, 1, 2 և 4 բանաձևերով հաշվել ենք չեղոք ջրածնի և ցեֆեիդների շրջապատին համապատասխանող միջին կոտային ինտենսիվությանը հարաբերական ցեֆեիդների համար՝ $I_{\text{cp}} = 54.1$, իսկ երկարապարբերական ցեֆեիդների համար՝ $I_{\text{cp}} = 60.3$:

Ստացված արդյունքներից բխում է, որ երկարապարբերական ցեֆեիդները հիմնականում հանդիպում են միջաստղային չեղոք ջրածնի համեմատաբար ավելի խիտ տիրույթներում, որի հիման վրա կարելի է ասել, որ չեղոք ջրածնի և երկարապարբերական ցեֆեիդների միջև անկասկած գոյություն ունի զննետիկ կապ: Այլ կերպ ասած, ցեֆեիդների առաջացումը, ամենայն հավանականությամբ, տեղի է ունենում միջաստղային չեղոք ջրածնի խիտ տիրույթներում:

3. Երկարապարբերական ցեֆեիդների շրջապատին համապատասխան չեղոք ջրածնի միջին ինտենսիվությանների և նրանց պարբերաշրջանի լոգարիթմների միջև ստացվում է այնպիսի սրճակի կապ, որ ավելի փոքր պարբերությամբ ունեցող ցեֆեիդները համեմատաբար փոքր չափով են կապված չեղոք ջրածնի հետ, իսկ երկար պարբերությամբ ունեցողները (նկ. 4):

4. Մադելանի Ամպերում միջաստղային չեղոք ջրածնի և ցեֆեիդների խտությունների տեսանկյնի տարածական բաշխման բաղդատումը ցույց է տալիս, որ Մադելանի Ամպերում չեղոք ջրածնի և ցեֆեիդների միջև գոյություն ունի այնպիսի կապ, ինչպիսին ստացվել է մեր Գալակտիկայի ցեֆեիդների և չեղոք ջրածնի միջև: Հետևաբար կարելի է ենթադրել, որ ցեֆեիդների առաջացման մեխանիզմը կապված միջաստղային չեղոք ջրածնի հետ, մեր Գալակտիկայում և Մադելանի Ամպերում միանման է:

5. Օ-տիպի աստղերի համար միջին ինտենսիվությունը՝ $I_{\text{cp}} = 54.8$:

Նշանակում է միջաստղային չեղոք ջրածնի միջին ինտենսիվությունը և Օ-տիպի աստղերի շուրջը եղած ջրածնի միջին ինտենսիվությունները զրեթե իրար հավասար են: Այլ կերպ ասած, չեղոք ջրածնի և Օ-տիպի աստղերի միջև եղած կապը ավելի թույլ է, քան երկարապարբերական ցեֆեիդների և չեղոք ջրածնի միջև եղած կապը, որը, բաց երևույթին, կարելի է բացատրել նրանով:

որ Օ-տիպի աստղերի անմիջական շրջապատում եղած ջրածինը հիմնականում գտնվում է իոնացված վիճակում և մատչելի չէ դիտել 21 սմ երկարություն ունեցող ալիքում:

6. Մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում չեզոք ջրածնի ինտենսիվությունների և երկարապարբերական փոփոխական աստղերի տեղին համապատասխանող չեզոք ջրածնի ինտենսիվությունների բաշխվածության համեմատումը, առանձնապես, աստղային ենթասխիստեմների տեսակետից:

Երկարապարբերական փոփոխական աստղերի տեղին համապատասխանող չեզոք ջրածնի ինտենսիվությունների բաշխվածությունը տեսադձային արագություն-դալակտիկական երկարություն դիագրամի նկատմամբ և նրանց համար ստացած միջին ինտենսիվությունները ցույց են տալիս, որ երկարապարբերական փոփոխականները փոքր չափով են կապված չեզոք ջրածնի հետ:

Այս հանգամանքը համաձայնություն ունի Բ. Վ. Կուկարկինի այն կարծիքի հետ, որ երկարապարբերական փոփոխականները կազմում են միջանկյալ աստղային ենթասխիստեմ: Ստացված արդյունքների հիման վրա կարելի է ասել, որ երկարապարբերական փոփոխական աստղերը չեն գտնվում Դալակտիկայի թևերում: Բացի այդ, ստացված արդյունքներից երևում է, որ երկարապարբերական փոփոխական աստղերի շուրջը եղած չեզոք ջրածնի ինտենսիվություն և այդ աստղերի պարբերաշրջանի միջև կա որոշակի կապ՝ ավելի մեծ պարբերություն ունեցողներն ավելի ուժեղ են կապված չեզոք ջրածնի հետ, քան փոքր պարբերություն ունեցողները (նկ. 4):

Դրա պատճառը հավանաբար այն է, որ երկարապարբերական փոփոխականների մի մասը, որոնք ունեն համեմատաբար փոքր պարբերաշրջան (մինչև 200 օր) կազմում են սֆերիկ ենթասխիստեմ:

Այս վիաստում համոզված լինելու համար, արժև նշել այն հանգամանքը, որ մի շարք RR Քնարի տիպի աստղերի (որոնք գտնվում են ցածր դալակտիկական լայնություններում) շուրջը եղած չեզոք ջրածնի միջին ինտենսիվությունը դրեթև հավասար է, փոքր պարբերաշրջան ունեցող երկարապարբերական փոփոխականների համար ստացված միջին ինտենսիվությանը:

Այս աշխատությունում շոշափված հարցերն ավելի հանգամանորեն ու մանրազնին հետադոտելու համար, առանձնա-

պես երկարադարձրերական ցիֆերիցների և չեզոք ջրածնի միջև
 եղած գենետիկ կապի նկատմամբ, ցանկալի է Չ1 աճ երկա-
 րաթյան ալիքում սապիտ գիտությունը կատարել նաև Գալակտի-
 կայի բարձր լայնություններում և նորադարին չափ ավելի
 մեծ թվով երկարադարձրերական ցիֆերիցների նամար սրտել
 տեսաչճային արագաթյունները:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. W. W. Morgan, A. E. Whitford, A. Code, Ap. J. 118, 318, 1953.
2. Б. А. Воронцов-Вельяминов, Астр. журнал, XXX, 1, 37, 1953.
3. J. H. Oort, H. C. van De Hulst, C. A. Muller, B. A. N., 12, 452, 1954.
4. В. Ф. Гизе, ДАН СССР, ХСУ, 5, 1954.
5. W. Lohmann, Z. für Ap. 35, 2, 90, 1954.
6. П. П. Паренато, Астр. журнал, XXXII, 3, 226, 1955.
7. Harold, F. Weaver, Astronomical journal, 58, 177, 1953.
8. Yngvild Torngard, Ap. J. 120, 2, 370, 1954.
9. F. J. Kerr, J. V. Hindman, B. J. Robinson, Austral. J. Phys. 7, 2, 207, 1954.
10. Г. С. Бадянин, Сообщения Бюро астрофиз. обс., выпуск 17, 1956.
11. Б. В. Кукаркин, „Исследование строения и развития звездных систем“, М.—Л., 1943.
12. A. H. Joy, Ap. J., 90, 1939.
13. Ralph Elmer Wilson, General Catalogue of Stellar radial velocities.
14. X. Шелли, Галактики, М.—Л., 1947.



Тех. редактор М. А. Кандалян

Корректор Р. А. Штибен

ВФ 01184

Заказ 137

Изв. № 1258

Тираж 700

Сдано в производство 26/III-1956 г., подписано к печати 25/V-1956 г.
 3,25 п. л. +2 вкл., уч.-изд. 2,7 листов

Типография Издательства АН Армянской ССР, Ереван, ул. Абовяна, 124