

Л. В. Мирзоян

О РАСШИРЕНИИ ЗВЕЗДНЫХ АССОЦИАЦИЙ*

ВВЕДЕНИЕ

Явление расширения звездных ассоциаций, предсказанное В. А. Амбарцумяном [1], на основе представления о динамической неустойчивости этих систем, представляет фундаментальный интерес для звездной космогонии и звездной динамики. Непосредственно связанное с звездообразовательным процессом радиальное расхождение звезд из ядер и последующий распад звездных ассоциаций, являясь движениями, по своей природе отличными от ранее известных, до сих пор остаются малоизученными.

За годы, прошедшие после появления работы В. А. Амбарцумяна, выполнен ряд исследований, посвященных изучению движений звезд в ассоциациях на основе их собственных движений. В работе А. Блау [2] впервые было обнаружено реальное расширение звездной ассоциации, на примере ассоциации Персей II. Вскоре расширение ассоциации Цефей II было установлено Б. Е. Маркаряном [3]. В дальнейшем подтверждения представления о расширении ассоциаций были получены другими авторами [4—7]. Между тем попытки интерпретации движений звезд в ассоциации Цефей II не расширением, а частичным проектированием двух или более групп звезд, движущихся с различными скоростями, предприняты

* Основные результаты настоящей работы доложены на Тбилиском пленуме Комиссии по звездной астрономии Астрономического совета АН СССР 3 октября 1960 года.

А. И. Лебединским и О. В. Хорошевой [8, 9], как показано К. А. Штейнсом и М. К. Абеле [10], не увенчались успехом. В работе [10] вместе с этим на основе теоретического вывода концентрации звезд в ассоциациях в зависимости от времени и ее сравнения с наблюдаемой концентрацией, определяемой эмпирическим перемещением звезд на небесной сфере, получено серьезное свидетельство о реальности расширения ассоциации Цефеи II.

Наряду с собственными движениями основой для изучения движений звезд в ассоциациях могут служить лучевые скорости. Попытка их применения с этой целью содержится в работе Г. А. Гурзадяна [11]. Однако она не учитывала наличия в ассоциациях иногда нескольких центров звездообразования [12], а также содержала грубое допущение о постоянной скорости разбегания от ядер для всех звезд ассоциации.

В недавней работе Р. Вулли и О. Эггена [13], содержащей анализ лучевых скоростей звезд ассоциации Ящерицы, ставится под сомнение реальность расширения этой ассоциации, ранее полученного А. Блау и В. Морганом [4], на основе собственных движений.

В настоящей работе вопрос о расширении звездных ассоциаций рассматривается на основе данных о лучевых скоростях звезд типов $O=B0.5$, которые являются наиболее типичными представителями O -ассоциаций [2, 12]. Часть этих звезд входит, в настоящее время, в состав ассоциаций, а другая часть, только недавно, в космическом масштабе времени, вышла из этих систем [1, 12].

§ 1. ИДЕАЛИЗИРОВАННЫЙ СЛУЧАЙ РАСШИРЕНИЯ

Рассмотрим следующую плоскую задачу (рис. 1). Пусть из некоторой неподвижной точки в определенный момент времени $t=0$ выходят одновременно в радиальных направлениях n звезд. Допустим, что распределение скоростей звезд по направлениям равномерное (изотропное). В этом случае по отношению к наблюдателю в точке A половина всех звезд будет иметь положительные лучевые скорости, а другая половина — отрицательные. В результате средняя

лучевая скорость для всей совокупности звезд окажется равной нулю:

$$\overline{V_r} = \frac{1}{n} \sum V_r = 0. \quad (1)$$

Допустим далее, что звезды расходятся из центра с различными скоростями, причем для данного направления скорость—величина случайная.

После выхода из центра, благодаря их разбеганию, в каждый момент времени звезды будут иметь вполне опре-

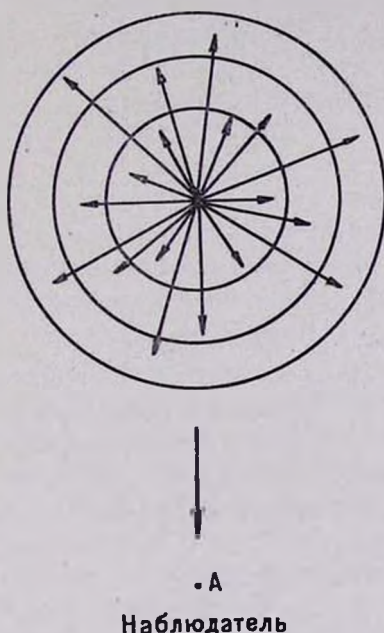


Рис. 1. Схематизированный случай расширения из одной точки.

деленное на плоскости распределение, характеризующее распределением их скоростей: различие в скоростях звезд приведет к различию в их расстояниях от центра. Опишем из центральной точки концентрические окружности с радиусами $r_0, r_1, \dots, r_k, \dots$. Тогда в каждом кольце (цен-

тральный круг можно рассматривать как нулевое кольцо). ограниченном окружностями (r_{k-1} , r_k). окажется n_k звезд, при этом очевидно, что среднее значение абсолютной величины пространственной скорости звезд в данном кольце должно расти с номером кольца — k . С другой стороны, легко убедиться, что при достаточно больших n_k средняя лучевая скорость звезд в отдельных кольцах должна быть равной нулю.

Что касается дисперсии лучевых скоростей, определяемой формулой

$$\sigma_k^2 = \frac{1}{n_k - 1} \sum (V_{rk} - \bar{V}_r)^2, \quad (2)$$

что при условии (1) преобразуется в

$$\sigma_k^2 = \frac{1}{n_k - 1} \sum V_{rk}^2, \quad (3)$$

то нетрудно показать, что она должна расти с номером кольца или, что то же самое, с расстоянием от центра расширения, которое пропорционально средней абсолютной лучевой скорости $|\bar{V}_r|$ звезд кольца.

Таким образом, в рассмотренном примере возрастание дисперсии лучевых скоростей с расстоянием от центра является прямым следствием разбегания звезд из этой точки с различными скоростями, а распределение звезд вокруг этой точки непосредственно определяется первоначальным распределением скоростей звезд при выходе из нее.

Поэтому возрастание дисперсии лучевых скоростей с номером кольца можно рассматривать как свидетельство расширения рассматриваемой группы звезд, вышедших из одного центра.

Рассмотренная плоская задача представляет частный случай, когда из совокупности расширяющихся в пространстве звезд выделены только звезды, движущиеся в одной из плоскостей, проходящих через луч зрения наблюдателя. Однако очевидно, что приведенные выше выводы останутся справедливыми и для случая пространственного расширения.

§ 2. ПРИМЕНЕНИЕ К АССОЦИАЦИЯМ И ЗВЕЗДАМ
ГАЛАКТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Согласно теории звездных ассоциаций, развитой В. А. Амбарцумяном [1, 12], звезды галактического поля* вышли из ассоциаций в результате распада последних. Это, в частности, справедливо для звезд типов О и В0.

Существование звезд, удаляющихся от ядер ассоциаций со скоростями, превышающими на порядок величины, среднюю скорость расширения ассоциаций (например АЕ Aur, μ Col и 53 Aql, которые по исследованию А. Блану и В. Моргана [14—17] вышли из ассоциации Ориона) и большая дисперсия скоростей звезд, наблюдаемая в ассоциациях (например в ассоциации вокруг γ и η Персея [18]), при справедливости точки зрения об их расширении, свидетельствуют о том, что звезды вылетают из ядер ассоциаций с разными скоростями.

При этих допущениях следует считать, что звезды общего галактического поля, в частности типов О и В0, образуют неоднородную, в смысле пространственных скоростей, группу. Галактическое поле составляют, с одной стороны, звезды, вышедшие из объемов ассоциаций сравнительно недавно благодаря большим скоростям разлета из ядер, и, с другой стороны, — звезды, обладающие малыми скоростями, оказавшимися в нем благодаря сравнительно большому своему возрасту. Оставляя вне рассмотрения этот эффект — „эффект возраста звезд“, здесь отметим лишь, что это явление не может существенно изменить ожидаемый, как это следует из рассмотренного в § 1 критерия, ход дисперсии лучевых скоростей с расстоянием от соответствующих ядер в случае О—В0 звезд по следующей причине. Звезда, имеющая малую скорость и успевшая сильно отдалиться от ядра, ее породившего, и оказавшаяся в галактическом поле, должна быть „старой“. Если это звезда О или В0, то она за это время успела бы превратиться в звезду более позднего типа.

* Речь идет о звездах плоских и промежуточных подсистем.

Если это так, то, как вытекает из указанного критерия, звезды типов О и В0, наблюдаемые в общем галактическом поле, должны показывать дисперсию лучевых скоростей, в среднем большую, чем звезды тех же типов, входящие в настоящее время в состав звездных ассоциаций.

Критерий дисперсии лучевых скоростей нами был применен к тем звездам типов О—В0.5 каталога Вилсона [19], для которых вопрос о принадлежности к ассоциациям или к общему галактическому полю решается почти однозначно.

В каталоге оказалось всего 112 звезд, удовлетворяющих этому требованию. 51 звезда из них с большей вероятностью входит в известные ассоциации, а 61 звезда явно расположена, в настоящее время, вне пределов ассоциаций.

Необходимые для нашей цели пекулярные лучевые скорости этих звезд получены путем введения в наблюдаемые лучевые скорости поправок за движение Солнца ($V_{\odot} \cos \lambda$) и за галактическое вращение ($A r \sin 2(1 - l_0) \cos^2 b$). Последняя поправка* введена при двух предположениях о величине постоянной Оорта: $A=20$ км/сек/кпс [20, 21] и $A=12$ км/сек/кпс [22], а для скорости Солнца использовано стандартное значение $V_{\odot}=20$ км/сек.

Таблица 1

Звезды О—В0.5	n	V _r		s	
		A=20	A=12	A=20	A=12
В ассоциациях	51	15.4±1.9	12.8±1.6	20.0	15.3
В галактическом поле	61	24.3±3.0	21.2±2.9	34.1	27.5

* Применение формулы Оорта галактического вращение к отдельным звездам, которые были в недалеком прошлом выброшены из ядер [1, 12], нельзя считать корректным. Однако, поскольку мы ниже рассматриваем только среднестатистические данные, то это обстоятельство не может существенным образом повлиять на полученные результаты.

Средние абсолютные лучевые скорости $|\bar{V}_r|$ и соответствующие дисперсии — σ (км/сек) для указанных двух групп звезд сведены в табл. 1. В этой таблице приведены также среднеквадратические ошибки определения $|\bar{V}_r|$.

Данные табл. 1 весьма красноречивы. Дисперсия лучевых скоростей O—B0.5 звезд, наблюдаемых в галактическом поле, при обоих предположениях о величине постоянной Оорта, оказывается более чем в полтора раза больше дисперсии лучевых скоростей звезд тех же типов, входящих в звездные ассоциации*.

В табл. 2 для сравнения приводятся аналогичные данные, относящиеся к O—B0.5 звездам четырех известных ассоциаций. Поскольку для всех звезд данной ассоциации вращение Галактики должно сказываться на лучевых скоростях примерно в одинаковой мере, то при вычислении дисперсии лучевых скоростей в отдельных ассоциациях лучевые скорости звезд были исправлены только за движение Солнца.

Приведенные данные, несмотря на малочисленность звезд, показывают, что дисперсия лучевых скоростей для звезд отдельных ассоциаций по величине находится в согласии с данными табл. 1.

Обращает на себя внимание величина абсолютной лучевой скорости для представленных в табл. 1 двух групп звезд. В соответствии с изложенными выше соображениями, эта величина для звезд галактического поля, т. е. для звезд, вышедших из ассоциаций, существенно больше, чем для звезд, находящихся в настоящее время в ассоциациях.

Таблица 2

Ассоциация	n	σ
Цефей II	14	18.2
Скорпион I	13	14.3
Лебедь I	6	8.5
Единорог I	10	14.3

* Этот результат впервые был получен в 1956 году. Тогда студент ЛГУ А. А. Колесов во время практики в Бюраканской астрофизической обсерватории, по нашей просьбе, вычислил дисперсию лучевых скоростей 73 звезд типа O, не входящих в ассоциации, и 17 звезд типов O—B0.5 из ассоциаций Цефей II и получил, соответственно, следующие значения: 30.3 и 17.3 км/сек (при $A=20$ км/сек/кпс).

В рамках представления о расширении и распаде звездных ассоциаций скорость каждой звезды типов $O-B0.5$ содержит две составляющие: одну, обусловленную движением ядра и ассоциации, в целом; и другую, характеризующую движение звезды относительно соответствующего ядра. Поскольку в галактическом поле могли бы оказаться только те $O-B0.5$ звезды, которые обладали большими скоростями вылета из ядер, то естественно ожидать у них скорости и дисперсию скоростей большие по сравнению с таковыми для $O-B0.5$ звезд, входящих в состав совокупности ассоциаций.

Однако большая величина дисперсии лучевых скоростей звезд, входящих в галактическое поле, в самом общем случае, может быть обусловлена не только большими скоростями вылета этих звезд из ядер, их породивших, но также может быть результатом большой дисперсии пространственных скоростей самих ядер, при малой дисперсии внутри отдельных ассоциаций.

Поэтому при рассмотрении вопроса о различии в величине дисперсии лучевых скоростей звезд типов $O-B0.5$, образующих звездные ассоциации, и звезд тех же типов, входящих в галактическое поле, следует опираться на данные табл. 1, относящиеся не к отдельным ассоциациям, а к их совокупности.

Здесь же отметим, что полученные в этом параграфе результаты находятся в хорошем согласии с ожидаемыми для случая расширения ассоциаций что, по-видимому, свидетельствует в пользу представления о расширении и распаде звездных ассоциаций.

§ 3. ПРИМЕНЕНИЕ К СОВОКУПНОСТИ ЗВЕЗД ТИПОВ $O-B0.5$

Случай расширения звездных ассоциаций, согласно теории, отличается от идеализированного случая пространственного расширения двумя особенностями.

Прежде всего, движения звезд в объеме звездной ассоциации могут иметь весьма запутанный характер, вследствие наличия в них иногда нескольких ядер—центров звездообразования (например, в ассоциации вокруг Р Лебе-

ля [23], в ассоциации Ориона [12]). Вторая особенность обусловлена одновременным выходом всех звезд из данного центра звездообразования. Влияние этой второй особенности, как было указано выше, должно быть несущественным для $O-B0.5$ звезд. Однако наличие нескольких ядер в ассоциации может существенно менять картину движений в ней по сравнению с идеализированным случаем, поэтому его учет необходим при применении критерия дисперсии лучевых скоростей к звездным ассоциациям.

К сожалению, вследствие малочисленности звезд типов $O-B0.5$ с известными лучевыми скоростями в отдельных ассоциациях, применение критерия дисперсии лучевых скоростей к каждой отдельной ассоциации не может быть успешным, а результаты такого применения — вполне надежными.

Для получения средних, мало искаженных естественными флуктуациями результатов этот критерий нами был применен к совокупности всех $O-B0.5$ звезд числом 354, содержащихся в каталоге Вилсона, как к единому целому.

С этой целью вся совокупность была преобразована следующим образом.

Совместим все ядра известных звездных ассоциаций в одной точке. Тогда все звезды $O-B0.5$ будут образовывать некоторое облако точек вокруг нее. Рассмотрим это облако как одну громадную ассоциацию с ядром в указанной точке и определим ход изменения дисперсии лучевых скоростей звезд с расстоянием от этой точки.

Для решения этой задачи сначала каждая звезда была приписана определенному ядру, по признаку ее близости к нему. Затем все $O-B0.5$ звезды нашего списка были разделены на шесть групп по расстояниям от этих — ближайших ядер. Расстояния звезд от соответствующих ядер определены из треугольников звезда — наблюдатель — ближайшее ядро.

Для использованных в работе 27 O -ассоциаций координаты и расстояния заимствованы из работы В. Моргана, А. Уитфорда и А. Кода [24]. При этом принято, что все ядра данной ассоциации находятся на расстоянии самой

ассоциации. Расстояния же всех звезд от нас были определены нами ранее с помощью спектроскопических параллаксов [25].

Очевидно, что в рассматриваемом общем случае предположение о равномерном распределении пространственных положений звезд по направлениям и выполнение условия (1) о равенстве нулю средней лучевой скорости вполне корректно. Вместе с этим факт наличия нескольких ядер у ряда ассоциаций, в этом случае, не может иметь существенного значения: яся совокупность ассоциаций нами фактически преобразована в одноядерную ассоциацию.

Результаты вычислений для вышеупомянутых групп приведены в табл. 3, где в первом столбце даются пределы расстояний от ядра, во втором — число звезд, в третьем — среднее расстояние $\bar{r}$ от ядра (округленное с точностью до пяти парсек), а в последующих — средняя лучевая скорость — $\bar{V}_r$, средняя абсолютная лучевая скорость — $|\bar{V}_r|$, вместе с их среднеквадратическими ошибками* и дисперсия лучевых скоростей σ (км/сек).

Данные, относящиеся к $\bar{V}_r$, $|\bar{V}_r|$ и σ , приводятся только для случая $A = 20$ км/сек/кис. Как показали расчеты, эти величины очень близки при обоих предположениях о величине постоянной Оорта, поэтому здесь и далее все данные приводятся лишь для этого случая.

Таблица 3

Пределы расстояний (в пс)	n	$\bar{r}$	$\bar{V}_r$	$ \bar{V}_r $	σ
0—100	67	45	-2.6 ± 2.0	11.9 ± 1.4	16.3
100—300	85	195	-3.1 ± 1.7	13.5 ± 1.0	16.1
300—600	81	470	-8.4 ± 3.1	21.7 ± 2.2	27.9
600—1000	42	765	-9.3 ± 3.4	24.7 ± 3.5	21.9
1000—1500	21	1235	$+1.7 \pm 5.8$	20.8 ± 3.5	26.5
> 1500	28	2365	-7.0 ± 7.0	29.1 ± 4.4	36.9

В связи с разделением всего материала на представленные в таблице группы, здесь следует отметить, что из-за

* Во всех таблицах приводятся среднеквадратические ошибки.

ошибок определений расстояний как звезд, так и соответствующих ядер не все группы равнозначны.

Из-за дисперсии абсолютных величин разделение первых двух групп довольно условное, а последние группы, несколько сомнительны в том смысле, что звезды их образующие не всегда могли быть приписаны точно к породившим их ядрам. Однако оба эти обстоятельства не могли бы качественно изменить среднестатистические результаты, обсуждаемые нами.

Как видно из таблицы, дисперсия лучевых скоростей, в среднем, растет со средним расстоянием группы от центра ядра $\bar{r}$. Это находится в хорошем согласии с ходом дисперсии, предсказанным в § 1, исходя из представления о расширении. Различное число звезд в рассматриваемых группах не могло значительно сказаться на полученных результатах.

Расчеты, основанные на разделении всех звезд на четыре группы с почти одинаковым числом звезд, относящиеся к интервалам расстояний до 250, 250—600, 600—1100 и больше 1100 $ис$, привели к аналогичной зависимости дисперсии лучевых скоростей от $\bar{r}$. Следует также указать, что неучтенная дисперсия, обусловленная ошибками измерений, может лишь сглаживать зависимость σ от $\bar{r}$.

Тем не менее, следует отметить, что рост дисперсии σ с увеличением $\bar{r}$ является гораздо более медленным, чем можно было бы ожидать в предположении одинакового среднего возраста для звезд, находящихся на различных расстояниях от ядра. Приходится допустить, что средний возраст звезд увеличивается с расстоянием от центра ассоциации. Но это возрастание происходит медленнее, чем первая степень расстояния, т. е. медленнее, чем в случае, если бы звезды вылетали из ядер с одинаковой скоростью.

В пользу представления о расширении, по-видимому, говорят также данные, относящиеся к средней абсолютной лучевой скорости— $\bar{V}_r$ *. Абсолютная лучевая скорость ра-

* Нетрудно показать, что с учетом поправки за $\bar{V}$ (К-эффект и движение системы в целом), величина $2 |\bar{V}_r|$ представляет среднюю скорость расширения данной группы [18].

стет вместе со средним расстоянием группы от ядра (рис. 2), т. е. в среднем звезды, в настоящее время, расположены тем дальше от породивших их ядер, чем больше была соответствующая скорость вылета из этих ядер*. Это могло

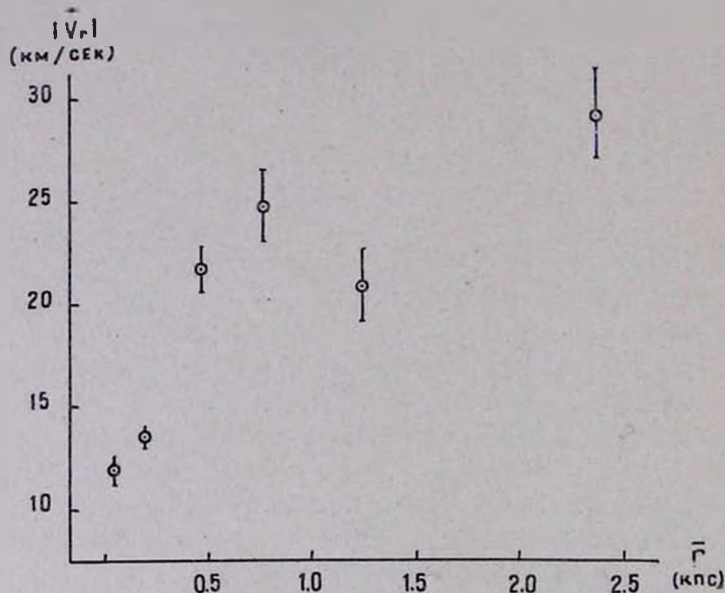


Рис. 2. Зависимость средней абсолютной лучевой скорости звезд от среднего расстояния группы. Длина вертикальных отрезков соответствует средисквадратическим ошибкам.

бы явиться непосредственным следствием расширения звездных ассоциаций.

Зависимость дисперсии σ от $|\bar{V}_r|$ представлена графически на рис. 3.

Заслуживают внимания данные табл. 3 о средней лучевой скорости представленных в ней групп звезд.

* Следует иметь в виду, что мы рассматриваем величины $|\bar{V}_r|$ без поправок за $\bar{V}_r$. Учет этих поправок делает зависимость $|\bar{V}_r|$ от r менее крутой.

В рассмотренном в §1 схематизированном плоском случае, так же как и в пространственном случае расширения, эта величина должна была быть равной нулю (при достаточно большом числе звезд) или, по крайней мере, близка к нулю. Однако в нашем случае она для всех групп отрицательна. В среднем для всей совокупности звезд (среднее взвешанное) она составляет $-5,1$ км/сек при $A = 20$ км/сек/кпс ($-3,1$ км/сек при $A = 12$ км/сек/кпс).

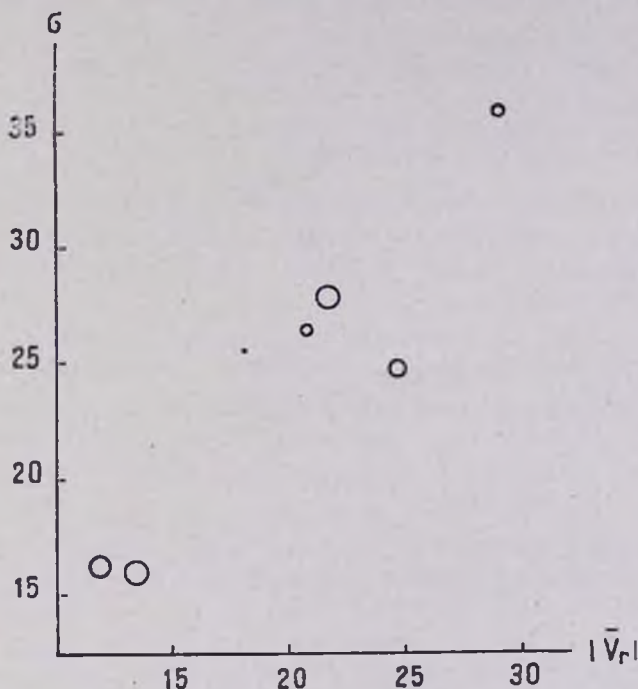


Рис. 3. Зависимость между дисперсией лучевых скоростей и средней абсолютной лучевой скоростью. Диаметры кружков пропорциональны числам звезд в группах.

Она очень близка к величине К-эффекта для рассматриваемой совокупности звезд типов $O-B0.5$ (-3.5 ± 0.7 км/сек при $A = 12$ км/сек/кпс [25]). Поэтому наблюдаемые в табл. 3 отклонения величины средней лучевой скорости от нуля, по-видимому, в основном могут быть объяснены К-эффек-

том. При этом большой разброс величины средней лучевой скорости для отдельных групп, вокруг среднего ее значения для всей совокупности $O-B0.5$ звезд, по всей вероятности, обусловлен дисперсией абсолютных величин, поскольку величина K -эффекта находится в зависимости от абсолютной величины [25].

На основании данных, обсужденных в настоящем параграфе, мы приходим к выводу, что статистические данные о лучевых скоростях $O-B0.5$ звезд могут быть естественным образом объяснены в рамках представления о расширении и последующем распаде звездных ассоциаций*.

§ 4. ОДНО НОВОЕ ВОЗМОЖНОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО В ПОЛЬЗУ РАСШИРЕНИЯ АССОЦИАЦИЙ

Реальность расширения звездных ассоциаций может быть проверена на основе данных, относящихся к лучевым скоростям звезд типов $O-B0.5$, следующим прямым методом.

В каждой из групп, представленных в табл. 3, можно выделить две подгруппы: звезды, находящиеся между нами и ядром, и звезды, расположенные дальше, чем ядро. Лучевая скорость звезд первой подгруппы, с учетом скорости ядра, должна быть отрицательной, а звезд второй подгруппы — положительной.

Итак, лучевую скорость — V_r каждой из звезд обеих подгрупп можно представить в виде сумм двух слагающих — лучевой скорости ядра — V_r^0 и лучевой скорости, обусловленной расширением системы $V \cos \theta$. Здесь V — скорость расширения системы, θ — угол между лучом зрения и пространственной скоростью звезды.

Нетрудно убедиться, что разность средних лучевых скоростей второй — $\bar{V}_r^2$ и первой — $\bar{V}_r^1$ подгрупп в случае расширения системы должна быть величиной положительной и представляет скорость расширения:

* Следует отметить, что расчеты, основанные на данных „Пересмотренного списка звездных ассоциаций“ Б. Е. Маркаряна [26], привели к сходным результатам.

$$\bar{V}_r^2 - \bar{V}_r^1 = 2V \overline{\cos \theta} = V > 0, \quad (4)$$

причем усреднение выполнено по направлениям.

Применение изложенного прямого метода проверки реальности расширения звездных ассоциаций может быть успешным только при наличии точных расстояний звезд и соответствующих ядер.

Ошибки в определениях расстояний должны исказить величину разности $\bar{V}_r^2 - \bar{V}_r^1$, причем искажение должно расти вместе с расстоянием.

С другой стороны, определение принадлежности к данному ядру звезд, расположенных на больших расстояниях (например более 300 пс) от ядер, весьма условно.

В связи с этим мы рассмотрим разности $\bar{V}_r^2 - \bar{V}_r^1$ для O—B0.5 звезд, расположенных не дальше, чем 1000 пс от соответствующих ядер, т. е. ограничимся только звездами первых четырех групп табл. 3.

Результаты вычислений средних лучевых скоростей для подгрупп, образующих первые четыре группы табл. 3, представлены в табл. 4, где n_1 и n_2 числа звезд в первой и второй подгруппах, $\bar{V}_r^1$ и $\bar{V}_r^2$ соответственно средние лучевые скорости, а $V = \bar{V}_r^2 - \bar{V}_r^1$.

Данные этой таблицы определенно свидетельствуют в пользу представления о расширении в случае трех первых групп звезд. Для них разность $\bar{V}_r^2 - \bar{V}_r^1$, т. е. пространственная скорость расширения,—величина положительная и по

Таблица 4

Пределы расстояний (в пс)	n_1	n_2	$\bar{V}_r^1$	$\bar{V}_r^2$	V
0—100	36	31	-5.4 ± 1.9	0.5 ± 3.7	5.9 ± 4.2
100—300	46	39	-7.2 ± 2.2	1.8 ± 2.7	9.0 ± 3.5
300—600	41	40	-12.8 ± 4.5	-4.0 ± 4.4	8.8 ± 6.3
600—1000	17	25	$+6.5 \pm 6.0$	-20.0 ± 6.5	-26.5 ± 8.8

порядку величины находится в согласии с величиной, предсказанной теорией звездных ассоциаций [1]. Однако различия в числах звезд рассмотренных подгрупп и в движе-

ниях соответствующих ядер и ассоциаций могли повлиять на точность приведенных количественных определений. Несмотря на это, данные табл. 4, относящиеся к первым трем группам, можно рассматривать как свидетельство в пользу представления о расширении ассоциаций, вследствие выброса звезд из ядер с различными скоростями. Следует в связи с этим учесть также, что неопределенность при приписании звезд с большими скоростями к ядрам их породившим, при большом проценте таких звезд в третьей группе, могла бы привести к некоторому уменьшению наблюдаемой скорости расширения по сравнению с реальной скоростью расширения этой группы. Поэтому данные, относящиеся к третьей группе, не находятся в противоречии с этим представлением.

Совершенно иную картину мы имеем в случае последней группы этой таблицы—разность средних лучевых скоростей соответствующих подгрупп в этой группе резко отрицательна.

При возможном объяснении этого противоречия с представлением о расширении звездных ассоциаций следует иметь в виду следующее обстоятельство.

Как указано выше, для последней группы, так же как и вообще для всех звезд, обладающих большими скоростями, точное определение ядра, породившего данную звезду, в каждом отдельном случае весьма сомнительно. Это, в свою очередь, вносит серьезные неопределенности в определения средних лучевых скоростей соответствующих подгрупп.

В частности, среди звезд этой группы могут быть „беглецы“ из ядер, расположенных значительно дальше, чем ядра, к которым они приписаны, т. е. звезды, которые приближаются к нам. Между тем, поскольку эти звезды расположены дальше известных нам ядер, к которым они приписаны, то это могло бы радикально изменить ожидаемую среднюю лучевую скорость дальней подгруппы и, следовательно, также скорость расширения.

Ради общности рассмотрения следует отметить также, что в реальном случае, согласно теории галактического вра-

шения, звезда, выброшенная из ядра, имеющего круговую орбиту галактического вращения, после удаления от последнего на определенное расстояние, начинает совершать колебательное движение относительно ядра, движущегося по круговой галактической орбите [27].

Вследствие этого, по истечении некоторого промежутика времени, после выброса звезда должна снова приблизиться к ядру. Расчеты, однако, показывают, что среди рассматриваемых нами звезд вообще не должно быть приближающихся к своему ядру, поскольку к моменту возвращения такая звезда изменит свой спектральный класс и не будет звездой O или B0.

Рассмотрение вопроса о причине вышеуказанного расхождения для четвертой группы свидетельствует о том, что оно обусловлено, по-видимому, ошибками, связанными с неверным приписанием быстродвижущихся звезд к ядрам. Поскольку эта группа содержит наибольший процент таких звезд, то для нее и следовало ожидать максимальное влияние отмеченного эффекта.

В пользу такого объяснения наблюдаемого расхождения скорости „расширения“ четвертой группы по знаку от ожидаемой, говорят, прежде всего, данные табл. 5. Она была получена из табл. 4 после исключения из нее звезд с $|V_r| > 30$ км/сек.

Таблица 5

Пределы расстояний в пс	n_1	n_2	$\bar{V}_r^1$	$\bar{V}_r^2$	V
0—100	35	28	-4.6 ± 1.8	0.9 ± 2.5	5.5 ± 3.1
100—300	43	36	-5.4 ± 2.0	1.1 ± 2.4	6.5 ± 3.1
300—600	31	27	-3.4 ± 2.5	-5.3 ± 2.6	-1.9 ± 3.6
600—1000	12	16	-2.5 ± 3.4	-4.7 ± 3.7	-2.2 ± 5.0

Сравнение табл. 4 и 5 показывает, что для первых двух групп они содержат качественно одинаковые результаты, что вполне понятно, так как в этих группах очень мало быстродвижущихся звезд.

Для последних двух групп, наоборот, картина резко изменилась: после исключения быстродвижущихся звезд, они показывают скорости „расширения“, близкие к нулю.

Таким образом, аномальная величина скорости расширения для четвертой группы действительно обусловлена наличием в ней большого содержания быстродвижущихся звезд.

Поскольку для третьей группы оба значения скорости расширения, до и после исключения быстродвижущихся звезд, (табл. 4 и 5) удовлетворительно могут быть объяснены исходя из представления о расширении звездных ассоциаций, мы рассмотрим подробнее вопрос о приписании быстродвижущихся звезд четвертой группы к ядрам. Табл. 6 содержит сведения об этих звездах.

Таблица 6

Звезды IV группы табл. 4 с $|V_r| > 30$ км/сек

HD	l'	b'	V_r	r (пс)	Примечание
103	85.9	1.7	— 31.1	1300	а
2083	88.6	9.6	+ 30.5	1530	а
15450	102.6	2.1	+ 30.3	1500	б
34078	140.1	— 0.4	+ 51.6	370	а AE Aur
45314	165.0	3.6	— 36.4	2500	б
46056	174.4	— 0.2	— 34.4	2080	б
46485	174.9	0.2	— 54.3	2100	б
46573	176.8	— 0.6	— 45.1	2340	б
157857	341.0	11.2	+ 54.6	1980	а
167330	345.7	0.1	— 59.4	3160	б
173438	356.2	— 2.8	— 37.5	2860	б
175514	9.7	1.5	— 108.2	2140	б
178487	353.9	— 10.6	— 80.4	2790	б
193793	48.9	3.3	+ 34.8	810	а

а—близкая подгруппа,

б—дальняя подгруппа.

Только две из этих 14 звезд имеют лучевые скорости, по знаку согласующиеся с их принадлежностью к первой (близкой) или второй (дальней) подгруппам. Это звезды HD 108 и HD 15450. Остальные звезды имеют лучевые скорости противоположного знака. Число их в первой подгруппе 4, а во второй 8. В число первых четырех входит звезда HD 34078 (AE Aur), которая, согласно [14—17], была выброшена из ассоциации Ориона и не могла бы по своему расположению на небе быть приписана к породившему ее ядру. Об остальных трех из них (HD 2083, HD 157857 и HD 193793), по-видимому, также можно сделать такое предположение.

Несколько иное положение мы имеем для вышеуказанных восьми звезд второй подгруппы.

Рис. 4 воспроизводит рис. 1 работы Моргана и коллег [24], дающую расположение 27 звездных ассоциаций (жирные точки) на плоскости Галактики, а также 8 далеких звезд (кружки). На ней дополнительно нанесены также

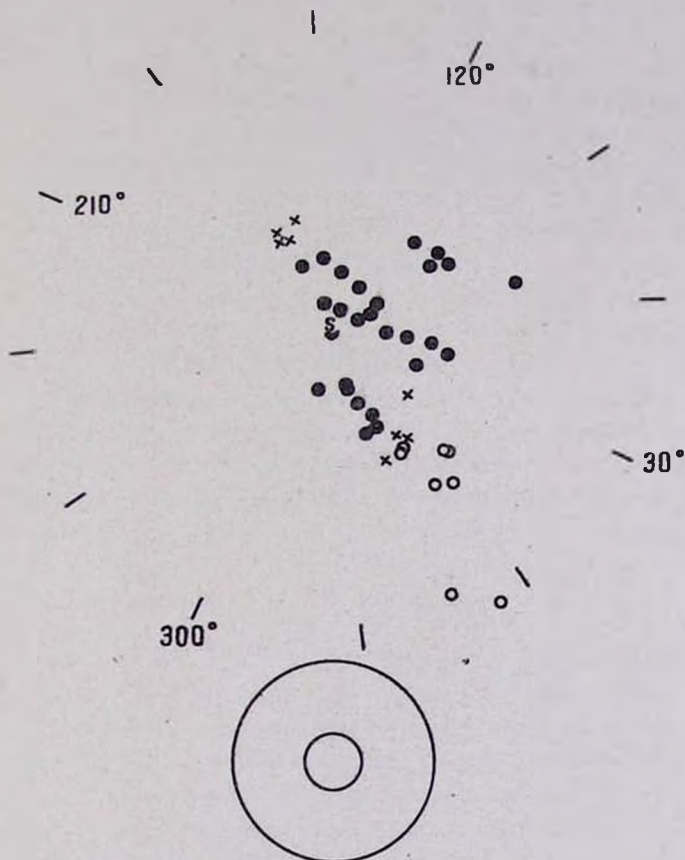


Рис. 4. Распределение звезд дальней подгруппы табл. 6, за исключением HD 15450 в плоскости Галактики (крестики), звездных ассоциаций (черные кружки) и некоторых далеких голубых звезд (светлые кружки). Рисунок воспроизведен из работы Моргана и его коллег [24]. Длина черточек при галактических долготах равна 500 пс.

звезды дальней подгруппы нашей табл. 6 (крестики), за исключением HD 15450, которая имеет скорость ожидаемого знака. Звезда HD 173438 у нас и в [24] общая, однако в ней для этой звезды дается несколько завышенное, по сравнению с нашим определением, расстояние (3.8 *кис*).

Как видно из этой фигуры, все указанные звезды находятся дальше от известных ассоциаций и, по всей вероятности, не имеют ничего общего с ними. Они, по-видимому, были выброшены из ядер, нам неизвестных ассоциаций, расположенных дальше от нас, чем эти звезды, вследствие чего обладают отрицательными лучевыми скоростями.

Такое предположение объясняет наблюдаемое значение скорости „расширения“ четвертой группы в табл. 6 и оправдывает необходимость исключения этих звезд при определении скорости „расширения“ для этой группы.

Таким образом, данные, полученные в настоящем параграфе, и относящиеся к звездам, расположенным не дальше 600 *ис* от соответствующих ядер, можно рассматривать как свидетельство в пользу реальности расширения звездных ассоциаций, а данным, относящимся к звездам, расположенным на расстояниях 600—1000 *ис* от ядер, можно дать правдоподобное объяснение исходя из представления об их расширении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенные в настоящей статье результаты анализа пекулярных лучевых скоростей O—B0.5 звезд, как было показано в соответствующих местах, допускают естественное объяснение в рамках представления о расширении и последующем распаде звездных ассоциаций.

Однако ради полноты следует указать, что полученные в § 2 и 3 результаты допускают также другую интерпретацию, совершенно не связанную с представлением о расширении и распаде звездных ассоциаций.

Следует только допустить, что по непонятным в настоящее время причинам звезды типов O—B0.5, входящие в звездные ассоциации, и звезды тех же типов, наблюдае-

мые в общем галактическом поле, составляют две совершенно независимые друг от друга подсистемы, отличающиеся в кинематическом отношении. А именно, эти подсистемы обладают различными распределениями скоростей: звезды второй подсистемы движутся со значительно большими скоростями, чем звезды первой подсистемы.

При справедливости этого допущения следует считать, что наблюдаемые для представленных в табл. 3 групп $O-B0.5$ звезд ход дисперсии лучевых скоростей и другие закономерности, отмеченные выше, являются следствием различного процентного содержания звезд двух указанных выше подсистем в них: по мере возрастания номера группы — убывает число звезд, входящих в звездные ассоциации, и, наоборот, растет число звезд общего галактического поля.

Следовательно, обсужденные в § 2 и 3 закономерности в движениях $O-B0.5$ звезд, одинаково успешно могут быть объяснены при двух допущениях: а) о расширении и распаде звездных ассоциаций и б) о кардинальном различии, в кинематическом отношении, подсистем $O-B0.5$ звезд, составляющих звездные ассоциации, с одной стороны, и расположенных в общем галактическом поле — с другой.

Вопрос, однако, решается в пользу первого допущения, поскольку результаты, полученные в § 4 для звезд, расположенных на расстояниях до, по крайней мере, 600 pc от соответствующих ядер, не могут быть поняты при справедливости второго допущения.

Основные результаты настоящей работы можно представить в виде следующих выводов:

1. Дисперсия лучевых скоростей и средняя пространственная скорость $O-B0.5$ звезд в галактическом поле более чем в полтора раза больше соответствующих параметров движения звезд тех же типов в ассоциациях.

2. Величина дисперсии лучевых скоростей и пространственная скорость $O-B0.5$ звезд, в среднем, растет с расстоянием от соответствующих ядер.

3. Ход дисперсии лучевых скоростей с расстоянием от ядер фактически является отражением факта возрастания ее

со средней пространственной скоростью и обусловлен расширением и последующим распадом звездных ассоциаций.

4. Звезды $O-B0.5$ разлетаются из ядер ассоциаций с различными скоростями и в настоящее время расположены, в среднем, тем дальше от ядер, чем больше была их скорость вылета из них.

5. Звезды типов $O-B0.5$ общего галактического поля являются выходцами из ядер ассоциаций и оказались там, в подавляющем большинстве случаев, вследствие больших первоначальных скоростей разлета из ядер.

6. Величина K -эффекта для всей совокупности $O-B0.5$ звезд отрицательна (около 3 км/сек).

Автор выражает глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну за ценное обсуждение вопросов, затронутых в настоящей работе, и советы, а также Э. С. Казарян—за большую помощь в вычислениях.

Լ. Վ. ՄԻՐՁՈՅԱՆ

ԱՍՏՂԱՍՓՅՈՒՌՆԵՐԻ ԼԱՅՆԱՑՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Աստղասփյուռների լայնացման հարցը քննարկված է $O-B0.5$ աստղերի պեկուլյար (Արեգակի շարժումից և դալակտիկ պտտումից ազատագրված) տեսագծային արագությունների հիման վրա:

Իդեալականացված դեպքում՝ մեկ սկզբնականից տարբեր արագություններով և ուղղություններով միաժամանակ դուրս եկած աստղերի լայնացող սիստեմի համար (իզոտրոպ դեպք) տեսագծային արագությունների դիսպերսիան աճում է սկզբնականից (լայնացման կենտրոնից) ունեցած հեռավորության հետ (արագությունների դիսպերսիայի հայտանիշ) (§ 1):

Արագությունների դիսպերսիայի այդ հայտանիշը կիրառված է նախ դալակտիկ դաշտի $O-B0.5$ աստղերի և աստղասփյուռների կազմում ներկայումս դիտվող նույն դասերի աստղերի նկատմամբ (աղյուսակ 1):

Այնուհետև նույն հայտանիշը կիրառված է $O-B0.5$ աստղերի բնդհանրության նկատմամբ: Այդ նպատակով յուրաքանչյուր աստղ վերագրվել է նրան ամենամոտ միջուկին, այսինքն առաջին մոտավորությամբ բնդունվել է, որ աստղերն իրենց ծագմամբ կապված են

ամենամոտ միջուկների հետ: Դրանից հետո բոլոր միջուկները համատեղվել են մեկ կետում և այդ կետի շուրջը առաջացած $O-B0.5$ աստղերի ամպի նկատմամբ (հեռավորության 6 խմբի բաժանելուց հետո) կիրառված է արագությունների դիսպերսիայի հայտանիշը (աղյուսակ 3):

Աստղասփյուռների լայնացման դեպքը, իրականում, լայնացման իդեալականացված դեպքից տարբերվում է երկու, հիմնական առանձնահատկությամբ՝ 1) որոշ աստղասփյուռներում լայնացման կենտրոնները մի քանիսն են և 2) լայնացումը սկսվում է ոչ միաժամանակ տվյալ աստղասփյուռի բոլոր աստղերի համար:

Հիշյալ ձևափոխության շնորհիվ հնարավոր է եղել արտաքսել որոշ աստղասփյուռներում մի քանի լայնացման կենտրոնների տոկայության աղդեցությունը (փաստորեն այդ ձևափոխության միջոցով $O-B0.5$ աստղերի ընհանրությունը վերափոխվել է միամիջուկ մի հսկայական աստղասփյուռի): Միաժամանակ այդ բանը թույլ է տվել խուսափել հայտնի տեսագծային արագությունների ունեցող փոքրաթիվ $O-B0.5$ աստղերից կազմված առանձին աստղասփյուռների նկատմամբ հիշյալ հայտանիշի կիրառման անհրաժեշտությունից:

Ինչ վերաբերվում է աստղասփյուռների վերոհիշյալ երկրորդ առանձնահատկությանը, ապա ցույց է տրված, որ նրա աղդեցությունը կարող էր միայն խանգարիչ աղդեցություն ունենալ դիսպերսիայի աճի վրա՝ հեռավորության հետ: Ուստի արագությունների դիսպերսիայի իրական աճը պետք է ավելի կտրուկ լինի, քան դիտվողը:

Միջուկներից մինչև 1000 սլարսեկ հեռավորության վրա գտնվող $O-B0.5$ աստղերի համար լայնացման երևույթը ստուգված է նաև մի այլ անմիջական եղանակով: Լայնացման կենտրոնի նկատմամբ իրենց դրաված դիրքով յուրաքանչյուր խմբի աստղերը բաժանվել են 2 ենթախմբի՝ 1) դիտողին ավելի մոտ, քան լայնացման կենտրոնը և 2) լայնացման կենտրոնից հեռու: Այդ ենթախմբերի միջին տեսագծային արագությունների տարբերությունը հավասար է խմբի լայնացման արագությանը (աղյուսակներ 4 և 5):

Ստացված են հետևյալ եզրակացությունները՝

1. Գալակտիկական դաշտի $O-B0.5$ աստղերի տեսագծային արագությունների դիսպերսիան և միջին տարածական արագությունը ավելի քան մեկ ու կես անգամ գերազանցում են աստղասփյուռների նույն դասերի աստղերի այդ պարամետրերը:

2. O—B0.5 աստղերի տեսագծային արագությունների դիսպերսիան և տարածական արագությունը, միջին հաշվով, աճում է համապատասխան միջուկներից նրանց ունեցած հեռավորության հետ:

3. O—B0.5 աստղերի տեսագծային արագությունների դիսպերսիայի աճը՝ միջուկներից հեռանալիս փաստորեն հետևանք է նրա ուղղակի կախման՝ միջին տարածական արագությունից և պայմանավորված է աստղոսփյուռների լայնացմամբ և աստիճանական քայքայմամբ:

4. O—B0.5 աստղերն աստղասփյուռների միջուկներից դուրս են թռչում տարբեր արագություններով և ներկայումս դասավորված են միջուկներից, միջին հաշվով, այնքան հեռու, որքան ավելի մեծ է եղել նրանց շարժման արագությունը:

5. Գալակտիկական դաշտի O—B0.5 աստղերը դուրս են եկել աստղասփյուռներից և այդ դաշտում են գտնվում, մեծ մասամբ, իրենց շարժման սկզբնական մեծ արագությունների շնորհիվ:

6. O—B0.5 աստղերի ամբողջ ընդհանրության համար $K = \xi \Phi_{\text{եկտր}} / \text{րադիանական է (շուրջ 3 կմ/վրկ)}$:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. А. Амбарцумян, *Астрономический журнал*, 26, 3, 1949.
2. A. Blaauw, *BAN*, 11, № 433, 1952.
3. Б. Е. Маркрян, *Сообщения Бюраканской обсерватории*, 11, 3, 1953.
4. A. Blaauw, W. Morgan, *Ap J.*, 117, 256, 1953.
5. Н. М. Копылов, *ДАН СССР*, 90, 975, 1953.
6. Н. М. Артюхина, *Астрономический журнал*, 31, 234, 1954.
7. J. Delhaye, A. Blaauw, *BAN*, 12, 72, 1953.
8. А. И. Лебединский, О. В. Хорошева, *Астрономический журнал*, 33, 54, 1956.
9. О. В. Хорошева, *Астрономический журнал*, 33, 680, 1956.
10. К. А. Штейнс, М. К. Абеле, *Астрономический журнал*, 35, 82, 1958.
11. Г. А. Гурзadyan, *Сообщения Бюраканской обсерватории*, 4, 1949.
12. В. А. Амбарцумян, Вводный доклад на симпозиуме по эволюции звезд в Риме, М., Изд-во АН СССР, 1952.
13. R. v. d. R. Wooley, O. J. Eggen, *Observatory*, 78, 119, 1958.
14. A. Blaauw, W. Morgan, *BAN*, 12, № 448, 1953.
15. A. Blaauw, W. Morgan, *BAN*, 12, 76, 1953.
16. A. Blaauw, W. Morgan, *Ap J.*, 119, 625, 1954.
17. A. Blaauw, *Scientific American*, 194, № 2, 36, 1956.
18. V. A. Ambartzumjan, *Max Planck Festschrift*, 1958, s. 97.

19. *R. E. Wilson*, General Catalogue of Stellar Radial Velocities. Washington, 1953.
20. *П. П. Паренаго*, Курс звездной астрономии, М., 1954, стр. 157.
21. *R. J. Trumpler, H. F. Weaver*, Statistical Astronomy, 1953, p. 577.
22. *Л. В. Мирзоян*, ДАН Армянской ССР, 30, 55, 1960.
23. *В. А. Амбарцумян, Б. Е. Маркарян*, Сообщения Бюраканской обсерватории, 2, 1949.
24. *W. W. Morgan, A. E. Whitford, A. D. Code*, Ap., J., 118, 318, 1953.
25. *Л. В. Мирзоян*, Известия АН Армянской ССР, серия ФМ наук, 9, 71, 1958.
26. *Б. Е. Маркарян*, ДАН Армянской ССР, 15, 11, 1952.
27. *К. Ф. Огородников*, Динамика звездных систем, М., 1958, стр. 331.

