

## ЗВЕЗДНЫЕ АССОЦИАЦИИ И ОБЛАСТИ АКТИВНОГО ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ В НИХ

1. *Введение.* Распознавание очагов звездообразования в звездных ассоциациях, содержащих группы недавно возникших звезд [1], имело принципиальное значение для нашего понимания происхождения и эволюции звезд.

Среди первых аргументов в пользу недавнего возникновения наблюдаемых в Галактике OB-ассоциаций особое место занимало представление об их неустойчивости. Именно анализ ситуации в этих системах дал серьезное основание предсказать явление расширения звездных ассоциаций [2].

Первое подтверждение этого предсказания было получено сегодняшним юбиляром, Адрианом Блаау [3], более 30 лет назад. На основе анализа собственных движений звезд им было показано, что одна из ближайших групп звезд ранних спектральных классов в области неба вокруг звезды  $\zeta$  Per (Per OB2) расширяется со скоростью, в среднем, 12 км/с. «Кинематический возраст» этой группы был оценен равным, всего  $1.3 \times 10^6$  лет.

Работа Блаау [3] была весьма важной с двух точек зрения. Во-первых, она содержала прямое наблюдательное свидетельство в пользу представления о расширении и, следовательно, динамической неустойчивости группировок молодых OB-звезд. А этот факт *подтвердил* вывод о том, что звездные ассоциации представляют собой очаги звездообразования в Галактике, где процесс группового образования звезд в настоящее время продолжается. Во-вторых, она показала, что в звездных ассоциациях имеют место движения нового типа—расхождение звезд из области звездообразования, которые сильно отличаются от движений, ранее известных в звездной динамике, как по характеру, так и по причинам их вызывающим (см., например, [4]).

В настоящем докладе приводится краткий обзор некоторых результатов, полученных о нестационарных движениях звезд в звездных ассоциациях, инициированных первой работой Блаау [3].

2. *Расширение звездных ассоциаций, определенные по собственным движениям.* Работа Блаау [3] о системе Per OB2, а также последующие исследования внутренних движений OB-звезд в ассоциациях основывались на собственных движениях.

Расширение ассоциации Per OB2 было вновь подтверждено в работе Делея и Блаау [5], основанной на более богатом наблюдательном материале о собственных движениях звезд в этой системе.

Результаты, свидетельствующие о расширительных движениях, в некоторых ближайших OB-ассоциациях были получены в исследованиях других авторов (см., например, [6]).

Все эти результаты свидетельствуют о расширении возникающих молодых звездных групп.

Среди исследований этого периода имеются и такие, которые ставят под сомнение некоторые из вышеуказанных результатов. Например, в исследовании Вулли и Эггена [8], посвященном ассоциации Lac OVI, оспаривается вывод Блау и Моргана [7] о расширении этой системы.

Однако эти сомнения в настоящее время, по-видимому, следует объяснить большими ошибками определения собственных движений звезд, использованных в указанных работах.

В этом смысле примечательно недавнее исследование Блау [9], посвященное анализу собственных движений звезд в субассоциации Верхний Скорпион. В нем показано, что эта часть более протяженной системы (комплекса) В-звезд Скорпион—Центавр в настоящее время расширяется, со скоростью, соответствующей «кинематическому возрасту»  $5 \times 10^6$  лет. Подчеркнем, что здесь речь идет о закономерности, относящейся к части звезд этой ассоциации—о группе звезд примерно одинакового возраста.

Этот результат для рассматриваемой проблемы весьма важен, так как он получен на основе изучения собственных движений звезд, определенных с более высокой точностью.

*3. Движения звезд в звездных ассоциациях, определенные по радиальным скоростям.* При отсутствии точных собственных движений для исследования внутренних движений звезд в ассоциациях можно использовать радиальные скорости, определения которых, в отличие от собственных движений, не так сильноотягощены ошибками, возрастающими с расстоянием звезд.

Метод использования радиальных скоростей звезд исходит из наблюдательного факта, что дисперсия пространственных скоростей звезд, возникающих в ассоциациях, значительная. Например, если в первых работах о движениях звезд в ассоциациях считалось, что эти скорости порядка 5—10 км/с (см., например, [2, 4]), то последующие исследования показали, что они в ассоциации Per OVI доходят до 40 км/с [10], а среди OВ-звезд встречаются и быстролетающие, обладающие пространственными скоростями порядка 100 км/с [11—13].

Можно показать, что при формировании звезд в ассоциациях и их вылете из ядер ассоциаций (центров звездообразования) из-за этой значительной дисперсии средняя скорость удаления от ядра должна монотонно возрастать при удалении от ядра.

Имея в виду ограниченное число OВ-звезд с измеренными радиальными скоростями, в отдельных ассоциациях, этот вопрос был рассмотрен статистическим методом, для совокупности всех известных OВ-ассоциаций. При этом учитывался тот факт, что во многих ассоциациях имеется несколько ядер.

С этой целью *суперпозицией* подсистем OВ-звезд вокруг отдельных ядер наблюдаемых ассоциаций была составлена единственная однопядерная «синтетическая» ассоциация.

Очевидно, что в синтетической ассоциации можно допустить сферическую симметрию распределения звезд вокруг «ядра»—центра системы. В этом случае пространственные скорости звезд определятся их радиальными скоростями и поэтому можно заменить ими.

Применение этого метода с использованием радиальных скоростей около 300 OВ-звезд и данных об известных OВ-ассоциациях показало (см., например, [14, 15]), что в синтетической ассоциации, как и следовало ожидать при ее расширении, средняя пространственная ско-

рость звезд возрастает с расстоянием от центра системы из-за того, что медленно движущиеся звезды за время их пребывания в классе ОВ не могут уйти далеко от центра ассоциации.

В последующем этот метод был разработан математически и применен как к синтетической ассоциации [16], так и к отдельной ассоциации  $\text{Per OB1}$ , где известны радиальные скорости около 40 ОВ-звезд [17]. Полученные результаты указывают на расширение в обеих системах.

4. *Области активного звездообразования в звездных ассоциациях.* Первая работа Блаау [3] о движениях группы звезд ранних спектральных классов в области вокруг  $\text{Per (Per OB2)}$  указывала на расширение этой группы ярких звезд. Очевидно, что определенный по этим движениям «кинематический возраст» относился только к этой группе. О движениях остальных, более слабых звезд ассоциации ОВ2 мы знаем очень мало. Поэтому, вероятно, было бы достаточно осторожно сказать, что ассоциация содержит расширяющуюся группу звезд, имеющую возраст порядка 1.3 миллиона лет.

До этой работы Блаау [3] указание на то, что в ассоциациях могут существовать несколько центров формирования звезд содержалось в работе Амбарцумяна и Маркаряна [18], посвященной исследованию звездной ассоциации в области вокруг  $\text{P Cyg}$ .

И в дальнейшем морфологическое исследование ближайших ОВ-ассоциаций показало, что в некоторых ассоциациях существуют несколько центров звездообразования (см., например, [4]).

С этой точки зрения группу вокруг  $\text{Per}$  в ассоциации  $\text{Per OB2}$  [3], субассоциацию Верхний Скорпион [9], а также быстролетающие ОВ-звезды из области ассоциации Ориона, можно рассматривать как части (подсистемы) более крупных систем, где идут процессы звездообразования.

Эта особенность указывает на существование в ассоциациях отдельных областей активного звездообразования.

Именно это обстоятельство было учтено, при составлении синтетической ассоциации, как суперпозиции подсистем ОВ-звезд вокруг материнских ядер—центров их формирования, для изучения движений звезд в ассоциациях по их радиальным скоростям [14, 17].

Открытие Блаау и Морганом [11—13] быстролетающих ОВ-звезд дало, по-видимому, указание на то, что формирование звезд в ассоциациях длится довольно долго.

Направления движений звезд  $\text{AE Aug}$ ,  $\mu\text{Col}$  и  $53 \text{ Agi}$ , обладающих большими пространственными скоростями, дали им основание допустить, что эти ОВ-звезды вылетели из ассоциации Ориона примерно в несколько миллионов лет назад, однако не одновременно. На основе полученных авторами данных можно допустить, что звезды  $\text{AE Aug}$  и  $\mu\text{Col}$  возникли в одной группе 2.6 миллиона лет назад и удаляются от места формирования в противоположных направлениях со скоростью около 130 км/с, а  $53 \text{ Agi}$  возникла, по-видимому, ранее, 4.8 миллиона лет назад в другой группе и удаляется со сравнительно меньшей скоростью (около 70 км/с).

Хотя о судьбе других членов этих групп мы ничего не знаем, однако имеющиеся данные можно рассматривать как свидетельство о том, что в ассоциации Ориона возникли и, возможно, еще возникают небольшие группы звезд, расширяющиеся с разными скоростями.

Рассмотрим этот вопрос на основе современных наблюдательных данных, на примере ассоциации Ориона.

Выше было отмечено, что работы Блаау и Моргана [11—13] по-

казывают, что в ассоциации Ориона, в области (или областях) недалеко от Трапедии Ориона, несколько миллионов лет тому назад имело место формирование звезд и возникшие в это время быстролетающие OB-звезды AE Аиг,  $\mu$ CoL и 53 Агi вылетели в разных направлениях.

Затем, имея в виду, что Трапедия Ориона—прототип систем типа Трапедии, является группой, принадлежащей по своему строению к распадающимся механическим системам (см. следующий раздел) и применяя для ее возраста оценку  $<10^5$  лет, мы можем говорить о том, что район Трапедии Ориона являлся областью звездообразования, где-то около  $5 \times 10^5$  лет тому назад.

Наконец, мы теперь, на основании последних данных, относящихся к инфракрасным источникам, движениям СО-газа и  $\text{H}_2\text{O}$ -мазеров, можем говорить с современной области звездообразования в Орионе—области, составляющей лишь небольшую часть (меньше миллионной) объема звездной ассоциации. Именно и в нашу эпоху, вне всякого сомнения, в ассоциации Ориона наблюдаем области активного звездообразования в районе инфракрасных объектов IRc<sub>2</sub> (см., например, [19, 20]).

Все это свидетельствует о том, что в звездных ассоциациях звезды формируются группами, в разных местах и в разное время. Вследствие этого в современных звездных ассоциациях мы наблюдаем в общем случае звезды, возникшие в разных областях и в разное время, то есть несколько поколений звезд.

5. *Кратные системы типа Трапедии.* Существование таких систем типа Трапедии в звездных ассоциациях является одним из важных свидетельств в пользу группового характера процесса звездообразования в них [21].

Как известно, особенностью строения систем типа Трапедии является наличие в них, по крайней мере, трех компонентов, взаимные расстояния между которыми одного и того же порядка величины (отношение наибольшего расстояния к наименьшему не больше нескольких единиц, например 3).

В отличие от кратных систем *обыкновенного (или иерархического)* типа (например, тройные звезды, состоящие из более тесной пары и одного значительно более удаленного компонента, четверные звезды типа  $\epsilon$  Лиры и т. д.), где движения звезд кеплеровские или почти кеплеровские, в кратных системах *типа Трапедии* движения звезд должны быть некеплеровскими и, как правило, непериодическими. Речь, конечно, идет о реальных Трапедиях, а не о тех системах, в которых такое устройство является результатом проектирования.

Как известно, реальные Трапедии встречаются преимущественно среди кратных звезд, ярчайшие (главные) компоненты которых являются звездами спектральных классов OB2, и относительно редко среди кратных звезд с более поздними спектральными типами ярчайших звезд [21, 22].

По своему строению, а следовательно, и по характеру движений членов кратные системы типа Трапедии похожи на типичные галактические скопления звезд, отличаясь от них лишь гораздо меньшим количеством звезд. Более того, они иногда представляют собой конфигурацию ярких звезд, погруженную в более протяженное скопление, которое состоит из более слабых звезд, окружающих эту конфигурацию. Таким скоплением окружен, в частности, прототип таких систем—сама  $\theta^1$  Ориона.

Как и открытые звездные скопления, кратные системы типа Трапедии должны распадаться вследствие происходящих время от време-

ни сближений компонентов. Согласно формулам, применяемым к открытым скоплениям (см., например, [23]) время распада наблюдаемых Трапедией должно быть порядка  $2 \times 10^6$  лет, хотя и возможны значительные отклонения от этой цифры. При этом мы предполагаем, что кратная система имеет отрицательную полную энергию. Если же предположить, в отличие от большинства скоплений, что полная энергия системы положительна, то для времени распада мы получаем всего лишь  $10^5$  лет. За такое время по крайней мере часть звезд непосредственно уйдет из системы.

Это означает, что в обоих случаях система должна успевать распасться за время, сравнимое со временем пребывания звезд ОВ2 в соответствующих спектральных подгипах.

С этими выводами находятся в согласии многие статистические данные, а также результаты компьютерного моделирования динамической эволюции систем типа Трапедии (см. подробнее в [22]).

Существенно, что при всех предположениях продолжительность жизни систем типа Трапедии меньше, чем возраст ассоциаций (порядка  $10^7$  лет) [1, 4]. Все это означает, что Трапедии в наблюдаемых ассоциациях являются результатом процессов, происходящих в области с диаметром от 0.1 до 0.4 парсек, имевших место за последние  $10^6$  лет. Иными словами, здесь речь идет о процессе образования группы в объеме, который более чем в один миллион раз меньше, чем объем типичной ОВ-ассоциации.

Возраст порядка  $10^6$  лет относится к Трапедии, как кратной системе. Его не следует путать с продолжительностью того интервала времени, когда происходило становление самих звезд как светящихся объектов. Этот последний интервал, судя по тому, что происходит недалеко от самой Трапедии Ориона в туманности Клейнмана-Лоу (KL) (см., например, [20]), должен быть существенно короче. Процессы интенсивного выбрасывания вещества, характерные для этого наиболее раннего этапа формирования звезд, длятся не более  $10^5$  лет. Поэтому если объект KL можно назвать *областью современного активного звездообразования*, то Трапедию Ориона, которая, вероятно, проходила такую же стадию, как туманность KL, следовало бы считать уже *областью недавнего звездообразования*.

Остановимся вкратце на судьбе систем типа Трапедии. Мы видели, что за время, оцененное в первых работах по Трапециям в  $2 \times 10^6$  лет, Трапедии перестают быть таковыми. В дальнейшем был выполнен ряд численных экспериментов, подтвердивших, что взаимодействие членов Трапедий в большинстве случаев ведет к их распаду.

Весьма подробное изложение численного эксперимента мы находим в статье Аллен и Поведы [24]. К сожалению, авторы изложили свои результаты таким образом, что могло создаться впечатление, что результаты экспериментов противоречат выводу о неизбежной (или почти неизбежной) дезинтеграции первоначальной системы. Между тем результаты этих экспериментов целиком подтверждают эти выводы (см. [25]).

Действительно, в работе Аллен и Поведы [24] рассмотрены 30 шестикратных систем. В течение миллиона лет 16 из них распались. В трех случаях распад дошел до конца (т. е. в конце этого промежутка времени от них осталась лишь по двойной системе и двенадцать одиночных звезд), а в остальных 13 случаях были выброшены одна или две звезды. Но эти системы остались опять Трапециями, и очевидно, что дезинтеграция будет продолжаться. Из статистических соображений можно ожидать, что система, потерявшая один член, должна

дальше распадаться в среднем быстрее. Это и наблюдалось в эксперименте. Из указанных 13 случаев частичного распада в шести случаях было потеряно по одной звезде, а в семи системах оказались выброшенными по две звезды, т. е. после выброса одной звезды дальнейший распад ускоряется.

Из оставшихся 14 первоначальных шестикратных систем шесть сохранили конфигурацию типа Трапеции, и нет сомнения, что большинство их распадается в течение следующих одного или двух миллионов лет.

Несколько неожиданным результатом численного эксперимента [24] явилось то, что к концу промежутка в миллион лет 8 систем превратились в системы обыкновенного типа (иерархические), не потеряв при этом ни одного своего члена.

Для выяснения того, что можно ожидать в этом случае, вспомним, что в силу инвариантности законов движения в отношении обращения времени возможны и обратные превращения систем обыкновенного типа в Трапеции.

На примере тройной системы можно убедиться, что вероятность такого обратного превращения не должна быть очень мала. В самом деле, что значит превращение тройной системы типа Трапеции в обыкновенный триплет. Это означает, что одна из звезд выбрасывается из системы на большое расстояние. Получится тесная пара, а выброшенная звезда уходит по вытянутой орбите. Но тогда она должна и вернуться к тесной паре по этой же вытянутой орбите, где опять открывается возможность тройного сильного взаимодействия и, в частности, возможность потери выброшенной звездной кинетической энергии, в результате чего мы вновь получаем систему типа Трапеции. Конечно, это качественное рассуждение должно быть подкреплено количественными расчетами.

Таким образом, очевидно, что обратные превращения вообще должны иметь место, что их вероятность за большой промежуток времени не мала. Поэтому влияние выявленного в эксперименте относительно большого процента превращений Трапеции в обычные системы должно уменьшиться в связи с неизбежностью указанных обратных процессов, ведущих к возобновлению у системы способности распадаться. Если так, то некоторый процент наблюдаемых Трапеций может иметь возрасты, в несколько раз превышающие цифру в два миллиона лет.

Существенно, однако, что если сделать условное предположение, что все звезды возникают как члены систем типа Трапеции, то математические эксперименты рассмотренного типа могут привести к интересным результатам, которые можно было бы сравнить с наблюдениями.

В частности, уже сейчас напрашиваются следующие выводы:

1. В результате распада от каждой бывшей Трапеции остается по меньшей мере одна пара с отрицательной энергией или одна кратная система обыкновенного типа, возникшая из числа трех или четырех наиболее массивных звезд.

2. Выбросы одиночных звезд очень часты. Это главным образом звезды малых масс. Создается впечатление, что по меньшей мере одна треть всех звезд, входящих в Трапеции, должна превратиться в одиночные звезды.

Заметим, что в окрестностях Солнца реальный процент одиночных звезд, согласно наблюдениям [26], порядка 35%. Если считать, что наряду с Трапециями играет значительную роль и какой-либо другой независимый путь пополнения звезд поля, то, очевидно, надо от

него потребовать, чтобы он тоже давал лишь около трети или меньше одиночных звезд.

В качестве такого примера достаточно частного пути пополнения общего звездного поля Галактики следует привести изученную Блаау систему в Персее OB2 [3], т. е. возможное возникновение сравнительно более богатых, чем Трапеции, групп звезд с положительной энергией.

Но тут возникает вопрос, не сводится ли происхождение расширяющейся группы в Персее OB2 к разложению нескольких Трапеций? На этот вопрос пока трудно ответить.

Итак, можно не сомневаться, что дальнейшие более реалистичные расчеты приведут к определенному ответу на вопрос: какой процент всех звезд, возникших в Трапециях появится в общем звездном поле как одиночные или члены двойных, тройных и т. д. систем. Сравнение таких результатов с наблюдаемым распределением позволит сделать некоторые выводы о процессах возникновения звезд, в частности ответить на вопрос, какую роль могли бы играть процессы деления, отличные от тех, которые ведут к образованию Трапеций.

Следует отметить, что в работе Аллен и Поведа [24], как и других исследованиях по компьютерному моделированию движений звезд в системах типа Трапеции, для изучения их динамической эволюции, принимается допущение, что полная энергия этих систем отрицательная.

По этому поводу, следует сказать, что наблюдения дают некоторые (хотя не очень строгие) свидетельства в пользу положительности полных энергий для ряда Трапеций. Дискуссия таких наблюдений продолжается, и мы здесь не будем приводить аргументы за и против. Отметим только, что по возможности более точные наблюдения кратных систем типа Трапеции, приводимых в работах Салуквадзе (см., например, [22]), могут уже в ближайшие годы дать решение этого вопроса. Можно, в частности, его ожидать, после успешной работы астрономического спутника «HIPPARCOS».

*6. Проявления динамической и физической нестационарности в других молодых объектах.* Нестационарные (расширительные) движения наблюдаются также в системах других молодых объектов.

Следует прежде всего отметить, что значительное число динамически неустойчивых, распадающихся кратных звезд типа Трапеции обнаружены в Т-ассоциациях, среди звезд типа Т Тельца (см., например, [20, 27]).

На нестационарные, распадающиеся движения указывают собственные движения некоторых объектов Хербига-Аро (см., например, [28, 29]).

Свидетельства расширительных движений в областях звездообразования содержатся в последних радиоастрономических наблюдениях диффузной материи и космических мазеров (см., например, [3]).

Особое значение имеют те проявления нестационарности, которые обусловлены физической нестационарностью молодых звезд.

Давно известно, что у многих молодых звезд наблюдается явление спокойного истечения материи с поверхностных слоев. Об этом свидетельствуют наблюдаемые в их спектрах эмиссионные линии (звезды типов Р Лебеда, Вольф-Райе, Ве, Т Тельца и др.), которые возникают в газовых оболочках, образующихся в результате этого истечения.

Новые наблюдения OB-звезд показали, что истечение значительного количества газовой материи наблюдается даже у звезд, не пока-

звездами эмиссионные линии в видимой части спектра (см., например, [31]).

Следовательно, наряду с динамической неустойчивостью групп молодых звезд, истечение материи из молодых, недавно возникших звезд, обусловленное физической нестационарностью, является характерным их свойством.

7. *Заключение.* Рассмотренные выше результаты исследований движений звезд в звездных ассоциациях, начатых исторической работой Блау [3], посвященной движениям OB-звезд в ассоциации Per OB2, свидетельствуют о том, что в этих системах имеют место нестационарные, расширительные движения (расхождение звезд из областей звездообразования), которые приводят к расширению, а в итоге — распаду этих систем.

Исследования внутренних движений и структуры звездных ассоциаций позволили в настоящее время вскрыть некоторые важные особенности процесса звездообразования, в которых можно было лишь подозревать.

Именно эти исследования определенно указывают на то, что в звездных ассоциациях звезды формируются в отдельных, распадающихся группах, которые имеют небольшие размеры по сравнению с размерами самих ассоциаций. Причем новые в данной ассоциации группы имеют разные «кинематические» возрасты, то есть процесс звездообразования в ассоциациях довольно длительный процесс.

Вследствие этого, возраст ассоциации всегда больше возрастов распадающихся групп, ее составляющих. Иначе говоря, в ассоциациях обычно существуют звезды нескольких поколений. Несмотря на это, возраст самой ассоциации в целом на несколько порядков величины меньше, чем возраст Галактики. В каждый период жизни они содержат в себе активные области звездообразования, наблюдаемые в виде динамически неустойчивых, расходящихся групп молодых звездных объектов.

Таким образом, наблюдательные данные полностью подтверждают представление о том, что звездные ассоциации являются очагами звездообразования в Галактике, где групповое возникновение звезд продолжается и в наше время. Вместе с тем они показывают, что звезды в ассоциациях формируются в разное время, сравнительно небольшими распадающимися группами.

Следует добавить, что наблюдаемые в звездных ассоциациях нестационарные явления динамической и физической природы, которые характерны для ранних стадий эволюции звезд [4, 6, 30], по всей вероятности, указывают на общее направление процессов, связанных с образованием и эволюцией звезд в современной Галактике: распад и рассеяние материи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Амбарцумян В. А. Эволюция звезд и астрофизика. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1947.
2. Амбарцумян В. А. Астрон. ж., 26, 3, 1949.
3. Blaauw A. Bull. Astron. Inst. Netherlands, 11, 405, 1952.
4. Ambartsumian V. A. IAU Transactions, Vol. 8, ed. P. Th. Oosterhoff, Cambridge University Press, Cambridge, 1954, p. 665.
5. Delhaye J. Blaauw A. Bull. Astron. Inst. Netherlands, 12, 72, 1953.
6. Мирзоян Л. В. Нестационарность и эволюция звезд. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1981.



7. Blaauw A., Morgan W. *Astrophys. J.*, **117**, 256, 1953.
8. Wooley R. v. d. R., Eggen O. J. *Observatory*, **78**, 1949, 1958.
9. Blaauw A. *Problems of Physics and Evolution of the Universe*, ed. L.V. Mirzoyan, *Ac. Sci. Armenian SSR, Yerevan*, 1978, p. 101.
10. Ambartsumian V. A. *Max Planck Festschrift, Deutsch. Verl. Wiss., Berlin*, 1958, s. 97.
11. Blaauw A., Morgan W. *Bull. Astrophys. Inst. Netherlands*, **12**, 76, 1953.
12. Blaauw A., Morgan W. *Astrophys. J.*, **119**, 625, 1954.
13. Blaauw A. *Scientific American*, **194**, No. 2, 36, 1956.
14. Мирзоян Л. В. *Сообщ. Бюракан. обс.*, **29**, 81, 1961.
15. Mirzoyan L. V. *IAU Transactions, Vol. 12B*, ed. J.-C. Pecker, *Academic Press London-New York*, 1966, p. 419.
16. Мирзоян Л. В., Мнацаканян М. А. *Астрофизика*, **6**, 411, 1970.
17. Мирзсян Л. В., Мнацаканян М. А. *Астрофизика*, **6**, 377, 1970.
18. Амбарцумян В. А., Маркарян Б. Е. *Сообщ. Бюракан. обс.*, **2**, 1949.
19. Fazio G. G. *Frontiers of Astrophysics*, ed. H. Avrett, *Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, London*, 1976.
20. Downes D., Genzel D. *Giant Molecular Clouds in the Galaxy*, eds. P. M. Solomon, M. G. Edmunds, *Pergamon Press, Oxford—New York*, 1980, p. 161.
21. Амбарцумян В. А. *Сообщ. Бюракан. обс.*, **15**, 3, 1954.
22. Мирзоян Л. В., Салуквадзе Г. Н. *Астрофизика*, 1984 (в печати).
23. Chandrasekhar S. *Principles of Stellar Dynamics*, *Yerkes Observatory*, 1942.
24. Allen C., Poveda A. *The Stability of the Solar System and Small Stellar Systems*, *IAU Symposium No. 62*, ed. Y. Kozai, *Reidel, Dordrecht-Boston*, 1974, p. 239.
27. Салуквадзе Г. Н. *Астрофизика*, **16**, 687, 1980.
26. Van de Kamp P. *Publ. Astron. Soc. Pacific*, **81**, 5, 1969.
27. Салуквадзе Г. Н. *Астрофизика*, **16**, 687, 1980.
28. Herbig G. H., Jones B. F. *Astron. J.*, **86**, 1232, 1981.
29. Mundt R., Stocke J., Stockman H. S. *Astrophys. J.*, **265**, L71, 1983.
30. Ambartsumian V. A. *Compendium in Astronomy*, eds. E. G. Mariolopoulos, P. S. Theocaris, L. N. Mavridis, *Reidel, Dordrecht—Boston—London*, 1982, p. 211.
31. Lozinska ya T. A. *Astrophys. Sp. Science.*, **313**, 1982.