

УДК: 524.354.4-77

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ ПОДХОД К ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЮ

Л.В.МИРЗОЯН, А.А.АКОПЯН

Поступила 11 июня 1996

Наблюдательный подход к ранним стадиям эволюции звезд применен к некоторым вопросам, связанным с образованием и распадом звездных ассоциаций, с происхождением ОВ-звезд поля и с формированием маломассивных звезд в ОВ-ассоциациях. ОВ-звезды поля, выброшенные из материнских ассоциаций, в среднем более старые, чем находящиеся в ассоциациях звезды. Оценена средняя продолжительность активного звездообразования ОВ-звезд в ассоциациях. Высказано предположение о том, что в условиях ОВ-ассоциаций маломассивные звезды могут образоваться из дозвездных тел высокой плотности.

1. *Введение.* Изучение рождения и эволюции звезд одно из наиболее сложных проблем. Обычно эту проблему изучают, предполагая, что рождение звезд обусловлено сжатием диффузной материи: газа и пыли. При этом используется механизм сжатия, предложенный Кантом и Лапласом для образования Солнечной системы и критерий гравитационной неустойчивости Джинса.

Подавляющее большинство исследований этого направления умозрительные и не могут быть сопоставлены с наблюдениями непосредственно. Это означает, что полученные результаты не являются однозначными и зависят от первоначального предположения. Только сравнительно недавно некоторыми астрономами, занимающимися проблемой эволюции звезд, были приняты попытки создания теории, не противоречащей комплексу основных наблюдательных данных, относящихся к областям звездообразования. В качестве первопричины всплеска звездообразования и последующих процессов рассматриваются внешние воздействия на диффузные, молекулярные облака - давление фронта ионизации горячих гигантских и сверхгигантских звезд, вспышки сверхновых, спиральные волны плотности, столкновения молекулярных облаков и т.д.

Однако, несмотря на общепризнанность этих направлений среди сторонников конденсационной гипотезы, они не претендуют на такую же общность при объяснении наблюдаемой картины звездообразования. В лучшем случае удастся не совсем убедительно объяснить лишь отдельные детали общего процесса или отдельные частные случаи.

Между тем, уже более 50 лет существует *наблюдательный (нетрадиционный) подход к ранним стадиям эволюции звезд*, который впервые

успешно был применен для изучения процессов в тех областях Галактики, где идут бурные процессы звездообразования. Этот подход окончательно утвердился, когда, благодаря исследованиям Амбарцумяна [1], стало очевидным, что наша звездная система - Галактика состоит из звезд и звездных подсистем различных возрастов.

В 1947г. были открыты звездные системы нового типа - звездные ассоциации, продолжительность жизни которых не может превышать 10^7 лет [1]. Изучение звездных ассоциаций позволило исследовать проблему рождения и эволюции звезд на основе изучения весьма молодых и, естественно, очень неустойчивых звезд и звездных систем, что оказалось весьма успешным для понимания проблемы. В настоящей статье рассматриваются некоторые аспекты наблюдательного подхода к проблемам звездообразования.

2. Распад ассоциаций и появление ОВ-звезд в галактическом звездном поле. После открытия ОВ-ассоциаций выяснилось, что они являются динамически неустойчивыми системами. Звезды ассоциаций с относительно большими скоростями удаляются от областей звездообразования. В результате ОВ-ассоциации расширяются и должны распасться за время, порядка 10^7 лет [2].

Первое прямое наблюдательное подтверждение расширения ОВ-ассоциации было получено Блау [3] на основе изучения собственных движений звезд ОВ-ассоциации вокруг ζ Per (Per OB2). Затем, собственные движения звезд ОВ-ассоциаций были использованы для установления распада других ближайших ассоциаций (см., например, исследования, упомянутые в работе [4]).

Однако, собственные движения звезд ОВ-ассоциаций можно использовать для установления расширения только ближайших ассоциаций. С увеличением расстояния ассоциации точность определения собственных движений звезд ОВ-ассоциации сильно уменьшается, что приводит к ошибочным заключениям о движениях звезд.

Хуже положение в случае Т-ассоциаций. Для них расширение устанавливается косвенными методами, например, наличием в них неустойчивых систем Трапеции [5] и отсутствием скоплений, состоящих исключительно из звезд карликов.

В отличие от собственных движений, точность определения лучевых скоростей звезд мало зависит от расстояния. Этот факт лежит в основе идеи использования лучевых скоростей звезд ОВ-ассоциаций для подтверждения существования расширительных движений в ассоциациях. При этом, ввиду ограниченного числа ОВ-звезд с измеренными лучевыми скоростями и наличия нескольких ядер в отдельных ОВ-ассоциациях, необходимо было применение статистического метода "синтетической ассоциации". Сама синтетическая ассоциация представляет собой меха-

ническое наложение подсистем ОВ - звезд всех известных ассоциаций, с приведенным единым центром [6,7].

Эта идея была реализована в ряде работ одного из авторов [4,6]. Оказалось, что в синтетической ассоциации средняя пространственная скорость ОВ-звезд растет с расстоянием от центра синтетической ассоциации, что свидетельствует о расширении синтетической ассоциации.

3. *Расширение ассоциации и реакция сторонников классической теории.* Явление расширения и распада ОВ-ассоциаций привело и сторонников классической теории к необходимости скорректировать теории образования звезд, в результате чего появились работы, которые пытаются объяснить расширение и распад ассоциаций в рамках классической теории. При этом, естественно, не обходиться без привлечения дополнительных предположений и гипотез.

Элик [8] предполагал, что причиной образования и расширения ассоциации являются взрывы сверхновых звезд в диффузной среде. В результате ассоциация должна иметь центральное ядро и расширяться одинаково во всех направлениях. Морфология звездных ассоциаций не подтверждает эти ожидания. Причем звездообразование в ассоциации продолжается в течение всей жизни каждой ассоциации.

Оорт [9] и Оорт и Спитцер [10] разработали другую концепцию образования расширения ассоциации, основываясь на гипотезе о конденсации диффузной материи в звезды. Они предполагают, что до рождения ассоциации существовала О-звезда, расположенная внутри очень массивной газовой туманности. Нагревая туманность, эта звезда вызывает расширение соседних с ней частей туманности. На границе внутренних нагретых и внешних холодных слоев туманности наблюдаются области сжатого газа, которые вследствие гравитационной неустойчивости Джинса преобразуются в звезды. Помимо того, что гипотеза Оорта - Спитцера исходит из факта уже готовых О-звезд, оставляя открытым вопрос о рождении этих "родоначальников" формирующихся вокруг О-звезд систем, она противоречит наблюдениям (крайне молодые звезды, составляющие Трапедии, большие скорости звезд, скопления молодых звезд меньших размеров и т. д.) [11]. Кроме того, как показал Менон [12], расширение туманности и разбегание молодых звезд, с энергетической точки зрения, невозможно объяснить воздействием О-звезды.

Цвикки [13] предполагал, что неустойчивость системы ОВ-звезд может быть вызвана выметанием диффузного вещества ассоциации в межзвездную среду, вследствие радиационного излучения ОВ-звезд.

Эти идеи, высказанные в 50-х годах, в разных вариациях, иногда в комбинированном виде, встречаются во многих современных теориях.

Например, согласно Дурру и др. [14], расширение ассоциации является следствием малой эффективности образования звезд из

диффузного, молекулярного вещества. Образование ОВ - звезд приводит к тому, что в результате давления излучения и звездного ветра, подавляющая масса молекулярного вещества сравнительно быстро выметается в межзвездное пространство, что в свою очередь приводит к неустойчивости оголившейся системы ОВ-звезд и к ее расширению.

Общим для этих теорий является предположение о существовании в теле будущей ассоциации облака диффузного вещества, из которой с течением времени образуется система ОВ-звезд. Однако наблюдательные данные никак не подтверждают данное предположение.

Наоборот, в настоящее время происходит обогащение и прирост молекулярных облаков за счет мощных молекулярных истечений из дозвездных объектов. Амбарцумян [15] приводит ряд других веских аргументов в пользу гипотезы совместного образования звезд и молекулярных облаков, и считает, что молекулярное облако образуется внутри звездной ассоциации.

Серьезным затруднением для классических теорий является открытие Блау и Морганом [16] быстролетящих ОВ-звезд, которые удаляются от материнской ассоциации со скоростью порядка 100 км/с. Между тем, по оценке Амбарцумяна [17], в рамках данных теорий, максимальная скорость расширения, которую можно ожидать, едва ли превышает 30 км/с.

Между тем, согласно исследованиям Круз-Гонзалес и др. [18], Гиса [19] и Гармани [20], около 30% ОВ-звезд наблюдаются в общем звездном поле, вследствие их больших скоростей. Они выброшены из материнских ассоциаций со скоростями порядка 30 км/с и больше.

Например, в работе Гиса и Болтона [21] анализ кинематических возрастов 36 ярких быстролетящих ОВ-звезд показывает, что все они были выброшены из ОВ-ассоциаций.

Такой высокий процент ОВ - звезд поля с большой вероятностью исключает случайный механизм приобретения высоких скоростей и указывает на закономерность данного процесса.

Для объяснения явления быстролетящих звезд и звезд поля сторонникам классической теории приходится привлекать другие механизмы.

Например, согласно Блау [22], быстролетящие звезды появляются в результате взрыва сверхновой в двойной звезде. Основная идея Блау была развита рядом других авторов [23]. Другие же считают, что процесс приобретения высоких скоростей может быть результатом тесного динамического взаимодействия звезд [21,24,25]. О серьезных проблемах этой теории можно судить по полемике между сторонниками этих теорий (см. например [23,24]). Мы, со своей стороны, отметим общий, на наш взгляд, концептуальный недостаток обеих теорий, выражающийся в том, что феномен быстролетящих звезд и звезд поля искусственно отделяется от общего процесса рождения и расширения ассоциации.

4. Звезды *OB*-ассоциаций и галактического звездного поля.

Некоторую ясность на природу звезд поля вносит изучение распределений звезд поля и ассоциаций по спектральным типам.

Согласно Гису [19], который использовал данные около 200 звезд спектрального класса *O*, эти распределения одинаковы.

Однако на основе более значительного материала (1650 звезд спектральных классов *O-B2*) Гармани [20] утверждает, что распределение звезд поля и ассоциаций по спектральным типам отличаются. Так, если среди звезд спектрального класса *O* звезды поля составляют 25% (50 звезд из 200), то среди звезд спектрального класса *B* звезды поля составляют 44% [20].

Данный факт можно объяснить, считая, что звезды поля являются в среднем более старыми, чем звезды ассоциаций и образование звезд в ядрах ассоциаций не единовременный, а продолжительный процесс, в течение которого среди первого поколения *OB*-звезд происходит уменьшение относительного числа *O*-звезд по сравнению с *B*-звездами, из-за сравнительно меньшей продолжительности стадии *O*-звезды.

В пользу нашего первого предположения, возможно, говорит тот факт, что среднее время полета *O*-звезд, определенное как

$$t = \frac{z}{V_z},$$

где z - расстояние звезды от галактической плоскости, V_z - составляющая пространственной скорости по z , больше для звезд поля, чем для звезд ассоциаций [19].

Учитывая, что *OB* звезды рождаются в плоскости Галактики, нетрудно понять, что определенное таким образом время полета эквивалентно, в какой-то мере, возрасту звезды.

Аналогичный вывод следует из результатов работы Круз-Гонзалес и др. [18]. Данные, приведенные в их работе [18], показывают, что отношение z/\bar{V}_{pr} , где z - среднее расстояние звезд от галактической плоскости, а \bar{V}_{pr} - средняя абсолютная пекулярная лучевая скорость звезд, для *O*-звезд, не связанных с НII-областями, в 1.3 раза больше соответствующего отношения для *O*-звезд, связанных с НII-областями. Поскольку НII-области связаны в основном с ассоциациями, то легко заметить, что *O*-звезды, не связанные с НII-областями, являются в основном звездами поля, из чего следует, что кинематический возраст этих звезд в среднем больше кинематического возраста *O*-звезд ассоциаций. Дальнейшее изучение этого вопроса представляет несомненный интерес.

5. *O* продолжительности активного процесса звездообразования. Для обоснования нашего второго предположения оценим

продолжительность процесса активного звездообразования в ОВ-ассоциациях. Для оценки продолжительности процесса звездообразования в ОВ-ассоциациях воспользуемся методом, предложенным ранее одним из авторов для оценки продолжительности стадии ОВ-звезды [26].

Средняя продолжительность стадии ОВ-звезды разных спектральных подклассов была определена, предполагая, что число этих звезд с удалением от области звездообразования постепенно убывает вследствие того, что звезды, старея, выходят из данных спектральных классов. Для большей точности был использован статистический метод "синтетической ассоциации" [6].

Оказалось, что наблюдаемое распределение ОВ-звезд вокруг ядра синтетической ассоциации можно с достаточной точностью представить монотонно убывающей функцией расстояния звезд до ядра синтетической ассоциации. Это дало серьезное основание допустить, что интенсивность образования ОВ-звезд в ОВ-ассоциациях была почти постоянной, по крайней мере, за последние десятки миллионов лет [26].

При постоянной интенсивности звездообразования, учитывая почти радиальное расширение звезд ассоциации, плотность потока звезд из центра синтетической ассоциации пропорциональна r^{-2} :

$$d(r) \sim r^{-2}. \quad (1)$$

При рассмотрении только ОВ-звезд - характерного населения ОВ-ассоциаций, закон изменения плотности этих звезд будет отличаться от выражения (1).

Это обусловлено процессом старения звезд - выхода из данного спектрального подкласса, по мере удаления от центра системы. При учете этого явления плотность потока ОВ-звезд определяется выражением:

$$d(r) = r^{-2} \cdot F(r),$$

где $F(r)$ представляет собой функцию изменения потока определенного подкласса ОВ-звезд с расстоянием от центра синтетической ассоциации из-за старения.

6. *Функция старения - $F(r)$* . Звезды, удаляясь от центра ассоциации, стареют. Наблюдаемая функция $F(r)$ фактически характеризует скорость старения и может служить основой для оценки темпов развития и средней продолжительности стадии ОВ-звезд различных спектральных подклассов.

Наблюдательные данные о пространственном распределении ОВ-звезд вокруг центра синтетической ассоциации позволяют представить функцию старения звезд - $F(r)$ в виде [26]:

$$F(r) = Ce^{-\alpha(r-r_0)},$$

где C и a постоянные, τ - время, истекшее с момента возникновения и вылета ОВ-звезд из ядра ассоциации, а τ_0 - начальный момент.

Из данного представления функции старения вытекает, что период "полустарения" - T для звезд спектральных подклассов ОВ равен [26]:

$$T = \alpha^{-1}.$$

Средняя продолжительность стадии ОВ-звезды не может сильно отличаться от периода их полустарения. Следовательно, ее можно оценить с помощью функции старения.

В работе [27] таким способом были оценены средние продолжительности стадий ОВ-звезд на основе наблюдаемых функций старения. Полученные оценки средних продолжительностей стадий ОВ-звезд (табл. 1) не противоречат максимальным возрастам звезд этих спектральных классов, вычисленным при предположении, что излучение звезды обусловлено термоядерными реакциями: горением водорода в недрах звезды (см., например, работу Унзоляда [28]).

Таблица 1

СРЕДНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СТАДИЙ ОВ-ЗВЕЗД, ОПРЕДЕЛЕННЫЕ С ПОМОЩЬЮ СИНТЕТИЧЕСКОЙ АССОЦИАЦИИ

Спектр	Средняя продолжительность ($\alpha^{-1} \cdot 10^6$ лет)
O5-B0	16
B0.5-B1	16
B1.5-B4	82
B2.5-B5	236

Наблюдаемая картина старения ОВ-звезд различных спектральных подклассов свидетельствует о большой дисперсии в физических характеристиках звезд, обусловленной дисперсией в начальных условиях их формирования. Иначе говоря, различия в массах, светимостях и других характеристиках звезд, рождающихся в ОВ-ассоциациях, приводят к сглаживанию кривой старения, вследствие чего она удовлетворительно представляется экспоненциальной функцией, характерной для статистических процессов [26].

Экспоненциальный характер функции старения подсказывает, что представленную в работах [26,27] картину звездообразования, при постоянной ее интенсивности, можно описать следующим дифференциальным уравнением:

$$\frac{d N_1(t)}{dt} = -\lambda_1 N_1(t) + C_0, \quad (2)$$

где $N_1(t)$ - число ОВ-звезд данного спектрального подкласса, λ_1^{-1} - средняя продолжительность пребывания звезд в стадии соответствующей данному спектральному подклассу, а C_0 - постоянная, характеризующая скорость звездообразования.

Решение уравнения (2) имеет вид:

$$N_1(t) = \frac{C_0}{\lambda_1} (1 - e^{-\lambda_1 t}).$$

Число звезд - $n(\tau)$, имеющих возраст τ в момент времени t , естественно, равно:

$$n(\tau) = N_1(t) \varphi(\tau, t) d\tau, \quad (3)$$

где $\varphi(\tau, t)$ - функция распределения возрастов ОВ-звезд в момент времени t .

С другой стороны, это число равно числу ОВ-звезд, рожденных в интервале времени $(t - \tau + d\tau) - (t - \tau)$ и не покинувших за время τ стадию ОВ-звезды данного спектрального подкласса:

$$n(\tau) = C_0 e^{-\lambda_1 \tau} d\tau. \quad (4)$$

Приравнивая (3) и (4) для функции распределения возрастов ОВ-звезд, получим:

$$\varphi(\tau, t) = \frac{C_0 e^{-\lambda_1 \tau}}{N_1(t)}. \quad (5)$$

Полученная функция распределения возрастов и функция старения с точностью до постоянной - идентичны. Дело в том, что при выводе функции старения принималось, что расстояние ОВ-звезд от центра синтетической ассоциации пропорционально возрасту этих звезд (как следствие почти радиального расширения ассоциации).

Поэтому имеем:

$$\varphi(\tau, t) \sim F(r). \quad (6)$$

Из (6) следует равенство коэффициентов при показателях экспонент: $\lambda_1 = \alpha$, что показывает, что α^{-1} действительно является средней продолжительностью стадии ОВ-звезды данного спектрального подкласса, при постоянной скорости звездообразования.

7. О протозвездной стадии развития звезд ОВ-ассоциации.
Применяя наблюдательный подход и полученные в работах [26,27] результаты, можно аналогичным образом получить искомую оценку средней продолжительности процесса активного звездообразования при следующих предположениях:

- в ядрах будущей ОВ-ассоциации существует система протозвездных объектов, которая со временем преобразуется в систему ОВ-звезд;
- число объектов, переходящих из протозвездной стадии в стадию ОВ-звезд, пропорционально количеству протозвездных объектов в данный момент времени.

Основанием для такого допущения может служить то, что аналогичная пропорциональность, как показано выше, имеет место в случае переходов самих ОВ-звезд в последующую стадию развития.

При сделанных правдоподобных предположениях, вместо уравнения (2), темпы звездообразования можно описать системой из двух уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dN_0(t)}{dt} &= -\lambda_0 N_0(t), \\ \frac{dN_1(t)}{dt} &= -\lambda_1 N_1(t) + \lambda_0 N_0(t), \end{aligned} \quad (7)$$

с начальными условиями: $N_0(0) = C$, $N_1(0) = 0$, где $N_0(t)$ - число протозвездных объектов в момент времени t , а λ_0^{-1} - средняя продолжительность протозвездной стадии.

Первое из уравнений системы (7) представляет закон изменения числа протозвездных объектов, вытекающий из нашего предположения о пропорциональности числа переходов протозвезд в стадию ОВ-звезды числу существующих на данный момент протозвезд.

Второе уравнение системы (7) показывает, что скорость изменения числа ОВ-звезд данных спектральных подклассов равна числу протозвездных объектов, переходящих за единицу времени в стадию ОВ-звезды минус число тех ОВ-звезд, которые за то же время покинули стадию ОВ-звезды.

Начальные условия соответствуют предположению о том, что в начальный момент будущая ОВ-ассоциация состояла только из протозвездных объектов.

Решение системы (7) можно получить с помощью известных методов дифференциальных уравнений. Оно имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} N_0(t) &= Ce^{-\lambda_0 t}, \\ N_1(t) &= C \frac{\lambda_0}{\lambda_1 - \lambda_0} (e^{-\lambda_0 t} - e^{-\lambda_1 t}). \end{aligned} \quad (8)$$

Как и выше, число $n(\tau)$ ОВ-звезд, имеющих возраст τ , равно:

$$n(\tau) = N_1(t) \varphi(\tau, t) d\tau. \quad (9)$$

С другой стороны, $n(\tau)$ равно числу ОВ-звезд, рожденных в интервале времени $(t - \tau + d\tau) - (t - \tau)$ и не покинувших за время τ стадию ОВ-

звезды:

$$n(\tau) = \lambda_0 N_0(t-\tau) e^{-\lambda_1 \tau} d\tau. \quad (10)$$

Приравнивая (9) и (10), получим функцию распределения возрастов ОВ-звезд в случае, когда темпы звездообразования описываются системой уравнений (7):

$$\varphi(\tau, t) = \frac{\lambda_0 N_0(t-\tau) e^{-\lambda_1 \tau}}{N_1(t)}. \quad (11)$$

Подставляя из (8) соответствующие выражения для $N_0(t-\tau)$, $N_1(t)$ в (11) окончательно получим:

$$\varphi(\tau, t) = \frac{\lambda_0 - \lambda_1}{e^{(\lambda_0 - \lambda_1)t} - 1} \cdot e^{(\lambda_0 - \lambda_1)\tau}. \quad (12)$$

Из сравнения $\varphi(\tau, t)$ с функцией старения следует, что в данном случае величина α имеет несколько другой смысл и равна:

$$\alpha = \lambda_1 - \lambda_0, \quad (13)$$

где λ_0^{-1} и λ_1^{-1} - средние продолжительности стадий протозвезды и ОВ-звезды, соответственно.

Поскольку по своему физическому смыслу величины, входящие в выражение (13) положительны, то имеем неравенства:

$$\lambda_1 > \alpha, \quad \lambda_1 > \lambda_0.$$

Неравенство $\lambda_1 > \alpha$ означает, что средняя продолжительность стадии ОВ-звезды данного спектрального подкласса - λ_1^{-1} меньше соответствующих значений α^{-1} , приведенных в табл. 1, т.е. полученные в работе [27] оценки средних продолжительностей являются верхними оценками. Напомним, что к такому же выводу приводит и сравнение полученных в [27] оценок с максимальными возрастными звезд, вычисленными при предположении о том, что излучение звезды обусловлено термоядерными реакциями.

Неравенство $\lambda_1 > \lambda_0$ представляется более важным с точки зрения теории формирования звезд. Оно эквивалентно неравенству $\lambda_0^{-1} > \lambda_1^{-1}$, которое означает, что средняя продолжительность протозвездной стадии для ОВ-звезд больше средней продолжительности самой стадии ОВ-звезды, которая порядка 10^7 лет. Однако она не может быть существенно больше 10^7 лет, поскольку в этом случае темпы рождения ОВ-звезд были бы намного меньше темпов их вымирания, и ОВ-ассоциаций не существовали бы.

Утверждение о том, что продолжительность протозвездной стадии для ОВ-звезд порядка 10^7 лет, равносильно тому, что процесс активного

звездообразования тоже порядка 10^7 лет.

Естественно, что за это время первые сформировавшиеся О-звезды успевают выйти также из стадии О-звезды, вследствие чего уменьшается процент О-звезд среди звезд поля.

8. Формирование маломассивных звезд в ОВ-ассоциациях.

По характерному составу звездного населения четко выделяются два основных типа звездных ассоциаций - ОВ-ассоциации и Т-ассоциации. Если ближайшие ОВ-ассоциации, где звезды типа Т Тельца еще доступны наблюдениям, содержат множество звезд типа Т Тельца и других маломассивных звездных объектов, то существует значительное количество Т-ассоциаций, не содержащих молодых гигантских и сверхгигантских звезд спектральных классов ОВ.

Казалось, что с точки зрения теории образования звезд из диффузного вещества, скорес всего должно было быть наоборот: следовало ожидать существование чистых ОВ-ассоциаций. Дело в том, что, во-первых, время сжатия (формирования) массивных звезд, согласно теории, более чем на порядок меньше времени сжатия маломассивных звезд, во-вторых, образование одной или нескольких ОВ-звезд приводит к физическим условиям, в которых формирование маломассивных звезд из диффузного вещества становится невозможным (из-за разрушающего воздействия давления излучения, звездного ветра, фронта ионизации и т.д. на диффузное вещество).

Во избежание этой трудности сторонникам теории приходится допустить, что образование маломассивных и массивных звезд происходит поэтапно: сначала формируется система маломассивных звезд, а потом - система массивных ОВ-звезд.

Идея о том, что подсистема из маломассивных звезд формируется раньше системы массивных звезд была впервые высказана Хербигом [29] для объяснения наблюдаемых несоответствий временных шкал развития маломассивных и массивных звезд. Например, для скопления Плеяды, согласно Хербигу [29], образование маломассивных звезд началось $2 \cdot 10^4$ лет назад, а образование массивных звезд - $6 \cdot 10^7$ лет назад.

В рамках теории образования звезд из диффузного вещества и данного предположения Хербига неизбежно следует, что образование маломассивных и массивных звезд происходит в разных физических условиях и разными механизмами. Эти идеи в дальнейшем и по настоящее время развивались многими авторами. Правда, временные шкалы образования маломассивных и массивных звезд серьезно отличаются от тех, которые предполагал Хербиг [29].

Например, Лада [30] предполагает, что сначала за время порядка 10^6 лет по всему объему будущей ассоциации возникают маломассивные

звезды, после чего за время порядка 10^7 лет, в результате действия механизма последовательного образования подгрупп ОВ-звезд [31], из диффузного вещества образуется ОВ-ассоциация.

Данный механизм [31] объясняет существование в ОВ-ассоциации отдельных подгрупп ОВ-звезд разных возрастов. В качестве примера часто приводится ассоциация Ориона, где согласно Блау [22] наблюдаются четыре подгруппы ОВ-звезд разных возрастов ($12 \cdot 10^4$, $8 \cdot 10^4$, $6 \cdot 10^4$, $2 \cdot 10^4$ лет), расположенные, соответственно, по направлению северо-восток - юго-запад.

Однако согласно картине, представленной в работе Лады [30], не следовало ожидать существенного градиента звезд типа Т Тельца по тому же направлению. На самом деле вдоль направления северо-восток - юго-запад количество звезд типа Т Тельца, входящих в состав Т-ассоциаций (Orі T1 - Orі T3 - Orі T2), возрастает на один порядок, составляя, соответственно, 40, 90, 400 звезд, т.е. в более молодых областях формирования звезд ассоциации Ориона число звезд типа Т Тельца больше. Это скорее всего говорит о том, что процессы формирования ОВ-звезд и звезд типа Т Тельца в ОВ-ассоциациях более тесно связаны во времени и в пространстве, чем предполагает Лада [30].

Все же главной трудностью поэтапного образования маломассивных и массивных звезд являются опять-таки наблюдательные данные, свидетельствующие о том, что в настоящее время в ОВ-ассоциациях не только в большом количестве существуют молодые маломассивные звезды, но и продолжается процесс их образования.

На наш взгляд, наличие процесса образования маломассивных звезд в ассоциациях, при существовании уже сформировавшихся ОВ-звезд, с неизбежностью приводит к выводу о том, что маломассивные звезды (и не только) образуются из дозвездных тел высокой плотности, которые пренебрежимо мало подвержены разрушающему влиянию радиационного давления, звездного ветра, фронта ионизации ОВ-звезд и т. д.

9. Заключение. Наблюдательный подход к ранним стадиям эволюции звезд, берущий начало с работ Амбарцумяна [1,2], является, на наш взгляд, наиболее мощным оружием в руках исследователя на настоящем этапе развития астрофизики.

В данной работе, основанной на этом подходе, обсуждены некоторые проблемы, связанные с образованием и распадом ОВ - ассоциаций, формированием в них маломассивных звезд.

На основе наблюдательных данных высказано предположение, что ОВ-звезды поля, выброшенные из материнских ассоциаций, в среднем более старые, чем ОВ-звезды самих ассоциаций.

Оценена средняя продолжительность (10^7 лет) активного звездообразования в ассоциациях.

Рассмотрение вопроса о формировании маломассивных звезд в OB - ассоциациях привело к выводу о том, что они могут образоваться из дозвездных тел высокой плотности.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория, Армения

OBSERVATIONAL APPROACH TO STAR FORMATION

L.V.MIRZOYAN, A.A.AKOPIAN

Observational approach to the early stages of stellar evolution was applied to some problems of formation and expansion of the stellar associations, origin of the OB - stars in galactic stellar field and low mass stars formation in OB associations. The OB - stars of field, which were ejected from the maternal associations, are older than OB - stars in the associations. Mean duration of the active star formation in OB - associations was estimated. It is suggested, that in the conditions of OB - associations low mass stars can be formed from the dense protostellar objects.

ЛИТЕРАТУРА

1. *В.А.Амбарцумян*, Эволюция звезд и астрофизика, АН Арм.ССР, Ереван, 1947.
2. *В.А.Амбарцумян*, Астрон. Ж., 26, 3, 1949.
3. *А.Блааув*, Bull. Astron. Inst. Netherland, 11, 405, 1952
4. *L.V.Mirzoyan*, IAU Transactions, vol. 12B, ed. J.-C. Pecker, Academic Press, London - New York, 1966, p.419.
5. *L.V.Mirzoyan, G.N.Salukvadze*, Astrophys. Sp. Sci. 110, №1, 1985.
6. *Л.В.Мирзоян*, Сообщ. Бюраканской обс., 33, 41, 1963.
7. *Л.В.Мирзоян*, Ранние стадии эволюции звезд, АН Арм.ССР, Ереван, 1991.
8. *Е.И.Опик*, Irish. Astron.J., 2, 219, 1953.
9. *Ж.Н.Оорт*, Bull. Astron Inst. Netherland. 12, 177, 1952.
10. *Ж.Н.Оорт, Л. Спитцер*, Astrophys. J., 121, 6, 1955.
11. *В.А.Амбарцумян*, в сб.: "Космическая газодинамика", ИЛ, 1960, с. 65.
12. *Т.Менон*, в сб.: "Космическая газодинамика", ИЛ, 1960, с.273.
13. *F.Zwicky*, Publ. Astron. Soc. Pacific, 65, 205, 1953.
14. *R.Duerr, C.L.Imhoff, C.J.Lada*, Astrophys. J., 261, 135, 1982.
15. *V.A.Ambartsumian*, Compendium in Astronomy, eds. E.G.Mariolopoulos et al., D.Reidel, Dordrecht - Boston - London, 1982, p.211.

16. *A.Blaauw, W.Morgan*, *Astrophys.J.*, **119**, 625, 1954.
17. *V.A.Ambartsumian*, *Observatory*, **75**, 72, 1955.
18. *C.Cruz-Gonzalez, E.Raccillas-Cruz, R.Costero, M.Peimbert, S.Torres-Peimbert*, *Rev. Mex. Astron. Astrophys.*, **1**, 211, 1974.
19. *D.R.Gies*, *Astrophys. J. Suppl.*, **64**, 545, 1987.
20. *C.D.Garmany*, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, **106**, 25, 1994.
21. *D.R.Gies, C.T.Bolton*, *Astrophys. J. Suppl.*, **61**, 419, 1986.
22. *A.Blaauw*, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, **2**, 213, 1964.
23. *R.C.Stone*, *Astron. J.*, **102**, 333, 1991.
24. *T.van Albada*, *Bull. Astron. Inst. Netherland*, **20**, 57, 1968.
25. *P.J.T.Leonard, M.J.Duncan*, *Astron. J.*, **96**, 222, 1988
26. *Л.В.Мирзоян*, *Астрофизика*, **1**, 109, 1965.
27. *Л.В.Мирзоян, Э.С.Казарян, О.С.Чавушян*, *Сообщ. Бюраканской обс.*, **41**, 69, 1969.
28. *A.Unsöld*, *Z. Astrophys.*, **24**, 278, 1948.
29. *G.H.Herbig*, *Astrophys. J.*, **135**, 736, 1962.
30. *C.J.Lada*, *Prep. Steward Obs.*, №647, 1986.
31. *B.G.Elmegreen, C.J.Lada*, *Astrophys. J.*, **214**, 725, 1977.