

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
АСТРОФИЗИКА

ТОМ I

ФЕВРАЛЬ, 1965

ВЫПУСК I

НЕПРЕРЫВНОЕ ВОЗНИКНОВЕНИЕ И ТЕМПЫ РАЗВИТИЯ
ЗВЕЗД В ЗВЕЗДНЫХ АССОЦИАЦИЯХ

Л. В. МИРЗОЯН

Поступила 20 августа 1964

Проанализированы наблюдательные данные о распределении O-B1 звезд вокруг ядер звездных ассоциаций, представляемые законом (1).

Показано, что возрастающее с расстоянием до ядер отклонение этого закона от формулы (3), справедливой при непрерывном возникновении и расширении подсистем вокруг ядер звездных ассоциаций, обусловлено, в основном, процессом старения звезд. Оценено влияние существующего градиента скорости расширения звезд в радиальном направлении на закон распределения звездной плотности в ассоциациях.

Изучен ход старения O-B1 звезд с удалением от ядер и во времени. Получены оценки периода полустарения O-B1 звезд, определяемого как промежуток времени, необходимый для старения половины всех звезд рассматриваемых классов. Эти оценки заключены в интервале значений $5 \cdot 10^6 - 2 \cdot 10^7$ лет.

Из наблюдаемого регулярно убывающего хода звездной плотности с удалением от ядер, отрицающего роль последовательной фрагментации дозвездных тел, заключено, что звезды формируются в весьма малых объемах вокруг ядер.

Наконец, получен вывод о том, что наблюдаемое распределение O-B1 звезд вокруг ядер в первом приближении удовлетворительно представляется при экспоненциальном законе старения звезд, что следовало бы ожидать в случае статистического характера процесса старения. Этот факт истолкован как результат большого разнообразия физических характеристик вновь формирующихся звезд.

В настоящее время можно считать установленным продолжающееся возникновение звезд плоских и промежуточных подсистем Галактики в звездных ассоциациях [1, 2]. Вследствие расширения и последующего распада ассоциаций возникающие в них звезды в дальнейшем входят в общее галактическое поле. Новые свидетельства в пользу представления о расширении и распаде звездных ассоциаций были получены в работе автора [3].

В настоящей работе рассмотрены некоторые вопросы возникновения и развития O-B1 звезд на основе наблюдательных данных о распределении этих звезд в звездных ассоциациях.

1. *Распределение звезд вокруг ядер.* В зависимости от изменений во времени интенсивности формирования звезд с начала звездообразовательного процесса в ассоциации. в ней, в каждый момент ее жизни, должно наблюдаться определенное распределение звезд вокруг породивших их ядер. Поэтому закон распределения звезд вокруг ядер современных звездных ассоциаций может служить источником информации об интенсивности формирования звезд в Галактике в разные периоды жизни ассоциаций и о темпах развития звезд в этих системах.

Поскольку более или менее хорошо изучены пока О-ассоциации, удобно рассмотреть указанный вопрос в применении к этим системам. Однако наличие нескольких ядер в некоторых О-ассоциациях усложняет ожидаемое распределение звезд в объемах этих ассоциаций. Этот факт, вместе с малочисленностью ОВ-звезд, наиболее характерных членов О-ассоциаций, в отдельных ассоциациях значительно затрудняет вывод закона распределения звезд вокруг ядер каждой отдельной ассоциации.

Задача эта значительно упрощается при совместном рассмотрении всех известных О-ассоциаций.

В недавней работе автора [4] с помощью данных [5, 6] был выведен закон распределения О-В1 звезд вокруг ядра синтетической „ассоциации“, составленной посредством суперпозиции О-В1 подсистем вокруг ядер всех известных О-ассоциаций.

Оказалось, что распределение парциальной плотности — $d(r)$ звезд спектральных классов О-В1 вокруг ядра синтетической „ассоциации“ можно представить в первом приближении законом $\sim r^{-3}$, а более точно — „гиперболическим“ законом вида

$$(\lg d)^2 = (2 \lg r - a)^2 - b^2, \quad (1)$$

где r — расстояние от ядра, выраженное в кпс, а a и b — постоянные величины.

Значения постоянных a и b для О-В0.5 и О-В1 звезд, определенные по наблюдаемому распределению этих звезд в синтетической „ассоциации“ [4], приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Звезды	Число звезд	a	b
О-В0.5	338	1.19	3.26
О-В1	733	2.08	7.88

2. *Непрерывное возникновение звезд.* Наблюдаемое непрерывное монотонно убывающее распределение звездной плотности вокруг ядра

синтетической „ассоциации“, по-видимому, следует трактовать как результат непрерывного возникновения звезд в Галактике, точнее в ее околосолнечном объеме, для которого получен закон (1), с почти постоянной средней интенсивностью, по крайней мере, за время жизни современных звездных ассоциаций. Иначе говоря, мы допустим, что интенсивность формирования звезд в наблюдаемом объеме Галактики за последние десятки миллионов лет оставалась почти постоянной для всей совокупности О-ассоциаций в целом, хотя, возможно, не во всех ассоциациях процесс формирования звезд имел непрерывный характер.

Поэтому это допущение справедливо лишь в целом для всего комплекса рассматриваемых О-ассоциаций, как статистического множества.

Необходимо отметить, что такое объяснение наблюдаемого распределения О-В1 звезд вокруг ядер ассоциаций корректно только при справедливости представления о расширении и распаде этих систем.

Если же отказаться от этого представления, то наблюдаемую картину распределения О-В1 звезд в синтетической „ассоциации“ можно рассматривать как результат суперпозиции окружающих подсистем с радиусами, достигающими до 400—500 пс, и с парциальными плотностями О-В1 звезд, убывающими к периферии.

Так как, однако, расширение и последующий распад звездных ассоциаций в настоящее время вряд ли подлежат сомнению [3], а в пользу существования подсистем О-В1 звезд описанных выше размеров и, вместе с этим динамически устойчивых (иначе они ничем не отличались бы от реальных ассоциаций) нет никаких свидетельств, то следует признать обоснованным допущение о непрерывном возникновении звезд в околосолнечном объеме за последние десятки миллионов лет жизни Галактики, вероятно, с почти постоянной интенсивностью.

Нетрудно убедиться, что справедливо и обратное положение. А именно, если исходить из представления о возникновении звезд в совокупности всех наблюдаемых О-ассоциаций, то мы с неизбежностью приходим к непрерывной, убывающей с расстоянием функции распределения звезд вокруг ядра синтетической „ассоциации“.

Действительно, если считать Галактику стационарной за время распада одной ассоциации, то поток звезд из центра синтетической „ассоциации“ должен удовлетворять условию стационарности

$$d(r) r^2 V = \text{const}, \quad (2)$$

где V — скорость удаления звезд от ядер.

Если допустить, кроме того, постоянство V в синтетической „ас-

социации^а, то из (2) для распределения суммарной плотности вокруг ядер получим закон

$$d(r) \sim r^{-2}, \quad (3)$$

справедливый для множества звезд всех спектральных классов, порождаемых ядрами.

В противном случае, если допустить, что звездообразовательный процесс в Галактике уже прекратился, то следовало бы ожидать минимум этой функции в непосредственных окрестностях ядер.

Следует отметить, что сделанное выше допущение о постоянстве V не существенно для непрерывности закона распределения.

3. Старение звезд и градиент скоростей их разлетания из ядер. В тех случаях, когда рассмотрение ограничено только звездами определенных классов, наблюдаемый закон распределения парциальной звездной плотности вокруг ядер ассоциаций должен быть отличным от стационарного закона (3) вследствие дифференциального влияния на звездную плотность процесса старения звезд по мере их удаления от ядра. Влияние это, естественно, проявляется в изменении спектрального состава звезд в потоке из-за перехода звезд в более поздние спектральные классы.

Очевидно, что явление старения звезд, по мере их удаления от порождающих ядер, в частности в случае O-B1 звезд, должно привести к обеднению потока звезд, то есть к более крутому падению парциальной звездной плотности с расстоянием, чем при законе $\sim r^{-2}$.

Этот важный факт открывает возможность по отклонению наблюдаемого закона распределения парциальной звездной плотности в синтетической „ассоциации“ от ожидаемого для стационарного случая судить о темпах развития OВ-звезд в ассоциациях*.

Процесс старения звезд, однако, не единственная причина, приводящая к возрастающему с расстоянием от ядра отклонению наблюдаемого закона распределения парциальной звездной плотности от ожидаемого для стационарного случая.

Существуют и другие факторы, действующие в том же направлении. Например, среди ядер звездных ассоциаций могут существовать сравнительно устойчивые системы (кратные звезды и звездные скопления), которые распадаются не сразу, в космическом масштабе времени. По этой причине в непосредственной окрестности ядра синтетической „ассоциации“ звездная плотность должна падать сначала несколько медленнее, а затем быстрее, чем при законе $\sim r^{-2}$. К со-

* Предварительные результаты исследования, основанные на приближенном законе $d(r) \sim r^{-3}$, опубликованы в [7].

жалению, влияние этого фактора на закон распределения звездной плотности вокруг ядер в настоящее время не поддается хотя бы приблизительной оценке. Можно, однако, предполагать, что оно небольшое. Об этом свидетельствует тот факт, что наблюдаемое распределение звездной плотности даже в ближайших окрестностях ядра не приводит к значению n меньше 2, в законе вида $\sim r^{-n}$, и только у самого ядра n стремится к 2. Этим и был обусловлен выбор закона (1) в [4].

Более действенным фактором, по-видимому, является наличие зависимости средней скорости удаления звезд V от расстояния до ядер r . Эта зависимость является прямым следствием неодновременного выхода звезд из ядер ассоциаций и существования значительной дисперсии в скоростях вылета звезд [3]. Действительно, так как звезды разлетаются из ядер ассоциаций с различными скоростями, они в настоящее время должны быть расположены в среднем тем дальше от ядер, чем больше была скорость их вылета [3].

Легко убедиться, что наблюдаемая зависимость V от r должна привести к усилению отклонения наблюдаемого распределения звездной плотности вокруг ядер от закона $\sim r^{-2}$, тем большему, чем больше градиент скорости V по r .

4. *О скорости старения звезд.* С учетом градиента скорости в радиальном направлении условии стационарности (2) запишется в виде

$$d(r) r^2 V(r) = f(r). \quad (4)$$

Функция $f(r)$ фактически является законом изменения потока звезд с расстоянием от ядра синтетической „ассоциации“ вследствие их старения и упомянутого выше градиента скорости. Поэтому с помощью этой функции можно оценить скорость старения звезд в ассоциациях.

При определении функции $f(r)$ для совокупности O-B1 звезд нами использованы данные о распределении парциальной звездной плотности этих звезд в синтетической „ассоциации“ по формуле (1), представленные в табл. 1.

Эти данные, как уже было указано, следует исправить за градиент скорости разлетания звезд из ядер по r . Так как точный градиент в настоящее время неизвестен, сделана попытка приближенной оценки его влияния на функцию $f(r)$.

Допустим, что скорость $V(r)$ растет с расстоянием от ядра линейно и на расстоянии r_2 от ядра становится в k раз больше по сравнению со скоростью на расстоянии r_1

$$V(r_2) = kV(r_1) \quad (k \geq 1 \text{ при } r_2 \geq r_1).$$

Тогда скорость на расстоянии r от ядра определится формулой

$$V(r) = V(r_1) \left[1 - (k-1) \frac{r_1 - r}{r_2 - r_1} \right]. \quad (5)$$

„Гиперболический закон“ распределения звездной плотности (1) достаточно надежно определен в интервале расстояний 10—400 пс [4]. Поэтому целесообразно в формуле (5) поставить $r_1 = 10$ пс; $r_2 = 400$ пс:

$$V(r) = V(10) \left[1 - (k-1) \frac{10 - r}{390} \right]. \quad (6)$$

Значение k можно оценить с помощью средних радиальных скоростей в синтетической „ассоциации“, учитывая, что для сферически симметричной системы средняя скорость расширения определяется формулой [8]

$$V = 2 |V_r|, \quad (7)$$

где V_r — радиальная скорость.

Расчеты показывают (см. например, табл. 1 в [7]), что мыслимые значения величины k находятся между единицей и двойкой. Поэтому нами рассмотрены три значения k : 1.0, 1.5 и 2.0. Значение $k = 1$ соответствует случаю, когда скорость V не зависит от r .

Зависимость $f(r)$, в единицах $f(10)$, от расстояния до ядра синтетической „ассоциации“ для O-B1 звезд при указанных трех значениях k графически представлена на рис. 1.

Очевидно, что представленные кривые характеризуют интенсивность старения звезд на разных расстояниях от ядра синтетической „ассоциации“. Для изучения скорости старения звезд во времени или темпов их развития необходимо определить ход изменения $f(r)$ в зависимости от времени.

Время, необходимое для удаления звезды от ядра до расстояния r , определяется по формуле

$$t = \frac{r}{V(r)}, \quad (8)$$

где по-прежнему скорость $V(r)$ определяется формулой (6).

Как следует из определения времени t , оно при $k > 0$ возрастает не линейно с r , поскольку в этом случае $V(r)$ растет с r . Это хорошо видно на рис. 2. Отсюда следует, что зависимость $f(r)$ от t в действительности должна быть убывающей функцией несколько более крутой, в особенности при больших t , чем соответствующая функция по отношению к координате r .

Зависимость $f(r)$ от t , так же как и зависимость $f(r)$ от r (рис. 1), свидетельствует о том, что процесс старения звезд в потоке — дли-

тельный процесс, а интенсивность его почти постоянна во времени. Действительно, функция $f(r)$ не обрывается в конце жизненного пути потока звезд, а убывает непрерывно, откуда следует, что вероятность старения звезд не возрастает с их удалением от ядра синтетической „ассоциации“.

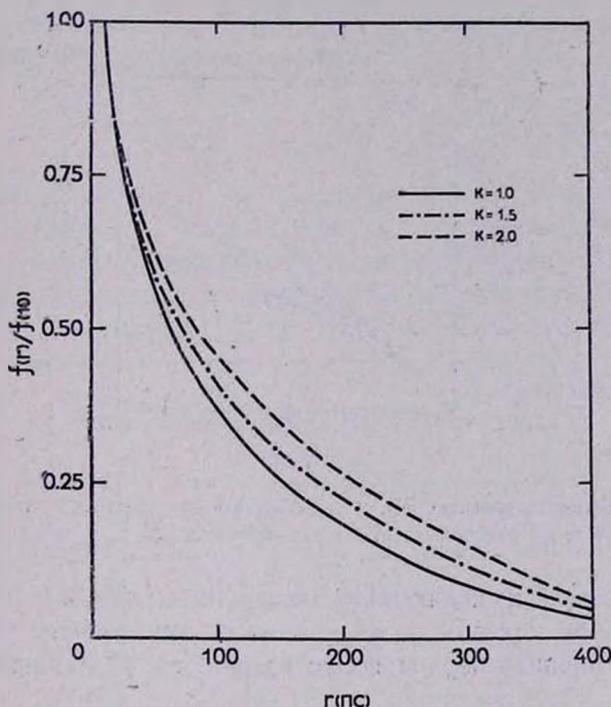


Рис. 1. Наблюдаемая зависимость потока O-B1 звезд от расстояния до центра синтетической «ассоциации» при различных допущениях о величине k .

Этот интересный факт имеет глубокий физический смысл и указывает на большую дисперсию, существующую в „средних возрастах“ O-B1 звезд в синтетической „ассоциации“.

5. *Период полустарения звезд.* Период полустарения звезд рассматриваемых нами классов можно оценить, используя функцию $f(r)$.

Эта функция позволяет определить ту долю звезд данного класса, вышедших из сферы радиуса r_0 вокруг ядра синтетической „ассоциации“, которая достигает расстояния r , оставаясь в рассматриваемом классе.

Очевидно, что эта доля определяется отношением

$$\frac{f(r)}{f(r_0)} = \frac{d(r)r^2V(r)}{d(r_0)r_0^2V(r_0)}. \quad (9)$$

Если теперь допустить, что период полустарения звезд данного класса определяется промежутком времени, необходимым для старения (выхода из класса) половины всех звезд этого класса, то этот период можно определить с помощью условия полустарения

$$\frac{f(r_c)}{f(r_0)} = 0.5. \quad (10)$$

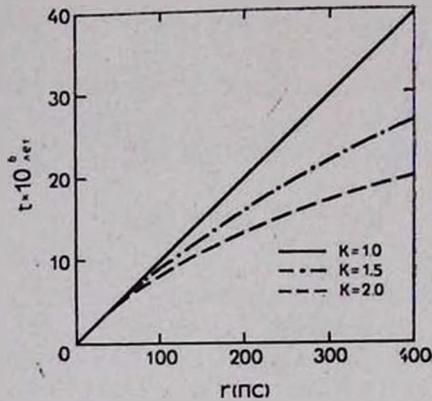


Рис. 2. Зависимость времени (t), необходимого для удаления звезды до данного расстояния (r) от этого расстояния при трех значениях k .

По известным из наблюдений зависимостям $d(r)$ и $V(r)$ определив значение r_c , при котором для данного r_0 выполняется условие (10), затем можно оценить период полустарения звезд данного класса по формуле

$$T = \frac{r_c - r_0}{V(r_c)}, \quad (11)$$

где $V(r_c)$ — средняя скорость разлетаия звезд на расстоянии r_c .

Как следует из этой формулы, период полустарения звезд является функцией от величины r_c . С другой стороны, сама величина r_c однозначно определяется по r_0 из условия (10).

Поэтому T должно быть определенной функцией от r_0 .

Вид этой функции определяется изменением интенсивности процесса старения потока звезд с удалением от ядра. Если вероятность старения звезд* не изменяется по мере их удаления от ядра, иначе говоря, в разные периоды эта вероятность одна и та же, то время, необходимое для полустарения звезд — T , должно быть независимым от

* Термин „вероятность“ здесь просто означает процент звезд, уходящих в единицу времени из рассматриваемого интервала спектральных классов.

r_0 . Если же эта вероятность растет со временем, по мере удаления звезд от ядра, то T должно убывать с возрастанием r_0 .

Рассмотрим, какой из этих двух случаев ближе к действительности. С этой целью воспользуемся наблюдаемой зависимостью T от r_0 .

Подставляя значение $V(r_c)$ из (6) в выражение (11), получим расчетную формулу для определения T :

$$T = \frac{r_c - r_0}{V(10)} \cdot \frac{390}{390 + (k - 1)(r_c - 10)}. \quad (12)$$

По приведенным на рис. 1 кривым можно для выбранного r_0 определить значение r_c , удовлетворяющее условию (10), и далее по формуле (12) соответствующий период полустарения — T .

В табл. 2 приведены результаты вычислений T для O-B1 звезд при шести значениях r_0 . Для скорости принято значение $V(10) = 10$ км/сек.

Таблица 2
ПЕРИОД ПОЛУСТАРЕНИЯ O-B1 ЗВЕЗД
($T \cdot 10^{-6}$ лет)

k			
r_0 (пс)	1.0	1.5	2.0
10	5.2	5.7	6.1
50	8.7	8.7	9.3
100	10.0	9.3	8.3
150	10.0	8.7	7.4
200	8.8	7.9	6.5
250	7.5	6.2	5.3

Данные табл. 2 прежде всего показывают, что влияние градиента скорости по r на определение T незначительно: значения T при данном r_0 мало отличаются для различных k .

Они свидетельствуют затем, что существует слабая тенденция убывания T с возрастанием r_0 , заметная при большом градиенте скорости и на больших расстояниях от ядра (за пределами принятых до сих пор средних размеров звездных ассоциаций [9]).

Эти выводы качественно подтверждаются и данными, относящимися к O-B0.5 звездам (табл. 3).

Если учесть, что на малых расстояниях от ядра наблюдается обратная картина — тенденция возрастания T с r_0 , то, по-видимому, в первом приближении можно допустить, что средняя доля „старееющих“ звезд одинакова на разных расстояниях от ядра.

Данные обеих таблиц одновременно указывают на период полу-

Таблица 3

ПЕРИОД ПОЛУСТАРЕНИЯ О-В0.5 ЗВЕЗД
($T \cdot 10^{-6}$ лет)

r_0 (пс) \ K	1.0	1.5	2.0
10	12.5	14.5	15.0
50	16.8	16.8	15.1
100	17.0	15.7	13.5
150	16.8	14.2	11.9
200	15.5	12.3	10.4
250	13.8	10.7	8.8

старения для О-В1 звезд в интервале $5 \cdot 10^6 - 2 \cdot 10^7$ лет, в удовлетворительном согласии с определениями других авторов [10, 11].

Следует добавить, что для О-В0.5 звезд T по величине оказывается в среднем в два раза больше, чем в случае О-В1 звезд (рис. 3).

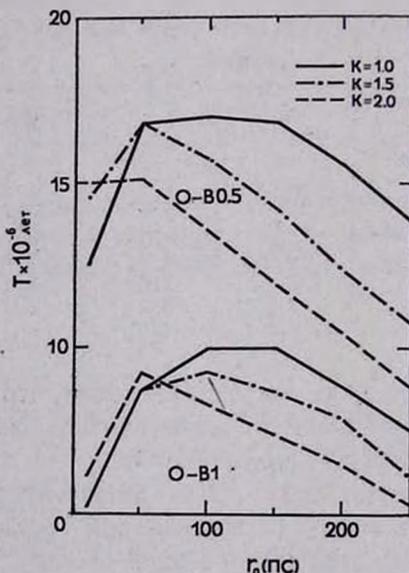


Рис. 3. Зависимость периода полустарения звезд от величины r_0 — расстояния до центра синтетической «ассоциации».

Для этого расхождения возможны два вероятных объяснения. Либо оно обусловлено дифференциальными ошибками определения «гиперболического» закона распределения парциальной звездной плотности в синтетической «ассоциации» для О-В0.5 и О-В1 звезд, либо скорость разлетаия звезд зависит также от спектрального класса, а

именно, более ранние звезды, в среднем, удаляются от ядра с большими скоростями. Первое из этих объяснений нам представляется более правдоподобным.

Дело в том, что при выводе законов распределения звезд вокруг ядра синтетической „ассоциации“ количество использованных O-B1 звезд более чем в два раза превышало количество O-B0.5 звезд. Поэтому следует думать, что полученные для них оценки периода полустарения являются более предпочтительными.

6. *Период полустарения и изменение потока звезд при экспоненциальном законе старения.* Рассмотрим процесс старения звезд как статистический процесс типа радиоактивного распада. В этом случае число звезд, принадлежащих некоторому узкому интервалу ранних спектральных классов, должно убывать в потоке вследствие старения по экспоненциальному закону

$$n = n_0 e^{-\alpha(t-t_0)}, \quad (13)$$

где n_0 — число звезд в потоке в момент t_0 , n — в момент t , а α — постоянная, обратная по величине периоду полустарения звезд.

Переходя от числа звезд к звездной плотности, получим в принятых обозначениях

$$d(r) = \frac{c}{r^2} e^{-\alpha(t-t_0)}, \quad (14)$$

где c — постоянная.

Запишем формулу (14) в логарифмической форме

$$\lg d(r) = \lg c - 2 \lg r - \alpha(t - t_0) \lg e. \quad (15)$$

Очевидно, что $t - t_0 = \frac{r - r_0}{\bar{V}}$, где \bar{V} — средняя скорость расширения системы в интервале расстояний (r_0, r) .

Обозначим

$$\frac{\alpha}{\bar{V}} \lg e = p \quad (16)$$

и

$$\lg c - \frac{\alpha}{\bar{V}} r_0 \lg e = m. \quad (17)$$

В этих обозначениях выражение (15) примет следующий вид

$$\lg d(r) = m - 2 \lg r - pr. \quad (18)$$

В этой формуле первые два члена справа представляют стационарный закон (3) распределения звездной плотности в расширяющейся системе, а последний член характеризует влияние процесса старения при экспоненциальном законе.

Формулу (18) можно использовать для оценки периода полустарения звезд. В частности, с помощью закона (1), представляющего наблюдаемое распределение O-B1 звезд в синтетической „ассоциации“, можно определить коэффициент ρ в этой формуле, а затем с помощью (16) и α , при известной скорости \bar{V} .

Это равносильно оценке „среднего возраста“ звезд — T , так как по определению $T = \alpha^{-1}$.

В табл. 4 приведены вычисленные способом наименьших квадратов значения ρ на основе закона (1) по данным табл. 1.

Таблица 4
„СРЕДНИЙ ВОЗРАСТ“ O-B1 ЗВЕЗД

Группа звезд	ρ (сек ² /кпс)	$\alpha \cdot 10^{15}$ (сек ⁻¹)	$T \cdot 10^{-7}$ лет
O-B0.5	2.00	1.5	2.1
O-B1	3.70	2.8	1.1
Ассоциация Персей I	2.75	2.1	1.5

Там же даны соответствующие величины α и T при допущении $\bar{V} = 10$ км/сек. В последней строке этой таблицы приведены аналогичные величины для O-B1 звезд в звездной ассоциации Персей I, вычисленные по данным [12].

Эти оценки „среднего возраста“, как и оценки, приведенные выше, находятся в удовлетворительном согласии как между собой, так и с независимыми оценками других авторов [10, 11].

Следует отметить, что в вычислениях „среднего возраста“ звезд при экспоненциальном законе старения для представленных в табл. 4 трех групп звезд не было учтено влияние градиента скорости. Учет его влияния может привести к некоторому уменьшению вышеприведенных оценок, поскольку при этом увеличится средняя скорость \bar{V} , а последняя согласно (16) обратно пропорциональна T .

Рассмотрим, насколько оправдано применение формулы (13) к потоку O-B1 звезд в синтетической „ассоциации“.

Наблюдения (рис. 1) свидетельствуют о том, что в потоке O-B1 звезд, вышедших из ядра синтетической „ассоциации“, процесс старения происходит с почти постоянной интенсивностью до расстояния около 400 пс.

Нетрудно убедиться, что именно такую картину следует ожидать при экспоненциальном законе старения, то есть когда процесс старения звезд носит статистический характер.

В этом случае, используя формулы (4) и (14), имеем для потока

$$\frac{f(r)}{f(10)} = \frac{V(r)}{V(10)} e^{-\frac{t-t_0}{T}}, \quad (19)$$

где T — по-прежнему „средний возраст“ звезд.

С помощью формулы (19) можно вычислить величину $\frac{f(r)}{f(10)}$ для различных значений T на разных этапах развития потока (t) или на разных расстояниях от ядра синтетической „ассоциации“ (r).

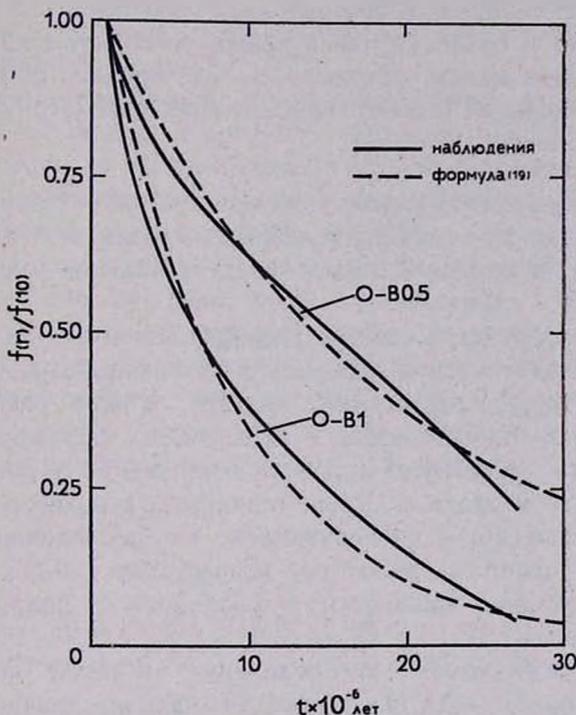


Рис. 4. Представление наблюдаемой зависимости потока O-B0.5 звезд и O-B1 звезд от времени, прошедшего с момента выхода из центра синтетической «ассоциации», теоретической зависимости, соответствующей экспоненциальному закону старения звезд. Теоретическая зависимость вычислена при двух значениях периода полустарения (T): $7.5 \cdot 10^6$ лет (O-B1 звезды) и $1.5 \cdot 10^7$ лет (O-B0.5 звезды) для $k = 1.5$.

Переход от t к r и обратно можно осуществлять по формуле

$$r = \frac{10(40 - k)V(10)t}{390 - (k - 1)V(10)t}, \quad (20)$$

полученной из (6) и (8), а учет градиента скорости — по формуле (6). На рис. 4 приводится графическое сравнение теоретической за-

зависимости $\frac{f(r)}{f(10)}$ от t для значений $T: 7.5 \cdot 10^6$ и $1.5 \cdot 10^7$ лет с наблюдениями при $k = 1.5$ и $V(10) = 10$ км/сек.

Небольшое расхождение между этими значениями T и значениями, представленными в табл. 4, обусловлено тем, что в последнем случае влияние градиента скорости, как уже было отмечено, не было учтено.

Как видно из рис. 4, согласие между наблюдаемой и теоретической зависимостями для обеих групп звезд удовлетворительное. Однако в обоих случаях теоретическая зависимость несколько менее крутая вначале и более крутая в правой части, чем наблюдаемая.

Сравнение в целом показывает, что процесс старения в потоке O-B1 звезд можно в первом приближении рассматривать как статистический процесс.

7. Несколько космогонических замечаний. Приведенное выше рассмотрение приводит к определенным выводам о характере процесса формирования и старения звезд, представляющим космогонический интерес.

Прежде всего наблюдаемое распределение парциальной звездной плотности в синтетической „ассоциации“, показывающее непрерывный и регулярный ход с расстоянием от ядра, можно рассматривать как свидетельство того, что звезды в ассоциациях формируются в весьма малых объемах. Действительно, если интенсивное формирование звезд имело бы место и вдали от ядер, вследствие выброса из ядер сгустков дозвездного вещества и последующего их превращения в звезды, следовало бы ожидать некоторое возрастание или, по крайней мере, постоянство звездной плотности с удалением от ядер, в ближайших их окрестностях.

Поэтому наблюдаемое распределение звездной плотности, представляемое законом вида (1), отрицает наличие значительного количества такой фрагментации во время превращения дозвездных тел в звезды в объемах вокруг ядер ассоциаций.

С другой стороны, убывание потока O-B1 звезд с удалением от ядра синтетической „ассоциации“ достаточно хорошо описывается экспоненциальным законом старения звезд. Это означает, что, отвлекаясь от физического обоснования наблюдаемой закономерности, следует допустить, что старение звезд в ассоциациях с удалением от порождающих их ядер характеризуется свойствами статистического процесса.

Этот неожиданный вывод можно попытаться объяснить следующим образом. Если все O-B1 звезды в ассоциациях сформировались

бы в одинаковых начальных условиях и одинаковыми по всем своим физическим и геометрическим характеристикам, тогда, естественно, все они постарели бы одновременно на определенном расстоянии от ядра, по истечении срока жизни звезды в данной стадии развития. Так как в интервале спектральных классов O-B1 время, необходимое для перехода в более поздний класс B2, различно для O, B0 и B1 звезд и растёт от B1 к O, то все эти звезды должны были постареть (выйти из интервала) практически не одновременно, а за время, необходимое для перехода O-звезд в звезды класса B1. При этом, однако, влияние процесса старения звезд на распределение этих звезд следовало бы ожидать, начиная с расстояния от ядра, соответствующего „среднему возрасту“ B1 звезд.

Наблюдаемое отклонение от такой картины старения, по-видимому, следует приписать, в основном, большой дисперсии в физических характеристиках, возникающих в ассоциациях звезд, обусловленной дисперсией в начальных условиях их формирования.

Иными словами, существующие различия в массах, светимостях, химическом составе и других характеристиках вновь рождающихся звезд должны были бы привести к сглаживанию кривой старения звезд, вследствие чего она удовлетворительно представляется экспоненциальной функцией, характерной для статистических процессов.

Все вышеизложенное, по всей вероятности, свидетельствует в пользу именно такого истолкования наблюдаемого распределения и характера процесса старения O-B1 звезд в звездных ассоциациях.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

THE CONTINUOUS FORMATION AND RATES OF EVOLUTION OF STARS IN STELLAR ASSOCIATIONS

L. V. MIRZOYAN

The observation data on the distribution of the O-B1 stars around the nuclei of stellar associations have been analysed.

It has been shown, that the increasing deviation of the observed law (1) of the stellar density distribution from the expected law (3) for the stationary case with a continuous formation of stars in the expanding associations, is conditioned, on the whole, to the phenomenon of star ageing with increasing distance from the parent nuclei.

The velocity of the O-B1 star ageing with the increasing distance from the nuclei has been investigated (fig. 1, 2 and 3). The estimates of the „mean age“ of the O-B1 stars has been obtained. The latter has

been determined as an interval of time for the ageing of one half of all stars of discussed classes. The obtained estimates of the „mean age“ of the O-B1 stars range from $5 \cdot 10^6$ — $2 \cdot 10^7$ years (Tables 2, 3 and 4).

It has been concluded that the majority of stars are formed in negligible volumes around the nuclei of stellar associations. This inference is based on the observed rate of decrease of stellar density with the distance from the nuclei.

Finally, it has been shown that, the observed distribution of the O-B1 stars around the nuclei is expressed satisfactorily by the exponential law of star ageing (fig. 4), which should be expected in the case of the statistical nature of the ageing process. This fact has been considered as associated with a large variety of physical characteristics of the stars, originating in stellar associations.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. А. Амбарцумян, Астрон. ж., 26, 3, 1949.
2. В. А. Амбарцумян, Вводный доклад на симпозиуме по эволюции звезд в Риме, АН СССР, М., 1952.
3. Л. В. Мирзоян, Сообщ. Бюр. обс., 29, 81, 1961.
4. Л. В. Мирзоян, Сообщ. Бюр. обс., 33, 41, 1963.
5. W. A. Hiltner, Ap. J., Suppl. Series, 2, 389, 1955.
6. W. W. Morgan, A. E. Whitford, A. D. Code, Ap. J., 118, 318, 1953.
7. Л. В. Мирзоян, ДАН СССР, 150, № 1, 1963.
8. V. A. Ambartsumjan, Max Planck Festsehrift, Berlin, 1958, p. 97.
9. В. А. Амбарцумян, Труды II Совещания по вопросам космогонии, АН СССР, М., 1952, с. 36.
10. R. S. Roberts, Publ. A.S.P., 69, 59, 1957.
11. A. Blaauw, Ap. J., 123, 408, 1956.
12. Л. В. Мирзоян, Сообщ. Бюр. обс., 35, 75, 1964.