

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՐ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ԲՅՈՒՐԱԿԱՆԻ ԱՕՏՂԱԳԻՏԱՐԱՆԻ ՀԱՂՈՐԳՈՒՄՆԵՐ
СООБЩЕНИЯ БЮРАКАНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

ՊՐԱԿ XII ВЫПУСК

Պատասխանատու խմբագիր Վ. Հ. ՀԱՄԲԱՐՉՈՒՄՅԱՆ
Ответственный редактор В. А. АМБАРЦУМЯН

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ԲՅՈՒՐԱԿԱՆԻ ԱՍՏՂԱԴԻՏԱՐԱՆԻ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄՆԵՐ
СООБЩЕНИЯ БЮРАКАНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

ՊՐԱԿ XII ВЫПУСК

ОБ ЭВОЛЮЦИИ ОТКРЫТЫХ ЗВЕЗДНЫХ СКОПЛЕНИЙ
Б. Е. МАРКАРЯН

ПА-545

Օ Ր Օ Վ Ո Ն

1954

ԵՐԵՎԱՆ



§ 1. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Принятые в настоящее время в звездной динамике оценки возраста и продолжительности жизни открытых звездных скоплений исходят из учета возмущений, обусловленных прохождением посторонних звезд через скопление и взаимными сближениями звезд в скоплении.

Первый из этих двух факторов был рассмотрен Росселандом [1]. Он пришел к выводу, что время, необходимое для разрушения открытого скопления, порядка 10^{10} лет.

Второй фактор, указанный и рассмотренный академиком В. А. Амбарцумяном [2], оказался более существенным для развития звездных скоплений.

По оценкам Амбарцумяна, время, необходимое для установления статистического равновесия в типичном открытом скоплении, порядка $4 \cdot 10^7$ лет, а промежуток для полного его разрушения—порядка нескольких миллиардов лет.

Таким образом, учет этих возмущений приводит к заключению, что рассеивание открытых скоплений протекает весьма медленно, а дифференциальный эффект галактического вращения в этом отношении, как явствует из исследования Бока [3], играет лишь незначительную роль.

Но во всех произведенных до сих пор расчетах принималось, что скопление стационарно в отношении поля регулярных сил самого скопления, т. е. фазовое распределение в нем не меняется за такие промежутки времени, в течение которых возмущениями вследствие сближений можно пренебречь. Поэтому упомянутые выше результаты можно считать приемлемыми лишь для тех скоплений, которые находятся в стационарном состоянии или, по крайней мере, в состоянии весьма близком к стационарному.

Сложившееся представление о том, что вообще открытые скопления находятся в стационарном состоянии, базируется в настоящее время на результатах, полученных из

анализа собственных движений звезд весьма ограниченного количества близких скоплений: Глад, Плеяд, Яслей и т. д.

Однако обобщение и распространение кинетических особенностей этих объектов на всю совокупность открытых скоплений ничем не обосновано. Правда, есть много общего между различными открытыми скоплениями и именно поэтому они причисляются к одному и тому же роду объектов, но наряду с этим имеется большое разнообразие в их физических и структурно-морфологических особенностях, которое дает повод думать о том, что они могут отличаться друг от друга и по своим кинематическим особенностям.

На это обстоятельство не было обращено должного внимания, ввиду чего огромная космогоническая роль и вообще подлинная физическая природа этих объектов долгое время оставались в тени. Частично это, может быть, следует объяснить тем, что открытые скопления были классифицированы недостаточно рационально и целесообразно. Предложенные до сих пор классификации, сыгравшие, безусловно, в той или иной степени положительную роль для решения некоторых задач*, исходят из довольно многочисленных характеристик, главным образом кажущихся, которые сильно искажаются условиями видимости и поэтому не способствуют четкому выделению основных типов и физической природы открытых скоплений.

Открытие и исследование звездных ассоциаций в этом отношении сыграло весьма положительную роль. Оно вскрыло исключительно большое космогоническое значение открытых скоплений. В частности, стала очевидна огромная роль скоплений, содержащих горячие звезды, для понимания процессов формирования звезд. Наряду с этим выявилась неудовлетворительность существующих классификаций открытых скоплений и возникла необходимость более рациональной классификации, опирающейся на их физические характеристики.

* Например, классификация Тремплера [4] способствовала выявлению эффектов межзвездного поглощения.

Произведенное в Бюраканской обсерватории исследование многочисленных скоплений привело нас к заключению, что, несмотря на большое разнообразие физических особенностей открытых скоплений, их можно разбить на три основных типа: O, B и A, заметно отличающихся друг от друга по наиболее важным физическим и структурно-морфологическим особенностям. На описании общих основ классификации, а также на описании отдельных типов и их подтипов, останавливаться здесь не будем, так как они достаточно освещены в наших прежних работах [5,6]. Напомним лишь, что главная последовательность диаграммы светимость—спектр у скоплений типа O начинается от звезд спектральных типов O или B0, у скоплений типа B—от звезд спектральных типов B1—B5, а у скоплений типа A—от звезд спектральных типов B7—A3.

Упомянутые выше ближайшие скопления, стационарность которых можно считать весьма вероятной, принадлежат к типу A и частично к поздним подразделениям типа B. Есть поэтому основание полагать, что, по крайней мере, большинство скоплений типа A и возможно поздние подразделения типа B находятся в стационарном состоянии или в состоянии, весьма близком к нему. Следовательно, оценки возраста и продолжительности жизни скоплений, полученные из звездной динамики, можно считать приемлемыми только для этих типов скоплений. Вместе с этим нет никакого основания это заключение распространять на скопления, содержащие звезды более ранних спектральных типов.

По крайней мере, скопления типа O по ряду причин должны заметно отклоняться от стационарного состояния, поэтому упомянутые оценки возраста и продолжительности жизни не могут быть для них приемлемы.

Можно подумать, что скопления типа O составляют сравнительно небольшую долю общей совокупности открытых скоплений и поэтому не следует им придавать особенно большого значения. Но, как видно будет из дальнейшего изложения, это отнюдь не так.

Как для понимания эволюции звезд, так и для понимания эволюции открытых скоплений исключительно цен-

ные результаты может дать разностороннее исследование О-скоплений.

§ 2. ВОЗРАСТ СКОПЛЕНИЙ ТИПА О

Возраст скопления типа О можно оценить различными способами. Наиболее уверенные из них мы приводим ниже.

1. Опубликованный нами список О-скоплений [5] содержит в себе 50 объектов; к настоящему времени к ним прибавилось еще 11 скоплений и, таким образом, число выявленных О-скоплений уже доходит до 61. Из них 46 входят в уже обнаруженные ассоциации типа О [7], а из оставшихся 15 скоплений многие находятся на больших расстояниях и из-за отсутствия спектров звезд слабее 10-й величины трудно установить, являются ли они ядрами звездных ассоциаций или нет. Исходя из этого, можно утверждать, что, по крайней мере, подавляющее большинство О-скоплений находится в звездных ассоциациях.

Как известно, время, необходимое для полного рассеивания звездной ассоциации, порядка 10^7 лет [8], следовательно возраст входящих в нее объектов, в данном случае скоплений типа О, являющихся ее ядрами, не может быть более 10^7 лет.

2. Структурно-морфологические особенности О-скоплений*, а именно, наличие в них кратных систем типа Трапещи Ориона и звездных цепочек (прямолинейных или слегка искривленных), а также часто наблюдаемое явление расщепленности скопления, явно свидетельствуют об их неустойчивости. Принимая это во внимание, можно, во всяком случае, утверждать, что в этих скоплениях не установилось еще статистическое равновесие. Время, необходимое для установления статистического равновесия в скоплении, согласно Амбарцумяну [2], определяется формулой:

$$\tau = \frac{1}{16 \lg \frac{N}{4}} \sqrt{\frac{N \rho^3}{G m}}^{**}$$

* Подробно смотрите в [5] и [6].

** В работе Амбарцумяна [2] в числителе выражении перед корнем, вследствие опечатки, вместо 1 стоит 2.

выведенной для скопления, состоящего из звезд одинаковой массы. В этой формуле N представляет собой число звезд скопления, ρ —его радиус, m —средняя масса звезд, а G —постоянная тяготения. При $N=400$, $\rho=2$ парсекам и $m=2 \cdot 10^{33}$ г. Амбарцумян нашел $\tau \cong 4 \cdot 10^7$ лет. Но указанные значения для N и m характерны лишь по отношению к скоплениям поздних типов.

Скопления типа O большей частью состоят из 20—30 звезд, и если допустим, что условия видимости в два раза уменьшают количество их звезд, то, тем не менее, наиболее характерное число звезд для O -скоплений будет порядка 50. А для средней массы звезд и радиуса O -скоплений можно принять: $m = 5m_{\odot}$ и $\rho = 2$ парсекам. В этом случае значение τ будет примерно на порядок ниже вышеупомянутого.

Поскольку структурно-морфологические особенности O -скоплений свидетельствуют о том, что в них еще нет статистического равновесия, то, принимая во внимание вышесказанное, мы должны заключить, что возраст O -скоплений не более 10^7 лет.

3. O -скопления по определению содержат в себе звезды типов O и $B0$. В них часто встречаются и нестационарные звезды. В настоящее время можно считать бесспорно установленным, что возраст звезд упомянутых типов не более 10^7 лет. Поэтому принимая, что формирование звезд в скоплении не может длиться весьма долго, в пользу чего можно привести серьезные доводы, мы должны, исходя из факта наличия в них звезд типов O и $B0$, заключить, что возраст O -скоплений не более 10^7 лет.

Таким образом, три независимых друг от друга способа оценки возраста O -скоплений привели к одному и тому же заключению о том, что верхняя граница возраста O -скоплений порядка 10^7 лет.

§ 3. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ СКОПЛЕНИЙ ТИПА O

Дальнейшая судьба O -скоплений представляет исключительно большой интерес для выяснения вопросов, связанных с эволюцией открытых скоплений.

Как мы уже заметили в 1 пункте § 2, вне звездных ассоциаций О-скопления встречаются весьма редко. Отсюда следует, что они за время, необходимое для разрушения звездных ассоциаций, т. е. за время порядка 10^7 лет, либо должны полностью рассеяться, либо должны постепенно перейти в скопления типа В. Допустимо также сосуществование обеих возможностей одновременно.

Рассмотрим все эти возможности подробно в той мере, в какой позволяют имеющиеся в настоящее время данные.

1. Допустим, что скопления типа О не разрушаются за такой сравнительно небольшой промежуток времени, и эволюционируют в скопления типа В. В этом случае будет вполне логично, обобщая наше допущение, полагать, что скопления типа В, в свою очередь, эволюционируют в скопления типа А.

Таким образом, для эволюции открытых скоплений предполагается такой же путь, какой приписывается звездам наиболее ранних спектральных типов. Против этого допущения говорит наблюдаемый факт, заключающийся в том, что по мере перехода от скопления типа О к типу А число звезд скопления в среднем заметным образом растет [5]. Но при справедливости предполагаемого перехода скоплений по пути О—В—А, исходя из выводов звездной динамики, полученных Амбарцумяном [2], наоборот следует ожидать убывания количества звезд в скоплении.

Тем не менее, указанный факт сам по себе не может опровергнуть рассматриваемый эволюционный путь О-скоплений, т. к. возможность одновременного независимого и притом прямого формирования богатых скоплений типов В и А не исключается. Выдвинутый вопрос окончательно можно разрешить путем анализа внутренних кинематических особенностей скоплений. Но, т. к. в настоящее время это не возможно сделать из-за отсутствия необходимых данных для сколько-нибудь заметной части скоплений, то возможность перехода скоплений по пути О—В—А приходится проверять, исходя из статистики скоплений различных типов.

Количество известных достоверных скоплений в настоящее время не превосходит 400. Для наиболее ярких звезд

171 скопления нам удалось собрать спектральные данные, на основании которых определялись их типы по предложенной нами классификации. Ниже, в табл. 1, приводится количество скоплений по отдельным типам.

Таблица 1

Тип скопления	О	В		А		Всего
Сп. типы ярчайших звезд скопления	О--В0	В1--В2	В3--В5	В7--В9	А0--А3	О--А3
Количество скоплений	54	19	41	38	19	171

При этом скопления типов В и А мы разделили на два подтипа для удобства производимого в дальнейшем анализа. Ясно, что эти числа не дают еще представления о реальном соотношении количеств скоплений различных типов, т. к. по мере продвижения от скоплений типа О к типу А объем пространства, охваченного данными табл. 1, убывает. Для того, чтобы можно было произвести количественное сравнение скоплений различных типов, необходимо установить их реальное число до какого-нибудь фиксированного расстояния. Расстояние, до которого число скоплений поздних типов можно считать полным*, не превышает 500 парсеков. Ограничиваться, однако, таким расстоянием нельзя, т. к. в этом случае остается очень мало скоплений ранних типов и наши выводы будут неуверенными. Имея в виду это, мы нашли целесообразным ограничиться тем расстоянием, до которого число скоплений с наиболее яркими звездами, принадлежащими к спектральным типам В1--В2, можно считать полным. В этом случае лишь часть О-скоплений (находящихся дальше фиксированного расстояния) останется вне рассмотрения, а вероятные числа поздних скоплений могут быть определены путем экстраполяции.

Спектральные типы наиболее ярких звезд открытых скоплений вплоть до $m=9.0$ можно считать почти полностью известными. Поэтому наблюдаемый модуль расстояния, со-

* Подразумеваются скопления с известными спектральными данными.

ответствующий нашему фиксированному расстоянию. будет $12^m.0$.

Очевидно, что для какого-нибудь определенного расстояния видимые величины наиболее ярких звезд скоплений различных типов в среднем отличаются друг от друга настолько, насколько отличаются их абсолютные величины при допущении (являющемся безусловно грубым), что межзвездное поглощение является функцией только расстояния. Поэтому, прибавляя к фиксированному модулю расстояния соответствующую абсолютную величину (по шкале Паренато [9]), мы получим ту предельную видимую величину, которую не должны превзойти видимые величины наиболее ярких звезд скопления данного типа, находящихся на расстоянии не более фиксированного.

Таким образом, мы имеем возможность вероятное реальное количество скоплений отдельных типов, находящихся до намеченного расстояния, определить двумя способами: исходя из их расстояний* и из предельных видимых величин их ярчайших звезд. Оба эти мало отличающиеся друг от друга способа дали почти сходные результаты.

Значения чисел скоплений по типам находящихся на расстоянии не более 1230 парсеков (соответствующему фиксированному нами видимому модулю расстояния $12^m.0$ при допущении, что среднее поглощение в визуальных лучах на килопарсек в толще Галактики равняется $1^m.3'$, приведены во второй строке табл. 2.

Таблица 2

Тип скопления	О	В		А		Всего
Сп. типы ярчайших звезд скопления	О—В0	В1—В2	В3—В5	В7—В9	А0—А3	О—А3
Кол-во скоплений N	30	16	38	90	132	306

* Для О-скоплений были использованы расстояния, определенные нами [5], а для скоплений типов В и А—расстояния, определенные Бархатовой [10] и частично нами.

При этом первые два из этих чисел определены путем прямого подсчета, а три последние—путем экстраполяции, при которой предполагалось равномерное распределение скоплений и поглощающей среды в толще Галактики. В отношении скоплений поздних типов это предположение достаточно близко к истине, но, как известно, этого нельзя сказать в отношении поглощающей среды. Однако нетрудно сообразить, что неравномерность поглощающей среды в данном случае не может заметно повлиять на ожидаемые результаты. Несмотря на это, при определении числа скоплений поздних типов имелась тенденция в сторону преувеличения их количества. Это мы делали умышленно для уверенной проверки предположения о возможности эволюционного перехода скоплений по пути $O-B-A$.

При справедливости последнего допущения полученные вероятные числа скоплений различных типов должны быть пропорциональны промежуткам времени, в течение которого особенности звезд, характеризующие данный тип скопления, заметно не меняются.

Это значит, что число скоплений данного типа во столько раз должно быть больше числа скоплений предыдущего типа, во сколько раз характеризующие его звезды пребывают в своей стадии больше, чем звезды, характеризующие предыдущий тип.

Чтобы можно было произвести такие сравнения, необходимо определить величины промежутков времени пребывания звезд в состояниях, определяемых разными спектральными типами.

Оценки промежутков времени пребывания звезды в стадии того или иного спектрального типа можно получить исходя из соотношения масса—светимость и из идеи о корпускулярном излучении звезд. Исходя из соотношения масса—светимость, можно положить:

$$L = m^n. \quad (1)$$

С другой стороны, исходя из идеи акад. Фесенкова о корпускулярном излучении звезд [11], можно написать:

$$\frac{d\alpha}{dt} = -\alpha L^n. \quad (2)$$

Соотношения (1) и (2) дают:

$$dt = -\frac{1}{\alpha m} L^{\frac{1-m-mn}{m}} dL. \quad (3)$$

Время— T , необходимое для того, чтобы звезда со светимостью L_1 вследствие корпускулярного излучения превратилась в звезду со светимостью L_2 , получим путем интегрирования (3).

$$T = \frac{1}{\alpha(1-mn)} \left(L_1^{\frac{1-mn}{m}} - L_2^{\frac{1-mn}{m}} \right). \quad (4)$$

Согласно Паренаго и Масевич [12], для первой части главной последовательности диаграммы светимость—спектр (которая в данном случае нас интересует) $m = 4$, а по Фесенкову $n \sim 1$ [11]. Подставляя эти значения m и n в (4) и переходя от светимостей к абсолютным болометрическим величинам, получим:

$$T = C(10^{0.3M_1} - 10^{0.3M_2}). \quad (4)$$

Подставляя в (4) абсолютные болометрические величины [9] звезд двух последующих друг за другом спектральных подтипов, мы получим промежуток времени пребывания звезды в стадии, характеризующейся первым из этих спектральных подтипов, выраженный в единицах постоянного C .

Вычислив таким путем значения $\frac{T}{C}$ для всех интересующих нас групп спектральных подтипов (приведенных во второй строке табл. 2) и разделив их на значения $\frac{T_0}{C}$ для звезд типов $O-B0$, мы получили отношения промежутков времени пребывания звезд в интересующем нас интервале спектральных подтипов к промежутку интервала $O-B0$, т. е. $\frac{T}{T_0}$.

Эти числа приведены во второй строке табл. 3.

В третьей строке этой таблицы приведены значения отношений чисел скопления различных типов к числу скопления типа O по данным таблицы 2, т. е. $\frac{N}{N_0}$.

Таблица 3

Тип скопления	О	В		А	
Сп. типы ярчайших звезд скопления	О—В0	В1--В2	В3—В5	В7—В9	А0—А3
$\frac{T}{T_0}$	1	1.9	7.0	31.8	103.0
$\frac{N}{N_0}$	1	0.5	1.3	3.0	4.5

Расхождение чисел третьей и четвертой строк табл. 3 настолько большое, что его ни в коем случае нельзя объяснить неизбежными ошибками, допущенными при определении вероятных количеств скоплений различных типов.

В самом деле, исходя из этих данных при справедливости эволюционного перехода скоплений по пути О—В—А, ожидаемое число скоплений типа А в 135 раз должно превзойти число скоплений типа О. В пределах 1000 парсеков вокруг Солнца имеется около трех десятков О-скоплений, поэтому соответствующее им число А-скоплений должно было бы быть порядка 4000, тогда как вероятное число скоплений всех типов в указанном объеме пространства не более 300.

Поскольку эволюционный путь О—В—А для ранних звезд почти не подлежит сомнению, то не безинтересно произвести подобное же сравнение между промежутками времени пребывания звезд в состояниях, соответствующих различным спектральным типам и количествами звезд различных спектральных типов общего звездного поля Галактики.

На рис. 1 против фотографических абсолютных величин отложены логарифмы отношения чисел звезд различных светимостей к числу звезд типов О—В0 (I кривая), по данным функции светимостей, выведенной Ван-Райном.

Наряду с этим на рисунке против интересующих нас групп спектральных подтипов в одном и том же масштабе отложены логарифмы чисел второй (II кривая) и третьей (III кривая) строк таблицы 3.

Расположение I кривой выше II (рис. 1) свидетельствует о том, что число звезд разных спектральных типов об-

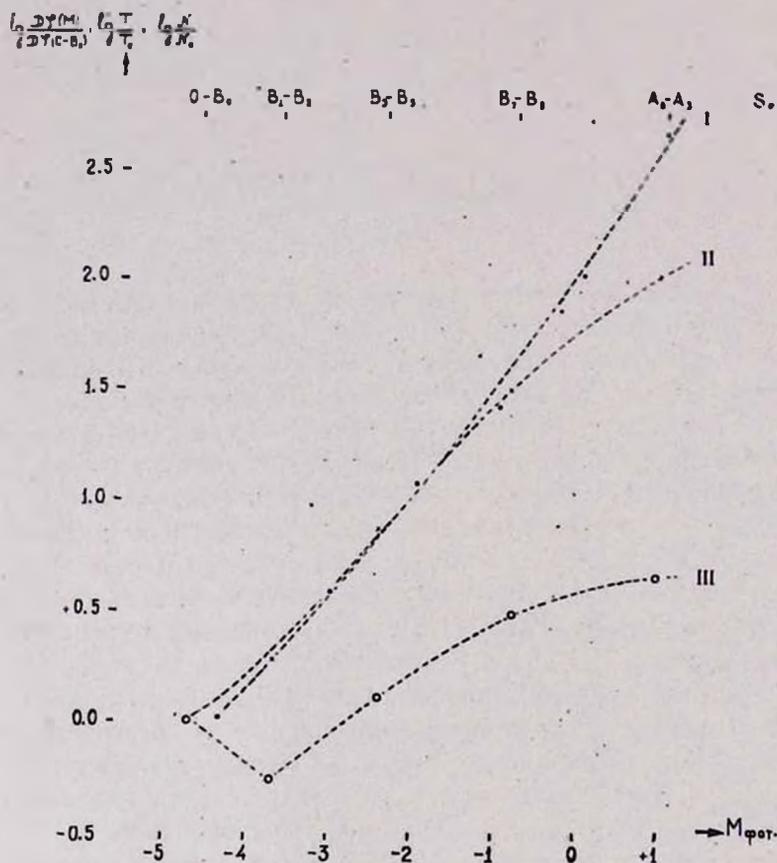


Рис. 1.

щего звездного поля Галактики больше, чем теоретически ожидаемое в результате эволюционного перехода звезд типов $O-B_0$. Это как раз подтверждает вывод, вытекающий из изучения звездных ассоциаций, о том, что звезды в O -ассоциациях возникают не обязательно в виде типов $O-B_0$, что вместе с ними в O -ассоциациях возникают звезды и более поздних типов. Резкое же отклонение III кривой от II в сторону меньших значений ординат неминуемо приводит к заключению, что предполагаемый переход скоплений по

пути $O-B-A$, как правило, не может иметь места. Сильное расхождение этих двух кривых явно говорит о том, что во всяком случае подавляющее большинство скоплений типа O рассеивается, не успевая перейти в скопления типа B . Наряду с этим, принимая во внимание уже упомянутый выше факт, заключающийся в том, что O -скопления вне звездных ассоциаций встречаются весьма редко, мы приходим к заключению, что верхняя граница жизни O -скоплений порядка времени, необходимого для разрушения звездных ассоциаций, т. е. 10^7 лет.

С другой стороны, поскольку обязательный переход скоплений типа O в скопления типа B исключается, то верхней границей времени существования O -скопления можно считать промежуток времени пребывания звезды в состоянии, характеризуемом спектральными типами $O-B_0$. Последний можно определить по формуле (4), если знать значения входящего в него постоянного C , которое легко определяется по этой же формуле при применении ее к Солнцу в согласии с результатами исследования Масевич [13]. Вычисленная таким путем верхняя граница продолжительности жизни O -скоплений получается не более указанной выше, т. е. 10^7 лет.

2. Сделанное выше заключение о весьма быстром распаде O -скоплений имеет принципиальное значение, поэтому его проверку непосредственным исследованием относительных движений звезд этих объектов следует считать крайне необходимой. Хотя, как упоминалось выше, из-за отсутствия необходимых данных о движениях звезд мы не можем в данное время произвести эту проверку для многих скоплений, тем не менее некоторые объекты подверглись такого рода исследованиям, результаты которых полностью подтверждают наше заключение о быстром распаде O -скоплений. Остановимся вкратце на этих примерах.

а) В недавно опубликованной нами работе [14] довольно подробно были рассмотрены собственные движения звезд скопления IC 2602. Это скопление является ближайшим O -скоплением. Оно находится в созвездии Киля и расположено на расстоянии 220 парсеков. Его угловой диаметр небольшо-

больше одного градуса (в линейной мере порядка 4 парсеков). Это скопление состоит из трех десятков звезд, среди которых одна принадлежит к типу В0, 4 звезды принадлежат к типу В3, 3—к типу В5 и т. д. Оно в проекции на небо создает впечатление расщепленности, явление, которое часто встречается у скоплений типа О. Перечисленные здесь данные для этого скопления довольно часто встречаются и у других О-скоплений, так что оно не является каким-то исключением среди скоплений типа О, а скорее типично для заметной их части.

Анализ собственных движений звезд, входящих в скопление IC 2602, привел к заключению, что оно расширяется с довольно заметной скоростью, достигающей до 7,4 км/сек.

Возраст этого скопления в соответствии с этой скоростью, получается порядка $3 \cdot 10^5$ лет. В возрасте порядка $2 \cdot 10^6$ лет поперечник этого скопления дойдет до 30 парсеков и оно лишится признаков обычного скопления. В этом возрасте оно скорее будет напоминать небольшую ассоциацию подобно ассоциации вокруг ζ Персея (Персей II) [7].

б) Блау, изучив группу ранних звезд вокруг ζ Персея [15], пришел к выводу, что они составляют небольшую О-ассоциацию, расположенную на расстоянии 300 парсеков. Линейные размеры ее в проекции на небо порядка 30—40 парсеков. Изучение движений в этой группе, состоящей из 17 звезд типов О—В5, привело Блау к выводу, что она расширяется со скоростью 12 км/сек. Возраст этой группы звезд, согласно Блау, порядка $1,3 \cdot 10^6$ лет.

Учитывая радиальный характер расхождения звезд, можно без всякого сомнения утверждать, что примерно миллион лет тому назад эта небольшая ассоциация имела поперечник порядка 5—6 парсеков, т. е. представляла собой обычное О-скопление.

в) Паренаго, исследуя внутренние движения в Трапедии Ориона [16], являющейся ядром скопления, расположенной в туманности Ориона, пришел к выводу, что она является неустойчивым образованием с положительной полной энергией. В этом случае для полного разрушения Трапедии потребуется время порядка 10^6 лет. Таким образом, резуль-

таты изучения собственных движений звезд трех ближайших объектов, представляющих собой разновидности скоплений типа О, довольно убедительно подтверждают реальность сделанного выше заключения о весьма быстром разрушении скоплений типа О. Из данных приведенных примеров можно заключить, что продолжительность жизни типичного О-скопления порядка нескольких миллионов лет.

§. 4. О СКОПЛЕНИЯХ ТИПОВ В и А

Нет пока основания утверждать, что все скопления типа О рассеиваются, не успевая перейти в последующие типы, т. к. данные табл. 3 или рис. 1, которые привели нас к выводу о быстром распаде О-скоплений, не исключают возможности перехода небольшой части О-скоплений в последующие типы. Поэтому вопрос о том, формируются ли скопления типов В и А независимо или они являются продуктом развития О-скоплений, пока что остается нерешенным. Если допустить, что все скопления типов В и А представляют собой эволюционные этапы скоплений типа О, то нетрудно будет, исходя из данных табл. 2 и 3, определить ту долю О-скоплений из каждого их „поколения“, которая, переходя в последующие типы, может обеспечить наблюдаемое в данное время количество скоплений типов В и А.

В самом деле, обозначая число О-скоплений одного „поколения“ через N_0 и умножая его на $\frac{T}{T_0}$ (табл. 3), мы получим ожидаемое число скоплений данного типа при обязательном переходе в него всех О-скоплений. Поэтому процентное количество О-скоплений, перешедших в данный тип, определится выражением:

$$n = \frac{100 N}{N_0 \frac{T}{T_0}}$$

где N_0 будет порядка числа наблюдаемых в данное время О-скоплений, а N представляет собой наблюдаемое число скоплений данного типа. Значения n , вычисленные по данным табл. 3, приводятся ниже:



Сп. типы ярчай- ших звезд скоп- лений	B1—B2	B3—B5	B7—B9	A0—A3
п	28	16	9	4

Таким образом, для объяснения наблюдаемого количества скоплений типов В и А. путем эволюционного перехода по пути О—В—А, достаточно, чтобы примерно четверть О-скоплений перешла непосредственно в последующий тип, после чего, по мере перехода в более поздние типы, происходило дальнейшее разрушение и лишь 4% общего количества О-скоплений дошло бы до последнего типа.

Если этот частичный переход действительно совершается, то переходящие О-скопления должны быть массивными, состоящими из большого количества звезд, подобно скоплениям η и χ Персея и NGC 6231, которые можно называть гигантами по отношению к остальным О-скоплениям. В этом случае наблюдаемый факт относительно того, что в среднем число звезд скопления тем больше, чем позднес тип скопления, как будто нашел бы свое объяснение.

Однако имеются данные, которые говорят против того, что все скопления поздних типов являются продуктом развития О-скоплений.

Из теории развития открытых скоплений, разработанной Амбарцумяном [2], следует, что с течением времени скопления, постепенно теряя звезды, беднеют. Возраст скоплений типа А, судя по всему, не менее нескольких миллиардов лет. Если все они являются определенной стадией развития гигантских О-скоплений, которые, составляя исключение, обладали достаточной устойчивостью и просуществовали миллиарды лет, то за такой большой промежуток времени эти скопления должны были заметно обеднеть.

Среди скоплений типа А в самом деле имеются небогатые, которые, возможно, в действительности являются остатками эволюционировавших богатых О-скоплений.

Но значительная часть скоплений типа А по количеству звезд и по плотности вполне сравнима с наблюдаемыми в данное время гигантскими О-скоплениями; укажем, например, скопления M11, M37, M46, NGC7789 и т.д.

Вообще надо сказать, что богатые скопления типа А занимают промежуточное положение между шаровыми и открытыми скоплениями, содержащими горячие звезды. Часто даже трудно бывает по внешнему виду отличить богатые скопления типа А от бедных шаровых скоплений. И не удивительно, что до сих пор не удается установить принадлежат ли скопления NGC 2477, NGC 5053 и NGC 6838 к типу открытых скоплений или шаровых.

Помимо этого, заметно отличаются друг от друга по характеру пространственного распределения скопления, содержащие горячие гиганты и сверхгиганты и скопления, не содержащие таких звезд. В то время как первые показывают четко выраженную тенденцию к скучиванию в рукавах Галактики, вторые в толще Галактики распределены почти равномерно. Поэтому, не отрицая возможности перехода незначительной части ранних скоплений в поздние типы, следует считать независимое формирование богатых скоплений поздних типов более вероятным.

Как уже было отмечено выше, результаты анализа внутренних движений звезд некоторых открытых скоплений поздних типов свидетельствуют об их относительной устойчивости. Это значит, что полные энергии этих объектов отрицательны.

Вообще следует признать, что если не у всех, то, во всяком случае, у преобладающего большинства скоплений поздних типов полные энергии отрицательны. В противном случае пришлось бы принять, что в Галактике слишком много систем положительной полной энергии, т. е. исключительно молодых систем, что весьма невероятно.

С другой стороны, в предыдущем параграфе было установлено, что, если не все, то, во всяком случае, подавляющее большинство скоплений типа О распадается, не успевая перейти в последующий тип, т. е. за время порядка 10^7 лет. Отсюда можно заключить, что полные энергии подавляющего большинства О-скоплений положительны, в противном случае надо будет придумать какой-то искусственный механизм для объяснения кратковременности жизни О-скоплений.

Ввиду всего этого мы неминуемо приходим к заключению, что наряду с открытыми скоплениями положительной полной энергии, в Галактике возникают скопления отрицательной полной энергии. Причем, учитывая небольшую продолжительность жизни систем положительной полной энергии и наблюдаемое соотношение численностей скоплений положительной и отрицательной энергии, мы должны признать, что первые возникают, по крайней мере, в десятки раз чаще.

Последнее заключение полностью подтверждает сделанный нами еще в 1950 году вывод о природе и степени устойчивости открытых скоплений разных типов, который наряду с данными относительно других систем, входящих в состав Галактики, послужил основанием общего положения, выдвинутого Амбарцумяном [17], о том, что в Галактике звездные системы возникают как с положительной, так и с отрицательной полной энергией.

ԲԱՅ ԱՍՏՂԱԿՈՒՅՏԵՐԻ ԷՎՈԼՅՈՒՑԻԱՅԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Աստղասփյուռների հայտնագործության շնորհիվ պատկերներ մեծացավ հետաքրքրությունը դեպի բաց աստղակույտերի էվոլյուցիայի հարցերը: Բայ աստղակույտերի հասակի և կյանքի տևողության գնահատականները, որոնք արտահայտվում են միլիարդավոր տարիներով, մինչև այժմ ստացվել են սաստղային դինամիկայի մեթոդներով: Ըստ որում բոլոր այդ կարգի հետազոտություններում իբրև սկզբունք ընդունվել է, որ բաց աստղակույտերը գտնվում են ստացիոնար վիճակում: Բայց բոլոր բաց աստղակույտերի ստացիոնարությունը բնավ հիմնավորված չէ: Այս տեսակետից ուսումնասիրություն են թարկվել են միայն մի քանի ամենամոտ աստղակույտեր, որոնք չեն պարունակում վաղ սպեկտրալ տիպի հսկաներ ու գերհսկաներ, այսինքն պատկանում են ու՛չ B և A տիպի աստղակույտերի թվին: Այս իսկ պատճառով թերևս կարելի լինի ու՛չ տիպի աստղակույտերի

ստացիոնարությունը հիմնավորված համարել և հետևապես ընդունելի բաց աստղակույտերի հասակի և կայունության աստիճանի այն գնահատականները, որոնք ստացվել են աստղային դինամիկայի մեթոդներով: Վաղ սպեկտրալ տիպի աստղեր պարունակող աստղակույտերը հազիվ թե գտնվեն ստացիոնար վիճակում: Համենայն դեպս Օ-տիպի աստղակույտերի կառուցվածքի և մորֆոլոգիայի հետազոտությունը բացահայտորեն ցույց է տալիս, որ նրանք չեն գտնվում ստացիոնար վիճակում և հետևաբար չի կարելի նրանց վրա տարածել աստղային դինամիկայի մեթոդներով ստացվող վերը հիշված գնահատականները:

Մանրազնին հետազոտությունը ցույց է տալիս, որ Օ-տիպի աստղակույտերի հասակը 10^7 տարուց ավելի չէ: Նրանք գրեթե բոլոր դեպքերում հանդիսանում են աստղասփյուռուների կորիզներ: Աստղասփյուռուներից դուրս Օ-տիպի աստղակույտեր հանդիպում են շատ հազվադեպ: Այստեղից կարելի է եզրակացնել, որ Օ-տիպի աստղակույտերի զարգացման համար կարող է գոյություն ունենալ երկու ուղի: Աստղասփյուռուների քայքայման համար անհրաժեշտ ժամանակամիջոցում՝ 10^7 տարում նրանք կամ պիտի քայքայվեն, կամ փոխարկվեն B տիպի աստղակույտերի:

Այնքան, որքան գոյություն ունեն B տիպի աստղակույտեր, դժվար է ուղղակի ժխտել երկրորդ հնարավորությունը: Այս պատճառով պետք է ստուգել հնարավորությունը, այդ աստղակույտերի աստղերի շարժումների հետազոտությամբ:

Բայց անհրաժեշտ տվյալներ չլինելու պատճառով մենք վերջին ենք այդ խնդիրը լուծել տարբեր տիպի աստղակույտերի բաշխման վիճակագրությամբ:

Հետազոտությունը ցույց է տալիս, որ Օ-տիպի աստղակույտերի, համենայն դեպս, ճնշող մեծամասնությունը քայքայվում է, չհասցնելով վերածվել B տիպի աստղակույտերի:

Նրանց քայքայման համար պահանջվող ժամանակամիջոցը արտահայտվում է մի քանի միլիոն տարիներով, այն դեպքում, երբ ստացիոնար վիճակում գտնվող աստղակույտերը կարող են գոյություն ունենալ միլիարդավոր տարիներ: Այստեղից ուղղակի հետևում է, որ Օ-տիպի աստղակույտերի ընդհանուր էներգիան դրական է: Այս կարևոր եզրակացությունը հաստատվում է ամենամոտ Օ-տիպի աստղակույտերի աստղերի շարժումների հետազոտությամբ:

Ստացված արդյունքները, այնուամենայնիվ, չեն ժխտում Օ-տիպի աստղակույտերի մի աննշան մասի В և այնուհետև А տիպի աստղակույտերի փոխարկվելու հնարավորությունը:

Այս պատճառով այն հարցը, թե В և А տիպի աստղակույտերը հանդիսանում են Օ-տիպի աստղակույտերի զարգացման արդյունք, թե առաջանում են անկախ նրանցից, մնում է չլուծված:

Գոյություն ունեցող տվյալները, այնուամենայնիվ, խոսում են նրանց անկախ գոյանալու օգտին:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *C. Rosseland*, Астрофизика на основе теории атома, М.—Л., 1936.
2. *В. А. Амбарцумян*, Ученые записки ЛГУ, № 22, 1938.
3. *В. Bok. Harvard Circ.*, № 384, 1934.
4. *R. Trumpler, L. O. B.*, 14, 420, 1930.
5. *Б. Е. Маркарян*, Сообщ. Бюр. обсерв. V, 1950 и IX, 1951.
6. *Б. Е. Маркарян*, Атлас откр. звезд. скоплений, Москва, 1952.
7. *Б. Е. Маркарян*, ДАН Арм. ССР, XV, № 1, 1952.
8. *В. А. Амбарцумян*, Астр. журн., 26, № 1, 1949.
9. *П. П. Паренаго*, Курс звезд. астрономии, Москва, 1946.
10. *К. А. Бархатова*, Астр. журн., 27, № 3, 1950.
11. *В. Г. Фесенков*, Астр. журн., 26, № 2, 1949.
12. *П. П. Паренаго и А. Г. Масевич*, Астр. журн., 27, № 3, 1950.
13. *А. Г. Масевич*, Астр. журн., 26, № 4, 1949.
14. *Б. Е. Маркарян*, Сообщ. Бюр. обсерв., XI, 1953.
15. *А. Vlaarw*, VAN, XI, 405, 1952.
16. *П. П. Паренаго*, Астр. журн., 30, № 3, 1953.
17. *А. Vlaarw and W. W. Morgan*, Ap. J., 117, 256, 1953.
18. *Г. А. Шайн и В. Ф. Газе*, Астр. журн., 30, 135, 1953.
19. *В. А. Амбарцумян*, Вестник АН СССР, № 12, 50, 1953.

