

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌԻ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ԲՅՈՒՐԱԿԱՆԻ ԱՍՏՂԱԳԻՏԱՐԱՆԻ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄՆԵՐ
СООБЩЕНИЯ БЮРАКАНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

ВЫПУСК V

ԵՐԵՎԱՆ

1950

ЕРЕВАН

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

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌԻ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ԻՅՈՒՐԱԿԱՆԻ ԱՍՏՂԱԴԻՏԱՐԱՆԻ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄՆԵՐ
СООБЩЕНИЯ БЮРАКАНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

ВЫПУСК V

О КЛАССИФИКАЦИИ ОТКРЫТЫХ (ГАЛАКТИЧЕСКИХ)
ЗВЕЗДНЫХ СКОПЛЕНИЙ
I

Б. Е. МАРКАРЯН



ВВЕДЕНИЕ

Каждое открытие в области звездной астрономии и астрофизики обогащает наши знания и уточняет наши представления о строении и развитии как отдельных объектов, входящих в Галактику, так и о Галактике в целом.

Открытие Амбарцумяном существования в Галактике звездных систем нового типа — звездных ассоциаций^(1,2), по существу выявило новые пути для развития учения о строении Галактики и вообще спиральных туманностей. В особенности же велико значение звездных ассоциаций в вопросах, связанных с формированием и развитием звезд и звездных систем, ибо они фактически являются теми областями Галактики, в которых в данную эпоху происходит формирование звезд. Благодаря идее и данным о звездных ассоциациях все больше и больше выявляются факты и закономерности, на основании которых развиваются совершенно новые взгляды на происхождение и развитие небесных тел. За истекший сравнительно короткий период времени, после открытия звездных ассоциаций, сотрудниками Бюраканской астрофизической Обсерватории добыт ряд новых результатов, из коих мы в этой работе коснемся лишь тех, которые непосредственно связаны с рассматриваемыми здесь вопросами.

Изучением уже обнаруженных звездных ассоциаций⁽³⁾ твердо установлено, что звездные ассоциации типа 0, т. е. ассоциации звезд, состоящие из горячих гигантов и сверхгигантов, обладают ядрами, представляющими собой открытые (галактические) скопления.

За установлением этого важного факта последовало открытие другого факта, исключительно большой значимости, заключающегося в том, что кратные звезды, которые впоследствии были названы системами типа Трапеции,* не-

* Системами типа Трапеции Ориона названы такие кратные системы, в которых имеются по крайней мере три звезды, все расстояния между которыми имеют величину одинакового порядка.

посредственно связаны с звездными ассоциациями типа O и с открытыми звездными скоплениями, являющимися их ядрами⁽⁴⁾. Как видно будет дальше, фактически нет принципиальной разницы между кратными системами типа Трапеции, состоящими из 6—10 компонентов, и многими открытыми скоплениями, являющимися ядрами O ассоциаций. По существу эти кратные системы являются звездными скоплениями с небольшим числом членов и малыми диаметрами. Поэтому входящие в ассоциации (независимо от звездных скоплений) кратные системы типа Трапеции можно причислить к числу ядер ассоциации наряду с находящимися в ней открытыми скоплениями.

Подробное изучение ряда O ассоциаций показало, что они обладают не одним, а несколькими ядрами. Число их, например, в ассоциации вокруг Р Лебедя⁽⁴⁾ доходит до десяти, в ассоциации Цефей II до семи и т. д.

Если вместе с этим фактом принять во внимание, что о возникновении открытых скоплений и кратных систем путем объединения ранее независимых друг от друга звезд не может быть и речи, то с достаточным основанием можно утверждать, что звезды в O ассоциациях в основном формируются группами, параллельно в нескольких местах в виде открытых звездных скоплений и кратных систем из тел, представляющих дозвездную стадию материи.

Из сказанного видно, что открытые звездные скопления и кратные системы приобрели совершенно новое физическое значение и их изучение именно с этой точки зрения представляет огромный интерес как для вопросов космогонии, так и для выяснения структурных особенностей Галактики. Однако существующие классификации открытых скоплений настолько формальны и нерациональны, что фактически лишают нас возможности разобраться в совокупности этих объектов при решении той или иной задачи. А кратные системы типа Трапеции вообще не подвергались изучению, за исключением отдельных частных случаев. В этой работе мы попытались дать основы новой классификации открытых

скоплений и выяснить ряд вопросов, связанных с взаимоотношением этих объектов и звездных ассоциаций типа 0.

§ 1. НЕОБХОДИМОСТЬ НОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ОТКРЫТЫХ ЗВЕЗДНЫХ СКОПЛЕНИЙ

Можно констатировать как факт, что в свете новых данных о звездных ассоциациях впервые фактически выявляется физическая сущность открытых звездных скоплений и кратных систем. При наличии правильной статистики этих объектов их можно широко использовать при решении разнообразных задач, связанных со структурой Галактики, с эволюцией звездных систем и самих звезд.

Перед тем как предпринимать что-либо в этом направлении необходимо первым делом выяснить следующие вопросы:

1. Все ли до сих пор обнаруженные открытые скопления, число которых порядка 500, являются ядрами ныне существующих звездных ассоциаций типа 0?

2. Если не все открытые скопления являются ядрами 0 ассоциаций, то можно ли установить определенные характеристики, по которым можно было бы выделить из их общей совокупности те, которые являются ядрами 0 ассоциаций?

3. В таком случае можно ли попытаться выяснить физическую природу и остальной части открытых скоплений.

Та формальная статистика и классификация, которая до сих пор была произведена для этих объектов, к сожалению, не делает возможным получение полных ответов на поставленные выше вопросы.

Это объясняется, во-первых, тем обстоятельством, что данные об этих объектах неоднородны и большей частью обременены ошибками, вызванными условиями видимости. Например, немало таких скоплений, для расстояния которых в литературе можно найти почти всевозможные оценки.

Для иллюстрации укажем, например, скопление NGC 663, которое изучалось со стороны многих астрономов. Оцен-

ки его расстояния, произведенные различными авторами ⁽⁵⁾, приводятся ниже.

Шапли	790	парсек
Валленквист	790	"
Раяб	1000	"
Альтер	1200	"
Цуг	1750	"
Райке	2130	"
Тремплер	2170	"
Шален	2460	"
Коллиндер	2500	"

А во-вторых (что более существенно), это вызвано тем, что существующие классификации открытых скоплений довольно далеки от реальности.

В самом деле, классификация Шапли ⁽⁶⁾ явно устарела. Так обстоит дело и с другими классификациями. За исключением, может быть, классификации Тремплера, которая однако страдает весьма серьезными дефектами, делающими ее в настоящее время почти непригодной.

Как известно, классификация Тремплера ⁽⁷⁾ основывается на количестве, степени концентрации и разности в видимых яркостях звезд скопления.

Во-первых, все перечисленные характеристики формальны, а во-вторых, все они сильно зависят от расстояния, космического поглощения и от общего звездного фона, влияния которых Тремплером не учтены. Пожалуй, в настоящее время и невозможно их надежно учесть.

Вследствие этого у Тремплера в большинстве случаев к одному и тому же типу причислены скопления с различными физическими характеристиками, т. е. физически разнородные объекты. Это обстоятельство фактически лишает возможности разобраться в многообразии этих объектов.

Ясно, что при такой классификации решение той или иной задачи, связанной с совокупностью этих объектов, не может дать результатов, вызывающих доверие. Так, например, метод диаметра, примененный Тремплером для определения расстояний открытых скоплений ⁽⁷⁾, в большинстве

случаев дал неверные результаты, т. к. он исходит из допущения, заключающегося в том, что однотипные (у Тремплера однотипные скопления на самом деле большей частью физически разнотипны) скопления имеют одинаковые диаметры. Дисперсия действительных диаметров в этом случае будет безусловно значительная, что, может быть, не так сильно помешает грубому установлению какой-нибудь общей закономерности, как, скажем, не помешало подтверждению самим Тремплером существования межзвездной поглощающей свет материи, однако ее влияние на индивидуальные расстояния скоплений будет несомненно заметно.

И не удивительно, что более надежно определенные со стороны различных астрономов расстояния отдельных скоплений в большинстве случаев сильно отличаются от соответствующих тремплеровских расстояний. Так, например, для сравнения в табл. 1 приведены расстояния для 10 скоплений,

Таблица 1

NGC	M46	M50	2324	2126	2194	129	457	637	659	663
Тремплер .	610	860	1720	2810	2520	2090	1260	3340	2340	2170
Куфи . .	1450	1210	3320	950	1200	—	—	—	—	—
Альтер . .	—	—	—	—	—	1170	2370	2220	3000	1200

определенные, с одной стороны, Тремплером, а с другой стороны—позже него—Куфи^(8,9) и Альтером⁽¹⁰⁾.

Такое сильное различие в оценках расстояний надо в основном объяснить неправильностью самой классификации Тремплера. Указанный метод диаметра может дать более или менее приемлемые результаты только при такой классификации, когда к одному и тому же классу скоплений отнесены физически однотипные объекты, т. к. в этом случае дисперсия действительных диаметров скопления одного класса может быть небольшая.

Что же касается второй классификации Тремплера, исходящей из вида диаграммы Рассела и составленной для 100 скоплений, то надо сказать, что она, имея ряд преиму-

ществ по сравнению с первой, тем не менее не является завершенной классификацией открытых скоплений постольку, поскольку она ограничивается лишь фиксированием наличия звезд того или другого спектрального типа для одной части скоплений. Помимо этого фактически у него и здесь физически совершенно разнородные объекты опять-таки причислены к одному и тому же типу.

Так, например, скопления η Персея, IC 4996, M 7 и NGC 7243 все принадлежат к типу 1b. Согласно Тремплеру это значит, что все их звезды принадлежат к главной последовательности, которая для всех этих скоплений начинается от звезд спектрального класса В. Это единственное общее свойство этих скоплений, однако, недостаточно для причисления их к одному и тому же физическому типу. В самом деле, у одного из них IC 4996 главная последовательность начинается от звезд типа B_0 , примыкающих к типу 0, и богата звездами В, а у другого—NGC 7243 главная последовательность начинается от звезд B_6 , бедна звездами типа В и богата звездами А. Одно из них, η Персея, очень богато нестационарными звездами, а другое—M7 их вовсе не содержит.

Помимо того, что указанные четыре скопления фактически отличаются друг от друга по своему физическому составу, они сильно отличаются друг от друга и по структурным особенностям. Поэтому можно уверенно утверждать, что упомянутые четыре скопления являются объектами различных типов. При этом надо сказать, что этот пример подобран не специально, такая разнородность скоплений, имеющих одинаковые типы, у Тремплера почти общее явление.

В заключение хочется отметить, что ни в тремплеровских, ни в других классификациях не приняты во внимание структурно-морфологические особенности открытых скоплений, которые могут играть заметную роль при классификации этих объектов.

Таким образом можно сказать, что в настоящее время нет такой классификации открытых звездных скоплений, на которую можно было бы опираться для решения более или менее серьезных задач, связанных с ассоциациями звезд, яд-

рами которых они являются, с их эволюцией и действительным распределением в Галактике и тому подобных вопросов.

Отсюда вытекает крайняя необходимость новой, более рациональной классификации этих объектов.

§ 2. ОБЩИЕ ОСНОВЫ И ОСНОВНЫЕ ТИПЫ В НОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ОТКРЫТЫХ ЗВЕЗДНЫХ СКОПЛЕНИЙ

Для того, чтобы дать правильную и рациональную классификацию открытых звездных скоплений, надо непременно исходить из их физических характеристик, а для этого, главным образом, необходимы спектральные данные о звездах, входящих в эти объекты. Но, к сожалению, в настоящее время лишь для немногих скоплений можно собрать такие данные, причем буквально только для нескольких скоплений произведены современные тонкие спектральные исследования (Π и χ Персея, Плеяды, NGC 6231, Гиады и т. д.). Поэтому по поводу считаем нелишним заметить что такие исследования, какие произведены в последние годы для Π и χ Персея Бидельманом⁽¹¹⁾ и NGC 6231 Струве⁽¹²⁾, возможны пока только для редких скоплений. Впрочем, и для обычных спектральных исследований доступны не все скопления. Поэтому в настоящее время невозможно дать классификацию всех открытых скоплений, опираясь только на спектральные характеристики их членов.

Исследование показывает, что между физическими характеристиками и структурно-морфологическими особенностями открытых скоплений существует довольно определенная связь. Поэтому представляется возможность привлечь для классификации открытых скоплений наряду с их спектральными характеристиками и их структурно-морфологические особенности. Привлечение последних поможет нам разобраться в общей совокупности этих объектов в особенности в тех случаях, когда получение спектральных характеристик невозможно.

Надо сказать, что изучение структурно-морфологических особенностей тоже связано с определенными трудностями, причем эти трудности вызваны не только большим разнообразием этих особенностей и тем, что они частично

искажены условиями видимости, а в еще большей степени тем, что (сколько нам известно) такого рода исследования до сих пор не произведены.

Тем не менее, нам кажется, что их можно получить для достаточного количества скоплений при тщательном их исследовании.

Для этой цели в 1949 г. на Бюраканской Обсерватории с телескопом Шмидта 12—8 дюймов, нами было начато фотографирование открытых звездных скоплений в двух участках спектра—фотографическом и визуальном.

Намечено получение прямых снимков всех доступных на широте Бюракана открытых скоплений и спектров звезд ряда скоплений.

Как намеченные наблюдения, так и полная их обработка потребуют много времени. Но уже выполненная часть этой программы, а именно: предварительная обработка полученных исключительно удачных снимков 120 скоплений выявила целый ряд общих и тонких структурно-морфологических особенностей для этих объектов, которые, в сочетании с их физическими характеристиками, собранными для большинства из них из различных источников, дают нам возможность в общих чертах указать те критерии, на основе которых можно дать предварительную схему и описание отдельных типов новой классификации.

Исследование показывает, что в большинстве случаев физическую природу и многие структурно-морфологические особенности скопления определяют, главным образом, его яркие члены.

Отдельные детали, порой важные, могут обуславливать и остальные звезды скопления, сравнительно слабые по яркости, но поскольку мы задались целью дать пока общие черты отдельных типов скоплений, то мы будем опираться в основном на их яркие звезды.

При этом количество последних, в зависимости от типа скоплений, может меняться от нескольких десятков до нескольких звезд. Иногда скопление в основном характеризуют его 3—4 наиболее яркие члены.

При таком подходе, разумеется, надо проявлять боль-

шую осторожность чтобы звезды фона, спроектировавшись на скопление, не исказили картину.

Принимая во внимание структурно-морфологические особенности открытых скоплений и опираясь, главным образом, на спектральные классы их ярчайших звезд, т. е. на начальную часть главной последовательности диаграммы Ресселла, составленной для звезд скоплений, мы пришли к выводу, что все открытые звездные скопления можно разбить на следующие основные три группы, приведенные в табл. 3.

Таблица 3

Тип скопления	Спектральный класс наиболее ярких звезд скопления
0	O, B ₀ , [B ₁]
B	B ₁ , , B ₅
A	B ₆ , , B ₉ , A ₀ , , A ₃

В первом столбце таблицы 3 приведены типы скопления, а во втором столбце спектральные классы наиболее ярких звезд скоплений этих типов. Причем взятое в скобки B₁ надо понять как возможный редкий случай.

Не вдаваясь пока в описание структурно-морфологических признаков скоплений отдельных типов и не останавливаясь на исключениях, укажем здесь вкратце на следующие структурные отличия главных типов.

Одна из основных особенностей открытых скоплений, связанная с их физической природой, заключается в следующем: вообще чем более ранний тип скоплений, тем теснее в нем располагаются звезды и тем больше выражено в нем центральное сгущение, причем концентрация звезд в скоплении может иметь место иногда вокруг нескольких точек. Оказывается, что вообще, по мере перехода от скопления типа 0 к более поздним типам, количество звезд в них растет. Так, если обычно количество звезд у скоплений типа 0 колеблется между 20 и 50, то у скоплений типа B оно колеблется между 50 и 100, а для преобладающего большинства скоплений типа A оно гораздо больше 100.

Здесь хочется заметить, что среди всей совокупности открытых скоплений можно было бы ожидать существования и таких скоплений, у которых главная последовательность диаграммы Расселла начиналась бы от звезд более поздних спектральных классов, чем А. Но таких скоплений, повидимому, нет, во всяком случае их нет среди изученных. Единственное скопление, которое фигурирует среди 100 скоплений, изученных Тремплером, это NGC 752, яркие звезды которого по Тремплеру принадлежат к классу F. Однако в списке звезд этого скопления, приведенном Эббигаузенем⁽¹³⁾, содержится много звезд без определенного спектрального типа. Как бы то ни было, это скопление примыкает к одному из подклассов скоплений типа А, поэтому выделение в настоящее время специального класса только из-за этого скопления мы нашли нецелесообразным.

§ 3. ПОДТИПЫ И ХАРАКТЕРИСТИКА СКОПЛЕНИЙ ТИПА О

Почти все скопления, содержащие звезды спектрального класса О или В₀, являются компактными, вместе с тем и „бедными“. Число звезд таких скоплений обычно порядка нескольких десятков и редко доходит до 50—60. В этом отношении, как и в некоторых других отношениях из известных скоплений, исключение составляют скопления Π и χ Персея и NGC 6231, в Скорпионе, о которых речь будет идти дальше.

По структурно-морфологическим особенностям все скопления типа О можно разделить на три подтипа: скопления с ядрами, скопления, содержащие цепочки, и связанные с диффузными газовыми туманностями.

Перейдем к описанию отдельных подтипов:

а) *Скопления с ядрами.* К этому подтипу мы решили отнести скопления типа О, содержащие кратные системы, вокруг которых резко выражена концентрация остальных звезд скопления. Здесь, кстати, надо заметить, что до сих пор степень концентрации звезд скопления приписывалась в основном эрф²-кту расстояния. Исследование показывает, что существует и другой эффект, вызывающий это явление, и при этом более сильный. Он зависит от природы самих звезд.

Оказывается, что чем горячее звезды, тем больше у них тенденция теснее сгущаться и сгущать вокруг себя слабые звезды.

Упомянутые выше кратные звезды фактически играют в этих скоплениях роль ядер, которые, за весьма редкими исключениями, представляют собой кратные системы типа Трапеции, главные компоненты которых, как правило, принадлежат к спектральному классу O или ранним подклассам B. В большинстве случаев они зарегистрированы в каталоге двойных звезд Айткена—ADS.

Среди скоплений этого подтипа встречаются скопления как с одним ядром, так и с двумя ядрами, а иногда даже с тремя ядрами.

Как пример скопления с одним ядром можно привести компактное скопление IC 4996. Оно имеет несколько вытянутую форму и резко выраженную центральную концентрацию (рис. 1). Количество звезд этого скопления, по нашим подсчетам, не превышает 40, причем это тогда, когда предельная звездная величина пластинки доходит до 17. Судя по его расстоянию—1100 парсеков*, можно полагать, что на пластинке не могли бы оставить следа только красные карлики, если такие в нем имеются.

Ядром этого скопления является кратная система типа Трапеции ADS 13626, состоящая более чем из 10 компонентов. Угловой диаметр этой кратной системы порядка 40".

Расстояния между тремя главными компонентами, являющимися самыми яркими звездами скопления, следующие:

$$AB = 18'', BC = 17''.$$

По Тремплеру это скопление содержит 11 звезд, принадлежащих к типам $B_0 - B_7$. Судя по этому, три упомянутые главные компонента ADS 13626, видимые звездные ве-

* Для расстояния IC 4996 Тремплер дает 1840 парсеков. Эта оценка преувеличена, т. к. данное скопление является одним из основных ядер звездной ассоциации вокруг Р Лебеда (*), находящейся на расстоянии 1100 парсеков. Помимо этого, как и надо было ожидать, такого же порядка расстояние получится при определении его по данным о наиболее ярких звездах, при возможно точном учете межзвездного поглощения.

личины которых заключены между 8.0 и 8.5, должны принадлежать к спектральным типам $B_0 - B_1$.

Примером скоплений с двумя ядрами может служить скопление IC 1848 (рис. 2), насчитывающее 28 членов (Коллиндер дает 40), ядрами его являются ADS 2161 и ADS 2165.

ADS 2161 состоит из 7 компонентов. Главной звездой ее является HD 17505, которая, по Моунт Вильсоновским наблюдениям, принадлежит к спектральному типу O. Расстояния между компонентами следующие:

$$AB=2'', AC=27'', AD=17'', AE=19'', AF=27''.$$

ADS 2165 состоит из 4 компонентов. Главной звездой является HD 17520, которая принадлежит к типу B. Судя по расстоянию скопления и видимой величине этой звезды, она должна иметь ранний подтип. Угловые расстояния между компонентами этой системы следующие:

$$AB=0''.3, AB-C=12'', AB-D=20''.$$

В обеих этих системах главные два компонента составляют тесную пару, а остальные компоненты находятся от них на расстояниях, имеющих почти одинаковый порядок величины. Поэтому эти системы также можно отнести к числу систем типа Трапеции. Примером трехъядерных скоплений может служить NGC 6871. Число звезд этого скопления 25 (Коллиндер дает 45).

Ядрами его являются кратные системы типа Трапеции ADS 13374, ADS 13376 и ADS 13361.

ADS 13374 состоит из 8 компонентов, главные три из коих, по Моунт Вильсоновским наблюдениям, принадлежат соответственно спектральным типам O_c , O_8 и B_2 .

Угловые расстояния между главными компонентами следующие:

$$AB=7'', AC=9'' \text{ и } AD=11''.$$

ADS 13376 состоит из 4 компонентов. Главной звездой является E 227634, которая, по Моунт Вильсоновскому определению, принадлежит к типу B_1 , а четвертый компонент имеет спектральный класс $B_{3.0}$.

Угловые расстояния между компонентами следующие:

$$AB = 9'', AC = 11'' \text{ и } AD = 21''.$$

ADS 13361 тоже является четырехкратной системой, главная звезда которой принадлежит к классу В, хотя подтип ее и не определен, но, судя по видимой ее яркости и по расстоянию скопления, она должна принадлежать именно к ранним подтипам В.

Между прочим, скопления с двумя и тремя ядрами, фактически представляющие собой системы звезд с двумя или с тремя центрами, вокруг которых сильно концентрируются звезды, Тремплер относил к числу еще обнаруживаемых скоплений—к типу IV, т. е. к типу скоплений, не имеющих никакой концентрации.

Таким образом можно сказать, что О скопления этого подтипа непременно содержат „трапециеобразные“ кратные системы, которые окружают остальные члены скопления.

В ряде случаев скопления с двумя и тремя ядрами состоят почти из одних только кратных систем. После этого вполне естественно отнести существующие независимо от скоплений „изолированные“ трапециеобразные кратные системы, с большим числом компонентов, к описанному подтипу О скоплений, как одноядерные скопления с небольшим числом членов.

Примером изолированной трапециеобразной кратной системы, по существу не отличающейся от многих открытых скоплений типа О, может служить ADS 11193 в стрельце, которая состоит не менее чем из девяти звезд. Компоненты ее имеют, согласно каталогу ADS, следующие звездные величины:

$$A = 7.2, B = 10.9, C = 10.8, D = 8.8, E = 8.9, F = 9.6, \\ a = 11.0, b = 10.8, c = 11.9,$$

угловые расстояния между ними следующие:

$$AB = 18'', AC = 31'', AD = 58'', AE = 76'', AF = 138'', \\ Aa = 12'', Ab = 22'', Bc = 5''.$$

Главной звездой этой системы является HD 167287, имеющая спектральный класс В₀. Судя по видимым яркостям

компонентов D, E и F, они должны принадлежать к подтипам В ранее В₅.

На снимке, сделанном нами, эта система имеет диаметр порядка 2', а число компонентов доходит до 14.

Она попадает в область неба, занимаемую ассоциацией Стрелец II (14), находящейся на расстоянии 1050 парсеков. Вероятный истинный модуль расстояния главной звезды ADS 11193, согласно Стеббинсу, Хуфферу и Уитфорду (15), равняется 10^m0, поэтому можно уверенно утверждать, что эта система входит в указанную ассоциацию в качестве одного из ее ядер.

Укажем еще на одну весьма интересную систему, обнаруженную нами в области ассоциации Кассиопея II (3). Система эта (рис. 3), находящаяся на расстоянии примерно полградуса от главного ядра ассоциации, т. е. от скопления NGS 7510, имеет следующие координаты:

$$\alpha_{1900} = 23^{\text{h}} 11^{\text{m}}_{00}, \quad \delta_{1900} = +59^{\circ} 55'.5.$$

Эта система состоит из тесно расположенных четырех тесных пар, общее количество звезд доходит до 10. Угловой диаметр системы равняется 80". Главной звездой этой системы является HD 219460, зарегистрированная также в Бергедорфском спектральном каталоге за номером 342 в SA 19(16). Она имеет спектральный класс Oa, т. е. принадлежит к типу звезд Вольф—Райэ, из остальных звезд, по крайней мере, две принадлежат к типу В. Видимая звездная величина главной звезды, согласно Бергедорфскому каталогу, 10.2.

Есть полное основание полагать, что эта система является вторым ядром ассоциации Кассиопея II.

Ограничиваясь этими примерами, скажем, что системы подобных типов как зарегистрированных, так и незарегистрированных, встречаются довольно много в областях занимаемых O ассоциациями. Приходится сожалеть, что эти исключительно интересные объекты, примыкающие к O скоплениям первого подтипа, до сих пор остались почти без внимания.

б) Скопления с цепочками. Очень часто звезды скопления (содержащие горячие гиганты) составляют четко вы-

Север

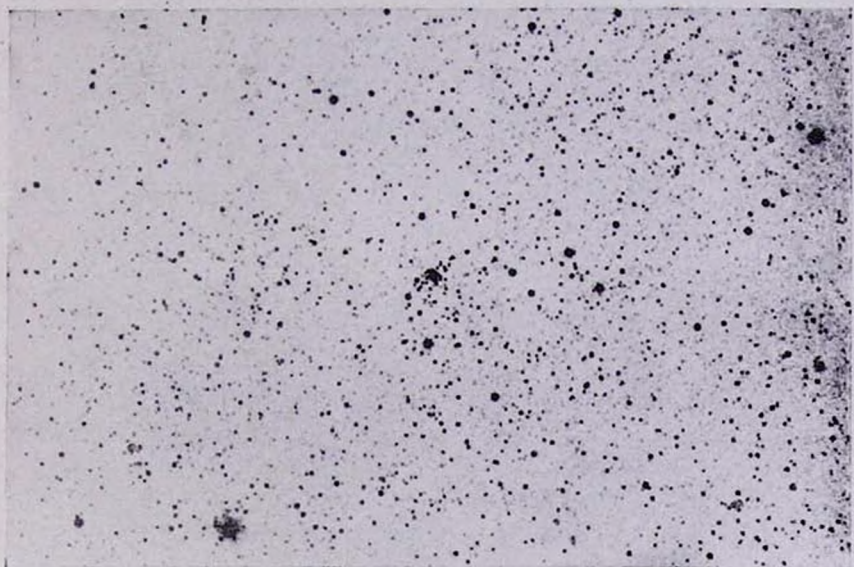


Рис. 1. IC 4996—Одноядерное звездное скопление типа O.
Масштаб—одна минута дуги 1,6 мм.

Север

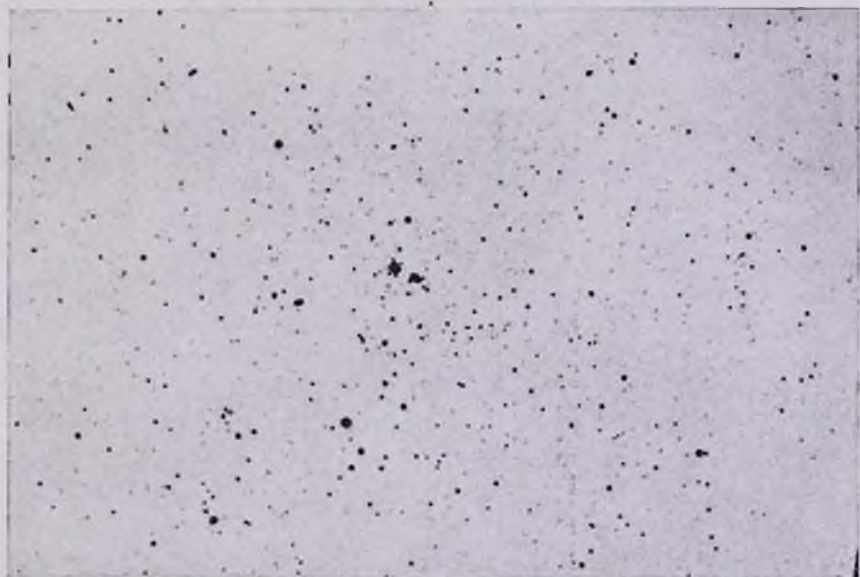


Рис. 2. IC 1848—Двухядерное звездное скопление типа O.
Масштаб одна минута дуги 1,6 мм.



раженные цепочки, поэтому мы нашли целесообразным скопления типа О с такой структурой назвать цепочкообразными. Большой частью эти скопления состоят из двух цепочек, либо параллельных между собой, либо сливающихся под острым углом. Они, почти без исключения, в проекции (на небесную сферу) имеют вытянутую форму. Обычно протяжение скопления вдоль цепочек в несколько раз превышает расстояние между ними: поэтому понятие диаметра, применяемое вообще для открытых скоплений, в отношении цепочкообразных скоплений, теряет смысл.

Цепочкообразным скоплениям свойственны большая плотность и резкие границы, придающие им весьма компактный вид. Центральная концентрация звезд в них почти незаметна, хотя многие из них другими исследователями отнесены к типам скоплений с сильной центральной концентрацией. Это, повидимому, вызвано было их большой плотностью и компактностью.

Иногда цепочкообразные скопления тоже содержат в себе (хотя редко) кратную систему. Но в этом случае независимо от того, находится ли кратная звезда в конце цепи или в середине, вокруг нее не концентрируются остальные звезды скопления: наоборот, последние вместе с кратной располагаются почти на одной линии и тем самым образуют цепочку: поэтому эти скопления по своей структуре отличаются от описанных выше скоплений с ядрами.

Примером цепочкообразных скоплений могут служить скопления NGC 7510, NGC 366 и т. д.

NGC 7 10 (рис. 3). Количество звезд в этом скоплении по нашим подсчетам 25 (по Колиндеру 19, по Шапли 27). По данным Цуга (¹⁷), оно содержит одну звезду спектрального типа О и четыре звезды типа В₀. Скопление состоит из двух почти параллельных звездных цепочек, которые объединяются в одном конце наиболее яркой звездой скопления, являющейся звездой типа О.

На необычную структуру этого скопления обратил наше внимание Амбарцумян.

Скопление NGC 366 тоже состоит из двух цепочек, но оно содержит и одну шестикратную систему типа Трапеции



ADS 906. Видимые величины и расстояния компонентов, согласно Айткену, следующие:

$$A = 11.5, B = 12.4, C = 12.5, D = 10.0, E = 11.0, F = 13.5, \\ AB = 4'', AC = 9'', AD = 50'', DE = 12'' \text{ и } EF = 6''.$$

Две звезды этого скопления, согласно Бергедорфскому спектральному каталогу ⁽¹⁶⁾, имеют спектральный класс B_0 , они входят в SA 8 за номерами 1578 и 1582, последняя является главной звездой ADS 906.

Цепочкообразные скопления вообще представляют исключительно большой интерес. Цепочки звезд, которые мы наблюдаем в проекции на небесную сферу, в действительности могут быть либо компланарными, либо линейными системами.

Компланарные системы, не сводящиеся к линейным, дадут в проекции цепь только тогда, когда луч зрения сопадает с их основной плоскостью. Но в таком случае, по понятной причине, такие объекты наблюдались бы исключительно редко. На самом же деле скопления с цепочкообразной структурой встречаются довольно часто. Поэтому приходится допускать, что наблюдаемые нами звездные цепочки, в действительности составляют линейные системы. В этом случае, наоборот, лишь небольшая их доля в проекции даст структуру, отличную от цепочки; это будет тогда, когда луч зрения пройдет вдоль цепочек. Надо сказать, что скопление, состоящее из двух линейных систем, не является устойчивым в механическом отношении.

Очень часто в областях неба, занимаемых O ассоциациями, встречаются тесные одиночные цепочки звезд, состоящие из 5–6 членов, а иногда и больше. Вероятность случайного образования такой геометрической группы невелика. Поэтому подавляющее большинство из них представляет собой физические системы.

Подобно тому, как „изолированные“ кратные системы типа Трапеции Ориона с физической точки зрения следует считать частными случаями O скоплений с ядрами, так и „изолированные“, т. е. одиночные цепочки горячих звезд следует считать разновидностью цепочкообразных O скоплений. Следует при этом предупредить, что наблюдениям

Север

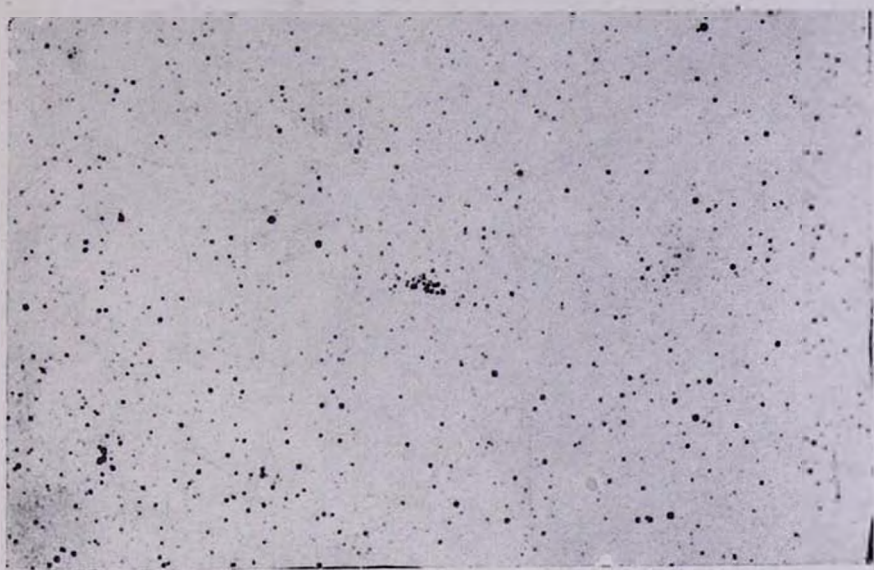


Рис. 3. NGC 7510—Звездное скопление типа O, состоящее из звездных цепочек.

Масштаб одна минута дуги 1,6 мм.

Север

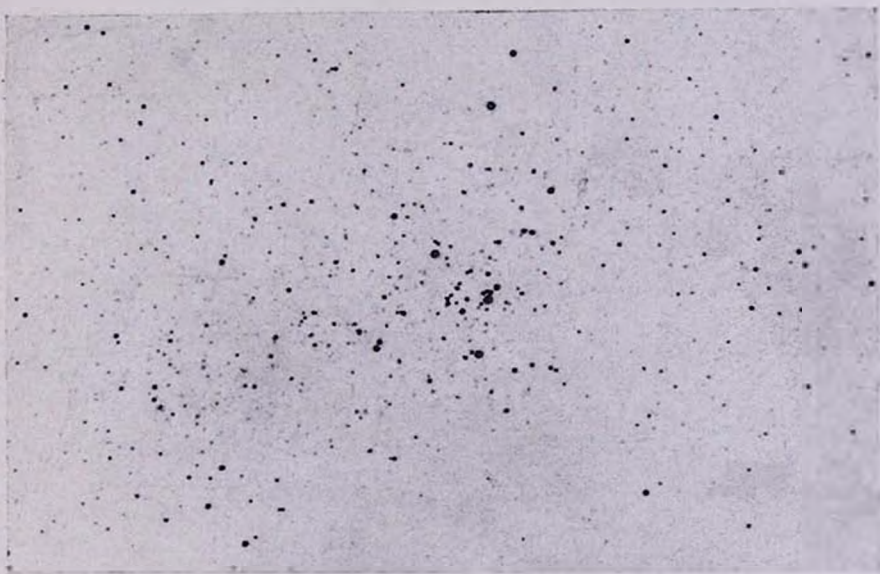


Рис. 4. IC 1805—Звездное скопление типа O, имеющее ядро и цепочку звезд.

Масштаб одна минута дуги 1,6 мм.

действительных цепочек могут препятствовать ложные цепочки, являющиеся либо результатом случайного расположения звезд в проекции, либо результатом тенденции глаза объединять в цепочки независимые друг от друга звезды, особенно в богатых областях Млечного Пути. Это нам кажется тем более правильным, поскольку выявлено существование бедных скоплений, состоящих из двух цепочек, насчитывающих всего 15—20 членов.

Весьма интересна, например, цепочка с координатами: $\alpha 1900 = 5^h 29^m$, $\delta 1900 = +9^\circ 52'$, находящаяся в Орионе. Она имеет длину порядка $28'$ и состоит из 5 ярких звезд, из коих одна является четырехкратной звездой (ADS 4179), главные два компонента которой являются звездами типа O, а остальные звезды цепочки принадлежат к спектральному типу B. Цепочка находится от нас на расстоянии порядка 400 парсеков, поэтому ее длина в линейной мере порядка 3 парсек. Эта цепочка, по всей вероятности, является одним из ядер ассоциации в Орионе.

В заключение заметим, что среди скоплений типа O встречаются и такие, которые имеют одновременно признаки, свойственные описанным двум подтипам. Так, например, скопление IC 1805 (рис. 4), насчитывающее, согласно Тренилеру, 33 звезды спектральных типов $O_n - A_1$, имеет ядро и цепочку звезд.

Такую же структуру имеют скопления NGC 1502 и NGC 6910.

в. Скопления, связанные с газовыми туманностями. Воронцов-Вельяминов утверждает,⁽¹⁸⁾ что связь между звездами и газовыми туманностями, свечение которых они возбуждают, не случайная, а генетическая. Гурзадян в своем сообщении на семинаре Бюраканской Обсерватории также утверждал о несомненной генетической связи диффузных газовых туманностей с O ассоциациями.

Хотя указанные авторы не приводят прямых доказательств о генетическом характере указанной связи, но тем не менее есть основание считать ее весьма вероятной.

Дело в том, что известные большие светлые газовые туманности почти всегда окружают одно из известных от-

крытых звездных скоплений, содержащих достаточное количество горячих гигантов, которые и обуславливают свечение окружающих их туманностей.

Поскольку скопления, связанные с светлыми туманностями, составляют солидную долю скоплений типа О и, помимо этого, они по своей структуре несколько отличаются от описанных выше двух подтипов и сходны между собой, мы решили их сгруппировать в отдельный подтип и назвать их О скоплениями, связанными с туманностями.

Таковыми скоплениями являются: NGC 2244 скопление вокруг Трапеции Ориона, NGC 2264, NGC 6530 и т. д.

Скопление NGC 2244 (рис. 5), содержащее не менее четырех звезд спектрального типа О⁽¹⁾, окружено туманностями NGC 2237, NGC 2238 и NGC 2246, которые, по новейшим исследованиям Минковского (²⁰), являются более светлыми частями одной большой туманности.

Такая же картина наблюдается вокруг скопления, внутри которого находится Трапеция Ориона, вокруг NGC 2264, NGC 6530 и т. д.

Каждое из этих скоплений тоже содержит в себе кратную систему типа Трапеции. Так, например, скопление NGC 2244 содержит пятикратную систему ADS 5165, главная звезда которой, согласно Моунт Вильсоновским наблюдениям, относится к спектральному типу О₆, а расстояния между главными компонентами следующие:

$$AB = 3''.2 \quad AC = 6''.6, \quad AD = 12'' \quad \text{и} \quad AE = 13''.$$

NGC 2264 содержит трапециеобразную кратную систему ADS 5322, состоящую из восьми компонентов, главная звезда которой принадлежит к типу О_{7.5}.

Наконец, известная трапеция Ориона является ядром скопления Ориона и т. д.

Структурное отличие этих скоплений от скоплений двух предыдущих подтипов заключается в том, что звезды в этих скоплениях не так тесно сгруппированы вокруг имеющихся в них кратных систем, как это имеет место в случае скоплений первого подтипа, т. е. в скоплениях с ядрами, и в от-

личие от цепочкообразных скоплений они имеют более или менее круглую форму.

Помимо этого, все рассмотренные нами О скопления, связанные с газовыми туманностями, содержат голько по одной системе типа Трапеции, в то время как О скопления, не связанные с туманностями, в ряде случаев содержат по две, иногда три системы типа Трапеции, а в некоторых случаях цепочки.

Что же касается количества звезд в скоплениях этого подтипа, то надо сказать, что оно того же порядка, что и для скоплений предыдущих подтипов.

Таким образом, можно констатировать тот факт, что часть скоплений типа О погружена в большие диффузные газовые туманности, масса которых превосходит солнечную массу в сотни и, быть может, в тысячу раз, а другая часть, более значительная по количеству, либо совершенно свободно от диффузной газовой материи, либо последнюю едва обнаруживают лишь специальными методами, например, методом академика Шайна⁽²¹⁾, в окрестностях скоплений. Весьма любопытно то, что скопления, связанные с туманностями, локализованы в трех участках Млечного Пути, а именно в районе Единорога—Ориона, Киля и Стрельца. А в другой части Млечного Пути, не менее богатой скоплениями типа О, а именно: в созвездиях Персея, Кассиопеи, Цефея и Лебедя, насколько нам известно, не обнаружено еще скоплений, связанных с газовыми туманностями солидных размеров и яркости.

Возможно, что исключение составляет скопление IC 18'8, вокруг которого недавно Шайн⁽²¹⁾ в красных лучах обнаружил слабую диффузную туманность. Но это по существу не меняет общую картину.

Есть полное основание полагать, что наблюдаемая нами картина не является результатом искажения действительности условиями видимости, а соответствует реальности.

В самом деле, поглощающая свет межзвездная материя не смогла бы помешать прямым наблюдениям таких туманностей, какими являются туманности вокруг скоплений Ориона, NGC 2244, NGC 6530, если бы они находились, напри-

мер, на месте скоплений Π и χ Персея или NGC 6781 и т. д.

Надо сказать, что это утверждение вполне оправдывается современными исследованиями. Как известно, Струве в окрестностях Π и χ Персея не обнаружил заметной эмиссии при наблюдениях Макдональским небулярным спектрографом. Слабая эмиссия им была обнаружена в областях ассоциации Лебеда и Цефея. В последнее время Минковским зарегистрировано существование эмиссионных туманностей в ряде областей Млечного Пути, в том числе и в созвездиях Кассиопеи, Лебеда и Цефея. Но и они являются исключительно слабыми объектами и в большинстве случаев находятся на порядочных расстояниях от скоплений, вокруг которых можно было бы подозревать наличие газовой туманности.

Эти объекты являются скорее всего результатом выброса материи нестационарными звездами, которыми очень богаты упомянутые выше области.

Если гипотеза о генетической связи диффузных газовых туманностей и горячих гигантов, вызывающих их свечение, верна, а это, по видимому, так, то факт существования скоплений типа О, окутанных мощными газовыми туманностями наряду со скоплениями того же типа, почти совершенно свободными от туманностей, может представлять большой интерес для теории эволюции звездных скоплений, а может быть, и для теории развития самих звезд.

Как мы видели, существует некоторое структурное различие между этими двумя группами О скоплений: возможно, что они отличаются и по другим характеристикам. В этом случае можно полагать, что наличие вокруг скопления газовой туманности свидетельствует об определенном этапе развития скопления. Если же наличие туманности вокруг скопления не является возрастным фактором, то мы вынуждены будем допускать, что при формировании скоплений в одном случае наряду со звездами формировались и туманности, а в другом случае почему-то оказались одни лишь звезды.

Для разрешения этого весьма интересного вопроса значительную роль может играть изучение пространственного распределения О скоплений и светлых газовых туманностей. Поскольку О скопления являются ядрами звездных ассо-

циаций типа О, которые фактически определяют положение ветвей спиральных систем, то может оказаться, что скопления, связанные с туманностями, локализованы в определенной части спиральной ветви.

г. Скопления h и χ Персея и NGC 6231. Эти скопления, которые неоднократно изучались со стороны многих астрономов, представляют большой интерес по ряду причин. Поэтому стоит на них особо остановиться.

Близость друг к другу (в проекции на небо) скоплений h и χ Персея и одинаковость их расстояний давно привели к заключению, что они составляют одну физическую систему. Больше того, впоследствии выяснилось, что они имеют и почти одинаковый физический состав, что свидетельствует об их генетической связи.

Эта физическая пара пока еще не имеет себе подобных среди изученных открытых скоплений.

Согласно данным Бидельмана⁽¹¹⁾, эти скопления содержат довольно большое количество горячих гигантов и сверхгигантов, заметная доля которых принадлежит к спектральным подтипам B_0 , B_1 и B_2 . Вызывает большой интерес то, что эти скопления содержат большое количество нестационарных звезд типа В. Из Моунт Вильсоновского каталога Ве звезд^(12,23), в область неба, занимаемую этими скоплениями, попадают 15 звезд, список которых приводится ниже, в табл. 3.

Таблица 3

MWC	α 1950	δ 1900	m	Sp
31	2 ^h 9 ^m 9	+ 56° 36'	6.4	c B ₁ sc
441	2 10.0	56 40	8.7	B ₁ e
444	2 10.7	56 26	9.1	B(0)ne
33	2 12.4	56 37	10.1	B ₁ ne
445	2 13.6	56 51	9.2	B ₂ e
446	2 13.9	56 56	9.5	B(2)ne
34	2 14.2	56 51	10.7	B ₂ e
36	2 14.7	56 40	9.6	B ₁ e
37	2 14.7	56 56	9.4	B ₁ ne
38	2 14.8	55 42	10.1	B ₃ e
39	2 15.0	56 43	10.6	B ₄ e
40	2 15.0	56 38	9.9	B ₃ e
41	2 15.3	56 50	10.2	B(3)e
447	2 15.7	56 30	10.3	B(0)ne
448	2 16.3	56 51	10	B(0)ne

Большинство из приведенных в табл. 3 звезд, по всей вероятности, входят в эти скопления.

Скопление NGC 6231, согласно данным Струве⁽¹²⁾, содержит необычайно большое количество сверхгигантов спектральных типов О и В₀, большинство которых являются спектрально двойными. Список этих звезд приводится в таблице 4.

Таблица 4

HD	m	S _p	П р и м е ч а н и е
152218	7.1	с О ₉	спектрально двойная
152233	6.4	с О ₈	
152234	5.9	с О ₉	спектрально двойная
152248	6.2	с О ₉	спектрально двойная
152249	6.8	с В ₀	спектрально двойная
CD—41° 11037	8.5	с О ₉	спектрально двойная
CD—41° 11042	8.5	с В ₀	спектрально двойная
CD—41° 11044	7.2	с В ₂	
152314	7.5	с В ₀	

В это же скопление входит звезда HD 152270, принадлежащая к типу Вольф—Райэ. Принадлежность этой звезды к скоплению Струве считает не подлежащей сомнению. Это единственный известный нам случай, когда звезда типа Вольф—Райэ входит в открытое звездное скопление. Известны еще два случая, когда звезды упомянутого типа входят в кратные системы. Одна из таких систем, зарегистрированная Амбарцумяном, находится в звездной ассоциации вокруг Р Лебеда, а другая, зарегистрированная нами, входит в ассоциацию Кассиопея II.

Исходя из физического состава рассматриваемых здесь скоплений, их надо отнести к числу скоплений типа О. Но надо заметить, что все эти три скопления, имея много общего между собой, во многих отношениях отличаются от уже описанных О скоплений. Они заметно превосходят последние по количеству звезд, по общей светимости и по массе.

Север

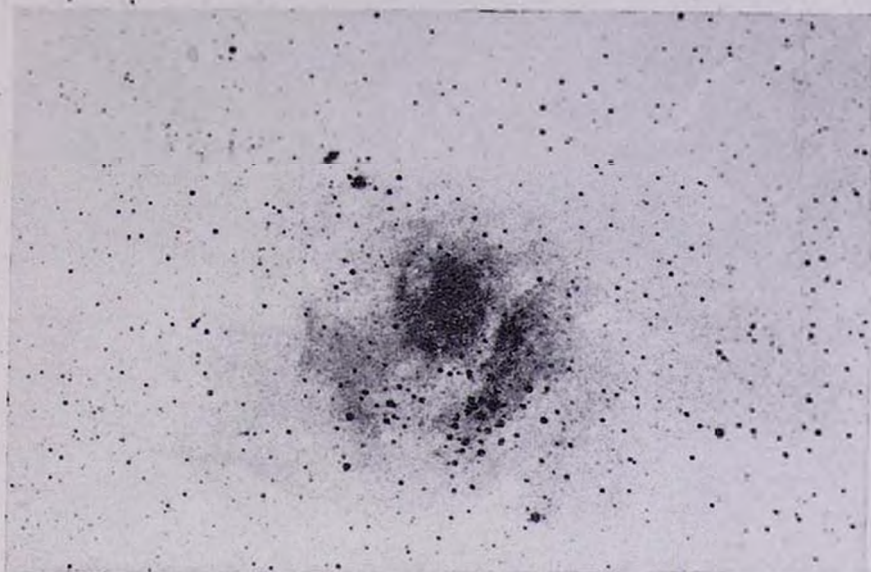


Рис. 5. Диффузная туманность M 8 и связанное с ней
звездное скопление NGC 6530.
Масштаб одна минута дуги 1.6 мм.

Север

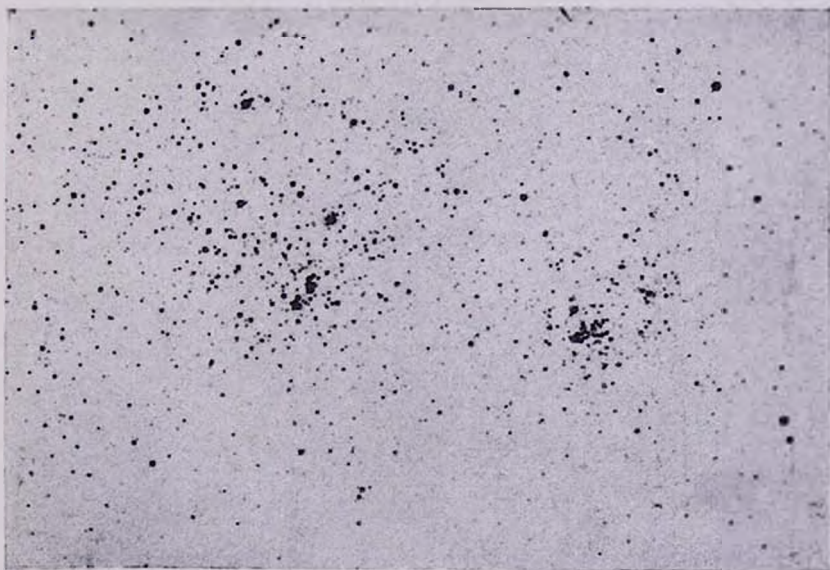


Рис. 6. Звездные скопления η и ζ Персея.
Масштаб одна минута дуги 1.6 мм.

Вместе с тем имеются довольно веские аргументы, свидетельствующие об исключительной молодости этих скоплений. В самом деле скопления η и χ Персея являются ядрами звездной ассоциации Персея,⁽²⁾ а скопление NGC 6231 является ядром ассоциаций Скорпиона⁽²⁴⁾.

Отсюда можно заключить, что возраст этих скоплений по порядку величины не больше промежутка времени, необходимого для разрушения звездной ассоциации типа O, т. е. 10^7 лет. Больше того, наличие непосредственно в этих скоплениях и среди окружающих их звезд большого количества нестационарных звезд говорит о молодости этих скоплений и упомянутых ассоциаций, ядрами которых они являются.

Достаточно сказать, что, помимо находящихся в них нестационарных звезд, вокруг этих скоплений находится почти половина известных нам звезд типа Р Лебеда, входящих в Галактику, крайняя молодость которых никем не оспаривается. Список этих звезд приводится в таблице 5.

Таблица 5

№	HD	α_{1950}	δ_{1950}	m	Sp
1	12953	2 ^h 1 ^m 7	+57° 57'	5.90	c A ₂ e ₂
2	13841	2 9 8	+56 34	7.21	c B ₂
3	14134	2 12.1	+56 40	6.66	c B ₃ e ₂
4	14143	2 12.2	+56 43	6.66	e B ₁
5	14818	2 18.2	+56 10	6.24	c B ₁ e ₂
6	151804	16 44.5	-41 4	4.6	O _e
7	152408	16 48.0	-41 0	5.6	O _e p
8	152236	16 47.0	-42 12	4.9	B ₁ seq

Первые пять из этих звезд входят в ассоциацию Персея. Из них 2, 3 и 4 попадают в область, занимаемую скоплениями η и χ Персея и возможно даже, что они являются членами этих скоплений⁽²⁵⁾. Принадлежность их к типу Р Лебеда установлена Билсом.

Последние три звезды входят в ассоциацию Скорпиона⁽²⁴⁾, из них первые две находятся на расстоянии порядка полградуса от скопления NGC 6231.

Значительный интерес представляют структурные особенности рассматриваемых скоплений.

Все эти три скопления отличаются наличием центрального сгущения. Наиболее яркие звезды скоплений Π и χ Персея сконцентрированы в их центральных частях (рис. 6). Причем, в то время как в скоплении χ они, сгущаясь вокруг двух точек, образуют двойное ядро, что роднит его с рассмотренными двухъядерными O скоплениями, в скоплении Π они образуют цепочки, что роднит последнее с цепочкообразными O скоплениями.

На общем фоне звезд этих скоплений, упомянутые образования ярких звезд выделяются, как типичные O скопления, описанные в пунктах а и б.

В скопление NGC 6231 входят три трехкратные трапецеобразные системы— $\lambda 293$ ($41^\circ 7716$), $\lambda 294$ ($41^\circ 7718$) и $\lambda 297$ ($41^\circ 7728$), зарегистрированные в каталоге тройных звезд Иннеса. Главные звезды этих систем принадлежат к спектральным типам O и B .

Наличие всех признаков, характеризующих скопления типа O , наряду с многочисленностью более слабых членов в рассматриваемых трех скоплениях—членов, наверняка принадлежащих к более поздним подразделениям типа B , к типу A и т. д., приводит нас к заключению, что мы в каждом из этих скоплений имеем дело как бы с наложением скопления типа O на скопление типа B . Поэтому тип этих скоплений целесообразно обозначить через $O+B$.

В заключении этого параграфа можно констатировать, что основная структурно-морфологическая особенность звездных скоплений типа O заключается в том, что все они либо содержат трапецеобразную кратную систему, либо состоят из звездных цепочек*. Характерна также физическая связь

* Следует заметить, что системы типа Трапеции и звездные цепочки, являющиеся основными структурно-морфологическими признаками O скоплений, лучше всего выделяются на снимках, которые произведены на обыкновенных (нечувствительных к красным лучам) пластинках при алюминированном зеркале рефлектора. Уже на снимках в красных лучах эти особенности заметны гораздо слабее. Это вполне понятно, так как в цепочки и кратные системы входят преимущественно горячие звезды.

одной части этих скоплений со светлыми газовыми туманностями.

Замечательно вместе с тем то, что эти особенности характерны только для скоплений типа О.

Среди скоплений типов В и А, хотя и имеются редкие скопления, содержащие кратные системы и звездные цепочки, но в них эти объекты имеют совершенно иную структуру.

В то время как в скоплениях типа О кратные системы четко выделяются как ядра этих скоплений, состоящие из наиболее ярких звезд, в скоплениях типов В и А кратные системы едва обнаруживаются.

Это связано, во-первых, с тем, что кратные системы в скоплениях типов В и А состоят из немногочисленных компонентов, вокруг которых незаметна какая-либо концентрация остальных звезд скоплений, а во-вторых, яркости компонентов кратных почти не отличаются от окружающих их звезд.

То же самое относится и к звездным цепочкам, которые встречаются только в богатых В и А скоплениях, как например: М 11, М 52, М 7 и т. д. Что касается связи светлых газовых туманностей со скоплениями, то надо сказать, что пока еще не обнаружено ни одного скопления, связанного со светлой газовой туманностью, которое не принадлежало бы к скоплениям типа О, что впрочем и естественно, так как звезды поздних спектральных подразделений не могут возбуждать свечение газовых туманностей.

Исходя из вышеуказанного, мы приходим к выводу, что указанные структурно-морфологические особенности скоплений типа О могут служить достаточным критерием для отнесения того или другого скопления, обладающего упомянутыми характеристиками, к числу скоплений типа О.

В особенности в тех случаях, когда невозможно получить спектральные данные о звездах скоплений, либо они отсутствуют, установленные структурно-морфологические характеристики приобретают особую важность, как единственное средство для классификации этих объектов.

§ 4. ВОЗРАСТ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ ОТКРЫТЫХ СКОПЛЕНИЙ ТИПА О

После того как было произведено основное подразделение открытых скоплений по их физическим характеристикам и довольно подробно были рассмотрены скопления, содержащие голубые гиганты, можно попытаться выяснить некоторые вопросы, связанные с возрастом и продолжительностью жизни открытых скоплений типа О.

а. *Ядра звездных ассоциаций типа О.* Как уже упоминалось во введении, в О ассоциациях звезды в основном формируются группами в виде открытых звездных скоплений и кратных систем, которые удобно назвать общим термином ядрами ассоциаций. Изучение ядер до сих пор обнаруженных О ассоциаций показывает, что все они принадлежат к числу скоплений типа О.

Возникает вопрос—все ли скопления типа О являются ядрами ныне существующих ассоциаций типа О? Чтобы ответить на этот вопрос, обратимся к конкретными фактическим данным.

Наш предварительный список О скоплений содержит 52 объекта, из коих 38 наверняка содержат звезды спектральных типов О и В, а остальные нуждаются еще в дополнительном изучении для точного определения их типов. Они были включены в список О скоплений, исходя из их структурно морфологических характеристик, поэтому оставим последние пока вне рассмотрения. Из упомянутых 38 скоплений ровно 28 входят в уже обнаруженные ассоциации в качестве их ядер: из оставшихся 10 скоплений для 9 ничего определенного пока нельзя сказать из-за отсутствия необходимых данных об окружающих их звездах. Остается всего одно скопление, NGC 1502, вокруг которого хотя и имеются В звезды, но их настолько мало, что нельзя ничего утверждать о существовании О ассоциации вокруг этого скопления.

Таким образом, можно сказать, что если не все, то во всяком случае подавляющее большинство О скоплений являются ядрами ныне существующих О ассоциаций.

6. *Возраст скоплений типа О.* Из вышеизложенного непосредственно вытекает, что возраст О скоплений не превышает времени, необходимого для разрушения звездных ассоциаций типа О, т. е. промежутка порядка 10^7 лет.

Существуют и другие данные, довольно веские, которые подкрепляют это заключение.

В § 3 мы видели, что скопления типа О либо содержат в себе трапецеобразные кратные системы, либо состоят из звездных цепочек.

Мы уже говорили, что для разрушения трапецеобразных систем требуется всего несколько миллионов лет; по тем же соображениям продолжительность жизни звездных цепочек должна быть того же порядка. Помимо этого, из упомянутых 38 О скоплений 21 содержат в себе звезды типа О. А согласно исследованию Унзольда О звезды за промежуток времени порядка 10^7 лет должны эволюционировать в звезды типа В.

К такому же заключению пришел и Гурзаян⁽³⁶⁾, исходя из пространственного распределения О звезд.

Все перечисленные здесь аргументы свидетельствуют о том, что открытые скопления типа О являются исключительно молодыми объектами, верхний предел возраста которых можно считать порядка 10^7 лет.

Уместно здесь заметить, что мыслимы молодые скопления и „поздних“ типов, т. к. у некоторых скоплений типов В и А обнаружены такие структурно-морфологические особенности, которые явно свидетельствуют об их неустойчивости. К числу таких особенностей относится, например, расщепленность скоплений, хорошим примером которой может служить скопление М 25 (рис. 7), принадлежащее к типу В; наличие в скоплении кратных звезд и звездных цепочек, часто встречающихся в богатых скоплениях типа А, как, например, скоплениях М 11, М 52 и т. д.

в. *О формировании звезд в О ассоциациях.* Поскольку звездные скопления, члены которых связаны между собою силами взаимного притяжения, не могут возникать путем объединения ранее независимых друг от друга звезд, то из факта молодости О скоплений мы должны заключить, что

все звезды, входящие в эти скопления, также являются молодыми.

Отсюда вытекает весьма важный вывод, заключающийся в следующем: поскольку в O скоплениях наряду с O и B звездами имеются и звезды более поздних типов, по крайней мере, спектральных классов A , F и G , то мы должны принять что в ассоциациях вместе с O и B звездами одновременно формируются звезды и более поздних типов. Это значит, что формирование звезд в O ассоциациях происходит почти общим фронтом, начиная от звезд типа O , по крайней мере до G .

Это заключение находится в хорошем согласии с одним из основных результатов замечательного исследования П. П. Паренаго, посвященного анализу пространственных скоростей звезд⁽¹⁷⁾.

Судя по всему, звезд более поздних спектральных типов в O ассоциациях должно быть значительно больше, чем звезд ранних типов, но выделение звезд поздних типов, входящих в O ассоциации, из общего галактического поля затруднено в еще большей степени, чем это имеет место для звезд ранних типов, для которых парциальная плотность в O ассоциациях во много раз превышает таковую в общем галактическом поле. Поэтому при обнаружении и изучении O ассоциаций приходится пока опираться на горячие гиганты и сверхгиганты.

Вопрос о том, существуют ли дополнительно другие, параллельные механизмы возникновения звезд типов A , F и G в Галактике, мы здесь не рассматриваем.

г. *Продолжительность жизни скоплений типа O .* Согласно одному из основных выводов из изучения звездных ассоциаций, сделанных Амбарцумяном, формирование звезд в Галактике, не произошло одновременно, как это до сих пор полагали некоторые западные ученые, оно продолжается и поныне в тех областях Галактики, которые занимают звездные ассоциации. Поэтому нет никакого основания допускать, что до возникновения наблюдаемых нами ассоциаций, следовательно и скоплений типа O , не существовали другие, такого же типа объекты.

Север



Рис. 7. М 25—Расщепленное звездное скопление типа В.
Масштаб одна минута дуги 1.6 мм.

Север

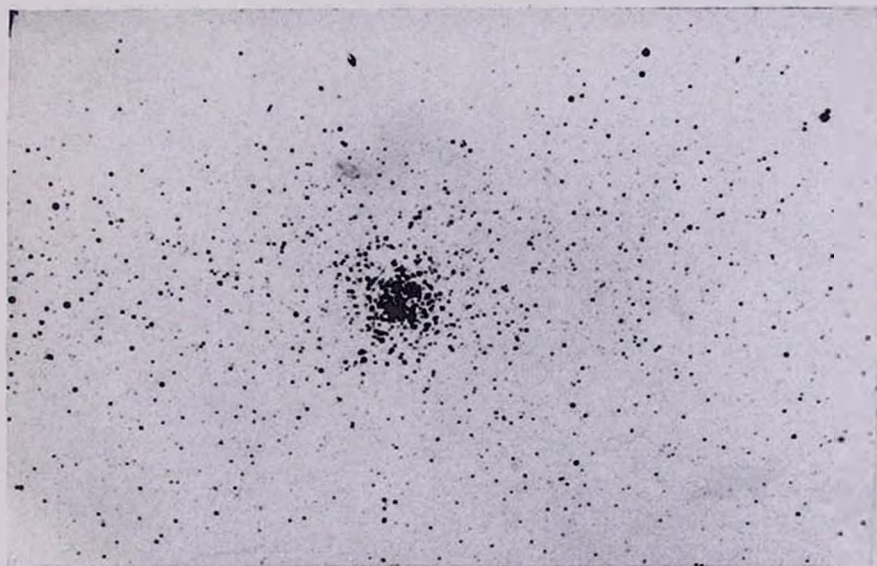


Рис. 8. М 11—Исключительно богатое звездное скопление типа А.
Масштаб одна минута дуги 1.6 мм.

В этой связи вполне уместно поставить вопрос о будущей судьбе О скоплений.

Мы уже видели, что не входящие в О ассоциации скопления типа О могут составить лишь незначительную долю их общего количества, следовательно, эти объекты за промежуток времени порядка 10^7 лет (т. е. за время существования ассоциации либо должны разрушаться, либо должны эволюционировать в скопления типа В.

Разберем, насколько это возможно при имеющихся данных, обе эти возможности.

Предположим, что скопления типа О эволюционируют в скопления типа В. В этом случае среди скоплений типа В должно было бы иметься большое количество бедных скоплений, насчитывающих 20—30 членов, т. к. среди скоплений типа О самой большой частотой обладают скопления с таким количеством членов.

Установление точного соотношения между количествами скоплений этих двух типов, на основании действительного пространственного распределения скоплений по типам, к сожалению, в данное время невозможно. Эта трудность вызвана неимением точных расстояний и классификации по установленным нами типам хотя бы для большинства известных нам открытых скоплений. Но подходя грубо к вопросу, можно полагать, что, если бы скопления типа О превращались бы в скопления типа В, то за промежуток времени порядка 10^8 лет скоплений типа В должно было бы накопиться по количеству примерно в 10 раз больше наблюдаемого сейчас количества О скоплений. А на самом деле предварительный анализ показывает, что скопления этих двух типов встречаются почти одинаково часто. Причем бедных скоплений типа О значительно больше, чем таких типа В.

Это дает основание полагать, что основная масса О скоплений разрушается, не успевая превратиться в скопления типа В. Вместе с этим мы видели, что если вне ассоциаций даже и имеются О скопления то в весьма малом количестве. Поэтому мы неминуемо приходим к выводу, что основная масса О скоплений разрушается за время пребывания в ассоциациях. Это значит, что время рассеивания для О скоп-

лений—величина того же порядка, что и для звездных ассоциаций типа О, т. е. 10^7 лет.

Эта оценка для продолжительности жизни открытых скоплений типа О во много раз меньше известных до сих пор оценок продолжительности жизни открытых скоплений, вообще, выражающихся, по крайней мере, миллиардами лет. Причем это вполне понятно, т. к. открытые скопления до сих пор рассматривались как *стационарные* системы. Расчеты, учитывающие тот или другой фактор, разрушающий скопления, всегда исходили из допущения стационарности открытых скоплений и устанавливали верхний предел промежутка времени, необходимого для разрушения этих объектов в результате действия тех или иных возмущений.

Во всех этих 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 можно пренебрегать. Только учет возмущений, из которых наибольшее значение имеют возмущения, связанные со взаимными сближениями звезд скопления (Амбарцумян, ²⁸), приводит к представлению о разрушающем их действии за достаточно длительные промежутки времени. Принятые в настоящее время в звездной динамике оценки верхней границы возраста звездных скоплений исходят из разрушающего действия сближений в „стационарном“ скоплении. Если же считать скопление не стационарным, а, например, обладающим положительной энергией, то для их возраста должны получиться оценки порядка 10^7 лет.

Между тем допущение стационарности *всех* открытых скоплений не обосновано и, повидимому, неверно. Во всяком случае оно неверно для большинства скоплений типа О. В самом деле, как мы видели, скопления типа О либо содержат в себе трапециеобразные кратные системы, либо состоят из звездных цепочек, поэтому нельзя их считать устойчивыми системами, следовательно, и стационарными. Поэтому есть все основания считать О скопления весьма молодыми и неустойчивыми объектами.

д. О характере вновь возникающих открытых скоплений. Из изложенного в пункте Г непосредственно вытекает, что если даже небольшая доля скоплений типа О и эволюционирует в скопления типа В, то вообще скопления типа В не являются, как правило, последующим этапом развития скоплений типа О. Это значит, что скопления типа В вообще формируются именно, как таковые. Не вдаваясь пока в подробности относительно скоплений типов В и А, т. к. им будет посвящена другая статья, скажем здесь, что скопления одного из подтипов А (кстати сказать, довольно многочисленных), отличающегося исключительно большим богатством звезд спектральных типов В₈, В₉ и А, состоят из многих сотен звезд, как, например, М 11, NGC 2477, М 37 и т. д. Таких весьма богатых скоплений вообще не имеется среди скоплений типов О и В. Поэтому вполне уверенно можно утверждать, что они не представляют собой более поздний этап развития скоплений ранних типов. В пользу этого говорит также пространственное распределение скоплений отдельных типов.

Мы не намерены здесь рассматривать этот вопрос, ибо он требует довольно подробного анализа, основанного на уточненных статистических данных, но достаточно сказать, что распределения различных типов скоплений, например, в экваториальной плоскости Галактики, заметно отличаются друг от друга по характеру.

Все это приводит нас к весьма важному заключению, что открытые звездные скопления в Галактике формируются по общему фронту совокупности типов, хотя возможность отдельных переходов скоплений из одного типа в другой не исключена.

Ряд выводов и предположений последнего параграфа, безусловно, нуждается в дополнительном изучении и уточнении.

В заключение считаю своим приятным долгом выразить глубокую благодарность В. А. Амбарцумяну за весьма ценное обсуждение ряда рассмотренных здесь вопросов.

1950, сентябрь.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Амбарцумян, Эволюция звезд и астрофизика. Ереван, 1947.
2. В. А. Амбарцумян, Астр. Журнал, XXVI, 1, 1949.
3. В. А. Амбарцумян, ДАН, LXVIII, 1, 1949.
4. В. А. Амбарцумян и Б. Е. Маркарян, Сообщ. Бюраканской Обсерватории, 2, 1949.
5. G. Alter M. N., 101, 94, 1941.
6. H. Shapley, Ster Clusters, 1930.
7. R. Trumpler, L. O. B., 14, 420, 1930.
8. J. Cuffey, Ap. J. 94 55, 1941.
9. J. Cuffey, Ap. J. 97, 93, 1943.
10. G. Alter. M. N., 104, 1941.
11. W. Bidelman, Ap. J., 98, 61, 1943.
12. O. Struve, Ap. J., 100, 189, 1944.
13. E. G. Ebbighausen, Ap. J., 89, 431, 1939.
14. Г. А. Гурзадан, ДАН Арм. ССР, X, 107, 1949.
15. J. Stebbins, C. Huffer and A. Whitford, Ap. J. 91, 20, 1940.
16. Ber. Sp. Durchmusterung, Band, I, 86, 1935.
17. R. Zuq, L. O. B., 16, 119, 1933.
18. Б. А. Воронцов-Вельяминов, Успехи Астр. наук, IV, 208, 1949.
19. Б. Е. Маркарян, ДАН Арм. ССР, XI, 4, 1950.
20. R. Minkowski, P. A. S. P., 61, 151, 1949.
21. Г. А. Шайн, Известия АН СССР, XIV, № 1, 1950.
22. P. Merrill and C. Burdell, Ap. J. 78, 87, 1933.
23. P. Merrill and C. Burdell, Ap. J. 98, 153, 1943.
24. В. А. Амбарцумян, ДАН Арм. ССР, X, 149, 1949.
25. C. S. Beals, J. R. A. S., Canada, 34, 190, 1940.
26. Г. А. Гурзадан, Астр. Журнал, XXVI, 329, 1949.
27. П. П. Паренаго, Астр. Журнал, XXVII, 150, 1950.
28. В. А. Амбарцумян, Уч. записки ЛГУ, 22, 20, 1938.

