

## ОБ ЭВОЛЮЦИИ ЗВЕЗДНЫХ СИСТЕМ

Рассмотрим некоторые аспекты проблемы эволюции звездных систем. Главное внимание сосредоточим на *галактиках*. Но, вместе с тем, мы рассмотрим здесь некоторые вопросы, связанные с звездными *скоплениями*, которые входят в галактики в качестве их членов.

### § 1. Звездные системы

Совокупность звезд, в которой движение каждого члена определяется в основном его взаимодействием с остальными членами совокупности, называется *звездной системой*. Не только галактики, но и звездные скопления и даже кратные звезды удовлетворяют требованиям этого определения, если только под движениями, упоминаемыми в нем, подразумевать движения по отношению к центру тяжести рассматриваемой совокупности.

Данное выше определение должно быть дополнено в том отношении, что звездная система может содержать значительные массы диффузного вещества, состоящего из газа и пыли, так же, как плотные тела незвездной природы, например, планеты и кометы. Согласно имеющимся данным, полная масса диффузного вещества и малых тел (планет и комет) обычно представляет лишь небольшую часть всей массы звездной системы. Однако может случиться, что некоторые звездные ассоциации составляют в этом отношении исключение. Масса диффузного вещества в последних может составить значительную долю полной массы.

### § 2. Гравитирующий газ

Поскольку мы можем считать, что большая часть массы системы сосредоточена в звездах, главным видом взаимодействия между членами системы должно быть ньютоновское притяжение. Если бы в физическом состоянии звезд не происходило никаких изменений и, в частности, если бы их массы были неизменны, то проблема эволюции звездной системы могла бы быть сведена к задаче о поведении системы материальных частиц, взаимодействующих по закону Ньютона. С другой стороны, если мы допустим, что в течение жизни звездных систем природа звезды и ее состояние меняются, но их массы остаются неизменными, то проблема эволюции звездной системы может быть разделена на следующие две независимые друг от друга части:

а) описание динамической эволюции гравитирующего газа, который состоит из частиц с инвариантными массами,

---

\* Джордж Дарвиновская лекция, прочитанная на заседании Королевского Астрономического общества в Лондоне 13.5. 1960 академиком В. А. Амбарцумяном в связи с присуждением ему золотой медали Общества за 1960 год. Печатается с незначительными дополнениями и изменениями, внесенными автором (Изв. АН АрмССР, серия физ.-мат. наук, 1961, 4, № 3, с. 163).

б) статистическое описание изменений в физическом состоянии звезд.

В качестве решения этой второй части проблемы мы могли бы, например, иметь определение относительных чисел звезд каждого спектрального типа и каждого класса светимости, как функции координат и времени. На самом деле мы не можем считать, что звезды имеют неизменные массы. Мы знаем, что они возникают из некоторого дозвездного вещества неизвестной природы и что в течение своей жизни они выбрасывают некоторую часть своей массы в окружающее пространство.

Проблема усложняется тем, что процесс звездообразования в той или иной звездной системе может занимать значительную часть времени ее жизни. Этот процесс формирования новых молодых звезд протекает одновременно с процессом развития уже существующих звезд. Вновь возникающие звезды могут иметь различные массы и начинать свою жизнь с различных физических состояний. Распределение вновь возникающих звезд по объему системы так же, как и их физическое состояние, зависит, по-видимому, от распределения и состояния дозвездного вещества. По этой причине проблема эволюции звездной системы в общем случае не может быть просто сведена к проблеме звездной динамики или статистической механики.

Тем не менее, в некоторых случаях характеристическое время  $t_1$ , в течение которого число вновь образовавшихся звезд достигает того же порядка величины, что и число уже существующих звезд

$$t_1 = N / \frac{dN}{dt},$$

может оказаться намного большим, чем время, необходимое для некоторых существенных кинематических и динамических процессов, происходящих в системе.

За то же самое время  $t_1$  изменение массы подавляющего большинства звезд может оказаться пренебрежимо малым. Другими словами, за промежутки времени, короткие по сравнению с  $t_1$ , звездная система может рассматриваться как простая совокупность постоянного числа взаимно притягивающихся частиц с постоянными массами (гравитирующей газ).

Система, состоящая из большого числа гравитирующих частиц, обладает некоторыми особенностями, которые делают невозможным применение к ней некоторых методов и важных выводов статистической физики. Подробное рассмотрение показывает, что свойства такой совокупности (гравитирующего газа) существенно отличаются от поведения обычных физических тел (твердых, жидких и газообразных). Эти отличия обусловлены особой формой закона Ньютона. Наиболее существенным является здесь медленное уменьшение силы взаимодействия с расстоянием. Как известно, силы, действующие между молекулами какого-нибудь электрически нейтрального тела, существенны только на расстояниях, сравнимых с диаметрами этих молекул. На больших расстояниях эти силы совершенно пренебрежимы. Это приводит, например, к следующему различию макроскопических свойств соответствующих совокупностей. Внутренняя энергия обычного физического тела, скажем камня, может быть представлена как сумма внутренних энергий макроскопических частей, составляющих это тело, поскольку взаимодействие между каждыми двумя такими макроскопическими частями очень мало. Иными словами, эта внутренняя энергия аддитивна до тех пор, пока речь идет о мысленном разделении те-

ла на макроскопические части. Действительно, взаимодействие между двумя макроскопическими частями обычного физического тела обусловлено главным образом молекулами, расположенными на поверхности, отделяющей эти части друг от друга. Но ведь число молекул на такой поверхности пренебрежимо мало по сравнению с числом молекул, находящихся внутри каждого из соответствующих макроскопических объемов. И поэтому их взаимодействиями можно пренебречь. Так, внутренняя энергия камня почти точно равна сумме внутренних энергий отдельных его частей.

В случае звездных систем положение совершенно другое. Если мы разделим мысленно объем системы на две части, то полная энергия системы будет равна сумме энергий двух половинок *плюс энергия взаимодействия между последними*, причем эта энергия взаимодействия будет того же порядка величины, что и полная энергия каждой половины.

Это имеет далеко идущие последствия. В частности, становится неприменимым метод Гиббса, так как этот метод предполагает аддитивность энергий макроскопических subsystem. Статистические суммы, играющие в методе Гиббса фундаментальную роль, оказываются расходящимися. Физический смысл этого расхождения заключается в том, что для гравитирующего газа нет состояния статистического равновесия. Это означает, что вероятность того или иного возможного распределения частиц в фазовом пространстве не имеет максимума, если только число частиц ограничено. Последнее условие в звездных системах всегда удовлетворяется.

Какое бы состояние гравитирующих частиц мы не выбрали, всегда найдется некоторое другое состояние, более вероятное, чем выбранное. Поэтому, если рассматриваемая система изолирована от других систем, произойдет переход в другое, более вероятное состояние. Таким образом, система будет все время меняться, переходя во все более и более вероятные состояния, *но не достигая наиболее вероятного состояния*, поскольку таковое не существует.

Мы можем спросить, каково должно быть направление развития такой системы? Этот вопрос подвергся анализу уже в тридцатых годах текущего столетия, и некоторые результаты этого анализа объяснены ниже. Однако не мешает отметить, что для многих целей необходимо иметь более точную трактовку вопроса и достичь более определенных выводов.

### § 3. Направление эволюции гравитирующего газа

Представим себе совокупность взаимно притягивающихся частиц (звездную систему), не подвергающуюся внешним воздействиям. Простое вычисление показывает, что в такой системе средняя свободная длина пути во много раз превосходит линейные размеры системы.

Звезды могут проходить от одного края системы до другого, имея малую вероятность таких тесных сближений с другими звездами, которые могут существенно изменить их траектории. Поэтому, в течение промежутков времени, порядка периода обращения системы, и даже в течение интервалов времени в несколько раз более продолжительных, каждая звезда движется под действием сил притяжения, создаваемых системой в целом. Действием близких случайных прохождений можно, как правило, пренебречь.

В результате этого все звезды, имеющие кинетическую энергию, достаточную для того, чтобы уйти из гравитационного поля системы, непосредственно покинут его. Подобный уход произойдет, конечно,

только в том случае, если звезды со столь большими кинетическими энергиями существовали в рассматриваемый начальный момент.

Остальные звезды, которые не имеют достаточно высокой кинетической энергии, чтобы непосредственно покинуть систему, должны будут в течение долгого времени совершать движения вокруг центра масс системы. Вследствие различий в начальных положениях и координатах должно происходить все возрастающее перемешивание звезд и, как результат этого, должно установиться некоторое *стационарное состояние*. Это стационарное состояние не будет состоянием равновесия в том смысле, как это понимается в статистической механике, так как наиболее вероятного состояния не существует. Но оно будет стационарным состоянием в том смысле, что во время движений звезд, происходящих под действием регулярного поля всей системы, распределение звезд в фазовом пространстве будет оставаться неизменным. Обозначим через  $t_2$  время, необходимое для установления такого стационарного состояния. Это время  $t_2$  будет несколько превосходить по порядку величины среднее время обращения звезды в системе.

Фазовая плотность  $f$  при таком стационарном состоянии должна удовлетворить уравнению

$$\frac{\partial f}{\partial x} \xi + \frac{\partial f}{\partial y} \eta + \frac{\partial f}{\partial z} \zeta + \frac{\partial f}{\partial \xi} X + \frac{\partial f}{\partial \eta} Y + \frac{\partial f}{\partial \zeta} Z = 0,$$

где

$$X = - \iiint \iiint \frac{Gf(x_1, y_1, z_1; \xi, \eta, \zeta)(x-x_1)}{[(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + (z-z_1)^2]^{3/2}} dx_1 dy_1 dz_1 d\xi d\eta d\zeta,$$

$$Y = - \iiint \iiint \frac{Gf(x_1, y_1, z_1; \xi, \eta, \zeta)(y-y_1)}{[(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + (z-z_1)^2]^{3/2}} dx_1 dy_1 dz_1 d\xi d\eta d\zeta,$$

$$Z = - \iiint \iiint \frac{Gf(x_1, y_1, z_1; \xi, \eta, \zeta)(z-z_1)}{[(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + (z-z_1)^2]^{3/2}} dx_1 dy_1 dz_1 d\xi d\eta d\zeta.$$

Это уравнение является уравнением для самоудовлетворенной фазовой плотности в том смысле, что в конечном счете сама фазовая плотность определяет регулярное поле тяготения системы.

Оставим в стороне вопрос о том, все ли начальные распределения в фазовом пространстве приводят к стационарному состоянию данной совокупности звезд. Вполне возможно, что некоторые из них не приводят к решению подобного типа. Этот вопрос заслуживает более точного рассмотрения и, насколько мы знаем, не был еще исследован сколько-нибудь подробно.

Сделанное выше утверждение об очень большой величине средней длины свободного пробега звезды, означает, что за время  $t_2$  случайные близкие прохождения («встречи») других звезд не могут, как правило, вызвать сильного отклонения данной звезды от регулярной орбиты. Однако в течение промежутка времени во много раз больше, чем  $t_2$ , такие прохождения должны повлиять на движения звезд и фазовое распределение должно измениться. В результате мы будем иметь переход от данного стационарного состояния в другое, более вероятное состояние.

Проследим, в каком направлении должно происходить изменение. Очевидно, что в результате сближений в каждом объеме будет иметь место тенденция к установлению максвелловского распределения скоростей. Вследствие этого, некоторый, хотя и малый, процент звезд по-

лучит кинетические энергии, достаточные для того, чтобы уйти из системы. В результате эти члены покинут систему. Таким образом, в каждом объеме установится некоторое «обрезанное» максвеллово распределение. Но близкие прохождения будут продолжать совершаться и система будет продолжать терять свои члены. При этом полная энергия системы будет уменьшаться, ибо каждый из уходящих членов уносит с собой положительную энергию. Это должно привести к сжатию остающейся системы. Этот процесс ведет, в конечном счете, к полному разрушению системы. В результате должна остаться одна кратная звезда (или несколько независимых кратных звезд), которая может быть устойчивой [1]. Промежуток времени, необходимый для разрушения системы (обозначим его через  $t_3$ ), превосходит так называемое время релаксации, то есть время, необходимое для приближенного установления распределения Максвелла.

Для открытых скоплений, содержащих порядка  $10^2$  или  $10^3$  членов и имеющих диаметры в несколько парсек, время разрушения  $t_3$  оказывается порядка нескольких сот миллионов или миллиарда лет.

Эти промежутки времени являются более короткими, чем принятые оценки возраста звезд и галактик. Поэтому открытое скопление, являющееся членом какой-нибудь галактики, должно разрушиться за время жизни галактики и его члены должны войти в общее звездное поле этой галактики в качестве независимых членов последней.

#### § 4. Галактики

Совершенно иное положение дел мы имеем в случае галактик. Картина статистико-механической эволюции, которая была описана выше и которая заканчивается полным разрушением звездной системы, имеет мало отношения к развитию реальных галактик. Вычисления показывают, что для гигантских галактик, каждая из которых содержит обычно десятки миллиардов звезд, промежутки времени  $t_3$  измеряются несколькими сотнями тысяч миллиардов лет. Между тем возраст галактик измеряется промежутками порядка всего лишь  $10^{10}$  лет. За время такого порядка ( $10^{10}$  лет) происходят мощные процессы звездообразования, приводящие к изменению числа звезд так же, как к изменению соотношения между количествами звездного и дозвездного вещества. В течение промежутка времени той же продолжительности значительная часть звезд исчерпывает, путем лучеиспускания, имеющиеся в них источники энергии. Эти очень важные факторы, совместно с явлениями вращения и кинематического перемешивания, определяют общее направление эволюции галактик.

Одним из лучших доказательств того, что галактики, подобные нашей звездной системе, не успели продвинуться сколько-нибудь значительно по пути установления максвелловского распределения скоростей, является полное нарушение принципа равномерного распределения энергий среди звезд нашей Галактики [2].

Следует, между прочим, отметить, что отсутствие равного распределения является весьма благоприятным фактором, способствующим решению проблемы происхождения и развития звезд и галактик. В самом деле, если бы имело место более или менее точное равное распределение энергий, то закон распределения звезд того или иного физического типа в фазовом пространстве целиком определялся бы значением массы каждой звезды этого типа, независимо от начальных условий формирования и дальнейшей истории эволюции звезд данного типа. На самом же деле мы знаем, что большинство звезд, входящих

в галактики, проходит только через первую ступень описанной выше динамической эволюции, через стадию перемешивания. Другими словами, возраст большинства физических типов звезд больше, чем  $t_2$ , но меньше, чем  $t_3$ . Поэтому совокупности звезд таких типов достигают стационарного состояния. Это означает, что подсистемы звезд каждого из этих типов в галактиках стационарны. Однако законы распределения для различных подсистем различны. Эти различия обусловлены не разностью масс, а различиями в условиях звездообразования.

Например, распределение в фазовом пространстве  $F-G$  карликов совершенно отличается от распределения звезд типа RR Лиры. Но значения масс звезд этих двух физических типов довольно близки друг другу. Очевидно, что это различие зависит от условий, в которых образовались звезды этих двух подсистем. По-видимому, можно считать, что между этими двумя классами звезд нет никакой непосредственной эволюционной связи.

Сравним теперь звезды типа RR Лиры с голубыми объектами Хьюмассона-Цвикки. Кстати, заметим, что за последние годы очень большое число таких голубых объектов было обнаружено в обсерватории Тонанцинтла (Мексика) и большое число их найдено в Бюраканской обсерватории. Распределение в фазовом пространстве для обоих типов, по-видимому, одинаково. Насколько далеко простирается это сходство, будет проверено в дальнейших исследованиях. Но если эти два распределения достаточно близки друг к другу, то это означает, что прямая эволюционная связь между звездами RR Лиры и объектами Хьюмассона-Цвикки не исключена.

Наконец, следует указать, что для некоторых физических типов звезд продолжительность пребывания в данном состоянии может быть короче, чем даже время перемешивания  $t_2$ . В случае, если звезды этого типа получаются как продукт эволюции звезд другого типа, которые уже образуют подсистему, находящуюся в стационарном состоянии, то фазовое распределение для обоих типов будет одинаковым. В случае же, если звезды рассматриваемого типа (обладающего короткой продолжительностью жизни) возникают непосредственно из дозвездного вещества, закон распределения будет полностью определяться распределением и состоянием этого вещества. Наилучшим примером являются голубые гиганты типа  $O$  и  $B$ . Известно, что они концентрируются в спиральных рукавах галактик. Время жизни звезд в этом состоянии считается порядка  $10^7$  лет. Этот промежуток времени очень мал по сравнению с промежутком  $t_2$ , который в случае нашей Галактики порядка  $10^9$  лет. Поэтому естественно предположить, что распределение этих молодых звезд в спиральных рукавах в известной степени воспроизводит распределение дозвездного вещества.

### § 5. Происхождение звездных групп в спиральных рукавах

Наблюдения свидетельствуют, что  $O$  звезды, так же как звезды подразделений типов  $B$ , не только концентрируются в спиральных рукавах, но и имеют тенденцию внутри рукавов входить в звездные ассоциации и  $O$ -скопления. Таким образом, ясно, что имеет место групповое образование звезд в спиральных ветвях. Некоторые из этих групп имеют положительную полную энергию и быстро распадаются. Другие продолжают существовать в виде открытых скоплений. Существенно, однако, что за промежутки времени порядка  $10^7$ — $10^8$  лет звезды  $O$ — $B$  должны изменяться и переходить в другие спектральные классы. Это следует одинаково как из теории эволюции звезд с постоянной массой (Шварцшильд, Хойл), так и из теории эволюции, сопровождаемой

истечением вещества (Фесенков, Масевич). Поэтому, по истечении некоторого времени,  $O$ -скопления должны превращаться в скопления типов  $B$  и  $A$  [3].

В этой связи возникает вопрос о длительной сохраняемости положения и формы спирального рукава в спиральной галактике. Быть может, тот же вопрос лучше поставить следующим образом. Допустим, что ассоциации, возникающие в эпоху между  $T_1$  и  $T_1 + dT$  расположены вдоль спирального рукава. Как будут расположены ассоциации и  $O$ -скопления, которые сформировались в более поздний интервал времени между  $T_2$  и  $T_2 + dT$ ? Будет ли расположение этого нового поколения звездных групп в момент  $T_2 + dT$  совпадать с расположением в тот же момент старшего поколения скоплений, вычисленными в предположении, что дисперсия скоростей в скоплении равна нулю?

Маркарян [4] показал, что в то время, как  $O$ -скопления распределены в узких полосах вдоль спиральных ветвей,  $A$ -скопления (так же, как и поздние  $B$ ) показывают в своем распределении некоторое безразличие по отношению к спиральным ветвям. С первого взгляда кажется, что как раз и следует этого ожидать, поскольку дисперсия скоростей скоплений в направлении, перпендикулярном к оси спирали, должна вызвать значительное расширение той зоны, где они присутствуют.

Вместе с тем ясно, что если а) не происходит прогрессивного смещения положения рукава, б) протозвездные тела имеют ту же дисперсию скоростей, в направлении, перпендикулярном к оси рукава, что и возникающие из них скопления и в) сами протозвездные тела имеют достаточно длительный возраст, то ширина зоны старых скоплений должна совпадать с шириной той зоны, в которой расположены протозвездные тела, дающие начало скоплениям. С другой стороны, зона молодого поколения скоплений должна совпадать с зоной протозвезд. Таким образом, старые и молодые скопления в этих условиях должны занимать тождественные зоны, имеющие тождественную ширину.

Тот факт, что наблюдения решительно противоречат этому выводу может быть истолкован двояко:

а) ось спирального рукава систематически смещается по отношению к звездам. Вследствие этого скопления, возникающие в рукаве, через некоторое время оказываются распределенными по всему диску галактики;

б) дисперсия скоростей скоплений значительно превосходит дисперсию скоростей тех прототел, из которых они образовались. В таком случае мы должны допустить, что в эпоху своего возникновения скопления вообще приобретают дополнительные импульсы по отношению к оси рукава.

Трудно усмотреть, каким образом любое из этих допущений может быть согласовано с обычной концепцией образования молодых звездных групп в рукаве из совокупности газовых облаков. Таким образом, имеются трудности, связанные либо с самой природой спиральных рукавов, либо же с процессом формирования в них звездных групп.

### § 6. Спиральные рукава и ядра галактик

Одной из замечательных особенностей сверхгигантских звездных систем, подобных нашей Галактике или  $M 31$ , является наличие в них весьма малого (диаметром всего лишь в несколько парсек) центрального ядра. Весьма важно, что в  $M 31$  спиральные рукава, как показал Бааде, могут быть прослежены вплоть до самого ядра.

Это обстоятельство делает очевидным, что механизм, ответственный за *возникновение* и длительное существование спиральных рукавов, каким-то образом связан с ядром и имеет какое-то отношение к внутренним свойствам ядра.

Уокер, Лальман и Дюшен недавно опубликовали результаты своих спектрографических наблюдений ядра М 31, сделанных с помощью электронной камеры, вмонтированной на новом рефлекторе Ликской обсерватории [5]. Они определили скорость вращения по наклону спектральных линий. Это позволило им вычислить массу ядра. Они нашли, что эта масса порядка, примерно, 13 миллионов солнечных масс.

Кажется совершенной загадкой, как тело, столь малой массы, может играть решающую роль в формировании спиральных рукавов, которые в случае М 31 имеют общую массу порядка  $10^9 M$ .

Почти одновременно Гвидо Мюнч [6] опубликовал результаты своих наблюдений непрерывного истечения газов из ядра М 31.

Согласно его оценке, масса, вытекающая из М 31 за один год, порядка одной солнечной массы. Аналогичная оценка произведена голландскими астрономами для массы, непрерывно истекающей из ядра нашей Галактики. Эти факты вполне подтверждают весьма важную роль ядер в образовании спиральных ветвей. Но вместе с тем трудно понять, как такое истечение может продолжать существовать за периоды времени порядка  $10^9$  лет, которые получаются из оценки возраста гигантских спиральных галактик.

Тем не менее кажется трудным избежать заключения, что в генезисе плоской составляющей звездных систем ядра последних играют фундаментальную роль.

### § 7. Выбросы из ядер

Известно, что в знаменитой радиогалактике NGC 4486 мы наблюдаем струю, исходящую из центра галактики. Тот факт, что струя имеет прямолинейную форму, не оставляет сомнений в том, что мы наблюдаем прямое испускание вещества. Высокая светимость сгущений, наблюдаемых в струе (мы не имеем точных данных об этих светимостях, но грубая оценка указывает на абсолютную величину —14), делает вероятным допущение, что вся выброшенная масса по порядку величины равна массе некоторой карликовой галактики. Поляризация света сгущений показывает, что в различных частях струи происходят бурные физические процессы, присутствуют частицы (электроны) очень высоких энергий.

Естественно допустить, что все это явление представляет собой одну из форм космогонической активности ядер галактик.

Замечательная струя в NGC 4486 явилась стимулом для поисков подобных образований в других галактиках. Выполненные в Бюраканской обсерватории поиски подобных объектов привели к обнаружению, по крайней мере, в двух галактиках NGC 3561 и IC 1182, струй и сгущений значительно больших размеров. В то же самое время было обнаружено, что сгущения, находящиеся в струях этих галактик, имеют голубой цвет. Эти голубые сгущения сами являются галактиками умеренных масштабов ( $M = -16$ ). Вероятно, они являются самыми голубыми из всех наблюдаемых до сих пор галактик. Это подчеркивает особое физическое состояние рассматриваемых объектов.

Как известно, профессор Аро в обсерватории Тонанцингла нашел целый класс голубых галактик, представляющих большой интерес. Однако упомянутые выше объекты являются гораздо более голубы-



ми и не имеют прямого отношения к голубым галактикам Аро. Заметим еще, что вышеупомянутая галактика IC 1182, в которой обнаружены голубые сгущения, является членом скопления галактик в Геркулесе, имеющего, согласно исследованию Барбиджей, положительную полную энергию.

По-видимому, мы можем рассматривать весьма голубой цвет упомянутых выше сгущений, как указание на их молодость. А это, в свою очередь, является косвенным подтверждением того, что они были выброшены из центральных областей (ядер) соответствующих сверхгигантских галактик.

Позднее, сотрудниками нашей обсерватории было найдено некоторое количество голубых карликовых галактик в окрестностях отдельных гигантских эллиптических систем на картах Паломарского атласа. Однако они уже не связаны струями с ядрами соответствующих галактик. Тем не менее вполне возможно, что и эти образования являются результатом выброса.

Следует, наконец, отметить, что галактики NGC 3561 и IC 1182 в отличие от NGC 4486 не являются сильными источниками радиоизлучения. Это означает, что выбрасываемые сгущения могут иметь различную природу и вещество в них может находиться в различных условиях.

Таким образом, мы можем заключить, что центральные ядра гигантских галактик наряду со «спокойной» активностью, проявляющейся в формировании спиральных рукавов и в непрерывном истечении вещества, показывают также различные виды бурной активности, связанной с выбросом струй и значительных сгущений вещества.

#### § 8. Деление ядер

Как известно, несколько лет тому назад было широко распространено убеждение, что радиогалактики представляют собой пары столкнувшихся галактик. В ряде работ нами было показано, что эта точка зрения совершенно не соответствует действительности. В настоящее время имеющиеся факты говорят скорее о противоположном, т. е. о том, что радиогалактики представляют собой звездные системы, в которых происходит процесс деления ядра или же выделения из ядра выбросов и сгущений, подобных наблюдаемому в NGC 4486.

В некоторых радиогалактиках (например, Лебедь А) мы имеем дело, по-видимому, с образованием двух ядер, что возможно ведет в дальнейшем к образованию двух галактик. В других случаях мы встречаемся с весьма интенсивным процессом формирования спиральных ветвей (Центавр А). Эти вопросы нами были подробно рассмотрены в Сольвеевском отчете 1958 года, и мы не будем обсуждать их здесь в деталях. Я хотел бы только отметить, что статистическое изучение совокупности кратных галактик приводит к выводу о том, что компоненты каждой кратной галактики возникли из единого тела. Иными словами, получается, что их возникновение связано с процессом деления сравнительно плотных масс.

Здесь же мы хотели бы только подчеркнуть, что не только в случае NGC 4486, но и в случае всех других изученных радиогалактик, мы являемся свидетелями различных форм бурной космогонической активности ядер галактик.

#### § 9. Шарообразные скопления

Исследования Хорнера и Кинмана показали, что шарообразные скопления в большинстве случаев движутся по весьма эксцентричным

орбитам, проникающим в глубь центрального района нашей Галактики. С другой стороны, весьма трудно представить себе возникновение столь плотных систем, как шарообразные скопления на периферии Галактики, где плотность вещества очень мала. Поэтому естественно предположить, что возникновение этих скоплений каким-то образом связано с активностью ядра нашей Галактики.

Итак, приходится допустить, что шаровые скопления возникают в центральных частях Галактики и затем выбрасываются оттуда наружу. И в этом случае мы встречаемся с групповым возникновением звезд. Однако на этот раз члены этих группы являются элементами сферической составляющей населения нашей Галактики.

Конечно, мы всегда должны иметь в виду, что допущение о происхождении спиральных рукавов и систем шаровых скоплений непосредственно из ядра данной галактики встречает трудности, связанные с сохранением массы и с сохранением момента количества движения.

Возможно, что эти трудности являются указанием на то, что связь между ядром и процессами формирования рукавов и шаровых скоплений не является очень простой.

Допустим теперь, что в некоторых случаях возникающие таким образом шаровые скопления имеют положительную полную энергию (внутреннюю энергию). В таком случае появляется возможность понять происхождение звезд сферической составляющей галактики и шаровых скоплений с единой точки зрения. Если мы учтем, что изменение элементов орбит звезд в Галактике (приходящие под влиянием случайных сближений) должны происходить редко, то следует ожидать, что звезды, возникающие из подобной группы с положительной энергией, должны в течение долгого времени иметь орбиты, мало отличающиеся от орбиты, описывавшейся центром тяжести первоначальной группы. Члены таких групп мы должны были бы встречать и в окрестностях солнца, как потоки, состоящие из субкарликов, звезд типа RR Лиры и других представителей сферического населения. Вероятно, группы, обнаруженные недавно Эггеном и Сандеджем [7], [8], имеют как раз такую природу (группа 1830 Грумбриджа, группа 61 Лебеда).

Возможно, что этот вид космогонической активности, заключающийся в формировании из звездного вещества шаровых скоплений как с отрицательной, так и с положительной полной энергией, играет наиболее важную роль в эволюции эллиптических галактик низкой светимости. Возможно, что такая активность ядра приводит, в конечном счете, к его истощению и исчезновению. Интересно рассмотреть с этой точки зрения такие галактики, как система в Печи, NGC 185 и NGC 147, которые, как известно, входят в состав местного скопления галактик. Население каждой такой системы количественно превосходит население ярких шарообразных скоплений на один или два порядка. Очевидно, мы можем предположить, что от первоначальных ядер этих галактик с течением времени отделялись шарообразные скопления с положительной полной энергией, а также по паре шарообразных скоплений с отрицательной полной энергией. В результате этого в системах Печи и NGC 185 ядра были исчерпаны и получились галактики без ядер, в то время в NGC 147 еще осталось небольшое ядро, которое наблюдается как квазизвездный объект девятнадцатой величины. Шаровые скопления с положительной полной энергией, распадаясь по мере своего возникновения, образовали, таким образом, общие звездные поля в указанных галактиках. Скопления же, имеющие отрицательную энергию, продолжают свое существование как динамические единицы и как бы напоминают нам об исчез-

нущих ядрах эллиптических галактик в Печи и NGC 185 и о будущей судьбе ядра NGC 147. Иным путем трудно себе представить возникновение плотных шарообразных скоплений в столь разреженном общем поле этих галактик.

В заключение я хотел бы отметить, что по мере углубления в сущность проблемы эволюции галактик все более очевидной становится важность одного обстоятельства, подчеркнутого много лет тому назад Кукаркиным. Это обстоятельство заключается в том, что пути развития плоской и сферической подсистем звезд в Галактике являются независимыми друг от друга. Но теперь оказывается, что эти пути встречаются между собой в самой замечательной области Галактики—в ее ядре.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Амбарцумян В. А. К вопросу о динамике открытых (звездных) скоплений. Ученые записки ЛГУ, № 22, серия мат. наук (астрономия), вып. 4, 19, 1938.
2. Woolley R. v. d. On the velocity distribution of 743 stars within 20 parsecs of the sun. M. N., 118, 45, 1958.
3. Howard III W. E. and Young A. T. Galactic clusters and O-associations. P. A. S. P., 71, 330, 1959.
4. Маркарян Б. Е. Об эволюции открытых звездных скоплений. Сообщения Бюро кан. обс., 12, 1954.
5. Walker M., Lallemand A. et Duchesne M. Sur quelques résultats obtenus à l'Observatoire Lick avec la caméra électronique C. R., 250, 975, 1960.