

НЕКОТОРЫЕ МАТЕРИАЛЫ СОВЕЩАНИЯ ПО ВНЕГАЛАКТИЧЕСКОЙ АСТРОНОМИИ

Июнь 1961 г. Москва

В. А. Амбарцумян

ПРОБЛЕМЫ ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Излагаются основные результаты современных исследований внегалактических объектов. Подробно рассмотрено явление суперпозиции подсистем внутри галактик и поставлен вопрос о его космогоническом истолковании.

Обращено внимание на роль ядер галактик как центров космогонической активности. Подчеркнута весьма высокая космогоническая активность центральных ядер галактик-сверхгигантов. Одним из проявлений этой активности являются радиогалактики. Поставлен вопрос о суперпозиции подсистем в скоплениях галактик. Перечислен ряд задач, которые стоят перед астрономами в области внегалактических исследований.

PROBLEMS OF EXTRAGALACTIC RESEARCHES, by *V. A. Ambartsumian*.— Main results of recent studies of extragalactic objects are reported. The phenomenon of superposition of subsystems inside galaxies is considered in detail in connection with its cosmogonical interpretation. The role of galactic nuclei as the centres of cosmogonical activity is discussed. High cosmogonical activity of central nuclei in supergiant galaxies is emphasized. Radiogalaxies may result from such activity. The superposition of subsystems in clusters of galaxies is discussed. Problems of extragalactic researches are enumerated.

В настоящем докладе мы рассмотрим основные факты внегалактической астрономии. Поскольку правильное представление о внешних звездных системах — галактиках установилось в науке лишь около сорока лет назад, многие фундаментальные вопросы, относящиеся к миру внешних галактик, остаются нерешенными. Поэтому в настоящем докладе мы формулируем ряд проблем, которые кажутся нам наиболее существенными для дальнейших внегалактических исследований. При этом мы будем стараться не слишком удаляться от фактов и касаться преимущественно тех проблем, разрешение которых представляется осуществимым в обозримом будущем с помощью имеющихся средств.

Как известно, внегалактическая астрономия соприкасается с космологией, т. е. с теориями, пытающимися описать вселенную в целом. Эти теории несомненно приносят известную пользу,

поскольку в них исследуются некоторые решения уравнений общей теории тяготения Эйнштейна и ставится вопрос о сравнении этих решений со свойствами наблюдаемой части Вселенной. Вместе с тем они часто служат ареной для очень грубых упрощений и безудержных экстраполяций.

В настоящем докладе мы не сможем коснуться анализа этих теорий и вопроса их дальнейшего развития, хотя считаем, что критический обзор выполняемых в этой области работ был бы весьма ценным. Тем не менее факты и проблемы, которые затронуты ниже, должны иметь значение также для космологических теорий.

I. Главнейшие факты, связанные с распределением вещества

Одним из свойств окружающего нас мира является то, что большая часть наблюдаемого нами вещества сосредоточена в звездах. Другие объекты содержат лишь небольшую часть всей наблюдаемой массы.

Важнейшим фактом внегалактической астрономии является то, что подавляющее большинство наблюдаемых звезд в свою очередь входит в состав гигантских звездных систем, носящих название галактик.

Размеры галактик и численность звездного населения в них варьируют в необычайно широких пределах. Сверхгигантские галактики типа тех двух наиболее ярких галактик, которые находятся в центре скопления в Волосах Вероники (NGC 4874 и NGC 4889), имеют фотографические абсолютные величины, достигающие до -22^m , и содержат сотни миллиардов звезд, в то время как карликовые системы типа галактики в Скульпторе имеют абсолютные величины порядка $-11^m,0$ и содержат, по-видимому, лишь несколько миллионов звезд. К карликовым галактикам примыкают, однако, системы еще более низкой светимости, которые могут быть названы субкарликовыми галактиками. Представителем таких систем является галактика в Козероге, открытая Цвикки и имеющая абсолютную фотографическую величину порядка $-6^m,5$. Следует думать, что эта система содержит самое большее несколько десятков тысяч звезд. Таким образом, эта система более чем в десять миллионов раз беднее сверхгигантских галактик; более того, по числу звезд она уступает многим шаровым звездным скоплениям.

Что касается диаметров галактик, то они, как правило, заключены в пределах от 50 000 *пс* для сверхгигантов, до 500 *пс* для субкарликов.

Гигантские и сверхгигантские галактики с диаметрами от 5000

до 50 000 *пс* неизменно имеют высокую поверхностную яркость (выше чем $24^m,0$ на 1 кв. сек. дуги), а также большую концентрацию светимости к центру. Среди карликовых галактик встречаются наряду с объектами, имеющими высокую поверхностную яркость, также и объекты низкой поверхностной яркости. Однако существенно, что среди карликовых галактик наряду с системами, имеющими большой градиент поверхностной яркости от края к центру, имеются системы, у которых этот градиент очень мал, так что на снимках такая система представляется почти равномерным диском*.

Тот факт, что подавляющее большинство звезд входит в состав галактик, приобретает глубокое значение, если мы примем во внимание, что в первом приближении галактики являются изолированными друг от друга системами. Обычно расстояние между соседними галактиками во много раз превосходит диаметры их центральных наиболее плотных частей. Вместе с тем отдаленные от центра и крайне разреженные части галактик иногда даже проникают друг в друга. Наряду с этой топографической изолированностью мы должны отметить динамическую замкнутость галактик как звездных систем. Под динамической замкнутостью мы понимаем то свойство, что движения звезд в каждой галактике определяются в основном их взаимодействием с совокупностью других членов той же галактики. Отметим вместе с тем, что это условие динамической замкнутости выполняется лишь в некотором приближении. Взаимные возмущения близких друг к другу звездных систем, выбросы из центральных частей галак-

* Примерами галактик, обладающих малым градиентом плотности и входящих в Местную группу, являются открытые Шепли карликовые звездные системы в Скульпторе и Печи. Поверхностные яркости этих систем необычайно низки. В дальнейшем Бааде показал, что принадлежащие к Местной группе галактики NGC 147 и NGC 185 также имеют малый градиент плотности. Поверхностная яркость у этой пары галактик значительно выше, чем у систем в Скульпторе и Печи. Промежуточное значение поверхностной яркости имеют другие два члена Местной группы: Секстант В ($9^h57^m,3 + 5^\circ34'$, 1950) и Лев 2 ($10^h05^m,8 + 12^\circ33'$, 1950). Вместе с тем у них градиент плотности также очень мал. В скоплении Девы встречается большое число объектов низкой поверхностной яркости с малым градиентом плотности. Некоторые из них по своим линейным размерам приближаются к средним по величине галактикам. Например, галактика IC 3475 в скоплении в Деве наряду с весьма низкой поверхностной яркостью обладает ничтожным градиентом плотности, а ее диаметр достигает 5000 *пс*. Таким образом, эта галактика по своим размерам намного превосходит аналогичные объекты Местной группы. Тем не менее следует отметить, что относительно большие по размерам объекты с малым градиентом плотности и низкой поверхностной яркостью очень редки. Так, например, в известном скоплении в Раке наибольшая из подобных галактик имеет линейный диаметр около 2500 *пс*.

тик, о которых речь будет ниже, являются случаями большего или меньшего нарушения замкнутости.

Подобно тому, как звезды входят в состав галактик, галактики в свою очередь входят в состав таких систем галактик, как скопления галактик, группы галактик и кратные галактики.

Если два десятилетия назад принималось, что помимо скоплений и групп галактик существует общее поле, куда входит большинство галактик (подобно тому, как в нашей звездной системе имеется общее звездное поле, куда вкраплены скопления и ассоциации), то в настоящее время само существование общего поля находится под сомнением. Во всяком случае в отношении галактик высокой светимости можно утверждать, что подавляющее большинство их входит в состав скоплений, групп и кратных систем.

Наблюдаемые нами скопления разделяются на два типа: сферические скопления с правильным, симметричным распределением галактик около центра и скопления неправильной формы. Население сферических скоплений состоит в основном из эллиптических галактик. Рассеянные скопления содержат высокий процент спиралей. К рассеянным скоплениям тесно примыкают группы галактик, подобные Местной группе, или группам вокруг М 101 и М 81.

Так, например, группы галактик, связанные с М 101 и М 81, фактически не содержат ни одной эллиптической галактики. Они состоят только из спиралей и неправильных галактик. Группа галактик в Скульпторе, исследованная де Воккером, содержит только галактики типа Sc и неправильные. Наша Местная группа также не содержит эллиптических галактик высокой светимости, но в ней имеются эллиптические галактики низкой и умеренной светимости.

Интересно отметить также, что наша Местная группа по существу состоит из двух очень небольших групп, приближающихся по своим масштабам к кратным галактикам. Первая группа содержит нашу Галактику, два Магеллановых Облака и, по-видимому, некоторые галактики типа системы в Скульпторе. Вторая группа содержит туманность Андромеды с ее четырьмя спутниками и М 33. Однако такое разделение можно считать установленным лишь для галактик высокой и умеренной светимости. Не исключена возможность, что все пространство Местной группы заполнено карликовыми галактиками. Добавим, что полная масса всей Местной группы определяется в основном двумя галактиками, являющимися по существу центрами этих двух подгрупп, т. е. массой М 31 и массой нашей Галактики. В свою очередь богатые скопления галактик, содержащие большое число членов, иногда встречаются по двое, по трое, образуя кратные

скопления галактик. Выше указывалось, что галактики, как правило, являются изолированными друг от друга звездными системами. Однако заслуживают внимания случаи, когда эта изолированность нарушается. Отметим здесь три категории подобных объектов:

а) Взаимодействующие галактики. Это те случаи, когда две галактики находятся близко друг к другу и присутствие одной серьезно влияет на строение другой галактики. Многочисленные примеры взаимодействующих галактик приведены в атласе Воронцова-Вельяминова. При этом возможны два толкования наблюдаемых взаимодействий: 1) приливные воздействия и 2) разделение совместно возникших двух галактик. В последнем случае наблюдаемые «взаимодействия» следует рассматривать как последствия процесса деления.

б) Пары галактик, связанные мостами или перемычками. Многочисленные примеры этого рода приведены в статьях Цвикки. Произведенные последним исследования показали, что указанные перемычки состоят из звезд.

Наряду с перемычками наблюдаются струи, выходящие из центральных областей некоторых сферических галактик, которые содержат в себе голубые сгущения, являющиеся карликовыми галактиками*. Получается, что струя, как бы соединяет большую галактику с карликовой, напоминая перемычку. В этих случаях нельзя сомневаться в том, что карликовая галактика отделилась от центрального ядра основной галактики. Поэтому кажется более правдоподобным считать, что мосты и перемычки являются вообще результатом генетического процесса возникновения двух галактик из одной.

в) Радиогалактики. Как известно, в отношении радиогалактик было высказано предположение, что они являются результатом случайного столкновения пары независимых звездных систем. Допускалось, что энергия радиоизлучения имеет своим источником энергию столкновения двух газовых масс, входящих соответственно в каждую из галактик. Факты, однако, противоречат этой гипотезе. Все данные говорят в пользу того, что радиогалактики являются некоторым, может быть очень коротким, этапом в процессе внутреннего развития галактик очень высоких светимостей (галактик-сверхгигантов).

По-видимому, радиоизлучательная активность галактик тесно связана с возникновением в них новых образований типа сгущений и струй (выбрасываемых из центра), спиральных рукавов

* К числу галактик высокой светимости, из центральных областей которых выходит струя, содержащая в себе голубые сгущения, относятся NGC 3561 и IC 1182.

и даже целых новых галактик. Иными словами, в некоторых случаях идет процесс деления ядра галактики и возникновения новой галактики в недрах старой. Поэтому часто радиогалактики являются сверхтесными системами, состоящими из старой галактики и новых образований, причем последние наблюдаются обычно еще попруженными в старую галактику.

Следует отметить, что все перечисленные выше виды нарушения изолированности галактик наблюдаются лишь у небольшой доли общего числа галактик. Есть много оснований думать, что эти нарушения происходят лишь на определенном этапе развития галактик, тогда, когда возникают новые галактики.

Несмотря на то, что в изучении пространственного распределения галактик достигнуты серьезные успехи, многие важнейшие вопросы остаются нерешенными. Отметим некоторые из них.

а) Образуют ли скопления галактик в свою очередь системы более высокого порядка типа сверхскоплений или Супергалактики?

Несомненно, что наша Местная группа входит в состав некоторой группы скоплений, в центре которой, в качестве ее ядра, находится большое скопление в Деве. Эта большая пространственная группировка была названа де Вокулером Супергалактикой. Ее размеры порядка 20 млн. *пс*. Однако мы пока ничего не можем сказать о динамическом единстве этой системы или о наличии сил, которые могли бы поддерживать такое единство.

Вместе с тем весьма интересно, что существование сколь угодно большого числа подобных супергалактик вовсе не бросается в глаза при изучении распределения галактик на небесной сфере. При рассмотрении этого вопроса надо учесть, однако, существование двух мыслимых возможностей: 1) промежутки между супергалактиками велики по сравнению с диаметрами самих супергалактик и 2) эти промежутки того же порядка, что и диаметры супергалактик.

В первом случае многие из таких супергалактик должны четко наблюдаться в проекции на небесную сферу в качестве изолированных образований. Во втором случае мы будем наблюдать в проекции на небе в виде изолированных систем лишь небольшое число подобных образований и при поверхностном изучении вопроса трудно будет сделать заключение о существовании далеких супергалактик.

Наблюдения дают прямое указание на неравномерность в распределении скоплений и групп галактик, что в известной степени может быть объяснено существованием супергалактик. Вместе с тем можно считать, что мы наблюдаем вблизи от нас лишь несколько изолированных облаков, состоящих из большого числа сгущений. При этом надежно установлено лишь существование на

южном небе большого облака, простирающегося от $l=160^\circ$ до 240° при $b=-40^\circ$ *.

Эти два факта говорят о том, что осуществляется вторая альтернатива, т. е. что супергалактики существуют, но расстояния между ними примерно того же порядка, как и их диаметры.

Хотя, таким образом, приходится согласиться с существованием отдельных супергалактик, следующие вопросы остаются невыясненными: какой процент скоплений галактик входит в эти системы более высокого порядка? Выражена ли тенденция к сгущиванию скоплений одинаково сильно у двух известных типов скоплений (сферические и рассеянные)? На эти вопросы можно будет ответить лишь на основании более подробных фотометрических и статистических исследований.

б) В какой степени галактики низкой светимости повторяют пространственное распределение галактик высокой светимости? Как указывалось выше, сосредоточенность галактик в скоплениях довольно хорошо установлена по отношению к объектам высокой светимости. Однако объекты низкой светимости, начиная с расстояний в несколько миллионов парсеков, должны совершенно теряться среди галактик отдаленного фона, и решение вопроса по отношению к ним встречает известные затруднения. Однако в отношении одного класса объектов низкой светимости, именно галактик низкой поверхностной яркости, кое-что можно

* Неравномерность в распределении галактик по небу, помимо той, которая вызвана поглощением в нашей Галактике, четко обозначается уже в случае галактик каталога Шепли и Эймс (предельная величина $13^m,0$). Эта неравномерность связана в основном с существованием местной Супергалактики. Еще более ярко выражена неравномерность в результатах подсчетов Шейна и Виртанена (предельная величина $18^m,4$). При этом неоднородности мелкого масштаба обусловлены сосредоточением галактик в скоплениях. Однако имеются и более крупные неоднородности, которые вызваны тенденцией скоплений образовывать группы, которые подобны обсужденным выше супергалактикам.

Согласно данным Цвикки и других авторов, неравномерности в распределении галактик распространяются до предела, достижимого с помощью Паломарского телескопа типа Шмидта (почти до 20^m). В качестве примера можно привести большие облака галактик в районе скопления Северной Короны. Однако для изучения тенденции скоплений к сгущиванию представляет большой интерес исследование распределения центров скоплений галактик. Такое исследование было произведено Абедем по снимкам Паломарского атласа. Полученные им результаты подтверждают неоднородность в распределении скоплений.

Цвикки считает, что основная причина наблюдаемых неоднородностей в распределении скоплений — клочковатая структура поглощающего межгалактического пылевого вещества. Его аргументы в пользу наличия в определенных направлениях межгалактического поглощения, по-видимому, убедительны. Однако не все отклонения от однородности могут быть объяснены таким образом. Поэтому приходится считаться с реальной неравномерностью в распределении галактик на самых больших расстояниях от нас.

заклЮчить на основании результатов работы Райвеса, который установил, что распределение объектов низкой поверхностной яркости в скоплении Девы в грубых чертах повторяет распределение галактик высокой светимости. С другой стороны, мы не можем сказать, составляют ли галактики предельно низкой поверхностной яркости (системы типа галактики в Скулышторе или объект Цвикки в Козероге) общее метagalактическое поле или концентрируются в скоплениях и группах.

в) Супергалактики, о которых говорилось выше, представляют собой объекты с диаметром порядка 20 млн. *пс*. Если они являются наиболее крупными неоднородностями в распределении галактик, то можно ожидать, что пространственные ячейки размером 50 или 100 млн. *пс* уже будут приблизительно равны друг другу по количеству содержащегося в них вещества (галактик). Однако возможно, что существуют неоднородности более крупного масштаба. Вопрос этот может быть решен только на основании исследования распределения слабых скоплений галактик (до величины 21^m) или же на основании исследования распределения внегалактических радиоисточников. Решение этого вопроса крайне важно для обоснования тех или иных космологических теорий. Сейчас можно только утверждать, что нет никаких указаний, оправдывающих постулат об однородности, вводимый обычно космологами.

г) Выше уже упоминалось о наличии серьезных свидетельств в пользу существования межгалактической пылевой материи. В связи с этим следует вообще указать на желательность исследования всех видов межгалактического вещества. Уже сейчас можно говорить о реальности некоторых из этих видов:

1. Светлая межгалактическая материя, заполняющая иногда центральную часть объема, занимаемого скоплениями галактик. Все данные говорят о том, что это светлое вещество, так же как и наблюдаемые часто в парах галактик мосты и перемычки, состоит из звезд.

2. Межгалактические шаровые скопления. Некоторые из них обнаружены на расстояниях свыше 100 000 *пс* от нас.

3. Выброшенные из недр галактик гигантские облака релятивистских электронов. Например, радиоисточник Центавр А состоит из трех подобных облаков, а источник Лебедь А — из двух. Каждое из таких облаков по своим размерам превосходит нормальные галактики. Многие из этих облаков несомненно успели рассеяться в межгалактическом пространстве.

4. Поглощающее пылевое вещество. Данных о размерах отдельных облаков пылевых масс нет.

5. Нейтральные газовые массы, которые, однако, присутствуют в столь небольшом количестве, что испускаемое ими излучение

(например, в линии $\lambda = 21$ см) до сих пор не удалось уверенно обнаружить.

Нет сомнения, что каждый из этих видов межгалактического вещества заслуживает специального исследования.

II. Главнейшие факты, относящиеся к кинематике и динамике систем галактик

Наши знания о движениях в мире галактик ограничиваются сведениями о лучевых скоростях приблизительно тысячи галактик. Никаких сведений о тангенциальных скоростях мы не имеем. Однако уже имеющиеся данные о лучевых скоростях, добытые почти целиком на обсерваториях Маунт Вилсон, Паломарской и Ликской, ставят перед нами самые трудные проблемы, с какими когда-либо имела дело астрономия.

Вся совокупность наблюдаемых галактик представляет собой часть некоторой грандиозной системы, которую мы называем Метагалактикой. Это понятие Метагалактики имеет смысл независимо от ответа на вопрос о существовании галактик вне этой системы. Важнейшим фактом, установленным на основании наших сведений о лучевых скоростях галактик, является расширение Метагалактики.

Выведенный из эмпирических данных закон Хаббла

$$v_r = H \cdot r,$$

соблюдающийся с точностью до небольших флуктуаций для значений r , доходящих почти до 2 млрд. *пс*, говорит о приблизительно однородности наблюдаемого расширения. Все попытки найти вместо Доплер-эффекта какое-нибудь другое объяснение красному смещению оказались искусственными и безрезультатными. Поэтому при рассмотрении всех вопросов, касающихся природы и особенно эволюции Метагалактики, мы должны учитывать явление расширения.

Конечно, закон Хаббла справедлив лишь в среднем. В дополнение к скорости, определенной по формуле Хаббла, каждое скопление галактик и каждая галактика по отношению к центру тяжести своего скопления имеют свои peculiarные скорости.

Так в Местной группе, где расстояния между галактиками малы, относительные скорости определяются главным образом peculiarными движениями отдельных членов. Но уже ближайшие скопления галактик и ближайшие внешние группы от нас удаляются, что свидетельствует о малости peculiarных скоростей этих скоплений и групп по сравнению с систематическими скоростями удаления по формуле Хаббла.

Численное значение постоянной H имеет огромное значение, поскольку его знание позволяет определять расстояние до самых отдаленных скоплений. К сожалению, это значение точно не известно. Можно с большей степенью вероятности утверждать, что оно лежит где-то в пределах

$$60 \text{ км/сек} \cdot \text{Mpc} < H < 140 \text{ км/сек} \cdot \text{Mpc},$$

а с некоторым риском, что оно заключено в промежутке

$$70 \text{ км/сек} \cdot \text{Mpc} < H < 100 \text{ км/сек} \cdot \text{Mpc}$$

в соответствии с результатами Сандейджа (1958). Мы не будем входить в обсуждение вопросов, связанных с определением значения H . Отметим лишь, что при всех условиях закон Хаббла позволяет хорошо оценивать *относительные расстояния*.

Вторым важным фактом, относящимся к движениям галактик, является наличие некоторой дисперсии скоростей в каждом из скоплений галактик, что связано с внутренними движениями в этих скоплениях.

Если скопление находится в стационарном состоянии или по прошествии некоторого времени должно прийти в стационарное состояние, то его полная энергия E должна быть отрицательной:

$$E = T + U < 0,$$

где T и U — соответственно кинетическая и потенциальная энергия системы. Если же $E > 0$, то система не может прийти в стационарное состояние и по крайней мере часть ее членов должна уйти в бесконечность.

Исследования последних лет показали, что для некоторых групп и кратных систем кинетическая энергия внутренних движений, определенная по лучевым скоростям, во много раз превосходит вероятные значения абсолютной величины потенциальной энергии, исчисленной в предположении, что основная масса скопления сосредоточена в ее галактиках и что отношение массы к светимости $f = M/L$ для данного типа галактик того же порядка, как в тех случаях, когда это отношение удавалось определять на основании исследования вращения галактик. Отсюда было сделано заключение, что некоторые группы и скопления имеют положительную энергию и должны рассеяться в пространстве. Такой вывод пришлось делать, например, по отношению к скоплениям галактик в Деве и Геркулесе, а также к сравнительно близкой от нас группе в Скульпторе. Последний случай, проанализированный подробно Вокулером, является особенно разительным, так как кинетическая энергия превосходит вычисленное абсолютное значение потенциальной, по-видимому, на полтора или два порядка.

Поскольку положительная энергия должна приводить к уходу части членов скопления, а иногда и к полному рассеянию скопления, можно думать, что имеется нечто общее между явлениями нестационарности скоплений, с одной стороны, и явлением расширения Метагалактики — с другой.

Промежуточную роль в этом отношении должны играть системы типа местной Супергалактики. Как известно, составляющие ее части удаляются друг от друга. Например, скопление в Деве или группа, связанная с М 81, удаляются от Местной группы галактик.

То, что было сказано относительно полной внутренней энергии скоплений галактик, остается справедливым и в отношении кратных систем. По-видимому, некоторые кратные системы имеют положительные полные энергии, что говорит в пользу молодости измеряется числами от 10^9 до $5 \cdot 10^9$ лет.

Однако независимо от знака полной энергии, обращает на себя внимание еще одна особенность совокупности кратных (тройных, четверных и т. д.) галактик. Как известно, подавляющее большинство кратных звезд имеет конфигурации «обыкновенного» типа, в то время как конфигурации типа «Трапеции Ориона» составляют незначительный процент ($\sim 10\%$). Среди кратных галактик примерно половина систем имеет конфигурации типа Трапеции. Поскольку системы типа Трапеции, как правило, нестабильны, мы можем заключить, что время, прошедшее со времени образования этих кратных групп, превосходит не более чем в несколько раз период обращения в такой кратной системе, который в свою очередь измеряется цифрами от 10^9 до $5 \cdot 10^9$ лет.

Наконец, следует отметить, что предположение об отрицательности энергии всех двойных галактик иногда приводит к невероятно большим значениям масс компонент (Пейдж), поэтому имеются основания допустить, что некоторые из двойных галактик также имеют положительную энергию.

В сверхтесных системах, каковыми являются радиогалактики, наблюдаются значительные разности скоростей компонент. Так, например, в радиогалактике Персей А эта разность достигает 3000 км/сек . Таким образом, и эти пары обладают положительной энергией. Согласно нашему взгляду, мы здесь наблюдаем образование такой пары из одной галактики.

Дальнейшее накопление данных о лучевых скоростях галактик позволит разрешить многие нерешенные вопросы их кинематики и динамики. Некоторые из этих нерешенных вопросов перечислены ниже.

а) Более точное определение постоянной закона красного смещения. Это означает уточнение шкалы внегалактических расстояний.

б) Определение характера зависимости красного смещения от расстояния при очень больших значениях последнего. Несомненно мы должны наблюдать нарушение линейной зависимости. Однако для решения фундаментальных космологических вопросов весьма важно знать, в какую сторону имеет место отклонение от линейности, является ли величина этого отклонения независимой от направления.

в) Очень важно определить peculiarные скорости центров тяжести отдельных скоплений галактик, т. е. отклонение их наблюдаемых скоростей от формулы Хаббла. Это имеет существенное значение для решения вопросов о генетической связи между соседними скоплениями. Но для определения указанных отклонений нужно научиться более точно определять расстояния отдаленных скоплений независимо от закона Хаббла.

г) Для решения многих вопросов динамики скоплений галактик и кратных галактик необходимо уметь определять массы последних. К сожалению, в случае отдаленных галактик, входящих в указанные системы, мы определяем массы статистически, предполагая отрицательный знак энергии, а также применимость теоремы вириала. Нужно определить массы галактик, входящих хотя бы в ближайшие скопления, независимо от этого предположения. Вместе с тем необходимо найти способы оценки по крайней мере верхней границы возможных межгалактических масс в каждой системе (скопление или группа).

д) Наиболее разительное несоответствие между массой системы, определенной из теоремы вириала и массой, найденной из значений светимостей индивидуальных членов системы, установлено в случае некоторых рассеянных скоплений и групп галактик (скопления в Деве, Геркулесе, группы галактик в Скульпторе, Льве и т. д.). С другой стороны, по мнению Цвикки, большие сферические скопления не показывают никаких признаков расширения.

Для полного решения этого вопроса надо получить возможно большее число лучевых скоростей в нескольких ближайших больших сферических скоплениях.

III. Главнейшие факты, относящиеся к природе галактик и их скоплений

Наблюдения показывают, что формы и внутренние свойства галактик весьма разнообразны. Чтобы иметь возможность разобраться глубже в природе галактик весьма важно иметь достаточно полную и вместе с тем простую систему классификации галактик. Совершенно очевидно, что чем более глубокое физическое значение будут иметь критерии, положенные в основу этой класси-

фикации, тем более полезной будет она для решения вопросов внегалактической астрономии.

Наиболее распространенная в настоящее время классификация Хаббла основана на изучении внешних форм наблюдаемых галактик. Она оказалась чрезвычайно полезной, ибо в отношении подавляющего большинства галактик вся наша информация до последнего времени сводилась к данным о внешней форме, интегральном блеске и видимом диаметре. Последние два параметра не являются сами по себе характеристиками системы, пока не известно расстояние. Однако за последние годы мы получили возможность приближенно судить об абсолютной яркости и линейном диаметре очень большого числа галактик, входящих в богатые скопления, поскольку стало известно, что наиболее яркие члены этих скоплений всегда являются сверхгигантами, абсолютные величины которых порядка $-21^m,0$. Сравнивая эту абсолютную величину с видимой величиной наиболее ярких членов, мы можем очень грубо оценить расстояние и тем самым светимости и абсолютные размеры всех остальных членов. Как указывалось в начале настоящего доклада, диапазон светимостей галактик в скоплениях очень велик. Постепенно стало ясно, что класс светимости данной галактики (сверхгиганты, гиганты, объекты умеренной светимости, карлики или объекты крайне низкой светимости типа объекта Цвикки в Козероге) во многих случаях имеет более существенное значение, чем даже ее форма. Вспомним еще раз, что галактика-сверхгигант содержит в десятки миллионов раз больше звезд, чем какая-либо галактика крайне низкой светимости.

Для понимания свойств галактики важное значение имеет изучение природы ее центральной части и, в частности, вопрос о наличии в ней небольшого по величине центрального ядра. Желательно, чтобы новые попытки построения классификации учитывали значение светимости, а также чтобы задание класса определяло роль центральных частей и возможно самого ядра. Наконец, возможно, что имеются другие, еще неизвестные параметры, которые крайне важны для описания состояния галактики.

Недавно предложенная классификация Моргана, учитывающая степень концентрации светимости, в известной степени отвечает одному из этих пожеланий. Однако задание класса Моргана оставляет светимость неопределенной. В последних работах ван ден Берга делается попытка ввести параметр, определяемый из наблюдаемой формы галактики, но по существу определяющий ее светимость. Это очень удачный принцип. К сожалению, однако, классификация ван ден Берга не является универсальной и охватывает только спирали более поздних типов. Поэтому следует думать, что в дальнейшем будут предложены новые классификации, ставящие задачу определить существенные параметры каждой галактики.

Важнейшим достижением второй четверти нашего столетия явилось представление о существовании подсистем в галактиках (Линдبلاد, Кукаркин, Бааде) и разных типов звездного населения. В некоторых галактиках, например в системах типа E0, мы имеем довольно большую однородность населения. В таких случаях можно утверждать, что вся галактика состоит только из одной подсистемы. Это справедливо, в частности, по отношению к таким членам Местной группы, как система в Скульпторе, галактики M 32 и NGC 147. В отличие от мнения, когда-то высказанного Бааде, по-видимому, в природе мы не наблюдаем систем, состоящих целиком из населения I типа (население спиральных рукавов). Однако во многих случаях галактики представляют собой *суперпозицию двух или нескольких подсистем*, содержащих разные типы населения.

Так, линзовидные галактики (S0) состоят из двух подсистем, в свою очередь состоящих из звездного населения сферической составляющей и диска. Гигантские спирали типа M 31 состоят из сферической составляющей, диска и спиральных рукавов. Возможно, что необходимо более подробное деление. Для нас, однако, важно, что в данном случае имеет место суперпозиция различных подсистем.

Имеющиеся данные говорят о том, что население различных подсистем проходит различные, друг от друга независимые пути эволюции.

Есть основания считать, что средний возраст звезд различных подсистем также различен. Получается, что, если не считать динамического взаимодействия, каждая из подсистем живет своей отдельной жизнью. Именно это важно при описании галактик как составных систем, получившихся как бы в результате *простой суперпозиции подсистем*.

Об относительной независимости различных подсистем, входящих в состав одной и той же галактики, свидетельствует то, что степень развития одной из подсистем (в смысле богатства подсистемы и ее размера) не зависит от степени развития другой подсистемы.

Так, например, сферическая подсистема галактики M 31 по своему богатству и размерам не отличается сильно от нормальной галактики типа E0, обладающей абсолютной величиной около $-19^m,0$. Между тем последняя вовсе не содержит населения плоской подсистемы и спиральных рукавов, в то время, как M 31 имеет мощные спиральные рукава и богато населенный диск.

С этой точки зрения интересны также те системы, которые занимают промежуточное положение, т. е. такие, в которых одна из подсистем развита очень сильно, в то время как другая сравнительно бедна. Замечательным примером является NGC 5128 (ра-

диоисточник Центавр А), которая на передержанных снимках представляется гигантской эллиптической галактикой, однако на самом деле в своей центральной части содержит слабо развитую плоскую подсистему, в которую входит много поглощающего вещества. Как показали исследования супругов Бербиджей, основанные на измерениях лучевых скоростей в этой плоской подсистеме, экваториальная плоскость последней приблизительно перпендикулярна к экваториальной плоскости эллиптической подсистемы. Это хорошая иллюстрация к утверждению о независимости подсистем. Другим интересным примером является галактика NGC 3718. Спиральные рукава этой галактики обладают малой мощностью, однако, в отличие от NGC 5128, простираются далеко за пределы объема, занимаемого сферической подсистемой.

В этой галактике плоскость сосредоточения темного вещества наклонена к экваториальной плоскости эллиптической подсистемы примерно на 25° , что также говорит о независимости подсистемы.

Можно было бы привести и противоположные примеры, когда сферическая подсистема развита весьма слабо, а плоская представлена очень сильно. Очевидно, что таким примером может служить Большое Магелланово Облако. То, что в этом облаке имеется сферическая подсистема, следует хотя бы из присутствия по крайней мере трех десятков шаровых скоплений, сходных с шаровыми скоплениями в нашей Галактике и в М 31. К сожалению, другие объекты сферических подсистем очень трудно выделить на фоне населения плоской составляющей. Поэтому трудно сказать, на какие эллиптические системы похожа сферическая составляющая Большого Магелланова Облака. Судя по распределению шаровых скоплений и по их количеству, это должна быть эллиптическая галактика умеренной светимости ($M \sim -16^m$), обладающая малым градиентом плотности от центра к краю. Известно, что при переходе от сверхгигантских эллиптических галактик к эллиптическим галактикам умеренной и низкой светимости все чаще встречаются объекты, показывающие малый градиент плотности.

Выше мы говорили о сравнительной независимости различных подсистем, входящих в одну и ту же галактику. Однако в одном отношении связь между подсистемами почти постоянно соблюдается с очень большой строгостью. Мы имеем в виду наличие общего центра. Центр сферической подсистемы совпадает с центром диска и вместе с тем с областью, из которых выходят спиральные рукава. Как известно из наблюдений ближайших галактик высокой светимости, в этом центре располагается обычно ядро, имеющее размеры всего в несколько парсеков (меньше, чем диаметр обычного шарового скопления). Естественно возникает мысль, что происхождение отдельных, почти независимых друг от друга подсистем каким-то образом связано с наличием указанного ядра.

В некоторых галактиках следы ядер не обнаружены. Так обстоит дело, например, в случае NGC 185 или в случае системы в Скульпторе. Однако обратим внимание на абсолютные величины рассматриваемых ядер. У М 31 фотографическая величина ядра равна $-11^m.6$. У М 32 она равна $-11^m.1$. У М 33 имеем $M_{pgn} = -10^m.3$. У NGC 147 $M_{pgn} = -5^m.0$. Создается впечатление, что абсолютная величина ядра уменьшается с уменьшением градиента плотности. Поэтому следовало как раз ожидать, что у NGC 185 и в системах типа Скульптора, так же как может быть в Магеллановых Облаках, ядро должно иметь еще более низкую светимость, чем в NGC 147. Если она порядка $M_{pg} = -2^m$, то очевидно, что ядро затеряется среди звезд. Отметим, что в Магеллановых Облаках ядра будут незаметными даже в том случае, если у них $M_{pg} = -5^m$. Поэтому преждевременно делать окончательный вывод об отсутствии ядер в этих системах. Однако если ядра в них существуют, то они должны обладать малой мощностью.

Выше указывалось, что концентричность подсистем в каждой галактике соблюдается весьма строго. Однако имеются отдельные случаи нарушения концентричности. В качестве примера можно привести NGC 4438 в скоплении Девы, где две подсистемы явно смещены по отношению друг к другу.

Имеется некоторое сходство между галактиками и скоплениями галактик. Оно выражается в том, что подобно тому, как в галактиках звездное население можно грубо разделить на два основных типа, в скоплениях галактик их члены также можно отнести к двум различным типам населения. К первому типу относятся спиральные и неправильные галактики, ко второму — эллиптические и линзовидные (S0).

Богатые сферические скопления галактик типа скопления в Волосах Вероники содержат главным образом население типа II. Рассеянные облака галактик, подобные близкому к нам облаку в Большой Медведице, почти не содержат эллиптических галактик высокой светимости. Близкая к нам группа галактик в Скульпторе ($m-M=27^m.0$), исследованная де Вокулером, не содержит не только эллиптических галактик, но и галактик типов S0, Sa и Sb. В эту группу входят только спирали поздних подклассов. Рассеянное скопление в Деве содержит как гигантские эллиптические так и спиральные системы.

Спрашивается, можно ли и в этом случае говорить о суперпозиции различных подсистем в одном скоплении. Нужно признать, что не во всех случаях наблюдаются признаки сложения двух квазинезависимых субскоплений в одно скопление. Однако в некоторых случаях имеются явные свидетельства в пользу этого. Так,

в скоплении в Волосах Вероники одна из центральных галактик (NGC 4874), являющаяся сверхгигантом типа S0, явно окружена симметричным облаком эллиптических галактик меньших светимостей. Внешне эта группа очень похожа на галактику NGC 4486, окруженную шаровыми скоплениями. Только в этом случае шаровые скопления заменены эллиптическими галактиками умеренной светимости. И вот эта группа эллиптических галактик с NGC 4874 в центре как бы наложена на богатое скопление, обладающее меньшим градиентом плотности.

По-видимому, в случае рассеянных скоплений галактик мы можем найти гораздо больше явлений, свидетельствующих о суперпозиции отдельных групп. Очень хорошим примером этого является цепочка ярких галактик M 84, M 86, NGC 4435, NGC 4438 и др. в скоплении в Деве. Как указал несколько лет назад Маркарян, эта цепочка — не случайное образование, а наложена на скопление в Деве как некоторая самостоятельная группа.

Вполне возможно, что вообще рассеянные скопления галактик представляют собой результат сложения и наложения некоторого числа подобных групп, в результате чего и получается их неправильная форма.

В этой связи следует вспомнить о существовании скоплений (или групп), которые состоят из одной центральной галактики, окруженной меньшим или большим числом объектов более низкой светимости. К числу подобных объектов относится, например, группа вокруг M 101. Мы подчеркиваем этот факт, ибо в этих случаях общность происхождения центральной галактики и ее слабых спутников представляется несомненной. Однако необходимо отметить, что наряду с этими системами имеются группы, состоящие почти исключительно из сверхгигантов. Примером такой группы является квинтет Стефана. Около этих сверхгигантов, в противоположность предыдущему случаю, мы не наблюдаем сколько-нибудь заметного числа галактик низкой светимости. Впрочем, не исключено, что имеется разрыв функции светимости и что эта система содержит какое-то число галактик с абсолютной величиной слабее предельной величины, еще доступной наблюдениям. Приведенные здесь факты наряду с тем, что было сказано в начале доклада об исключительном сложении M 31 и нашей Галактики в Местной группе говорят о большом космогоническом значении сверхгигантских галактик в скоплениях и группах.

Из сказанного также ясно, что наряду с исследованием богатых скоплений галактик крайне важно иметь как можно больше данных о сравнительно бедных группах. В частности, было бы существенно выяснить возможность существования изолированных групп, состоящих исключительно из галактик низкой светимости. Если таких групп нет, то это означало бы, что в формировании

карликовых галактик решающую роль играют космогонические процессы, происходящие в галактиках высокой светимости.

Несмотря на некоторые успехи в области изучения характера звездного населения галактик и различных субсистем, все же следует признать, что в этом направлении сделаны лишь первые шаги.

Необходимо дальнейшее накопление данных о составе населения на основе спектроскопических данных (в направлении, указанном Морганом и Мэйолом) и количественного анализа спектрофотометрических кривых (Маркарян и др.).

Другой важный вопрос заключается в анализе природы рукавов галактик. При одной и той же степени раскрытости и длине рукавов, богатство их ассоциациями совершенно различно в различных случаях. Найти корреляцию характера рукавов с другими параметрами галактики означает приблизиться к пониманию причин указанных различий.

Особенно большой интерес представляют спиральные галактики с перемычками (SB). К сожалению, мы не представляем себе полностью, в чем разница между населением перемычек и рукавов. Известно лишь, что обычно цвет перемычек значительно краснее цвета рукавов и что рукава поэтому содержат относительно большое количество молодых звезд. Особенно важно выяснить, насколько перемычки богаты открытыми скоплениями и звездами-сверхгигантами.

IV. Расширенное понимание явления суперпозиции

Выше уже говорилось об отдельных случаях, когда центры подсистем, слагающих данную галактику, смещены по отношению друг к другу. Но мы знаем другие галактики, которые являются двойными, но фактически связанными между собой материальной средой, и поэтому могут рассматриваться также как одиночные системы. Хорошими примерами являются M 51 и галактика NGC 7752—7753. Естественно в таком случае считать, что здесь мы имеем дело со случаями, когда центры подсистем разошлись. Хороший пример также IC 1613, где по одну сторону от основной массы галактики находится гигантский конгломерат горячих звезд, своего рода сверхассоциация, которую с одинаковым правом можно считать и частью основной галактики и отдельной галактикой-спутником. Вполне вероятно, что эта сверхассоциация, состоящая из горячих гигантов, образовалась гораздо позже, чем остальная галактика *.

* Такой же случай мы имеем в галактике IC 2574. К северу от основной части этой галактики располагается яркая сверхассоциация. Они едва соединены между собой намечающимся рукавом.

В связи с этим складывается представление о том, что развитие галактики обусловлено последовательным образованием различных подсистем, причем та или иная подсистема, а иногда и группа подсистем с новым центром может стать спутником основной галактики. Такое представление позволяет считать, что образование спутника и возникновение новой подсистемы в пределах данной галактики — явления, родственные между собой.

Более того, можно думать, что иногда эти явления сопровождаются друг друга. Так, например, в тех случаях, когда спиральный рукав соединяет центр данной галактики со спутником, естественно считать, что возникновение спирального рукава и возникновение спутника сопровождаются друг друга.

Наконец, какой-либо спутник типа системы в Скульпторе, обращающийся вокруг основной галактики, мало отличается по масштабам и природе населения от шарового скопления. Шаровые скопления, несомненно, возникают в результате внутренних процессов, происходящих в основной галактике. Естественно допустить то же самое в отношении спутников типа Скульптора.

V. Явления нестационарности в галактиках

До сих пор мы говорили о галактиках как статических образованиях. Однако в галактиках, особенно в сверхгигантах, происходят также явления нестационарного характера, представляющие выдающийся интерес.

Мы не говорим здесь о процессах звездообразования в O- и T-ассоциациях, хотя они и имеют существенное значение для жизни галактик. Мы имеем в виду более быстрые изменения, которые непосредственно наблюдаются. Интересно, что большинство этих нестационарных явлений связано с ядрами галактик и даже может рассматриваться как проявление активной деятельности этих ядер.

а) Из центральной части нашей Галактики происходит истечение нейтрального водорода. Это явление обнаружено голландскими астрономами из радионаблюдений в линии 21 см. Точно такое же явление истечения газов из ядра M 31 обнаружено Мюнхом в результате исследования линии λ 3727. В обоих случаях интенсивность истечения достигает порядка одной солнечной массы в год. Этот результат странным образом не соответствует имеющимся оценкам масс галактических ядер (порядка $10^7 M_{\odot}$).

б) У некоторых галактик, обладающих ядрами высокой светимости, как показал Сейферт, эмиссионная линия λ 3727 сильно расширена, что соответствует скоростям движения порядка нескольких тысяч километров в секунду. Эти скорости превосходят обычные для галактик скорости отрыва. И поэтому, несомненно, мы имеем дело с мощными потоками вещества, вырывающегося из

ядра со столь большими скоростями и затем рассеивающегося в межгалактическом пространстве. По-видимому, в этом случае количество истекающего вещества намного превосходит соответствующую величину для нашей Галактики и М 31. Следует ожидать, что аналогичную природу имеют те из голубых галактик Аро, у которых эмиссионные линии интенсивны в околоядерной области.

в) В самом центре радиогалактики NGC 4486 мы также наблюдаем линию λ 3727 и, по-видимому, довольно сильное истечение газа со скоростью около 500 км/сек. Сопоставляя это с наличием радиальной струи, исходящей из центра этой галактики наружу и содержащей сгущения, дающие интенсивное радиоизлучение, мы приходим к выводу, что сгущения были выброшены из центрального ядра галактики с большими скоростями. Поляризация света этих сгущений указывает на наличие в них электронов высокой энергии. Однако эти сгущения не являются образованиями масштаба Крабовидной туманности. Энергия их радиоизлучения, измеренная в абсолютных единицах, в десятки миллионов раз больше. Если учесть, что и длительность радиоизлучения в этом случае должна быть по меньшей мере в тысячу раз больше, то мы приходим к выводу о том, что запасы энергии в этих сгущениях в миллиард раз превосходят полный запас энергии Крабовидной туманности. Иными словами, эти сгущения по своей энергии в массе должны быть объектами масштаба небольших галактик, что находится в соответствии с их абсолютной величиной в фотографических лучах.

Выброшены ли были эти сгущения из ядра галактики как готовые облака релятивистских электронов или, что вероятнее, из ядра были выброшены объекты, непрерывно создающие новые потоки таких электронов, — это другой вопрос. Однако, важно, что из ядра гигантской галактики могут быть выброшены такие грандиозные сгущения, что опять-таки мало вяжется с нашими сведениями о массах ядер галактик.

г) Что происходит в других радиогалактиках, гораздо труднее истолковать. Мы знаем, однако, что как раз галактика NGC 1275 (Персей А) входит в число тех галактик Сейферта, в которых линия λ 3727, наблюдаемая в центральной области, сильно расширена. Иными словами, и в этом случае происходит интенсивное истечение вещества из ядра. Наличие двух ядер в радиогалактике Лебедь А указывает как будто на происшедший недавно процесс разделения ядра, что, в связи с развитыми выше соображениями, должно привести к образованию подсистем с различными центрами, а в дальнейшем — к образованию двойной галактики.

Во всяком случае пример NGC 5128 (Центавр А) также говорит о том, что ядра галактик способны выбрасывать либо огром-

ные облака релятивистских электронов, либо же вещество, способное в дальнейшем создавать такие облака.

Так или иначе, радиогалактики являются системами, в которых центральные ядра проявляют огромную активность вплоть до создания новых сгущений, новых подсистем, а возможно и новых галактик. Поэтому в данном случае мы можем смело говорить о *космогонической активности* ядер, хотя нам не известно, за счет каких масс проявляется эта активность.

д) Нам известны гигантские галактики, из центральных областей которых происходит истечение струй. В последних содержатся голубые галактики с абсолютными величинами порядка -15^m , т. е. имеющими большую светимость, чем сгущение в NGC 4486. Примерами подобных галактик являются NGC 3561 и IC 1182. Выброс таких сгущений — еще один вид космогонической активности ядер галактик.

е) Тот факт, что спиральные рукава берут начало от самих ядер галактик, свидетельствует о том, что и зарождение спиральных рукавов непосредственно связано с ядром.

ж) Радионаблюдения центра нашей Галактики, произведенные Парийским и другими, свидетельствуют о том, что состояние ядра, состоящего как будто преимущественно из звезд поздних типов, резко отличается от состояния других группировок подобных звезд (например, шаровых скоплений). Само ядро нашей Галактики является источником тепловой радиоэмиссии, в то время как окружающая область с диаметром порядка 500 *пс* — областью сильного нетеплового излучения. Эти факты говорят о том, что физическое состояние указанных ядер сильно отличается от состояния обычных звездных группировок.

Одна из важнейших задач, которые стоят перед нами в области изучения истечения вещества и выбросов из ядер галактик, — переход к количественным оценкам выбрасываемых масс. Это одинаково относится как к галактикам, центральные части которых испускают линии излучения, так и к радиогалактикам и другим случаям, когда мы имеем дело с дискретными выбросами.

Уже имеющиеся скудные факты говорят о том, что эти данные могут привести к противоречию с законом сохранения энергии (и вещества) в его современной форме, ограниченной известными нам формами энергии, и потребовать обобщения этого закона.

Заключение

Мы видим, что важнейшие процессы в жизни больших галактик определяются активной деятельностью их ядер. Эта деятельность выражается в различных формах, о которых говорилось выше. Наиболее интересны, однако, два вида активности ядер.

Один из них связан с образованием спиральных рукавов, а другой — с формированием звезд и звездных скоплений сферической составляющей. По-видимому, эти явления происходят на разных этапах развития и сопровождаются соответствующими изменениями в ядрах. Вместе с тем следует отметить, что сам процесс возникновения каждого типа подсистем в различных случаях должен иметь разный характер. Так, например, галактика М 32 не содержит, по-видимому, шарообразных скоплений, в то время как другой спутник туманности Андромеды NGC 205 содержит по крайней мере девять шаровых скоплений. Самое удивительное заключается в том, что шаровые скопления присутствуют в галактиках с очень малым градиентом плотности. Если принять гипотезу образования галактик из первоначальных диффузных облаков, то кажется естественным, чтобы такие плотные образования, как шаровые скопления, возникли в системах, где имеются области очень высокой плотности, т. е. где имеются и большие градиенты плотности. Однако, конечно, такие качественные рассуждения не могут считаться удовлетворительными. Существенно лишь, что *количество шаровых скоплений, приходящееся на единицу светимости сферического населения, меняется от системы к системе*. Таким образом мы получаем дополнительный параметр для характеристики сферических систем и подсистем. Как этот параметр связан с другими параметрами этих же систем (полная светимость, градиент плотности), должно быть выяснено из наблюдений.

Статистические данные, относящиеся к кратным галактикам и к скоплениям галактик, говорят о том, что эти системы не могли образоваться путем взаимного пленения прежде независимых друг от друга галактик. Поэтому компонентам указанных систем нужно приписать совместное происхождение. Этот вопрос был подробно рассмотрен в нашем докладе на Сольвейской конференции 1958 г.

В свете упомянутых выше данных о выбрасывании из ядер сгустков, превращающихся затем в целые галактики умеренной или низкой светимости, и о делении ядер становится вероятным представление о возникновении кратных систем и целых групп в результате деления одного первоначального ядра на несколько ядер. Возможно, что это деление происходит последовательно.

В тех случаях, когда в группе имеется центральная галактика высокой светимости, возникновение слабых галактик должно быть связано главным образом с деятельностью ядра галактики высокой светимости.

Об очень большой активности ядер галактик-сверхгигантов говорит тот факт, что радиогалактики обычно являются одними из самых ярких членов скоплений, в которые они входят. Если же в скоплении имеется одна явно доминирующая галактика, то это обычно бывает сама радиогалактика.

Наблюдения показывают, что хотя все большие скопления содержат сверхгигантские галактики, только небольшая часть последних является радиогалактиками. Таким образом радиоизлучательная активность должна быть относительно кратковременной фазой в истории развития галактик. Следует думать, что выделение радиоизлучающих агентов представляет собой явление, сопровождающее удаление из ядер более мощных масс и, возможно, происходящее лишь на определенном этапе того или иного космогонического процесса.

Хотя внегалактическая астрономия имеет большие возможности в отношении изучения активности ядер, все же наши сведения о различных видах этой активности крайне скудны. Еще меньше мы знаем о параметрах, характеризующих интегральные свойства этих ядер (светимость, масса, цвет, размеры, вращение). Наконец, мы ничего не знаем о внутреннем строении этих ядер. В связи с этим в этой области внегалактической астрономии имеется самое обширное поле исследования. Перечислим некоторые возникающие здесь вопросы.

1. Все ли галактики имеют ядра; если нет, то каковы характеристики галактик, не имеющих ядер?

2. Определение интегральных характеристик ядер для возможно большего числа галактик. При этом нужно учитывать трудность этой задачи по отношению к галактикам с большим градиентом плотности. Вместе с тем следует отметить, что у многих галактик типа Sc ядро выделяется настолько хорошо, что может быть исследовано без большого влияния околоядерного центрального сгущения.

3. Определение зависимостей между интегральными параметрами ядер и интегральными параметрами галактик.

4. Исследование спектра ядер на предмет выявления эмиссионных линий, явлений вращения и истечения.

5. Исследование связи между ядром и перемычкой в галактиках с перемычкой. Связь между перемычкой и явлением истечения из ядра.

6. Исследование галактик с кратными ядрами. Изучение лучевых скоростей отдельных компонент таких ядер.

7. Зависимость числа шаровых скоплений от природы ядра галактики.

Хотя мы привели выше некоторые соображения космогонического характера, относящиеся к происхождению галактик, мы все время стремились все же оставаться на почве фактов и не вдаваться в далекие спекуляции. Анализ наблюдений показывает, что явления, относящиеся к происхождению галактик, настолько необычны, что их было бы невозможно предвидеть исходя из каких-либо теоретических предвзятых положений. Здесь мы снова

сталкиваемся с поразительным явлением постоянно повторяющимся в истории науки: когда она вторгается в новую область явлений, она находит неожиданные, качественно новые закономерности, выходящие за пределы прежних представлений, что делает каждую такую область явлений тем более интересной. Поэтому нам нужно еще более тщательно собирать факты и наблюдения, ибо лишь увеличение фактических данных, более точные сведения о реальных объектах, большая информация о строении различных частей галактик и тщательный анализ этих сведений могут помочь нам в разрешении возникающих здесь трудных вопросов.
