

## ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО ПРИ ОТКРЫТИИ СИМПОЗИУМА ПО ЯДРАМ ГАЛАКТИК В ВАТИКАНЕ

1. Подавляющее большинство галактик имеет максимум плотности где-то вблизи их центра инерции. Эту область максимума плотности удобно называть *центральной частью* данной галактики.

В астрономической литературе иногда эта центральная часть рассматривается как *ядро* галактики. Чрезвычайно желательно исключить эту неопределенность, т. к. не эту область максимальной плотности с очень нечеткими границами мы будем обсуждать ниже. В некоторых более близких галактиках, например, М 31, М 32, М 33, мы видим, что имеется звездообразное или почти звездообразное изображение, наложенное на эту область максимальной плотности. Во многих далеких галактиках ограниченное угловое разрешение не позволяет нам увидеть схожие звездоподобные образования. Они, по видимому, теряются на ярком фоне центральной части. Однако в некоторых далеких галактиках это наложенное звездоподобное образование имеет достаточно высокую светимость для того, чтобы наблюдаться даже в тех случаях, когда угловое разрешение фотографий умеренное (1"-2"). Таков, например, случай сейфертовских галактик. Подобное, однако менее выделяющееся звездоподобное образование мы наблюдаем на фотографических изображениях многих других (главным образом спиральных) галактик. Гораздо более удобно применить название «ядро» как раз к этим образованиям, так как они показали нам ряд чрезвычайно интересных явлений, открытие которых оказало влияние на всю современную внегалактическую астрономию.

2. Спектроскопическое исследование наиболее выделяющихся ядер показывает, что внутри ядер имеют место процессы, которые отличаются от явлений, происходящих в других частях галактик. Мы будем говорить об этих процессах чуть позже. Отметим здесь только некоторые из них: бурные движения газовых облаков, значительный избыток ультрафиолетового излучения, относительно быстрые изменения яркости, извержения струй и сгущений.

Присутствие одного или нескольких из этих процессов характеризуется словом *активность* ядер. В настоящее время имеются случаи, когда не видно никакого звездоподобного дискретного изображения в центре галактики, однако имеются четкие признаки ядерной активности. Естественно допустить, что в этих случаях в галактике имеется ядро, однако его полная светимость в видимых лучах настолько мала, что его изображение не видно из-за присутствия яркого фона обычного звездного населения. Более высокое разрешение в таких случаях может показать нам присутствие небольшого ядра.

Тем не менее, никакие признаки ядра не были найдены в некоторых *ближайших* галактиках. Примеры: Малое Магелланово Облако

и система Скульптора. Мы можем только спекулировать о возможном присутствии ядра в прошлой истории этих систем или о возможности найти в настоящее время остатки того, что когда-то было ядром такого типа галактики.

В то же время все имеющиеся данные делают почти достоверным, что все спиральные галактики, так же как и эллиптические галактики высоких и промежуточных светимостей, имеют ядра различных носительных яркостей. Другими словами, мы можем сказать, что почти все галактики высоких и промежуточных светимостей имеют ядра, однако возможно, что большая часть карликовых галактик лишена ядер.

Конечно, мы не знаем точно, где лежит граница между галактиками, обладающими ядрами и не имеющими ядер.

Может быть, не существует четкой границы и разница только в светимости и значительности ядер различных галактик. Во всяком случае, это очень трудная проблема, подлежащая изучению.

3. Широко известно, что имеется много общего между квазарами (квазизвездные радиосточники) и активными ядрами галактик. Известно также, что наряду с квазарами, которые являются сравнительно редкими объектами, мы наблюдаем оптические квазизвездные объекты. Согласно исследованиям Сандейджа и его сотрудников, число квазизвездных объектов *данной видимой величины* более чем в сто раз превышает число квазаров той же звездной величины.

Отношение еще больше, когда мы берем соответствующие пространственные *концентрации* (плотности) тех же объектов. Мы знаем, что квазары имеют оптические (фотографические) абсолютные светимости между  $-24$  и  $-26$ . Квазизвездные объекты имеют, по-видимому, несколько большую дисперсию светимостей и их средняя светимость должна быть порядка  $-23$ . Это делает вероятным, что пространственная плотность квазизвездных объектов более чем в 1000 раз превышает плотность квазаров. Это означает, что оптические квазизвездные объекты в некоторых отношениях гораздо более важны, чем квазары. Положение можно сформулировать следующим образом.

*Квазизвездные объекты имеют значительную дисперсию светимостей. Наиболее яркие из них испускают также интенсивное радиоизлучение и известны как квазары.*

Такое обилие квазизвездных объектов во Вселенной является свидетельством против короткого времени их жизни. Нам кажется, что предположение о том, что квазизвездные объекты имеют среднюю продолжительность жизни, меньше, чем  $10^9$  лет, связано со многими трудностями. Однако, если мы рассматриваем состояние квазара как особо активную фазу в эволюции квазизвездных объектов, то возможно допустить, что общая продолжительность этой фазы гораздо короче (порядка  $10^7$ — $10^8$  лет, но вряд ли меньше).

Для квазизвездного объекта или квазара высокой светимости ( $M_M = -25$ ) такая большая продолжительность жизни означает, что общее количество энергии, испущенное в форме электромагнитного излучения, включая сильное инфракрасное излучение, должно быть  $10^{63}$  эрг—количество, эквивалентное около  $5 \cdot 10^8 M_{\odot}$ .

Правда, мы можем допустить, что продолжительность жизни квазизвездных объектов очень *высокой светимости* короче  $10^9$  лет, но даже в случае объектов с  $M_M = -22.5$  проблема источников энергии представляется очень трудной.

4. Одной из наиболее важных задач изучения активных ядер и квазизвездных объектов является обнаружение связи между различными формами активности.

Хотя изучение радиогалактик открыло путь для выявления явлений, которые мы обсуждаем, однако в настоящее время ясно, что радиоисточники составляют только небольшую часть галактик с активными ядрами и квазизвездных объектов. Во всяком случае таково положение, когда мы говорим о сильных радиоисточниках. Вполне возможно, что все активные ядра испускают и в радиочастотах. Однако, по-видимому, мы не в состоянии обнаружить такие слабые источники.

Гораздо шире распространена среди ядер галактик активность в виде присутствия ультрафиолетового излучения нетеплового и *незвездного происхождения* и присутствие эмиссионных линий. Так как почти во всех случаях интенсивные эмиссионные линии возникают посредством процессов флуоресценции, подобно процессам в газовых туманностях нашей Галактики, возможно сосредоточить наше внимание на непрерывной эмиссии в ультрафиолете.

В случае квазизвездных объектов, благодаря большим красным смещениям, присутствие ультрафиолетового излучения обнаруживается вполне уверенно. Однако для большинства галактик общее излучение ядра (как абсолютное, так и видимое) очень слабо, и только небольшая часть галактик показывает ультрафиолетовый избыток, приходящий от ядра. Тщательное изучение галактик с ярким ультрафиолетовым континуумом было выполнено в Бюраканской обсерватории. В результате было найдено, что около двух процентов галактик в интервале видимых величин 13.5 и 17.5 имеет сравнительно яркий ультрафиолетовый континуум. Около 600 таких «ультрафиолетовых» галактик было уже найдено Маркаряном и пять списков, содержащих 500 галактик с ультрафиолетовым избытком, уже опубликованы. Более сотни галактик из этих списков уже были наблюдаемы разными наблюдателями (Хачикян, Видман, Сарджент, Аракелян, Дибай, Есипов), и в настоящее время ясно, что не менее чем 80% галактик Маркаряна имеют сильные эмиссионные линии. Таким образом, наблюдения поддерживают представления о том, что сильные эмиссионные линии строго коррелируют с ультрафиолетовым избытком.

В настоящее время имеются все основания допустить, что избыток, наблюдаемый в близком ультрафиолете этих галактик, распространяется до далекого ультрафиолета, как в случае квазизвездных объектов, и что существует максимум спектрального распределения, если рассматривать интенсивности в шкале длин волн  $[I(\lambda)]$ . Свяжем этот факт с наблюдениями галактик, выполненными с помощью орбитальных астрономических обсерваторий, запущенных американскими астрономами. Они показали, что некоторые нормальные галактики (например, M 31) показывают возрастание интенсивности к далекому ультрафиолету, что свидетельствует о максимуме интенсивности за 2000 Å. По-видимому, мы можем полагать, что ядерная область каждой галактики является источником нетеплового и *незвездного* излучения, которое имеет максимум в далеком ультрафиолете. То, что мы наблюдаем с поверхности Земли, является только относительно слабым крылом этого излучения. В тех случаях, когда избыток *большой* (как в случае сейфертовских или некоторых N галактик), *мы можем* выделить крыло. Однако в большинстве случа-

ев ультрафиолетовый избыток слаб и его близкое ультрафиолетовое крыло еще слабее, и мы не можем его обнаружить.

Если эта экстраполяция верна, то мы можем предполагать, что все ядра испускают такого рода ультрафиолетовое излучение, но в галактиках с активными ядрами эта эмиссия гораздо более интенсивная. Поэтому кажется, что наблюдение излучения ядер в далеком ультрафиолете становится весьма важным для понимания активности ядер.

Все эти вопросы связаны с проблемой слабой активности ядер нормальных галактик. Однако даже в нормальных галактиках мы, по-видимому, время от времени имеем бурные события. Голландские астрономы показали из наблюдений на волне 21 см, что имеется истекающее движение некоторых изолированных облаков, выходящих из ядра нашей Галактики под значительным углом к плоскости Галактики.

Что касается источника ультрафиолетового излучения, то не имеется никаких сомнений в том, что это излучение идет от источника небольшого диаметра (меньше  $10^{17}$  см), и очень характерные иррегулярные изменения являются свидетельством в пользу этого. Как можем объяснить мы эти изменения? Если механизм излучения имеет синхротронную природу, то, вероятно, изменения интенсивности излучения вызваны изменением потока частиц, которые выбрасываются центральным телом, имеющим меньший объем.

Инфракрасная эмиссия представляет другую, очень важную форму активности некоторых ядер. Имеются свидетельства о том, что в ядрах некоторых галактик Маркаряна содержится пыль. Однако она не является реальной причиной инфракрасной эмиссии.

5. Другой формой ядерной активности является выброс газовых облаков. В случае менее активных ядер мы, по-видимому, имеем спокойное истечение материи из ядра. Мы имеем некоторые возможности оценить потерю массы активными ядрами.

В случае NGC 4151 Андерсон и Крафт (Ap. J., 158, 859, 1969) вычислили, что потеря массы находится где-то между  $10 \div 1000 M_{\odot}$  в год. Если допустить, что продолжительность в сейфертовской фазе  $5 \cdot 10^7$  лет и брать ниже значение для потери массы в год, то получим полную потерю порядка  $5 \cdot 10^8 M_{\odot}$ . Таким образом, активность должна быть связана с большими изменениями в состоянии ядра.

Другим примером является NGC 1275. По-видимому, гигантская волокнистая газовая структура, которую мы наблюдаем в этой галактике, имеет массу в несколько раз  $10^8 M_{\odot}$ .

Таким образом, истечение газа из ядер в виде облаков или оболочек указывает на существенные эволюционные изменения в массах ядер. Вместе с тем, мы должны допустить, что в начальной стадии эволюции масса активного ядра составляет значительную часть массы всей галактики.

Мы можем только делать предположение относительно дальнейшей судьбы газов. Когда движения чрезвычайно бурные (более чем 1000 км/сек), галактика теряет эти газы. В случае небольших скоростей истечения из ядра газы могут образовать некоторую систему облаков вокруг ядра. Может быть, постоянный уход массы из таких галактик, как NGC 4159 и Маркарян 9, является причиной исключительной слабости оболочек, окружающих ядра этих галактик.

Как вы знаете, сейфертовские галактики были определены как класс объектов, в которых разрешенные линии имеют гораздо большие ширины, чем запрещенные (в особенности  $N_1$  и  $N_2$ ). Однако

необходимо отметить, что если эмиссионные спектры сейфертовских галактик объяснить как излучение многих газовых облаков, выброшенных из ядер, тогда только что отмеченная спектральная особенность будет означать только, что значительная часть излучения эмиссионных линий исходит из облаков малых масс. Расширяющееся облако малой массы может дать заметное количество излучения, только когда оно плотное, т. к. светимость пропорциональна  $M^2/V$ .

Однако при высокой плотности и малом объеме оно не может испускать запрещенные линии. Но когда благодаря расширению плотности убывает, то полное излучение бывает чересчур слабым, чтобы наблюдаться. Таким образом, в таких облаках мы не видим какие-нибудь запрещенные линии. Обратное положение мы имеем в случае облаков больших масс. В этом случае мы будем наблюдать за сравнительно долгое время как разрешенные, так и запрещенные линии. Теперь уже все зависит от скорости расширения этих больших облаков. Если они имеют небольшую скорость удаления, они образуют узкие запрещенные линии. Если же скорость расширения велика, мы должны наблюдать широкие запрещенные линии. Теперь важно, что *существует группа галактик, которые показывают одинаково расширенные разрешенные и запрещенные линии.*

Примером могут служить галактики Маркаряна 3, 6 и 39. Но это обратное тому, что мы имеем в случае спектров сейфертовского типа. В то же самое время физические причины одни и те же. Только значения масс облаков различные. Таким образом, многие другие галактики имеют активные ядра типа ядер сейфертовских галактик. Иногда говорят о спиральной структуре сейфертовских галактик. Мне кажется, что эта особенность не существенна для них. С точки зрения морфологии более важен вид ядер. Мы можем отметить, что многие галактики, обладающие сейфертовскими спектрами, похожи по своей структуре на N-галактики, введенные профессором Морганом. Следовательно, более целесообразно обсуждать их морфологию в связи с морфологическими особенностями, наблюдаемыми у N-галактик. Профессор Морган имеет некоторые важные новые идеи по этому вопросу, и я надеюсь, что он расскажет нам об этом подробно позже. Однако в этой связи мне хотелось бы задержаться на пункте, который был подчеркнут недавно Маркаряном и Аракелян.

В своем обзоре ультрафиолетовых галактик Маркарян разделил все ультрафиолетовые объекты на два класса. Первый—s-галактики, которые являются сильно сконцентрированными объектами со спектральным распределением, похожие на квазизвездные объекты, и второй—d-объекты, которые имеют диффузные границы, где эмиссионные линии излучаются большим объемом соответствующих галактик.

В настоящее время известны красные смещения 42 CS-объектов (сконцентрированных, сферидальных), однако только для 23 объектов выполнены фотоэлектрические исследования и, следовательно, только для них мы можем определить более или менее надежные абсолютные величины.

Для средней абсолютной величины и цвета квазизвездных объектов Маркарян и Аракелян дают:  $M_3 = -19.2$ ,  $B-V = +0.57$ ,  $U-B = -28$ , по сравнению со средними значениями, полученными из опубликованных данных об N-галактиках:  $M_B = -21$ ,  $B-V = +0.9$ ,  $U-B = -0.27$ .

s-галактики Маркаряна находятся хотя в общем гораздо бли-

же, чем N-галактики, как правило, не наблюдались как радиоисточники.

Следовательно, можно сказать, что квазизвездные объекты Маркаряна вместе с N-галактиками образуют один большой класс объектов. Оптически наиболее яркие из этих объектов часто являются радиогалактиками. Число квазизвездных объектов в данном объеме в несколько сотен раз больше, чем число N-галактик.

Мы имеем то же положение в случае квазизвездных объектов и квазизвездных радиоисточников и в случае D—E-галактик и соответствующих радиоисточников.

6. *Радиочастотная эмиссия.* Здесь мы имеем одну из наиболее важных проблем. Мы понимаем, что сильная радиочастотная эмиссия всегда связана с активностью ядер. Однако вид связи между активностью ядер и радиочастотной эмиссией должен быть различным в различных случаях. Очевидно, в случае квазаров и N-галактик связь прямая, т. е. оптическое излучение в этих случаях является излучением, идущим от ядер. Однако в случае D и E радиогалактик, в которых во многих случаях радиоэмиссия идет от облаков релятивистского газа, расположенного вне галактики, и оптическая светимость обусловлена светом звездного населения, эта связь не прямая и объяснение должно быть найдено в тесной связи между ядром и звездным населением всей галактики. Каждая теория, которая объясняет активность ядер и возникновение радиогалактик, должна объяснять также эти простые факты.

Другой важный вопрос связан с процессом образования релятивистских электронов. Модели, допускающие, что облака были выброшены прямо из ядра, встречают некоторые трудности. Гораздо легче допустить, что облака были образованы когерентными телами, выброшенными из ядра. В этом случае мы должны предполагать, что какое-то из этих выброшенных тел ведет себя как активный центр, излучающий релятивистские электроны. Это вызов уже теоретикам.

7. *Плотные тела, выброшенные из ядер.* По разным поводам я имел возможность говорить о струях, выходящих из ядер некоторых гигантских галактик. Галактика NGC 4486 лишь один пример. Струи в NGC 3561 и IC 1182 подобны по форме, однако состоят главным образом из классического газа. Сгущения в этих струях имеют яркий ультрафиолетовый избыток и эмиссионные линии. В этом отношении они ведут себя как компактные галактики с активными ядрами. Имеются некоторые сгущения этого типа, которые отличаются от этих примеров только отсутствием струй, соединяющих сгущение с ядром первичной галактики. Некоторые из них показывают спектры, похожие на спектры конденсаций в струях вышеназванных галактик. Можно спросить, что мы не имеем прямого свидетельства, что эти объекты (сгущения) имеют ту же природу, что и активные ядра галактик. Однако кажется, что такой аргумент не очень сильный. Если мы наблюдаем звезду, которая имеет ту же спектральную особенность, что и Солнце, мы легко допускаем, что такая звезда является телом такого же вида, как Солнце.

Следовательно, мы должны рассмотреть, как очень вероятное, что эти небольшие голубые объекты имеют по крайней мере некоторые (если не все) свойства активных ядер галактик.

Из всего того, что мы знаем об активности ядер, одно ясно, что ядро может образовать вокруг себя газовую оболочку. В случае нашей Галактики мы почти уверены, что межзвездный газ обогащается истечением из ядра Галактики. Следовательно, вполне естественно,

что мы наблюдаем в этих сгущениях эмиссионные линии. Таким образом, мы приходим к представлению о фрагментации ядер и образовании новых галактик.

8. Чтобы объяснить противоречия больших масс галактик, получаемых при применении теории вириала к скоплениям и группам галактик, было сделано предположение, что скопления галактик образуются посредством последовательной фрагментации некоторого первоначального тела и что соответствующие скопления и группы являются системами с положительной энергией. В течение пятнадцати лет, которые прошли после этого предположения, сделано много попыток ввести в скопления некоторые гипотетические скопления материи (например, нейтрального водорода). Однако эти попытки были не очень успешны. Следовательно, предположение остается в первоначальной форме. Я не имею ничего добавить к оригинальным аргументам, кроме факта, что концепция фрагментации и идея об активности ядер были тесно связаны, и теперь, когда вторая концепция подтверждена прямыми наблюдениями, настало время обсудить концепцию фрагментации очень тщательно. Однако если мы приписываем активности ядер некоторого рода универсальность, то, я думаю, мы должны принять, что каждая галактика строится вокруг своего ядра благодаря активности последнего. В этом случае формирование шаровых скоплений и вообще II типа населения является уже одним из видов ядерной активности. То же самое мы можем допустить относительно возникновения спиральных рукавов.

Мне хотелось бы подчеркнуть здесь, что в настоящее время риск, связанный с такой гипотезой, гораздо меньше, чем тогда, когда мы не имели никакого представления об энергетике ядер. В действительности кинетическая энергия движения всех звезд в какой-либо галактической системе порядка  $10^{59}$  эрг, в то время как мы знаем уже некоторые энергии, которые освобождаются из ядер и на один или два порядка выше указанного значения.

9. Конечно, то, что мы наблюдаем, это некоторое число внешних проявлений активности некоторых массивных тел, которые скрыты в центральной части ядра. Большая продолжительность активного процесса в ядрах делает вполне ясным, что никакие процессы коллапса и аккреции не могут объяснить такую непрерывную активность.

На настоящей стадии мы не знаем почти ничего об этих центральных телах. Единственное, что известно, что они способны производить большие количества энергии как в форме дискретных порций, так и непрерывного истечения.

Эти тела, по-видимому, нестабильны. Они легко изменяют свое физическое состояние, но в то же время продолжают действовать в течение очень долгого времени. Они выбрасывают иногда большие массы порядка  $10^8 M_{\odot}$ , однако после такого выброса продолжают свою активность, может быть, менее интенсивно. Эти центральные тела ядер галактик и квазизвездных объектов представляют вызов для теоретиков.

10. Как обычно бывает в астрономии, когда делаются большие открытия, теоретики пытаются дать объяснения новым фактам почти сразу. Однако в этот раз мы имеем дело с очень сложными явлениями. Трудно даже понять, что происходит во внешних частях ядра, которые прозрачны и доступны нашим наблюдениям. Следовательно, необходимо некоторое терпение. На этой стадии мы должны попытаться понять лучше внешнее проявление активности ядер и получить правильную общую картину рассматриваемых процессов. Только тогда придет вторая

стадия, когда теоретики дадут объяснения глубоким процессам и физике генерации энергии. Для того, чтобы сделать первую стадию короче, мы должны поставить ударение на наблюдение и на систематизацию результатов наблюдений.

Систематизация и классификация объектов так же важны, как и классификация соотношений, которые мы находим между различными фактами и формами активности.

Природа бесконечно более сложна и разнообразна, чем кажется нам, не имеющим до недавнего времени никакой информации об этих удивительных процессах. Изучим эти процессы с терпением и будем основывать наши заключения главным образом на наблюдательных данных.

## ДИСКУССИЯ

Председатель Д. Ж. К. О'КОННЕЛ

*Морган.* Я хотел бы поддержать замечание профессора Амбарцумяна, касающееся необходимости выбора единой точки зрения—критерия классификации наибольшей значительности. А предварительную классификацию нужно бы провести не отвлекаясь на другие эффективные явления.

*Лоу.* Мне бы хотелось сказать по поводу мощности ультрафиолетового континуума. В попытке построить модели инфракрасных явлений существует проблема, это проблема подавления ультрафиолета. Трудность не в построении модели инфракрасного явления, а в подавлении ультрафиолета. Трудно построить IR без выработки излучения более высокой энергии, чем наблюдается.

*Остерброк.* В связи с наблюдениями ультрафиолетового континуума галактик я хотел бы сказать, что мы специально обсудили это предварительно с моими коллегами из Висконсинского университета, которые выполнили измерения на Орбитальной Астрономической Обсерватории. Их первый материал относительно M 31, кажется, показывает очень сильный ультрафиолетовый избыток. Но данные в то время не были полностью редуцированы. Теперь уже кажется, что UV избыток не такой большой, как казалось вначале. С другой стороны, данные продолжают указывать на UV избыток для центра M 31, в том смысле, что между 3000 Å и 2000 Å имеется значительно больше излучения, чем от звезд главной последовательности того же спектрального типа, или показателя цвета B—V. Окончательная редукция в абсолютных энергетических единицах до сих пор еще не полна.

*Оорт.* Профессор Амбарцумян говорил о возможности образования целой галактики из ядра в результате выброса. Однако есть одна большая трудность, которая заключается в приобретении углового момента. Угловой момент характерен для всей Вселенной, особенно для спиральных галактик, что, по-моему, создает большую трудность.

*Амбарцумян.* Угловой момент, о котором упомянул профессор Оорт, конечно, является проблемой и я всегда думаю над ней. Но мне кажется есть много возможностей объяснить наблюдаемый угловой момент. Давайте рассмотрим, для простоты, каким образом мы можем иметь явное нарушение закона сохранения момента. Если мы имеем ядро, из которого выброшены две струи равной массы и скорости в противоположных направлениях, то в этом случае ядро не изменит



свою скорость. Но если одна из струй состоит из вещества, которое по некоторым причинам остается долго в плотном виде, а вещество второй струи легко рассеется через некоторое время, то мы будем иметь лишь одну оставшуюся струю и мы увидим явное нарушение закона момента. Например, в случае, когда ядро протягивается в струю, которая дает плотное видимое сгущение, то мы можем ожидать, что само ядро получит импульс в противоположном направлении. Но там может быть диффузное необнаруженное извержение в противоположном направлении, которое уносит этот импульс. Таким образом, можно представить случаи, где имеется явное нарушение углового момента, но где есть кое-какое неизвестное компенсирование. Наблюдения Арпа допускают нечто в этом роде.

*Оорт.* Но не угловой момент.

*Амбарцумян.* Легко привести пример подобного типа, приводящего к явному нарушению углового момента. Я согласен, что все что я сказал, это не реальное объяснение. Положение неясное, но есть много возможностей.

*Оорт.* Я согласен, что совершенно неожиданные вещи, которые мы не можем объяснить, становятся ясными.

*Е. М. Бербидж.* Я также сильно обеспокоена проблемой углового момента, так как в некоторых обычных спиральных галактиках, когда изменяются вращения во внешних областях, оказывается, что значительная величина углового момента находится во внешних областях. Я буду удивлена, если истечение из ядра не будет сочетаться с приобретением вещества из внешних областей галактик: возможно, что падение вещества, идущее асимметричным путем или со слабым эффективным вращением далеко от центра, может обеспечить угловой момент.

*Оорт.* Нужно будет тогда много вещества, скорости которого были бы подходяще ориентированы.

*Хойл.* Я думаю можно здесь различить спиральные и эллиптические галактики. Возьмем вначале спирали, где мы можем быть уверены в наличии углового момента. Чтобы создать систему с угловым моментом с помощью процесса выброса, нужно будет вещество с существенно нулевым полным угловым моментом и чтобы происходило разделение этого вещества на две части: одна, которая остается для формирования галактики, и другая, которая рассеется в бесконечность. Тогда будет иметь место сохранение углового момента, с плюсом для части, которая останется, и с минусом для рассеивающей части, давая в результате нулевое целое.