

тесно группируются около биссектрисы координатного угла. Небольшие отступления точек от этой прямой полностью объясняются случайными ошибками измерений, связанными с тем, что наблюдаемые линии спектра и радиолиния недостаточно отчетливы и тонки.

Таким образом, можно утверждать, что лучевые скорости галактик, определенные оптическими и радиометодами, совпадают. Это очень важное заключение, укрепляющее нашу уверенность и в реальности скоростей галактик и в правильности методов как оптической астрономии, так и радиоастрономии.

По интенсивности радиолинии 21 см можно оценить общую массу нейтрального водорода в наблюдаемой галактике. Оценки, произведенные для ряда галактик, даны в табл. 21. В некоторых случаях в третьем столбце данные не приводятся, так как общая масса галактики определена очень ненадежно.

Как видно из таблицы, наша Галактика наряду с туманностью Андромеды и галактикой в Большой Медведице (NGC 3031) является самой бедной нейтральным водородом по доле, которую он занимает в общей массе системы. Все остальные галактики списка значительно богаче водородом. В Малом Магеллановом Облаке он составляет 22% всей массы системы, в IC 1613 — 17%. То, что наша Галактика имеет относительное содержание водорода такое же, как галактики типа Sb, туманность Андромеды и NGC 3031, тогда как остальные галактики, принадлежащие к типам Sc и I I, значительно богаче водородом, является аргументом в пользу отнесения нашей Галактики к типу Sb.

Удивительные объекты Вселенной — квазары

Когда английские и австралийские астрономы, применив интерференционный метод, определили с большой точностью положения значительного числа дискретных источников радиоизлучения, они одновременно с большой точностью определили и угловые размеры некоторого числа радиисточников. Диаметры большинства из них исчислялись минутами или десятками секунд дуги. Но у пяти источников, а именно у 3C 48, 3C 147, 3C 196, 3C 273 и 3C 286, размеры оказались меньше секунды дуги. Эти пять объектов привлекли особое внимание потому, что, несмотря на очень малые угловые размеры,

поток их радиоизлучения не уступал потоку радиоизлучения других дискретных источников, превосходящих их по площади излучения в десятки тысяч раз. Вследствие этой особенности — давать концентрированное в очень малом телесном угле значительное излучение — перечисленные источники радиоизлучения были названы звездоподобными объектами.

Мэтьюз и Сендидж исследовали полученные на 5-метровом телескопе фотопластины, пытаясь отождествить звездоподобные объекты. На маленьком участке неба, где располагался звездоподобный источник радиоизлучения, каждый раз обнаруживалась слабенькая звезда. Это могло быть случайным совпадением, так как источники радиоизлучения иногда настолько удалены, что даже 5-метровый телескоп не может их сфотографировать. Тем не менее было решено исследовать обнаруженные слабые звезды. Они снова были специально сфотографированы при помощи 5-метрового телескопа. Оказалось, что звездочки обладают особенностями, не встречающимися у обычных звезд. Та из них, которая отождествляется с ЗС 48, 16-й видимой звездной величины, оказалась окруженной пятью слабенькими туманностями, расположенными на расстояниях до 12 секунд дуги. Звезда, отождествляемая с ЗС 196, также оказалась связанной со слабой туманностью.

Австралийские наблюдатели, используя покрытия Лунной, показали, что ЗС 273 состоит из двух компонентов, разделенных расстоянием 19",5. Компонент В, согласно этим радионаблюдениям, сжат мало и намного слабее компонента А, который сжат сильно. На фотографии оказалось, что место, где зарегистрирован компонент А, занято маленькой туманностью, имеющей вид вытянутой струи, а на месте компонента В находится звезда 13-й видимой звездной величины.

Своеобразные черты слабеньких звезд, совпадающих со звездоподобными радиообъектами, убеждали, что совпадения не являются случайными. Казалось бы, снова, хотя и в несколько ином виде, возродилась концепция радиозвезд, были найдены звезды со значительным потоком радиоизлучения. Тогда были сняты спектры. Удовлетворительный спектр звезды 16-й видимой звездной величины, отождествляемой с ЗС 48, удалось получить на 5-метровом телескопе только при выдержке в 7 часов. При такой большой выдержке в спектре появляются ли-

нии, образующиеся в земной атмосфере. После исследования и исключения этих линий Гринстейн оставил шесть линий, принадлежащих, по-видимому, ЗС 48. Это были размытые эмиссионные линии. Ко всеобщему удивлению, выяснилось, что ни в спектрах обычных звезд, ни в спектрах новых, сверхновых звезд или газовых туманностей нет спектральных линий в тех же местах. Может быть, это были запрещенные линии, наблюдаемые в каких-то совершенно новых условиях? Или линии каких-нибудь редких элементов, обычно отсутствующих в атмосферах звезд и в газовых туманностях? Каждый раз предпринимаемые проверки этих предположений приводили к отрицательному результату.

После этого были получены спектры ЗС 147, ЗС 196, ЗС 273 и ЗС 286, давшие еще более удивительные результаты. Ни одной линии, находящейся в этих спектрах, не удавалось отождествить с какими-нибудь известными или предвычисленными линиями. Более того, ни в каких двух спектрах звездоподобных объектов не было хотя бы одной общей линии.

Около двух лет загадка спектров звездоподобных объектов оставалась неразрешенной. Наконец, Шмидт, изучая расположение линий в спектре ЗС 273, обнаружил, что четыре линии из шести образуют последовательность, в которой отношения длин волн такие, какие бывают в сериях спектральных линий водорода или какого-нибудь другого элемента, у которого после ионизации во внешней оболочке остался один электрон. Отношения длин волн были точно такими, какими им полагалось быть при данном предположении, но сами длины волн не соответствовали ни водороду, ни какому-нибудь иному элементу, имеющему после ионизации один электрон во внешней оболочке. Тогда Шмидт сделал кардинальное предположение, что линии занимают другие места вследствие значительного красного смещения спектра. Это предположение было трудно сделать потому, что все уже привыкли считать звездоподобные источники радиоизлучения действительно звездами, а у звезд лучевые скорости всегда малы и не превышают нескольких десятков километров в секунду. Вызываемые такими лучевыми скоростями доплеровские смещения спектров настолько незначительны, что они не могли бы помешать отождествлению спектральных линий; отождествление было бы сделано сразу же, как был получен спектр.

Если же предположить сильное смещение спектра, то ситуация полностью изменяется.

Шмидт сначала проверил допущение, что четыре выделенные линии являются линиями водорода. Водород — самый обильный во Вселенной элемент, и его линии встречаются почти во всех спектрах. Оказалось, что для такого допущения требуется красное смещение спектра ЗС 273, равное 0,16, т. е. если принять что $\Delta\lambda/\lambda = 0,16$, то все четыре линии после поправки за красное смещение станут на те места, которые полагается занимать соответствующим линиям водорода.

Основной вопрос теперь состоял в том, что произойдет с двумя оставшимися из шести линий, наблюдававшихся в спектре ЗС 273, после поправки за красное смещение. Займут ли они места, где обычно в несмещенных спектрах находятся яркие линии каких-нибудь элементов? Результаты вычислений оказались самыми ободряющими. Одна из двух линий стала на место запрещенной линии дважды ионизованного кислорода, обычно весьма интенсивной в спектрах газовых туманностей. Вторая линия имела длину волны 3239 Å. После исправления, с учетом красного смещения, ее длина волны получается равной 2800 Å. Эта длина волны уже оказывается в ультрафиолетовой части спектра, и мы не знаем, имеются ли линии с такой длиной волны в спектрах звезд, туманностей или галактик, так как ультрафиолетовое излучение поглощается земной атмосферой и до объективов телескопа не доходит. На выручку пришли данные о спектре Солнца, полученные при помощи наблюдений с высотных ракет. Эти наблюдения ведутся за пределами земной атмосферы и полностью воспроизводят ультрафиолетовую часть спектра. В ультрафиолетовой части спектра Солнца ярчайшей эмиссионной линией является как раз линия с длиной волны 2798 Å, принадлежащая ионизованному магнию.

Еще одно подтверждение значительного красного смещения спектра ЗС 273 было получено следующим образом. К серии водородных линий, наблюдававшихся в спектре, принадлежит также линия H_{α} , которая в несмещенных спектрах имеет длину волны 6563 Å и в спектрах звезд и туманностей является наиболее яркой из серии водородных линий. С учетом красного смещения в 0,16

длина ее волны должна была стать равной 7590 Å. Это уже инфракрасная область и в спектре на фотопластинке она наблюдаться не может. Но близкие инфракрасные лучи атмосферой Земли пропускаются и представилось возможным промерить инфракрасную часть спектра ЗС 273 при помощи электрофотометра. Точно на месте длины волны 7590 Å была обнаружена интенсивная эмиссионная линия. Так окончательно разрешился вопрос для ЗС 273.

Мэтьюз и Гринстейн проверили тогда спектр ЗС 48. Если ярчайшую линию, имеющую длину волны 3832 Å, считать линией ионизованного магния, то, поскольку истинная длина волны этой линии 2798 Å, красное смещение спектра ЗС 48 получается равным 0,37. Тогда точно отождествляются пять других линий, имеющих в спектре ЗС 48, правда, не с линиями водорода, а с линиями однажды ионизованного кислорода и дважды ионизованного неона. Такое точное отождествление всех имеющих пяти линий случайным быть не может, поэтому можно считать разрешенным вопрос и для ЗС 48.

Итак, ЗС 273 и ЗС 48 имеют красные смещения спектров, равные 0,16 и 0,37. Чем могут быть вызваны такие большие красные смещения?

Если пытаться отстаивать предположение, что звездopodobные объекты являются звездами и входят в состав нашей Галактики, то необходимо считать, что красное смещение определяется не лучевой скоростью звезд, не доплеровским эффектом, а вызвано сильным полем тяготения этих звезд. Иначе, производя вычисления по формуле (23), по красным смещениям $\Delta\lambda/\lambda$, равным 0,16 для ЗС 273 и 0,37 для ЗС 48, получаем значения v/c , соответственно равные 0,15 и 0,30. Значит, пришлось бы допустить, что звезда ЗС 273 движется в Галактике со скоростью 45 000 км/с, а ЗС 48 — со скоростью 90 000 км/с, в то время как лучевые скорости обычных, даже самых далеких звезд в нашей звездной системе составляют лишь 100—300 км/с.

Согласно общему принципу относительности поле тяготения изменяет частоту всякого периодического процесса, в том числе и светового электромагнитного колебания. Колебательное движение, преодолевая поле тяготения, теряет свою энергию. Потеря энергии выража-

ется в том, что уменьшается частота колебательного движения. Если вместо частоты воспользоваться длиной волны колебательного движения, то должно соблюдаться следующее равенство:

$$\frac{\lambda_1 - \lambda}{\lambda} = - \frac{G}{c} \left(\frac{\mathcal{M}_1}{R_1} - \frac{\mathcal{M}}{R} \right), \quad (26)$$

где \mathcal{M} и R — масса и радиус звезды, \mathcal{M}_1 и R_1 — масса и радиус Земли, G — постоянная тяготения, c — скорость света, λ — длина волны, излучаемая звездой, λ_1 — длина волны того же излучения, приходящая к наблюдателю на поверхности Земли.

Членом \mathcal{M}_1/R_1 во всех задачах, представляющих для нас интерес, можно пренебречь в сравнении с \mathcal{M}/R . Поэтому можно считать, что вызываемое тяготением звезды красное смещение спектра (стоящее в левой части равенства) пропорционально массе звезды и обратно пропорционально ее радиусу.

Из известных до сих пор звезд наибольшее значение \mathcal{M}/R имеют белые карлики. Массы их порядка массы Солнца, а радиусы в сотни, а у некоторых белых карликов в тысячу раз меньше, чем у Солнца. Вызываемые тяготением красные смещения спектров белых карликов, вычисляемые по формуле (26), гораздо меньше, чем у звездоподобных объектов, и имеют порядок 0,0001. Это полностью согласуется с результатами наблюдений белых карликов.

Чтобы красное смещение спектра составляло огромные величины — 0,16 или 0,37, необходимы очень большие массы или совершенно крошечные радиусы звезд. Если масса звездоподобных объектов равна массе Солнца, то для объяснения наблюдаемых красных смещений спектров полем тяготения необходимо, чтобы у ЗС 273 радиус был равен 9,5 км, а у ЗС 48 всего 4 км. Если же радиусы звездоподобных объектов равны радиусу Солнца, то масса ЗС 273 должна составлять 73 000, а масса ЗС 48 — 170 000 масс Солнца.

В первом случае нормальных масс и крошечных радиусов звезда должна иметь фантастически высокую плотность. Средняя плотность должна быть порядка миллиона тонн в одном кубическом сантиметре. Теоретические исследования показали, что построить модель такой сверхплотной звезды возможно. Она должна состоять из тяжелых частиц — нейтронов или гиперонов. Однако

нейтронные и гиперонные звезды-карлики не могут давать наблюдаемого спектра. Газовые оболочки этих звезд могут иметь протяженность не более нескольких сотен метров. В сжатых, плотных газовых оболочках не могут формироваться запрещенные эмиссионные линии, наблюдаемые в спектрах звездоподобных объектов. Кроме того, общее излучение карликов нейтронной или гиперонной звезды в оптических лучах настолько ничтожно, что, находясь за пределами Солнечной системы, она не смогла бы наблюдаться даже при помощи крупных телескопов.

Таким образом, нужно отказаться от предположения, что звездоподобные радиоисточники излучения являются сверхплотными или сверхмассивными телами, находящимися внутри Галактики и способными производить красное смещение своих спектров силой собственного поля тяготения.

Предположим теперь, что звездоподобные источники радиоизлучения — это далекие внегалактические объекты и красные смещения их спектров объясняются законом Хаббла. Тогда, при скоростях удаления 45 000 км/с и 90 000 км/с и значении постоянной Хаббла 75 км/с на Мпс, расстояния до ЗС 273 и ЗС 48 окажутся соответственно равными 600 и 1200 Мпс. Это будут отдаленнейшие объекты Вселенной. Первый из них имеет 13-ю, а второй 16-ю видимую звездную величину. Если использовать оцененные расстояния, то абсолютная звездная величина ЗС 273 с учетом поглощения света в галактике получается равной $-26^m,5$, а у ЗС 48 $M = -25^m$.

Значения абсолютных звездных величин получаются совершенно необычными. Светимость ЗС 48 примерно в 100 раз, а ЗС 273 в 500 раз превосходит светимости сверхгигантских галактик, таких, как наша или туманность Андромеды. ЗС 273 излучает в секунду $2 \cdot 10^{39}$ Дж, а ЗС 48 — $5 \cdot 10^{38}$ Дж. Энергия радиоизлучения этих объектов порядка 10^{38} Дж/с, так что она сравнима с энергией излучения в оптическом диапазоне. А угловые размеры звездоподобных объектов очень малы и, несмотря на огромные расстояния, оценка их линейных диаметров приводит к значениям всего 1000 пс для ЗС 273 и 5000 пс для ЗС 48.

При светимостях, в 100 раз превосходящих светимость сверхгигантских галактик, ЗС 48 имеет размер зарядной карликовой галактики, а ЗС 273 — размер самых крошечных из карликовых галактик. Можно подсчитать,

что средняя поверхностная яркость ЗС 48 и ЗС 273 превосходит среднюю поверхностную яркость туманности Андромеды соответственно в 4000 и в 200 000 раз!

Но выброс из ЗС 273 и слабый пучок газа у ЗС 48 имеют протяженность около 60 000 пс.

Какова же природа звездоподобных объектов? Их радиоизлучение является, по-видимому, синхротронным. Оптическое излучение, состоящее в основном из ярких эмиссионных линий, показывает, что по крайней мере главная часть, если не все излучение, создается газом. При этом температура газа должна быть не ниже $10\,000^\circ$, чтобы могли наблюдаться линии ионизованных магния, кислорода и неона. И есть основания считать, что газ нагревается и возбуждается не звездами высоких светимостей и температур, а каким-то другим механизмом.

Может быть, звездоподобные объекты являются радиогалактиками на самой ранней стадии их развития, в первые десятки тысяч лет после того как взрыв в ядре дал начало процессам, превращающим систему в радиогалактику. Ранняя стадия развития, возможно, характеризуется очень высокой оптической и радиосветимостью. Она скоротечна, длится только десятки тысяч лет и потому так редко встречается во Вселенной.

После того как были сделаны эти первые предположения о природе звездоподобных источников радиоизлучения, усилия наблюдателей привели к большому числу новых открытий. Звездоподобным объектам придумали звучное название «квazarы» («quasar» — от «quasi stellar radio source» — звездоподобный радиоисточник).

Находят новые квazarы, убеждаясь сначала в точечном характере источника радиоизлучения и максимально точно определяя его положение. Затем при помощи фотографий, полученных на большом телескопе с большой выдержкой, отождествляют источник радиоизлучения с оптическими объектами, находящимися на том же самом месте и очень похожими на слабые звездочки. Дополнительными аргументами являются наличие элементов туманной структуры около звездочек, а также избыток излучения в ультрафиолетовой части спектра точечного объекта, характерный для всех звездоподобных объектов — квazarов. Чтобы обнаружить последнее свойство, нужно сравнить яркости изображений на фотографиях, сделанных с различными фильтрами. Наконец, нужно еще снять при помощи большого телескопа, снабженно-

го спектрографом, спектр звездочки, отождествить спектральные линии и определить красное смещение спектра. Именно большое значение красного смещения $\Delta\lambda/\lambda$ является окончательным аргументом, удостоверяющим, что наблюдаемый слабый точечный объект — квазар.

В списке, опубликованном в 1967 г. Барбиери, Батистини и Нази, содержится 103 квазара. Они расположены во всех областях неба, кроме, разумеется, галактического экватора, где их делает оптически невидимыми пылевая материя, сконцентрированная около плоскости Галактики.

Табл. 22 показывает, как распределены у этих 103 квазаров красные смещения спектров ($\Delta\lambda/\lambda$), видимые звездные величины (m_v) и радиовеличины (m_r).

Т а б л и ц а 22. Распределение красных смещений, спектров, оптических звездных величин и радиовеличин квазаров

$\Delta\lambda/\lambda$	n	m_v	n	m_r	n
0,13—0,40	18	12,01—13	1	6,01—7	2
0,41—0,60	16	13,01—14	0	7,01—8	4
0,61—0,80	13	14,01—15	0	8,01—9	42
0,81—1,00	14	15,01—16	7	9,01—10	31
1,01—1,20	10	16,01—17	29	10,01—11	11
1,21—1,40	4	17,01—18	31		
1,41—1,60	7	18,01—19	21		
1,61—1,80	3	19,01—20	5		
1,81—2,00	10				
2,01—2,20	7				
2,21—2,40	1				
	103		94		90

Таблица показывает, что красные смещения спектров у первых квазаров ЗС 273 и ЗС 48, казавшиеся нам такими большими, на самом деле принадлежат к довольно умеренным. У 42 квазаров красное смещение больше 1,00, в том числе у восьми больше, чем 2,00. Самое большое в этом списке красное смещение (2,223) имеет квазар PKS 0237—23. Согласно формуле (23) его скорость удаления равна 247 000 км/с, а расстояние, получаемое по закону Хаббла, если принять $H = 75$ км/с · Мпс,

$$\frac{247\,000 \text{ км/с}}{75 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}} = 3300 \text{ Мпс.}$$

Видимая звездная величина этого квазара $16^m,63$, поэтому абсолютная величина, определяемая по формуле (6), равна $-26^m,0$. Вычисление абсолютных звездных величин для других квазаров показывает, что и в отношении светимости квазар PKS 0237-23, наряду с ЗС 273, является выдающимся объектом. Его светимость превосходит светимость Галактики в 330 раз.

Число обнаруживаемых и оптически отождествляемых квазаров непрерывно увеличивается. В списке Бербиджа, Крауна и Смита, опубликованном в 1977 г., их число уже превышает 600.

В настоящее время пальма первенства в скорости убегания принадлежит квазару QSO 1442+101, у которого $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ равно 3,53. Это соответствует скорости удаления 272 000 км/с и расстоянию 3630 Мпс. У квазара ОН 471 $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 3,40$.

Распределение по m_v показывает, что среди квазаров преобладают объекты, слабее 16-й видимой звездной величины. Только семь квазаров имеют видимую звездную величину между 15^m и 16^m , и только один, выдающийся по блеску и светимости, квазар ЗС 273 имеет видимую звездную величину $12^m,80$.

Наблюдения привели к еще одному совершенно неожиданному открытию. Оказывается, видимая оптическая звездная величина m_v и радиовеличина m_r у квазаров не постоянны и меняются со временем.

Выполнив точные фотоэлектрические наблюдения при помощи 5-метрового телескопа, Сендидж нашел, что блеск ЗС 48 в течение 1964—1966 гг. все время менялся: он то возрастал, то ослабевал. Диапазон изменения $0^m,10$. Изменение блеска происходит довольно быстро: 8 января 1965 г. видимая звездная величина этого квазара была $16^m,23$, а 9 января блеск ослабел до $16^m,28$. Квазар ЗС 196 за годы 1962—1964 менял блеск на $0^m,27$. Изменения блеска обнаружены также у квазаров ЗС 47 и ЗС 245. А. С. Шаров и Ю. Н. Ефремов, исследовав имевшиеся 73 пластинки с изображениями ЗС 273, полученными за период с 1896 по 1963 гг., пришли к выводу, что видимая звездная величина этого объекта изменяется в пределах $0^m,7$.

Если оставить в стороне очень редко происходящие изменения блеска галактик, вызываемые вспышками

сверхновых звезд, то звездоподобные объекты — это первые внегалактические системы переменного блеска.

Особенно примечательно изменение блеска у квазара 3С 446. Табл. 23 показывает результаты измерения его видимой звездной величины в четыре разных момента времени.

Между октябрем 1964 г. и июнем 1966 г. видимая величина 3С 446 уменьшилась на $3^m,22$. Это означает,

Т а б л и ц а 23. Измерение блеска
у квазара 3С 446

Дата	
3 октября 1964 г.	18,42
5 октября 1964 г.	18,36
24 июня 1966 г.	15,14
12 июля 1966 г.	15,28

что светимость за это время возросла в 19 раз. Красное смещение этого квазара $\Delta\lambda/\lambda = 1,404$. Поэтому можно подсчитать, что 5 октября 1964 г. он излучал как 45 наших Галактик, а в июне 1966 г. как 900 Галактик. Изменился за это время и цвет квазара. Он стал заметно желтее. Самое естественное предположить, что где-то в промежутке между октябрем 1964 г. и июнем 1966 г. в 3С 446 произошел взрыв. Если наблюдателю повезло и 24 июня 1966 г. квазар наблюдался в момент наибольшего блеска, то энергия взрыва, израсходованная только на излучение, может быть оценена в $10^{50} - 10^{51}$ Дж. Следовательно, энергия взрыва в квазаре 3С 446 в 10 — 100 раз превосходит энергию взрыва в ядре NGC 3034 и в $10^7 - 10^8$ раз энергию вспышки сверхновой звезды. Если же, что всего вероятнее, момент наибольшего блеска был пропущен и в максимуме блеска светимость 3С 446 была еще значительно большей, то масштабы происшедшего взрыва мы даже недооценили.

Но самое поразительное открытие состоит в том, что подавляющая часть чрезвычайно мощного излучения квазаров исходит из весьма малой по размерам их центральной области. При помощи радиоинтерферометрических наблюдений с расстояниями между приемными антеннами в тысячи (до 10 тысяч) километров, удалось

измерить угловые размеры основных радиоизлучающих областей нескольких квазаров. Они оказались крайне малыми и составляют сотые, тысячные или даже десяти-тысячные доли секунды дуги. Так, компактная область в квазаре 3С 273а имеет угловые размеры $0'',10 \times 0'',04$, что соответствует линейным размерам 180×74 пс, у 3С 273б — $0'',027 \times 0'',01$, или 50×20 пс, у 3С 345б — $0'',005 \times 0'',005$, или 20×20 пс. Удивительно, конечно, что столь малые объемы могут генерировать такое сверхмощное излучение.

Более того, переменность оптического блеска у некоторых квазаров обнаруживает признаки периодичности. Величина периода при этом порядка одного или нескольких лет. Но из этого с необходимостью следует, что размеры области квазара, вносящей основной вклад в его оптическую светимость, не должны превышать соответствующего числа световых лет, т. е. должны быть порядка одного парсека или меньше. Взаимодействие, согласование между отдельными частями любого тела не может происходить со скоростями, превышающими скорость света. Поэтому светящаяся область переменного блеска с периодом в t лет не может иметь размеры, превышающие t световых лет.

Какие же катаклизмические процессы должны происходить в центральном, имеющем диаметр менее одного парсека, ядре квазара, если исходящее из него излучение в сотни раз превосходит суммарное излучение всех ста миллиардов звезд нашей сверхгигантской Галактики?

Ответ на этот вопрос еще не дан.

Очень большие оценки светимостей квазаров в предположении, что красные смещения их спектров определяются законом Хаббла, и вытекающие отсюда очень высокие оценки энергий взрывных процессов, ведущих к наблюдаемым изменениям блеска, вызывают у многих исследователей сомнения в правильности самого предположения. Может быть, красное смещение спектров действительно обусловлено эффектом Доплера, квазары удаляются от нас с огромными скоростями, но эти скорости не есть следствие их величайшей отдаленности и расширения пространства, а вызваны другими причинами?

Выдвинута еще одна гипотеза. Квазары — это крупные куски материи, выброшенные из ядра Галактики во время происшедшего в нем в прошлом взрыва. Эти куски

материи, образованные бурным взрывным процессом, сохранили в какой-то мере его особенности, поэтому в их спектрах преобладают эмиссионные линии ионизованных элементов, происходят дополнительные взрывные процессы, генерируется сильное радиоизлучение.

За время, прошедшее с момента взрыва, квазары успели выйти — вылететь за пределы Галактики, стать внегалактическими объектами и даже значительно удалиться на расстояния порядка одного или десятки мегапарсек. Поэтому теперь все квазары удаляются от нас (в первое время после выброса из ядра Галактики некоторые из них должны были приближаться к нам) и, как показывают наблюдения, их собственные движения стали настолько малыми, что не могут быть измерены. Если расстояния квазаров составляют лишь несколько мегапарсек, а не тысячи мегапарсек, как это получалось бы, если они удаляются согласно закону Хаббла, то оценки светимостей при тех же видимых величинах будут в тысячи, десятки тысяч раз меньше и соответственно уменьшатся оценки энергий происходящих в них процессов.

Добавим, что взрыв, породивший квазары, не обязательно должен был произойти в ядре нашей Галактики. Он мог произойти и в ядре какой-нибудь из соседних галактик. Нужно лишь, чтобы прошедшее после взрыва время было достаточно большим, чтобы теперь все квазары удалялись от нас и имели ничтожно малые собственные движения, т. е. чтобы их удаление происходило почти строго в направлении от нас. Легко понять, что так будет, если пройдет достаточно много времени.

Гипотеза взрыва встречает свои возражения. В классическом примере взрыва ядра галактики NGC 3034 наблюдения указывают на скорость истечения газов около 1000 км/с. Теперь же нужно допустить, что взрыв порождал скорости совершенно иного порядка: 100 — 200 тыс. км/с и более. Такие скорости, близкие к скорости света, должны вызываться иным механизмом взрыва, чем скорости около 1000 км/с. Кроме того, как показывает расчет, требование, чтобы с момента выброса квазаров прошло достаточно много времени и их собственные движения стали ничтожно малыми, несмотря на большие пространственные скорости, противоречит возможности сохранения квазарами свойств, связанных с взрывными процессами.

Некоторые наблюдательные данные еще более усложнили задачу выяснения природы квазаров. У первых исследованных объектов этого рода в спектрах наблюдались лишь эмиссионные линии. Но у некоторых квазаров, открытых в 1966 г. и позднее, в спектрах наряду с эмиссионными линиями обнаруживались и линии поглощения. В отдельных случаях число линий поглощения в спектре квазара даже превосходило число эмиссионных линий. Например, в спектре PKS 0237—23 имеется 20 линий поглощения, а в спектре 3C 191—22.

Отождествление линий поглощения вызывало некоторые затруднения. Их не удавалось отождествить, если лучевая скорость квазара принималась равной лучевой скорости, определяемой по эмиссионным линиям. Но отождествление выполнялось с уверенностью, если принимать лучевую скорость несколько иной, как правило, несколько меньшей. Иначе говоря, лучевая скорость квазара, определенная по линиям поглощения, отличается от лучевой скорости, определяемой по эмиссионным линиям. В табл. 24 дается сравнение красных смещений и соответствующих им лучевых скоростей квазаров, определенных по эмиссионным линиям и линиям поглощения.

Т а б л и ц а 24. Красные смещения в спектрах квазаров, определенные по эмиссионным линиям и линиям поглощения

Квазар	По эмиссионным линиям		По линиям поглощения	
	$\Delta\lambda/\lambda$	v , км/с	$\Delta\lambda/\lambda$	v , км/с
3C 191	1,953	238 300	1,947	238 300
PKS 0237—23	2,223	247 300	1,955	238 400
PKS 1116 +12	2,118	244 000	1,947	238 100
PHL 938	1,956	238 500	1,95	238 000
PKS 0119—04	1,955	238 400	1,966	238 700
Топ 1530	2,051	241 700	1,94	237 000

Различие лучевых скоростей, определенных по эмиссионным линиям и линиям поглощения, как видно из таблицы, значительно: у трех квазаров оно выражается значениями в тысячи километров в секунду, достигая у PKS 0237—23 9000 км/с. При этом почти во всех случаях скорость, определенная по эмиссионным линиям, больше, чем скорость, определенная по линиям поглощения. Чем это можно объяснить?

Линии поглощения образуются в более холодной материи, лежащей между излучающей поверхностью и наблюдателем. Значит, либо нужно считать, что эта материя выброшена самими квазарами со скоростями в тысячи километров в секунду, либо, что она находится в скоплениях галактик, сквозь которые квазары наблюдаются. В гипотезе взрыва нужно предположить, что наряду с квазарами из ядра Галактики (или одной из соседних галактик) были выброшены и облака диффузной материи, тоже быстро удаляющиеся и заслоняющие квазары.

Все эти предположения трудно пока как-то подтвердить другими наблюдательными фактами, поэтому они остаются неубедительными. Помимо всего, они не объясняют бросающегося в глаза сходства между лучевыми скоростями, определенными по линиям поглощения у различных квазаров, тогда как лучевые скорости, определенные по эмиссионным линиям, заметно различаются между собой.

Особенно трудно объяснить линии поглощения в рамках гипотезы внутригалактического расположения квазаров.

В 1967 г. с сенсационной работой выступил Арп. Он исследовал расположение на небе пекулярных галактик, т. е. галактик, имеющих необычайные внешние особенности, и дискретных источников радиоизлучения, не являющихся радиогалактиками. Арп пришел к выводу, что необыкновенно часто встречается случай, когда пекулярная галактика находится почти точно между двумя дискретными источниками радиоизлучения. Если удастся статистически убедительно доказать, что такое взаимное расположение объектов нельзя объяснить случайностью, то тогда нужно согласиться с Арпом о неизбежности вывода, что дискретные источники радиоизлучения (следовательно, и квазары) связаны с пекулярными галактиками, что они произошли из этой галактики, а следовательно, красные смещения спектров квазаров не должны объясняться эффектом Доплера и нужно искать иное объяснение (ведь у пекулярных галактик нет больших красных смещений спектров). Первые попытки проверить исследование Арпа пока не подтвердили его результатов.

В отношении квазаров положение в наши дни такое же неясное, каким оно было в отношении спиральных

туманностей 60 лет назад, когда шел спор о том, внутри галактические ли это небольшие туманности или же лежащие за пределами Галактики сравнимые с ней звездные системы.

Звездоподобные галактики

Открытие звездоподобных источников радиоизлучения, отождествляемых с оптическими объектами малых угловых размеров и имеющих избыточное ультрафиолетовое излучение и сильное красное смещение в спектрах, вызвало законный вопрос — не существуют ли во Вселенной аналогичные объекты без сильного радиоизлучения. Ведь, например, наряду с радиогалактиками имеются гораздо более многочисленные нормальные галактики, во всех отношениях очень схожие с радиогалактиками и отличающиеся только одним — очень слабым потоком радиоизлучения.

Разрешил этот вопрос Сендидж. Исследуя очень слабые бело-голубые звезды в высоких галактических широтах, т. е. в направлениях, где поглощение света, ослабляющее фиолетовую и ультрафиолетовую области спектра далеких объектов, мало, Сендидж выяснил, что многие из них, как и квазары, обнаруживают избыток излучения в ультрафиолетовой части спектра. Это вызвало подозрение, не ошибались ли и в этом случае наблюдатели, считая звездами то, что только похоже на звезды. В области расположения изученных Сендиджем звездочек источников радиоизлучения нет, поэтому предположить, что это квазары, нельзя, но, может быть, это все-таки и не звезды?

Отобрав шесть «подозрительных» объектов, Сендидж и Шмидт при помощи 5-метрового телескопа получили их спектры. В одном случае подозрения оказались напрасными — перед ними был спектр звезды. Еще в двух случаях спектры оказались непрерывными, без линий, и потому измерить лучевую скорость объектов не удалось. В трех же случаях подозрения оправдались. В спектрах этих объектов, как и в спектрах квазаров, имелись размытые эмиссионные линии, отождествление которых показало, что один объект имеет смещение спектра $\Delta\lambda/\lambda$, равное 1,241, второй 0,0877 и третий 0,1307. Это свидетельствует о больших лучевых скоростях, о том, что это не звезды, а внегалактические объекты.