**Введение**

В 1963 г. американский астроном голландского происхождения М.Шмидт сделал одно из величайших открытий в астрономии ХХ в. Это открытие, однако имеет свою предысторию. Около 1960 г. небольшое количество радиоисточников было очень надежно отождествлено со звездами, что было полной неожиданностью. Ведь до сих пор космические радиоисточники отождествлялись либо с галактиками, либо с туманностями (например, образовавшимися при вспышках сверхновых звезд). Ожидаемые потоки радиоизлучении даже от самых близких звезд должны быть крайне незначительны. А между тем отождествленные со звездами радиоисточники были довольно интенсивны. Вполне естественно, что астрономы-оптики сразу же заинтересовались этими звездами. М. Шмидт получил и исследовал спектр такой довольно яркой звезды 13-й величины, отождествленной с интенсивным радиоисточником 3С 273. Этот спектр содержал линии излучения, которые поначалу ни с какими лабораторными линиями отождествить не удавалось. Велико же было изумление астрономов, когда Шмидт с полной достоверностью отождествил эти линии с основными линиями водорода серии Бальмера, длины волн которых смещены в красную сторону на неслыханную в те времена величину, соответствующую скорости удаления источника 42000 км/с! Такая скорость удаления с большой вероятностью означает, что объект 3С 273 находится в Метагалактике, а наблюдаемое красное смещение спектральных линий обусловлено расширением Вселенной. Применяя закон Хаббла (см. выше), получим расстояние до этого источника около 600 мегапарсек или около двух миллиардов световых лет. С такими расстояниями астрономы еще тогда не встречались. Тем более удивительно, что несмотря на громадность расстояния, объект 3С 273 довольно ярок. Отсюда следует, что светимость 3С 273 приблизительно в сто раз превышает светимость нашей Галактики, считающейся гигантской звездной системой. С объектами такой высокой светимости астрономы тогда еще не встречались. Следует заметить, что удивительные свойства объекта 3С 273 были открыты только благодаря тому, что он оказался радиоисточником. На небе имеется много тысяч звездочек 13-й величины, и среди них объект 3С 273, многократно попадавший в поле зрения оптических телескопов и долгие годы решительно ничем не привлекавший к себе внимания. Это был далеко не последний случай, когда радиоастрономия играла роль "гида", обращающего внимание на необычность того или иного оптического космического объекта.

Сразу же после выяснения метагалактической природы 3С 273 автор этой статьи пришел к парадоксальному выводу, что блеск 3С 273 может меняться со временем. Советские астрономы А.С.Шаров и Ю.Н.Ефремов тщательно исследовали старые фотографии неба, на которые случайно попадал этот объект. Эти фотографии хранились в "стеклянной библиотеке" Государственного Астрономического института им. Штернберга. Результаты превзошли самые смелые ожидания: 3С 273 менял свой блеск за несколько лет почти на целую звездную величину, т.е. примерно в 2.5 раза! Вскоре это открытие советских ученых было подтверждено на более богатом наблюдательном материале в США.

Открытие переменности 3С 273 действительно было парадоксальным. До этого времени переменность астрономы обнаруживали и изучали у звезд разных типов. Но ведь, казалось, 3С 373 - это галактика, состоящая из триллионов звезд, каждая из которых, конечно, должна излучать независимо. Так что о переменности "сглаженного" и усредненного по времени излучения такого огромного количества звезд не могло быть и речи! И все же переменность, и притом значительная, была налицо! Из того простого факта, что характерное время изменения потока (а, следовательно, светимости) было около 1 года, с очевидностью следовало, что линейные размеры излучающей области не превышают 1 световой год - величина, ничтожно малая для галактик. Отсюда следовал вывод, что излучают не звезды, а что-то другое. В отношении этого "другого" можно было только сказать, что это объект, в известной степени близкий по своей природе ядрам сейфертовских галактик, но только в тысячи раз мощнее и активнее. Кстати, заметим, что исторически переменность блеска ядер сейфертовских галактик была открыта позднее, а само исследование этих галактик в значительной степени стимулировалось исследованием объектов, родственных по своей природе 3С 273 и получивших название "квазаров" ("квази-звездные" объекты).

**Что такое квазары?**

**Их происхождение, строение и свойства**

Квазары представляют собой совершенно новый тип космических объектов наряду со звездами, галактиками и туманностями. Поэтому открытие квазаров в астрономии было вполне аналогично открытию нового типа животных в зоологии. Сразу же после выяснения "квазарной" природы 3С 273 в астрономии начался "квазарный бум". За несколько лет границы наблюдаемой Вселенной раздвинулись в огромной степени. Оказалось, что 3С 273 - один ив самых близких к нам квазаров. Очень скоро были обнаружены такие объекты, у которых из-за красного смещения линии в довольно далекой ультрафиолетовой части спектра "съехали" в видимую область. Следует заметить, что и в спектре 3С 273 наблюдались ультрафиолетовые линии ионизованного магния с "лабораторной" длиной волны 0,28 микрона, которые при отсутствии красного смещения поглощались бы слоем озона в земной атмосфере. Но это - "почти видимые" линии. А вот когда астрономы сперва в синей, а потом и в желтой части наблюдаемого спектра нашли "королеву астрофизики" - резонансную линию водорода "лайман альфа", лабораторная длина волны которой О,12 микрон, - можно было только глубоко вздохнуть! Ведь это означало, что в результате красного смещения длина волны излучения увеличилась... больше, чем в четыре раза! В ту эпоху, когда квазаром были излучены кванты, которые сейчас улавливаются земными телескопами, размеры Вселенной были в 4 - 4,5 раза меньше, чем сейчас, а ее возраст, приблизительно, в 10 раз меньше нынешних 15 - 20 миллиардов лет. Тогда заведомо не было еще Солнца и Солнечной системы. Вполне возможно, что не было даже нашей Галактики, а если она и была, то она сильнейшим образом отличалась от той, которую астрономы наблюдают сейчас. Когда представишь себе, что слабое пятнышко образовано на фотографической пластинке квантами, до этого путешествовавшими по Вселенной 10 - 15 миллиардов лет, пропадает желание заниматься астрономией, так что лучше об этом не думать.

Нужно заметить, что вскоре после открытия квазаров были обнаружены такой же природы оптические объекты без признаков радиоизлучения. Они получили название "радиоспокойные" квазары. Оказалось, что таких квазаров во много десятков раз больше, чем радиоизлучающих.

Особый интерес представляют линии поглощения, обнаруженные в спектрах самых удаленных квазаров, обычно таких, у которых линия "лайман- альфа" из-за красного смещения "переползает" в видимую область. Очень часто величина красного смещения, определяемая по линиям поглощения, значительно меньше, чем по линиям излучения. Кроме того, в ряде случаев наблюдается в спектре одного квазара несколько систем линий поглощения, отличающихся красным смещением. Скорее всего эти линии образуются "по пути", при прохождении света через наружные газовые слои более близких к нам галактик. Однако окончательно решенным этот вопрос пока считать нельзя.

Радиоструктура квазаров во многом напоминает радиогалактики, так что обычно по одной лишь этой структуре отличить квазары невозможно. Так же, как и у радиогалактик, очень часто наблюдаются двойные радиоисточники, между которыми находится компактный, иногда переменный, радиоисточник, совпадающий по своим координатам со звездообразным оптическим объектом - квазаром. В очень редких случаях у самых близких квазаров около звездообразного объекта наблюдаются очень слабые протяженные образования. От квазара 3С 273 исходит слабая струя - выброс протяженностью около 20". На таком огромном расстоянии этим угловым размерам соответствует линейная протяженность около 100 тысяч световых лет. Эта струя, помимо оптического излучения, излучает также радиоволны, так что квазар 3С 273 можно рассматривать как двойной радиоисточник. Следует заметить, что аналогичные выбросы наблюдаются также и у некоторых радиогалактик. Особенно интересен выброс у одной из ближайших к нам радиогалактик, о котором речь будет идти дальше.

Важным вопросом является принадлежность квазаров к скоплениям галактик. Долгое время нельзя было решить вопрос в положительном смысле. Это и понятно, ведь квазары излучают в сотни раз интенсивнее "нормальных" галактик, поэтому последние, находящиеся в том же скоплении, будут слишком слабы, чтобы изучаться спектроскопически. Ведь критерием принадлежности к одному скоплению является одинаковое красное смещение у галактик и квазаров. Только для немногих, сравнительно близких квазаров, удалось обнаружить скопления галактик, в которых они находятся.

В настоящее время известно и занесено в каталоги свыше тысячи квазаров, что и позволяет выполнить их статистический анализ. Прежде всего, удалось построить "функцию светимости" квазаров, т.е. их распределение по мощности излучения. Из нее следует, что относительное количество квазаров убывает по мере роста мощности их излучения. Важнейшим результатом таких статистических исследований является вывод о том, что на более ранних этапах эволюции Вселенной, когда ее размеры были в 3-5 раз меньше нынешних, квазаров было гораздо больше, чем сейчас. В ту отдаленную эпоху квазаров было почти столько же, сколько и "нормальных" галактик. Нельзя исключить гипотезу, что тогда все галактики были квазарами! Этот важный вывод, однако, нуждается для своего подтверждения в новых наблюдениях.

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что количество квазаров, начиная со значения красного смещения, превосходящего некоторый предел (соответствующий увеличению длины волны в 4,5 - 5 раз), резко падает. Конечно, нельзя исключить чисто инструментальную причину этого явления, однако вполне возможно, что квазары с большими красными смещениями просто отсутствуют. Такое отсутствие естественнее всего объяснить тем, что как раз в эту эпоху развития Вселенной образовывались путем конденсации газа галактики. До этого (т.е. при большом красном смещении) ни галактик, ни квазаров просто не было. Такой вывод, конечно, имел бы очень большое значение для проблемы эволюции Вселенной, так как позволил бы уточнить эпоху формирования галактик, а следовательно, и звезд. Нужны, однако, еще новые высококачественные наблюдения, чтобы его подтвердить.

Выше мы уже говорили о переменности оптического излучения квазаров. Как крайнее проявление такой переменности следует упомянуть о "вспышке" квазара 3С 279. В настоящее время он наблюдается как слегка переменная слабая звездочка 18-й величины. Однако на старых астрономических фотографиях довоенного времени (т.е. задолго до открытия квазаров) этот объект оказался существенно более ярким - почти 13 величины! Это означает, что он был ярче, чем теперь, в сотню раз! Зная по красному смещению расстояние 3С 279, можно найти, что во время "вспышки" его светимость была почти в сотню раз больше, чем у 3С 273 и в десять тысяч раз больше, чем у нашей Галактики! И при этом размеры излучающей области ничтожно малы, меньше светового года. В настоящее время квазар 3С 279 считается самым мощным "маяком" Вселенной. Мы видим, что разброс значений светимостей метагалактических объектов чрезвычайно вели почти такой же, как у звезд!

Большое значение для понимания природы квазаров имеют исследования переменности их радиоизлучения, особенно на сантиметровом диапазоне. При этом было показано, что моменты максимума потока излучения должны меняться закономерным образом с изменением длины волны. Так же должен меняться и сам характер радиоспектра (диаграмма на 15 стр., где приведены результаты наблюдений спектров квазаров в разные моменты времени). На основании теории синхротронного излучения можно по известной частоте, соответствующей максимуму радиоизлучения, и величине максимального потока определить угловые размеры источников радиоизлучения, которые оказываются порядка тысячных долей секунды дуги. Зная (по величине красного смещения) расстояния до квазаров, можно теперь найти линейные размеры связанных с ними компактных радиоистоников. Установлено, что их размеры меньше одного светового года, в согласии с оценками, полученными на основе анализа переменности потока.

До сих пор мы говорили только о радио- и оптическом излучении квазаров и радиогалактик. Между тем, в последнее десятилетие все большее значение приобретает исследование рентгеновского излучения этих метагалактических объектов. Впервые рентгеновское излучение от внегалактического объекта было обнаружено еще в 1971 г. на первом специализированном рентгеновском спутнике "Ухуру", заложившем основы современной рентгеновской астрономии. Этим объектом сказалась одна из ближайших радиогалактик NGC 4486. Другим метагалактическим рентгеновским источником оказалась яркая сейфертовская галактика NGC 4151. Не подлежит сомнению, что излучает активное ядро этой галактики. Вскоре был обнаружен слабый поток рентгеновского излучения и от первого открытого квазара 3С 273, а также от радиогалактики Лебедь-А. Новый этап в изучении внегалактических рентгеновских источников наступил в 1979 г., после запуска космической лаборатории имени Эйнштейна. На этой обсерватории чувствительность приемной рентгеновской аппаратуры была в 1000 раз выше, чем на "Ухуру", при очень хорошей угловой разрешающей способности. В результате оказалось возможным осуществить массовое определение рентгеновского излучения большого количества квазаров, а также сейфертовских галактик. Кроме того, был получен большой наблюдательный материал по рентгеновскому излучению скоплений галактик, представляющий особый интерес.

Всего было исследовано рентгеновское излучение более чем 100 квазаров и большого количества сейфертовских галактик и скоплений. Практически все квазары являются источниками рентгеновского излучения, мощность которого меняется в широких пределах, от сотых долей полного излучения нашей Галактики (  1044 эрг/с) до значений, в тысячу раз превосходящих полную мощность Галактики. Как правило, рентгеновское излучение квазаров переменно; это указывает (как в случае радиоизлучения), что оно возникает в малой области. Наличие мощного рентгеновского излучения квазаров и активных ядер галактик свидетельствует о происходящих там грандиозных процессах, связанных с нагревом газа до температуры порядка сотни миллионов градусов. По-видимому, часть рентгеновского излучения не связана с горячей плазмой, а создается релятивистскими электронами, взаимодействующими с полем излучения большой плотности (явление Комптона). В настоящее время, комбинируя только рентгеновские и оптические наблюдения, удалось открыть ряд новых квазаров. Это наглядно демонстрирует, что "проникающая" способность рентгеновской астрономии может быть даже выше, чем у радиоастрономии.

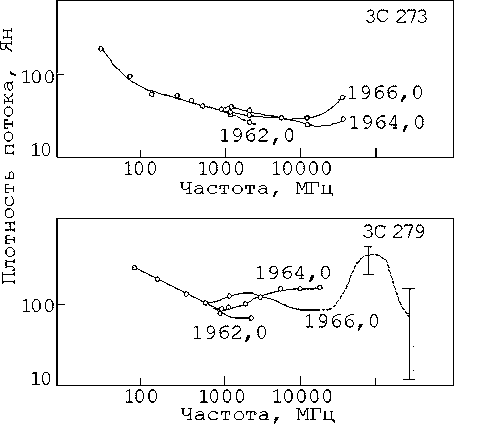
**Нашлись ''пропавшие'' квазары**

Два года назад группа австралийских астроном во главе с Р.Уэбстер (R.Webster; Мельбурнский университет) пришла к весьма неожиданному выводу: среди всех существующих во Вселенной квазаров около 80% остаются неоткрытыми. Как известно, квазар - невероятно мощный точечный источник радиоизлучения; по одной из гипотез, он представляет собой удаленную активную галактику, которая получает энергию в результате аккреции вещества на сверхмассивную черную дыру, находящуюся в центре квазара. Проведя наблюдения нескольких сот квазаров, австралийские ученые обнаружили, что излучение около 80% из них необычайно сильно сдвинуто в красную часть спектра. Астрономы же, работающие с оптическими приборами, ищут квазары, как правило, среди голубых объектов. Если большинство квазаров - красные, значит, основная их масса нам все еще неизвестна. Однако в марте 1996 г. английские астрономы С.Серджент (S.Serjent; Имперский колледж в Лондоне) и С.Ролингс (S.Rawlings; Оксфордский университет) "успокоили " своих коллег, показав, что квазары, наблюдавшиеся австралийскими учеными, "нетипичны ". Уэбстер и ее сотрудники полагали, что "покраснение " изучаемых объектов вызвано космической пылью, присутствующей в любой околоквазарной области. Однако английские астрономы указывают, что квазары, наблюдавшиеся австралийцами, обладают плоским, "сплющенным " радиоспектром. Другими словами, спектральная яркость их излучения в радиодиапазоне с повышением частоты понижается очень медленно. А это считается важным признаком таких объектов. Квазары, изучавшиеся группой Уэбстер, сильно излучают на высоких радиочастотах - в красной области оптического спектра. В таком случае наблюдаемое красное излучение вызывается не космической пылью, а имеет ту же синхротронную природу, что и радиоизлучение квазаров: заряженные электроны излучают, двигаясь с релятивистской скоростью по спирали вдоль магнитно-силовых линий. Но при этом возбуждается лишь плоский спектр красного излучения, что характерно лишь для небольшой группы квазаров. Таким образом, число "упущенных " астрономами квазаров никак не может быть значительным.

**Заключение**

Наконец, в последнее время получены первые данные о гамма-излучении некоторых внегалактических объектов (например, 3С 273, NGC 5128, NGC 4151). Исследования в этой важной области только начинаются.

# Диаграмма



**Список использованной литературы:**

***1.*** *И.Шкловский ''Земля и Вселенная''. - 1982. - N 4. - С.190 - 195.*

***2.*** *Nature. 1996. V.379. 6563. P.304 (Великобритания).*