

doi:10.32620/oikit.2018.82.08

УДК 113/119

А.Н. Нарожный

Квazarы и тёмная материя

Рассматриваются две проблемы, связанные с квазарами. Первая – это энергетика квазаров, которая считается одной из наиболее серьёзных проблем активных ядер галактик. Вторая – красные смещения в спектрах излучения. Для обеспечения «работы» квазара помимо энергии, поступающей от аккреционного диска, необходимы дополнительные её источники. Один такой источник приводится, и он связан с большим количеством тёмной материи в галактиках. Однако энергия, выделяемая при разрушении частиц тёмного компонента, – это энергия микроволнового диапазона, и она лишь частично решает энергетическую проблему квазара. Поэтому появляется необходимость ещё одного и более мощного источника энергии, а также связанного с ним механизма, способного преобразовывать излучение микроволнового диапазона в высокоэнергетическое излучение. На важность такого источника указывает и вторая энергетическая особенность квазаров. Она связана с наличием у некоторых из них очень высоких скоростей движения материи в джетах. При этом скорость потока материи в джете может превышать скорость света в вакууме в несколько раз. Такой источник энергии указывается, но не анализируется. Кроме этого, для квазаров с джетами характерным является наличие больших и крайне противоречивых красных смещений в их спектрах. Это относится как к эмиссионным спектрам, так и к спектрам поглощения. С позиций официально принятой концепции «расширяющейся Вселенной» эти необычные сдвиги излучения не могут быть объяснены. Дается интерпретация красных смещений в спектрах излучения квазаров на основе взаимодействия излучения и тёмной материи («потеря энергии излучением»). Данный подход к интерпретации красного смещения в спектрах квазаров закрывает многие вопросы, но не все. В его рамках не удастся объяснить происхождение «квантованных» красных смещений в спектрах галактик, обнаруженных В. Тиффтом и подтверждённых Х. Арпом. Указываются чрезмерно слабые позиции красного смещения в спектрах квазаров как физического параметра, характеризующего расстояние до источника излучения.

Ключевые слова: квазар, энергия, тёмная материя, красное смещение.

Введение

Квazarы более пятидесяти лет представляют большую загадку, над решением которой занимаются астрофизики. Первый и главный вопрос – где источники такой большой их энергии? И эта проблема до сих пор не имеет полного решения. Даже если преувеличены расстояния до квазаров и не совсем верно учтено распределение их излучения по сфере, всё равно выделяемые ими энергии оказываются огромными.

Если не принимать во внимание процессы аннигиляции, в которых массы частицы и античастицы полностью переходят в излучение, до обнаружения квазаров термоядерные реакции считались наиболее эффективными по выделению энергии на единицу задействованной в них массы. В этих реакциях синтеза тяжёлых ядер химических элементов из более лёгких коэффициент преобразования массы в энергию может приближаться к 0.7%, что примерно соответствует отношению (в процентах) энергии связи нуклонов в ядре основного изотопа железа к сумме энергий всех его частиц, рассматриваемых свободными от взаимодействия между собой. Но в квазарах этот коэффициент может достигать 10 и более процентов [1].

К остро стоящей проблеме высокой энергетической эффективности квазаров следует добавить ещё две, на которые указывают наблюдательные результаты. Первая из них – это очень большие скорости движения вещества в некоторых джетах, достигающие скорости света и даже превышающие её в несколько раз [2,3]. Объяснение этих результатов на основе специальной теории относительности не закрывает все вопросы, связанные с обнаруженным сверхсветовым движением [4].

И вторая – особенности, наблюдаемые в спектрах излучения квазаров, официальная интерпретация которых на основе эффекта Доплера иногда противоречит здравому смыслу (например, отдельные части квазара могут удаляться от наблюдателя с разными скоростями).

Ниже рассматривается подход, используя который можно добиться частичного решения указанных выше проблем. Основа подхода представлена в [5], где она появляется как результат выделения и анализа главных процессов, происходящих в среде барионного сегмента материи и сопровождающего его электромагнитного излучения (ЭИ). Представляемые там процессы рассматриваются как составные части единого жизненного цикла большой галактики – основного элемента наблюдаемой Вселенной. Отправной точкой является понятие тёмной материи и главное её назначение. Показывая происхождение и свойства этого компонента материи, удаётся пояснить некоторые наблюдательные астрофизические результаты, в том числе, и связанные с квазарами.

1. Энергетика квазара

Огромная излучаемая квазаром энергия, а также материя, поступающая в джеты и движущаяся в них с очень высокой скоростью, позволяют предположить, что существенная часть имеющейся у квазара энергии может поступать из каких-то дополнительных источников, которые являются внешними по отношению к барионному веществу аккреционного диска. Например, такая энергия может браться от центрального массивного тела - «чёрной дыры». И тогда, если это не энергия её собственного вращения, которую она теоретически может передавать джету, следует признать открытость этого таинственного объекта, находящегося в галактическом центре и поставляющего часть своей материи и энергии в выбрасываемые джеты.

Однако существует ещё один источник энергии, о котором уже давно говорят исследователи и который может вносить свой вклад в энергетическую эффективность квазаров. Этот источник - тёмная материя Вселенной.

В основе такого утверждения, с одной стороны, лежат результаты анализа происходящих в галактиках процессов, представленные в [5], а также энергетические и спектральные особенности в наблюдаемом излучении квазаров, большая часть которых может быть объяснена с позиции участия тёмной материи во взаимодействии с излучением. А с другой стороны - это наличие большого количества тёмной материи во Вселенной, её свойства, а также высказанная ранее гипотеза о главном назначении тёмной субстанции - возвращение энергии барионному компоненту материи, которую он затратил на производство ЭИ [5].

Для обоснования утверждения о существенном вкладе тёмной материи в излучение квазаров рассматриваются квазары, имеющие релятивистские струи – джеты. Причина такого выбора связана с тем, что эти квазары являются

наиболее яркими представителями активных ядер галактик, и для них имеется наибольшее количество трудно интерпретируемых наблюдательных данных, которые иногда даже противоречивы.

Прежде всего, следует начать с главного факта, относящегося к квазарам с джетами, – это наличие у них мощного ЭИ, исходящего от аккреционных дисков и джетов. У джета излучение начинается у его основания и заканчивается в области полного разрушения струи на больших расстояниях от «чёрной дыры». При этом, как правило, по мере продвижения вдоль струи от её начала в область полного её завершения доминирующая частота излучения от высокочастотного диапазона у основания джета уменьшается до радиодиапазона в его окончании, где это низкочастотное излучение является достаточно мощным и иногда исходит от обширных «радиолопастей». Однако у этих квазаров радиоизлучение разной интенсивности часто можно наблюдать на всех участках джетов, начиная от их оснований.

Наличие радиоизлучения разных интенсивностей – это первая особенность многих квазаров, которая в сочетании с излучением в других диапазонах, а также с предполагаемой структурой тёмного вещества и позволяет высказать гипотезу, что существенная доля энергетических затрат на излучение квазаров обеспечивается тёмной материей.

На первый взгляд, данное утверждение противоречит результатам наблюдений, которые показывают, что менее 10% всех квазаров имеют мощное радиоизлучение, а большинство квазаров являются относительно спокойными в низкочастотном диапазоне. Этот факт определяется режимом «работы» квазара, и он ниже рассматривается.

На данный момент радиоизлучение квазаров принято связывать с тормозным излучением плазмы, включая сюда и тормозное излучение в магнитных полях (синхротронное излучение электронов). Однако это не единственно возможный механизм, порождающий ЭИ, и не всегда этим механизмом можно объяснить наблюдаемые особенности в излучении квазаров.

Например, радиоизлучение Лебедь А является чрезвычайно мощным по сравнению с излучением всех звёзд галактики [6], и его трудно объяснить только синхротронным механизмом, т. к. для этого требуются сильные магнитные поля, охватывающие огромные объёмы пространства, выходящие за пределы звёздной составляющей галактики. Более того, для радиоизлучения в таких объёмах требуется очень большое количество свободных электронов.

Но в галактиках происходят иные процессы, также порождающие микроволновое излучение, наблюдаемое в земных условиях в разных участках радиодиапазона. Например, таким процессом является процесс разрушения частиц тёмной материи в столкновениях с частицами барионного вещества [5]. Частицы тёмного компонента в результате таких столкновений распадаются на пары микроволновых квантов. Поэтому наличие большого количества тёмного вещества во Вселенной, которого по оценкам примерно в 5 раз больше, чем обычной материи, а также наличие галактик с высокой концентрацией тёмной материи – до 90 процентов и даже больше [7], – придают дополнительный вес предположению о существенной роли тёмной материи в энергетике квазаров.

В [5] представлено возможное решение проблемы тёмной материи. Это решение следует из рассмотрения «судьбы» звёздного ЭИ и наблюдаемой большой и переменной плотности космического микроволнового излучения,

которое превосходит суммарное излучение всех известных галактических источников в несколько раз [8,9]. Также в [5] приводятся некоторые примеры, указывающие на участие тёмной материи в ряде естественных процессов, что находит своё отражение в результатах космических наблюдений и в результатах некоторых лабораторных испытаний.

Однако наибольшее проявление тёмной материи связано с её гравитационным взаимодействием с барионной материей, которое приводит к неравномерному распределению тёмного компонента в пределах видимой части Вселенной. Особенно значительная часть тёмной материи находится в центрах большой концентрации видимого вещества, т. е. в скоплениях галактик, в галактиках и их центральных областях, где, согласно существующим представлениям, расположены сверхмассивные центральные объекты - «чёрные дыры».

По пространству галактики тёмная материя распределяется неравномерно и её плотность может меняться со временем за счёт её галактических течений. Поэтому концентрация тёмной материи вблизи ядра квазара – «чёрной дыры» и аккреционного диска, - а также в окрестностях распространяющегося джета не будет представлять собой постоянную во времени и монотонно меняющуюся функцию расстояния от центра квазара. Однако будет сохраняться общая тенденция увеличения её концентрации к ядру галактики.

По этой причине в галактиках с активными центрами, помимо наличия в их ядрах центрального массивного объекта, звёздной составляющей, молекулярных облаков и галактической пыли, существенное значение имеет концентрация в них тёмной материи. Все указанные компоненты в совокупности определяют тип ядра галактики и соответствующую его энергетику.

Тёмная материя, в случае большой её доли в объёме, окружающем аккреционный диск с центральным телом, и в объёмах галактики, через которые распространяются джеты, будет вносить свой вклад в энергию, выделяемую квазаром. При этом барионная материя является инициатором разрушения частиц тёмного вещества, в результате которого выделяется электромагнитная энергия микроволнового диапазона. Это будет квазар, в котором, совместно с другими диапазонами излучения, будет присутствовать большая доля радиоизлучения.

В случае же малой концентрации тёмной материи в ядре активной галактики, что вполне реально после многолетнего её расходования квазаром из ближайших к нему областей и медленным её перемещением к ядру галактики из более дальних регионов, радиоизлучение может быть практически незаметным. При этом плотность основного фона появляющихся низкочастотных фотонов будет небольшой, и они барионным компонентом будут трансформированы в более высокочастотную область за счёт обратного эффекта Комптона.

Основное излучение квазара, исходящее от джета и его окружения – радиодиапазон, инфракрасный, видимый и т.д., - во многом будет определяться локальными (вдоль джета) значениями кинетической энергии барионного компонента джета и плотностью тёмной материи. Поэтому при наличии большой доли тёмной материи в квазаре часть появляющегося низкочастотного излучения будет оставаться в виде микроволнового излучения, которое в земных условиях фиксируется с увеличенными длинами волн.

Помимо этого, распространяющийся джет будет взаимодействовать со своим галактическим окружением, где также присутствует тёмная материя, и это взаимодействие может приводить к радиоизлучению.

Следует отметить, что микроволновое излучение может быть большим в окончании джета, где кинетическая энергия частиц плазмы и пыли имеет относительно низкие уровни из-за энергетических потерь при движении против гравитационного поля ядра галактики и расхода энергии струи на излучение. Поэтому пыль и плазма будут в состоянии только разрушать частицы тёмного компонента, создавая фон низкочастотного излучения. Этим обстоятельством объясняется большая доля радиоизлучения в окончаниях джетов в виде расширяющихся радиолопастей.

Сохранившаяся часть тёмной материи в окончании джета будет двигаться в струе вместе с барионным компонентом. При этом в джете могут происходить процессы объединения микроволновых фотонов, дающие те же частицы тёмной материи [5]. Иными словами, в среде низкоскоростной части джета возможна частичная регенерация тёмной субстанции.

Поэтому при наличии очень мощных джетов из активного галактического ядра и выхода больших потоков барионной и тёмной материй далеко за пределы родительской галактики эта материя может служить основой для формирования новых звёздных островов. Со временем в этих звёздных группах могут появиться свои активные ядра со своими распределениями тёмной материи и соответствующими красными смещениями в спектрах излучения.

Согласно принятой гипотезе о преобладающем вкладе диссипативных процессов в красное смещение [5], большой выброс джетами сохранившейся тёмной материи может дать значительные красные смещения в спектрах новых галактик. На момент их формирования эти смещения могут превосходить даже красные смещения в спектрах родительских галактик.

Приведенное замечание также подтверждает правоту Хэлтона Арпа в его рассуждениях о происхождении галактик, связанных мостами видимой материи с родительскими галактиками, а также в отношении отмеченной им разности в красных смещениях у новых галактик и родительской галактики, которым он приписывает более сложное происхождение, чем чисто доплеровский сдвиг [10,11].

Исходя из выше представленного, в случае наличия относительно высокой концентрации тёмной материи вблизи ядра квазара, её вклад в его энергетику будет значительным. Этим частично можно объяснить кажущееся чрезмерно эффективное преобразование массы барионного компонента диска аккреции в излучаемую энергию. На самом деле, большая часть выделяемой энергии в низкочастотном диапазоне даётся тёмной материей. Однако для наблюдаемой высокой энергетической эффективности квазаров этой дополнительной энергии не достаточно.

2. Особенности в излучении квазаров

Кроме отмеченной энергетической эффективности у квазаров имеется ряд особенностей в спектрах излучения, к которым тёмная материя может иметь непосредственное отношение. И здесь на передний план выходит основное назначение тёмной субстанции, представленное в [5]. Там указывается, что одна из основных функций тёмного вещества Вселенной – это возвращение энергии барионному компоненту материи, которую он затратил на

электромагнитное излучение. Эта функция реализуется через механизм отбора энергии у квантов электромагнитного излучения при их движении просторами Вселенной, что и приводит к последовательному смещению спектров излучения в сторону длинных волн.

Указанные свойства тёмной материи позволяют объяснить ряд наблюдательных результатов астрофизики, связанных с рассматриваемыми квазарами, интерпретация которых на основе официально принятого подхода не находит должного объяснения.

Прежде всего, следует отметить, что механизму диссипативных потерь уже более 80 лет, и он многократно анализировался и отвергался некоторыми исследователями по ряду причин. Но главная причина заключается в том, что он должен приводить к размытости изображений галактических объектов.

На это замечание можно ответить следующим образом. Излучение квазара, распространяясь в галактическом пространстве, расходует свою энергию через взаимодействие с тёмной материей. Учитывая чрезвычайно малые массы частиц тёмной материи (в энергетических единицах порядка 0.001 эВ, что на восемь порядков меньше массы электрона), а также симметричное относительно вектора импульса фотона возмущения её среды движущимся квантом, это очень слабое взаимодействие может и не приводить к рассеянию излучения. Поэтому нет размазанности изображений космических объектов, по крайней мере, в оптическом диапазоне.

Величина энергетических потерь электромагнитного кванта зависит от его энергии, параметра, характеризующего интенсивность взаимодействия кванта с тёмной материей, плотности среды последней и проходимого в ней расстояния. Предполагая самую простую зависимость дифференциала энергетических потерь кванта от его энергии E , плотности среды тёмной материи $\rho(x)$, константы пропорциональности α и дифференциала расстояния по линии движения кванта dx , можно представить длину волны излучения, фиксируемую земным наблюдателем, следующим образом:

$$\lambda = \lambda_0 \exp\left(\alpha \int_L \rho(x) dx\right), \quad (1)$$

где λ - фиксируемая длина волны,

λ_0 - излучаемая длина волны,

L – линия, по которой движется квант от точки испускания до точки наблюдения.

Распределение тёмной материи в галактике осуществляется галактическими гравитационными полями и их изменчивостью во времени. Кроме этого, на плотность тёмной материи оказывают влияние активные галактические процессы, осуществляющие разрушение части тёмного компонента на кванты, которые далее могут использоваться при электромагнитных взаимодействиях в качестве «затравочных». При этом возможен вариант, что распространяющиеся микроволновые фотоны будут объединяться со встречными такими же фотонами, образуя новые частицы тёмной материи. Поэтому для функции плотности тёмного компонента $\rho(x)$ будет вполне естественной её зависимость от положения точки на линии

наблюдения и от событий, происходящих в этой точке в момент прохождения её излучением.

Следовательно, можно представить фиксируемую наблюдателем длину волны фотона λ как сумму по участкам проходимой дистанции, для которых вводятся средние значения плотности тёмной материи в моменты прохождения их излучением:

$$\lambda = \lambda_0 \exp\left(\alpha \sum_{k=1}^n \rho_k \Delta x_k\right), \quad (2)$$

где k - номер отрезка на линии наблюдения, в пределах которого плотность тёмной материи можно считать постоянной и равной значению ρ_k ,

Δx_k - длина участка линии движения кванта с плотностью тёмной материи ρ_k ,

n - полное число участков на линии движения излучения от точки его испускания до точки наблюдения.

Из соотношения (2) хорошо видно, что красное смещение z , связанное с диссипативными потерями и определяемое отношением разности длин волн и длины испускаемой волны ($z = (\lambda - \lambda_0) / \lambda_0$), будет зависеть от набора слагаемых в аргументе экспоненциальной функции. При этом для каждого отрезка не известна ни его длина, ни средняя плотность тёмного компонента.

Из выше приведенного следует, что суммарное красное смещение будет определяться цепью событий, происходящих в объёмах пространства в моменты прохождения их излучением, что практически невозможно контролировать, а тем более, оценить. Но, тем не менее, комбинация указанных свойств тёмной материи и приведенные соотношения позволяют на качественном уровне объяснить многие особенности спектров излучения квазаров в рамках гипотезы диссипативных потерь как основной причины красного смещения.

Ниже приводятся некоторые примеры из наблюдательных данных квазаров и их интерпретация на основе механизма взаимодействия излучения и тёмной материи.

1. Смещение спектров излучения и большая их размытость.

У квазаров наблюдаются спектры эмиссионного излучения не только со смещением в длинноволновую область, эти спектры часто имеют очень большую размытость (размазанность) линий. Основная причина такого поведения спектров – особенности в галактическом распределении тёмного компонента материи и газовых облаков.

При большой плотности тёмной материи вблизи ядра галактики эмиссионное излучение окружающего газа будет иметь большее смещение в спектрах по сравнению со спектральным смещением аналогичного излучения, проходящего другие области галактики, где плотность тёмного вещества ниже.

В случае квазара с джетом на это смещение частот эмиссионного излучения, исходящего из газового окружения ядра, будет накладываться отпечаток наличия многих зон, расположенных в объёме, охватывающем всё тело джета, через которые проходит излучение, фиксируемое наблюдателем. В

этих зонах, в общем случае, будут разные плотности тёмной материи. Поэтому по лучам наблюдений расстояния, проходимые квантами в среде тёмной материи, окружающей джет, также будут разные, что и даёт дополнительный большой вклад в размазанность эмиссионных спектров.

К уже имеющемуся смещению в красную сторону следует добавить дополнительное смещение частот при прохождении излучением попутных галактик, филаментов, наполненных тёмной материей, а также его энергетические потери при движении в Млечном Пути. В итоге, наблюдаются большие красные смещения в спектрах квазаров и большая их размытость.

2. Более высокое красное смещение абсорбционных спектров по сравнению с эмиссионными спектрами у некоторых квазаров.

Этот наблюдательный факт считается наиболее трудным в объяснении, если исходить из принятой интерпретации красного смещения как результат доплеровского сдвига частот.

Распределение и динамика газовых облаков в галактике может привести к ситуации, когда одно газовое облако будет расположено относительно близко к ядру квазара, а второе - находиться в окончании джета. Между такими облаками дистанция может достигать десятки и даже тысячи килопарсеков, а плотности тёмной материи по лучам наблюдения этих двух газовых облаков могут сильно отличаться.

Вблизи ядра галактики плотность облаков тёмной материи следует ожидать существенно выше, чем вдали от него. И если первое газовое облако, попавшее в зону ядра, ещё не успело сильно повысить свою температуру, то излучение квазара, содержащее линии поглощения от этого облака, должно к наблюдателю пройти через пространство с большой плотностью тёмной материи.

У второго газового облака, нагретого, например, рассыпающимся джетом и дающим эмиссионные спектры, смещение в этих спектрах может быть меньше, если его излучение движется к наблюдателю через менее плотную среду тёмной материи родительской галактики. Поэтому линии эмиссионных спектров могут иметь меньшее смещение в красную сторону, чем смещения в линиях поглощения.

3. Разные красные смещения в спектрах одного и того же квазара.

Такая ситуация может быть в случае, когда в предыдущем варианте первое газовое облако, находящееся в ближней зоне ядра квазара, значительно повысило температуру и может давать эмиссионные линии. В этом случае одни и те же линии излучения от первого и второго газовых облаков будут иметь совершенно разные красные смещения.

4. Группировка красного смещения квазаров вблизи $z=2.0$.

Для квазаров характерно наличие большой плотности тёмной материи вблизи ядра галактики. Такая же ситуация будет и в неактивных галактиках, так как там, согласно современным представлениям, также находятся чрезвычайно массивные центральные объекты – «чёрные дыры». Но в этих галактиках центральный объект не активен. Поэтому излучение, фиксируемое наблюдателем от обычных галактик, исходит от всего звёздного населения, на фоне которого малая доля больших красных смещений в излучении ближайших к ядру звёзд может быть незаметной.

Кроме этого, размеры активного ядра галактики на фоне размеров самой галактики являются чрезмерно малыми. Следовательно, если излучение

квазара будет проходить через какую-то обычную галактику, то оно будет проходить через всю галактику. К этому следует добавить, что пространство Вселенной достаточно редко заполнено галактиками. Поэтому на пути к наблюдателю вероятность излучению квазара пройти какую-либо промежуточную галактику достаточно низкая, и основные диссипативные потери будут наблюдаться в собственной галактике квазара и в Млечном Пути.

Но если и пройдёт излучение квазара через обычную галактику, то её вклад в энергетические потери будет небольшим по причине низкой – по сравнению с её центральной частью, - плотности тёмной материи в основном объёме галактики. Пройти излучению квазара через ещё один квазар, да ещё через центр и быть наблюдаемым – чрезвычайно редкое явление.

Во-вторых, в активных галактиках концентрации тёмной материи в центральных зонах не будут отличаться на порядки, за исключением, возможно, отдельных галактик, в которых её либо мало, либо очень много [7].

В-третьих, размеры больших галактик разные. Однако эту разницу в их диаметрах также не следует ожидать в несколько порядков, за исключением отдельных их представителей.

Кроме этого, энергетические потери излучения при его движении в межгалактическом пространстве относительно низкие по сравнению с прохождением им плотных областей тёмной материи в галактиках. Но в филаментах, или стенках войдов, которые содержат барионное вещество и тёмную материю, такие потери должны наблюдаться. Учитывая, что филаментов и войдов на линии распространения излучения не так много, величина энергетических потерь квантов при прохождении указанных структур не будет существенно превышать потери в собственной галактике квазара.

Поэтому среди больших галактик с квазаром в центре красные смещения в спектрах излучения будут группироваться относительно некоторого среднего значения, которое определяется средней плотностью тёмной материи в центральных областях, средним диаметром больших активных галактик и средним распределением тёмного компонента в стенках войдов и филаментов.

Если разброс значений красных смещений квазаров относительно среднего значения будет не очень небольшим, то этот факт косвенно может указывать на относительную «чистоту» межгалактического пространства и незначительные потери во встречных межгалактических структурах. Но этот вывод сделан на фоне больших красных смещений в самих квазарах, и его не следует распространять на неактивные галактики.

Отмеченное неравномерное распределение тёмного компонента в квазарах, должно наблюдаться и в обычных неактивных галактиках. Поэтому в пределах звёздного населения обычных галактик красные смещения излучения от отдельных групп звёзд могут отличаться между собой, что отмечено в небольшом обзоре [14]. Там имеется ссылка на результаты измерений красных смещений, проделанных Финлей-Фрейндлихом, в которых указываются разные смещения у разных групп звёзд, выбранных из одной и той же галактики.

5. Чем дальше находятся квазары, тем больше они излучают в инфракрасной области.

Уже отмечалось, что основная доля в красном смещении спектров квазаров определяется распределением по лучу зрения тёмной материи и расстоянием, пройденным в ней излучением. В силу неоднородности распределения тёмной субстанции, общее красное смещение будет равно

вкладам от всех участков с разной их протяжённостью и разной концентрацией тёмной материи. Поэтому, в общем случае, красное смещение не может служить характеристикой, указывающей на расстояние между квазаром и наблюдателем.

Кроме этого, при красном смещении больше, чем 4.5 (удлинение волны в 5,5 раз и более) происходит смещение всех диапазонов в сторону более длинных волн. При этом достаточно узкий оптический диапазон целиком смещается в более широкую инфракрасную область. Учитывая большую долю излучения квазаров в оптическом диапазоне и полное смещение этого диапазона в сторону длинных волн, можно объяснить относительное возрастание доли инфракрасного излучения при указанных значениях параметра красного смещения.

6. Резкое уменьшение квазаров при красном смещении больше 5.

Существует естественное распределение тёмной материи по галактикам, определяемое гравитационными условиями ближайшего окружения, его историей и его активностью. Поэтому для большинства галактик существует некая верхняя, не очень чётко выраженная граница для концентрации тёмной материи, за пределами которой уже редко можно встретить более высокую плотность тёмного вещества в звёздных скоплениях.

Так как основные диссипативные потери происходят именно в галактических просторах, особенно при прохождении излучением центральной зоны, наличие естественных ограничений на плотность тёмной субстанции и примерно близкие размеры галактик, в общем случае, приводят к наличию «среднего смещения» в спектре излучения при прохождении одной галактики. Поэтому, когда речь идёт о красном смещении $z=5$ и более, наиболее вероятно, что фиксируемым излучением пройдено дополнительное большое скопление тёмного компонента галактических масштабов.

При этом реально наблюдается не только большой сдвиг спектра в длинноволновую область, но и по причине очень больших расстояний имеется очень низкий поток излучения (на линии наблюдения расположена, как минимум, одна дополнительная галактика, а это, с учётом низкой плотности галактик, означает очень большое расстояние между точкой излучения и точкой наблюдения). Поэтому и возникают трудности в наблюдениях квазаров с ростом параметра z как за счёт смещения в длинноволновую область, так и за счёт уменьшения потока излучения при огромных дистанциях.

Для наблюдения далёкого квазара необходимо, чтобы его джет был направлен почти строго по линии наблюдения, т. е. должен наблюдаться квазар. А это очень редкое явление, особенно, когда речь идёт об огромных расстояниях. Тем более что вероятность такой ориентации джета уменьшается примерно обратно пропорционально квадрату расстояния до квазара, если принять отсутствие корреляции в направлениях джетов квазаров, что не совсем так [13].

7. Изменение со временем красного смещения.

Распределение тёмной материи вблизи квазара будет меняться со временем по причине её активного участия в проходящих в галактическом ядре процессах. При этом часть тёмного фрагмента будет разрушаться барионными частицами, а получаемые при этом кванты могут использоваться при излучении квазара в достаточно широком диапазоне частот.

Если рассматривается квазар на стадии «выработки» начальной концентрации тёмного компонента вблизи ядра галактики, а затем на режиме расхода тёмного компонента из более отдалённых галактических объёмов, то при изменении концентраций тёмного вещества вблизи ядра будет меняться не только красное смещение в спектрах излучения, но может меняться и его спектральный состав. Иными словами, переходные режимы в «работе» квазара, связанные с изменениями поступления тёмной материи в «центральную машину» будут отражаться на спектре излучения квазара и его красном смещении...

Возможных вариантов в результатах наблюдений спектров излучения квазаров с джетами может быть много. Но все они достаточно хорошо определяются распределением и движением газопылевых облаков и облаков тёмной материи.

3. Дополнительные замечания

1. Ко всему выше сказанному следует добавить, что важным в понимании энергетики квазаров является не только нахождение всех источников энергии, но и выявление механизмов «спектрального» перераспределения энергии, поставляемой этими источниками. Некоторые источники необходимой энергии для «центральной машины» квазара уже видны. Её даёт гравитационное поле «дыры» совместно с барионным веществом аккреционного диска, а также компонент тёмной материи в форме «моря» собственных частиц и их продукта распада - низкоэнергетических квантов, в среде которых движутся частицы барионного вещества.

Но наличие высоких скоростей движения материи в джетах и наличие чрезмерно высоких температур в их основаниях, всё это указывает на существование ещё одного источника энергии и, к тому же, высокоэнергетического. Поэтому не исключается, что в этом процессе принимает участие и само центральное тело – «чёрная дыра», причём самым непосредственным образом – своим веществом и своей энергией. И важным моментом здесь является выявление механизма извлечения материи из центрального тела в джеты и придания этой материи очень высокой скорости.

В дополнение к сказанному, есть ещё два вопроса, на которые необходимо найти ответы. Первый из них - почему так мало квазаров (примерно 10%), у которых имеются джеты? И второй – почему подавляющая часть квазаров (более 90% от полного числа обнаруженных) является относительно тихими в радиодиапазонах?

Оставляя в стороне проблему высокоэнергетического источника и первый вопрос, на второй можно дать ответ, исходя из всего выше представленного. Он сводится к следующему.

Временной интервал между активными фазами ядра большой галактики может быть очень длительным. На это указывает очень малое количество имеющихся квазаров на фоне общего количества галактик. Это говорит о том, что длительности периодов активности галактических ядер небольшие по сравнению с продолжительностью относительно спокойной жизни галактик.

При очень удачном стечении обстоятельств (одна и та же плоскость и направления вращения всех фрагментов материи, притягиваемых сверхмассивным галактическим центром) в гравитационном поле ядра большой галактики может накопиться значительная масса газа, пыли, крупных звёздных

отходов и тёмной материи. Началу «работы» квазара будет предшествовать работа гравитационного поля центрального тела по формированию аккреционного диска из всей собравшейся массы вещества.

Переход галактического ядра в активную фазу будет означать появление квазара и одновременно начало расхода имеющегося тёмного компонента материи, который намного более лёгкий по сравнению с барионной материей, и более легко попадает в центральную «машину» квазара. Поэтому молодой квазар будет эффективно давать излучение в радиодиапазоне в течение всего времени, пока накопившаяся в его окрестности тёмная материя не будет израсходована и её плотность не понизится до минимума, определяемого темпом её поступлением из более удалённых объёмов галактики.

При установившемся потоке тёмного вещества из отдалённых областей микроволновые кванты, появляющиеся от разрушения его частиц, будут большей частью трансформироваться скоростной барионной материей диска и джета в более высокочастотную область электромагнитного излучения (инфракрасную, оптическую, ультрафиолетовую, и т. д.). В этом случае не следует ожидать большого радиоизлучения квазара, по крайней мере, от ядра и ближайших к нему участков джета.

Если предположить, что период существования «установившегося» расхода вещества аккреционного диска и поступающего из объёмов галактики тёмного компонента будет длиться достаточно долго на фоне начальной фазы, яркой в радиодиапазоне, то квазар с отсутствующим заметным радиоизлучением – это уже «созревший» и спокойно «работающий» квазар. По-видимому, этот момент в представляемой схеме «работы» квазара и объясняет ситуацию с относительно большим количеством тихих в радиодиапазоне квазаров.

2. Следует отметить результаты наблюдений красных смещений в спектрах обычных (неактивных) галактик. С привлечением тёмной материи и предполагаемой её структуры можно объяснить ряд результатов наблюдений, связанных с этими галактиками, у которых на данный момент отсутствует активность в галактических ядрах. Красные смещения в спектрах таких галактик существенно меньше, чем их значения в спектрах квазаров. Причина отличий связана с особыми процессами, происходящими в ядрах активных галактик.

У квазаров, несмотря на мизерные размеры излучающей центральной области, её излучение настолько мощное, что своей интенсивностью забивает излучение всей остальной галактики. Именно это излучение квазара исследуется совместно с красным смещением в его спектрах.

У обычных галактик центральная зона также может давать относительно мощное, но звёздное (тепловое) излучение, интенсивность которого не может сравниться с излучением квазара, и оно практически не выделяется на большом фоне излучения от звёзд остальных частей галактики. Поэтому у неактивной галактики, как звёздное излучение, так и его красное смещение не могут конкурировать с излучением квазара.

Как уже указывалось, на излучения отдельных звёздных групп одной и той же неактивной галактики обратил внимание Финлей-Фрейндлих. Он обнаружил, что в разных звёздных группах излучение может иметь совершенно разные красные смещения, которые определяются местом расположения в галактике рассматриваемой звёздной группы [14]. Этот факт, если не доказывает правильность механизма диссипативных потерь как главного

фактора в красных смещениях, то, по крайней мере, не противоречит ему, так как тёмный компонент материи распределяется по галактике неравномерно, концентрируясь к её центру.

Однако среди имеющихся наблюдательных результатов обычных галактик есть данные, которые пока не могут получить должного объяснения в рамках представленного выше механизма красного смещения. К этой группе необъяснимых результатов принадлежат «квантованные» красные смещения, которые нашёл Виллиам Тиффт. Он обнаружил, что красные смещения попарно связанных галактик группируются около значений – в пересчёте на скорость, - 72 км/сек, 144 км/сек, 216 км/сек, и т. д. [14]. Одновременно он показал, что этот дискретный набор скоростей «удаления» галактик от наблюдателя никак не связан с вращением галактик относительно друг друга. Иными словами, вклад эффекта Доплера здесь не обнаружен.

Результаты В. Тиффта подтвердил Х. Арп, получив очень близкие «квантованные» скорости «удаления» неактивных галактик – 70 км/сек, 140 км/сек, 210 км/сек. Кроме этого он же получил набор дискретных значений красных смещений и для квазаров: 0.061, 0.30, 0.60, 0.96, 1.41, ...[14].

Эти необычные результаты дискретных спектральных сдвигов не удаётся объяснить на основе выше изложенного механизма, несмотря на наличие макроструктур галактических и межгалактических масштабов, способных порождать некую размытую «дискретность» в значениях красных смещений. Но эта дискретность не ожидается такой строго определённой, как это представлено выше у В. Тиффта и Х. Арпа.

Речь идёт о войдах, их стенках, филаментах [15], а также о спиральных рукавах нашей Галактики и особого расположения между ними Солнечной системы. С целью «подключения» тех, или иных макроструктур к наблюдению красного смещения в спектрах обычных галактик, можно выбрать несколько специально подобранных участков звёздного неба для проверки ожидаемого эффекта.

Согласно имеющимся данным, Солнечная система расположена в северном галактическом полушарии близко к рукаву Ориона-Лебеда, причем со стороны внутренней его части, и эта область относительно редко заполнена звёздами галактического диска [12]. Такое удачное расположение земного наблюдателя позволяет для наблюдений ближайших галактик выбрать несколько участков звёздного неба, для которых линии наблюдений будут проходить через зоны с заранее ожидаемой различной плотностью тёмного компонента. Причём эти небольшие отличия в концентрациях тёмной материи должны приводить к такой же малой «дискретности» в красных смещениях, если справедлив механизм диссипативных потерь.

Первое направление – это направление нормали к галактическому диску, направленной в сторону северного галактического полюса. Это направление проходит только через сферическое гало, где предполагается меньшая плотность тёмного вещества, и, следовательно, диссипативные потери в приходящем к наблюдателю излучении от неактивных галактик ожидаются минимальными.

Второе направление – это линии наблюдения, которые проходят через рукав Ориона – Лебеда, но не проходят через рукав Персея, который расположен дальше по радиусу диска от галактического центра. Другими словами, линии наблюдения галактик второй группы расположены под

подходящим для этого углом к галактической плоскости и направлены от центра галактики в сторону северного полушария.

Так как концентрация звёзд в рукавах значительно выше, чем между рукавами, ожидается и увеличенная там плотность тёмного фрагмента материи по сравнению с его плотностью в объёмах галактики между рукавами. Кроме этого, ещё остаётся часть тёмной материи в общем гало. Следовательно, энергетические потери излучения от наблюдаемых по этим лучам зрения галактик ожидаются выше по сравнению с первым направлением.

Наконец, третье направление – это направление вдоль плоскости галактического диска в сторону от центра. В этом случае два рукава будут пересекаться линиями наблюдений полностью, а также будет участвовать часть гало в обеспечении энергетических потерь излучением. В этом случае ожидаются наибольшие потери в Млечном Пути среди трёх указанных направлений (не считая противоположного направления над галактическим центром, который закрыт пылью).

Ожидаемые в этих измерениях и мало отличающиеся красные смещения не дадут такую красивую дискретность, как это имеется в выше отмеченных работах В. Тиффта и Х. Арпа. Но если предложенный механизм красных смещений верен, то смещения спектров излучения у этих групп неактивных галактик будут слегка отличаться. При этом во всех трёх случаях наблюдений в галактических группах должны быть галактики переднего плана, т. е. их излучение не должно проходить через другие галактики и, желательно, чтобы галактики находились на примерно одинаковых расстояниях от Млечного Пути.

Выводы

Из рассмотренной роли тёмной материи в энергетике квазаров и её вклада в красное смещение их спектров излучения следует ряд главных выводов.

1. Тёмная материя вносит свой значительный вклад в энергетику квазаров, возвращая барионному компоненту энергию, затраченную им посредством электромагнитного излучения звёзд.

2. В квазарах, в которых имеется повышенное содержание тёмной материи в области галактического ядра, будет наблюдаться более высокое выделение энергии в форме микроволнового излучения и более высокое красное смещение в спектрах излучения.

3. Для квазаров эффект Доплера не является главным фактором, определяющим красные смещения, а поэтому отсутствует следующее из него «расширение» Вселенной.

4. Красное смещение в спектрах излучения квазара не может являться параметром, определяющим расстояние, так как оно зависит от ряда условий, меняющихся вдоль траектории движения кванта.

5. Существует основной и мощный источник, поставляющий материю и энергию квазарам, и именно он приводит к чрезмерно высокой их светимости и большим скоростям движения материи в джетах. Этот источник очевиден – это сверхмассивный объект в центре галактики, который по традиции называется «чёрной дырой».

Список литературы

1. Ф. М. Фридман, Д. В. Бисикало. Природа аккреционных дисков тесных двойных звёзд: неустойчивость сверхотражения и развитая турбулентность. //УФН, 2008, Т.178, №6.
2. М. С. Бутузова. Физические параметры килопарсековых джетов, определяемые по их радио- и рентгеновскому излучению.//Радиофизика и радиоастрономия, 2014, Т.19, №2, стр.126-141.
3. Учёные рассказали, как выбросы чёрных дыр могли нарушить законы физики. //earth-chronicles.ru>2017>Апрель>21 (дата обращения: 25.01.2019).
4. Релятивистская струя - Википедия. (дата обращения: 26.01.2019).
5. А. Н. Нарожный. Космическое микроволновое излучение и тёмная материя // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 82. 2018.
6. Далёкие радиоисточники. vsln.ru/dalekie-radioistochniki.html (дата обращения: 25.01.2019)
7. Призрачная галактика на 99.99% состоит из тёмной материи и почти не содержит звёзд. <https://www.newscientist.com/article/2102584-ghost-galaxy-is-99-99-per-cent-dark-matter-with-almost-nostars/> (дата обращения: 25.01.2019)
8. Фоновое космическое излучение. Физическая энциклопедия. femto.com.ua/articles/part_2/4345.html (дата обращения: 25.01.2019).
9. Рубрика «Космос». Неизвестные лучи наполняют Вселенную. <http://www.vseprokosmos.ru/kosmos26.html> (дата обращения: 25.01.2019).
10. Открытия Хэлтона Арпа в области красных смещений во внегалактических спектрах. bourabai.ru/arp/arp-rus.htm (дата обращения: 25.01.2019).
11. Х. Арп, Е.М. Бурбидж, Дж. Бурбидж. Двойной радиоисточник 3C343.1: пара из галактики и квазара с сильно различающимися красными смещениями. bourabai.kz/arp/double.htm (дата обращения: 25.01.2019).
12. Спираль солнечной орбиты. Часть 1. tropojuiskaniy.ru/?p=2386 (дата обращения: 25.01.2019).
13. Обнаружены далёкие чёрные дыры с упорядоченно ориентированными джетами. <https://www.astronews.ru/cgi-bin/mng.cgi?page=news&news=8417> (дата обращения: 25.01.2019).
14. Глава 7. Красное смещение и расширяющаяся Вселенная. <http://yatra.narod.ru/lib/vedkosm7.html> (дата обращения: 26.01.2019).
15. Войд. Википедия. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Войд> (дата обращения: 26.01.2019).

References

1. F.M. Fridman, D.B. Bisikalo. Priroda akkretionnykh diskov tesnykh dvoynykh zvezd: neustoiichivost sverkhotrazheniya i razvitaij turbulentnost. 2008,UFN, T.178, №6.
2. M.S. Butuzova. Fizicheskie parametry kiloparsekovykh dzhetov, oprelelyaemykh po ikh radio- i rentgenovskomu izlucheniuyu. Radiofizika i radioastronomiya, 2014, T.19, №2, str.126-141.
3. Uchenye rasskazali, kak vybrosy chernykh dyr mogli narushit zakony fiziki. //earth-chronicles.ru>2017>April>21 (data obrashcheniya: 25.01.2019).
4. Relyativistkaya struya - Vikipediya. <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (data obrashcheniya: 26.01.2019).

5. A.N. Narozhnyi. Kosmicheskoe mikrovolnovoe izluchenie i temnaya materiya //Otkrytye informatsionnye i kompyuternye integrirovannye tekhnologii: sb. nauch. tr. Nats. aerokosm. un-ta im. N.E. Zhukovskogo «KHAИ». – Vyp. 82. 2018.
6. Dalekie radioistochniki. vsl.n.ru/dalekie-radioistochniki.html (data obrashcheniya: 25.01.2019).
7. Astronomy: «sverkhtemnaya» galaktika состоit na 99.99% iz temnoiy materii. <https://www.newscientist.com/article/2102584-ghost-galaxy-is-99-99-percent-dark-matter-with-almost-nostars/> (data obrashcheniya: 25.01.2019)
8. Fonovoe kosmicheskoe izluchenie. Fizicheskaya entsiklopediya. femto.com.ua/articles/part_2/4345.html (data obrashcheniya: 25.01.2019).
9. Rubrika «Kosmos». Neizvestnye luchy napolnyayut Vselennuyu. <http://www.vseprokosmos.ru/kosmos26.html> (data obrashcheniya: 25.01.2019).
10. Krasnoe smeshchenie. Otkrytiya KHeltona Arpa v oblasti krasnykh smeshchenii vo vnegalakticheskikh spektrakh. bourabai.ru/arp/arp-rus.html (data obrashcheniya: 25.01.2019).
11. KH. Arp, E.M. Burbidzh, Dzh. Burbidzh. Dvoynoi radioistochnik 3S343.1: para iz galaktiki i kvazara s silno razlichayushchimisya krasnymi smeshcheniyami. bourabai.kz/arp/double.htm (data obrashcheniya: 25.01.2019).
12. Spirali solnechnoi orbity. Chast 1. tropojuiskaniy.ru/?p=2386 (data obrashcheniya: 25.01.2019).
13. Obnaruzheny dalekie chernye dyry s uporyadochenno orientirovannymi dzhetami. <https://www.astronews.ru/cgi-bin/mng.cgi?page=news&news=8417> (data obrashcheniya: 25.01.2019).
14. Glava 7. Krasnoe smeshchenie i rasshiryayushchayasya Vselennaya. <http://yatra.narod.ru/lib/vedkosm7.html> (data obrashcheniya: 26.01.2019).
15. Voijd. Vikipediya. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Войд> (data obrashcheniya: 26.01.2019).

Поступила в редакцию 27.12.2018, рассмотрена на редколлегии 28.12.2018.

Квасари і темна матерія

Розглядаються дві проблеми, пов'язані з квазарами. Перша - це енергетика квазарів, яка вважається однією з найбільш серйозних проблем активних ядер галактик. Друга - червоні зсуви в їх спектрах випромінювання. Для забезпечення «роботи» квазара крім енергії, що надходить від аккреційного диска, необхідні додаткові її джерела. Один такий джерело наводиться, і він пов'язаний з великою кількістю темної матерії в галактиках. Однак енергія, що виділяється при руйнуванні частинок темної компонента, - це енергія мікрохвильового діапазону, і вона лише частково вирішує енергетичну проблему квазара. Тому з'являється необхідність ще одного і більш потужного джерела енергії, а також пов'язаного з ним механізму, здатного перетворювати випромінювання мікрохвильового діапазону в високоенергетичне випромінювання. На важливість такого джерела вказує і друга енергетична особливість квазарів. Вона пов'язана з наявністю у деяких з них дуже високих швидкостей руху матерії в джетах. При цьому швидкість потоку матерії в джет може перевищувати швидкість світла у вакуумі в кілька разів. Таке джерело енергії вказується, але не аналізується. Крім цього, для квазарів з джетами характерним є наявність великих і вкрай суперечливих червоних зсувів в їх спектрах. Це відноситься як до емісійних спектрах, так і до спектрами поглинання. З позицій офіційно прийнятої концепції «розширення Всесвіту» ці

незвичайні зрушення випромінювання не можуть бути пояснені. Дається інтерпретація червоних зсувів в спектрах випромінювання квазарів на основі взаємодії випромінювання і темної матерії («втрата енергії випромінюванням»). Даний підхід до інтерпретації червоного зсуву в спектрах квазарів закриває багато питань, але не всі. В його рамках не вдається пояснити походження «квантованих» червоних зсувів в спектрах галактиках, виявлених В. Тіффт і підтверджених Х. Арпом. Вказуються надмірно слабкі позиції червоного зсуву в спектрах квазарів як фізичного параметра, що характеризує відстань до джерела випромінювання.

Ключові слова: квазар; енергія; темна матерія; червоний зсув.

Quasars and dark matter

Two problems related to quasars are considered. The first is the energy of quasars, which is considered one of the most serious problems of active galactic nuclei. The second is redshifts in their emission spectra. To ensure the "work" of the quasar, in addition to the energy coming from the accretion disk, its additional sources are needed. One such source is given, and it is associated with a large amount of dark matter in galaxies. However, the energy released during the destruction of the particles of the dark component is the energy of the microwave range, and it only partially solves the energy problem of the quasar. Therefore, there is a need for another and more powerful source of energy, as well as a related mechanism capable of converting microwave radiation into high-energy radiation. The importance of such a source is also indicated by the second energy feature of quasars. It is associated with the presence of some of them very high speeds of motion of matter in jets. In this case, the flow rate of matter in a jet can exceed the speed of light in a vacuum several times. Such a source of energy is indicated, but not analyzed. In addition, for quasars with jets, the presence of large and extremely contradictory redshifts in their spectra is characteristic. This applies to both emission spectra and absorption spectra. From the standpoint of the officially accepted concept of an "expanding universe," these unusual shifts of radiation cannot be explained. Interpretation of redshifts in quasar emission spectra based on the interaction of radiation and dark matter ("energy loss by radiation") is given. This approach to the interpretation of the red shift in the spectra of quasars covers many questions, but not all. Within its framework, it is not possible to explain the origin of "quantized" redshifts in the spectra of galaxies, discovered by V. Tifft and confirmed by H. Arp. The excessively weak positions of the red shift in the spectra of quasars are indicated as a physical parameter characterizing the distance to the radiation source.

Keywords: quasar; energy; dark matter; redshift.

Сведения об авторе:

Нарожный Анатолий Николаевич – физик, Киев, Украина, nan050316@ukr.net, тел. 050 760 6516, ORCID: 0000-0001-8305-7739.

About the Author:

Narozhnyi Anatolii – physicist, Kiev, Ukraine, nan050316@ukr.net, tel. 050 760 6516, ORCID: 0000-0001-8305-7739.