

$$r_i^{(2)} = c_1 \vec{r}_i^{(1)} + c_2 r_i^{(3)}$$

# ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СПЕКТРОВ АКТИВНЫХ ЯДЕР ГАЛАКТИК РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Рассматриваются некоторые физические свойства активных ядер галактик на основе данных наблюдений в различных диапазонах спектра и обсуждается унифицированная модель активных ядер галактик.

## 1. Введение.

Галактики, как правило, имеют в своих центральных частях компактные сгущения – ядра галактик, в состав которых входят и звезды, и газ. Наша Галактика и близкая к нам видимая невооруженным глазом галактика в созвездии Андromеды содержат по современным данным около  $(2\text{-}4)10^{11}$  звезд [1].

Наблюдения показывают, что в центральных областях многих галактик происходят бурные и не до конца еще понятые процессы. Так были открыты активные ядра галактик и квазары.

## 2. История открытия.

В 1942 г. американский астроном К. Сейферт открыл галактики с необычными свойствами. Эти галактики были названы **Сейфертовскими галактиками**. Сейфертовские галактики в большинстве своем – это спиральные галактики с яркими ядрами. В центре этих галактик наблюда-

ется «звездоподобное» ядро, в спектрах этих ядер присутствуют яркие и очень широкие линии водорода, азота, кислорода и других элементов, свидетельствующие о движениях газа с большими скоростями.

Астрономы Казахстана также внесли в эти исследования достойный вклад. В семидесятых годах в Астрофизическом институте им. В.Г. Фесенкова Денисюк Эдуард Константинович и его сотрудники открыли более сорока Сейфертовских галактик, а в настоящее время исследуется спектральная переменность излучения этих объектов.

Во второй половине пятидесятых годов прошлого века были обнаружены **радиогалактики**, то есть галактики с мощным радиоизлучением. Механизм их радиоизлучения синхротронный, который связан с движением в магнитном поле энергичных электронов, выброшенных из актив-

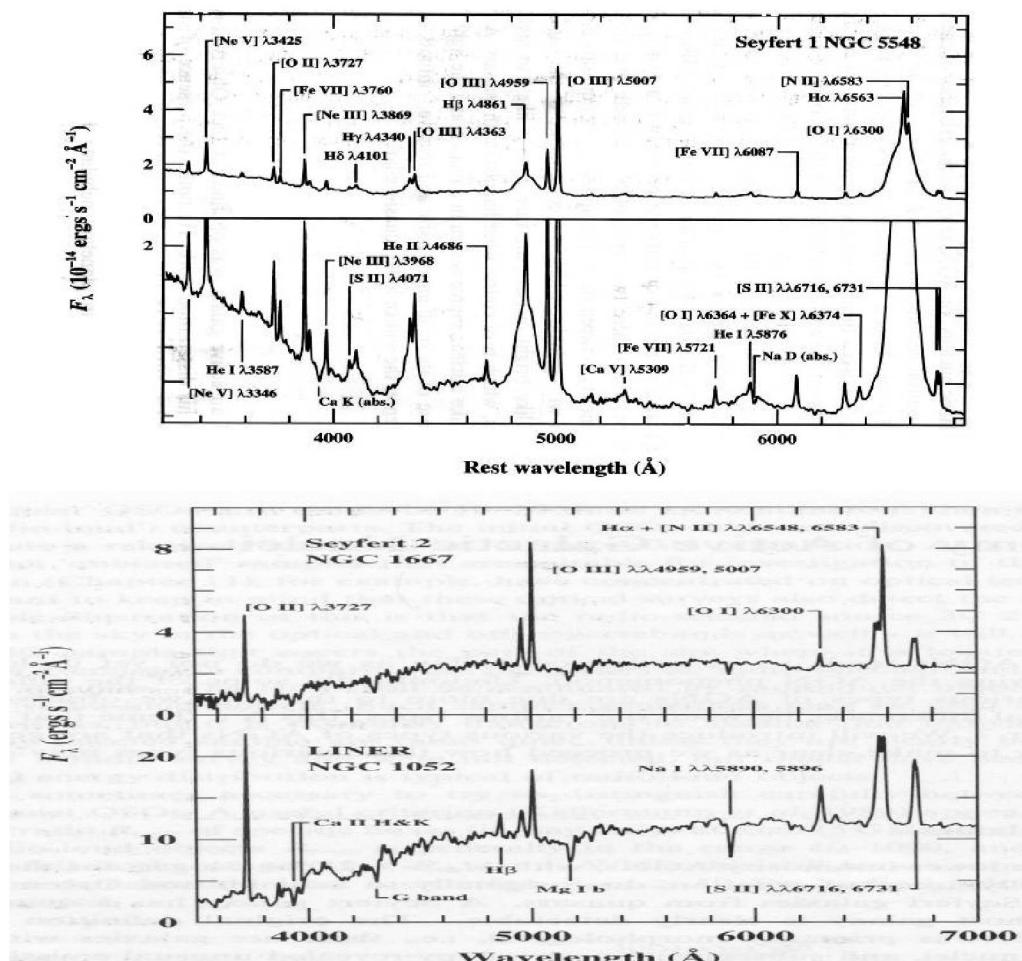


Рис. 1.

ногого ядра галактики. Более 90% радиогалактик, мощность радиоизлучения которых превосходит  $10^{40}$  эрг/сек, классифицированы как сфероидальные образования. Ближайшие радиогалактики – это галактика Центавр А (NGC 5128) в созвездии Центавра и галактика Дева А (NGC 4486) в центре скопления галактик в созвездии Девы.

Квазары – это внегалактические объекты, отличающиеся очень высокой светимостью и настолько малым угловым размером, что в течение нескольких лет после открытия их не удавалось отличить от «точечных источников» – звезд. Впервые квазары были обнаружены в 1960 году как радиоисточники, совпадающие в оптическом диапазоне со слабыми звездообразными объектами. В 1963 году голландский астроном Мартин Шмидт доказал, что линии в их спектрах сильно смещены в красную сторону и это смещение имеет ту же природу, что смещения в спектрах далёких галактик. Красное смещение  $z$  оп-

ределяется по формуле  $z = [\lambda - \lambda_0]/\lambda_0$ , где  $\lambda$  – наблюдаемая, а  $\lambda_0$  – истинная длина волны в спектрах квазаров. Так, по красному смещению, вызванному эффектом Доплера вследствие удаления квазаров, определяют расстояние них по закону Хаббла. В настоящее время уже известны данные о сотнях тысяч квазаров. Ближайший и наиболее яркий квазар 3С 273, открытый М.Шмидтом, имеет блеск около  $13^m$  и красное смещение  $z = 0,158$  (что соответствует расстоянию около 2 млрд. световых лет). Самые далекие квазары, благодаря своей гигантской светимости, превосходящей в сотни раз светимость нормальных галактик, видны на расстоянии более 10 млрд. световых лет (до красного смещения  $z = 6.4$ ).

Нерегулярная переменность блеска квазаров в течение менее суток указывает на то, что область генерации их излучения имеет малый размер, сравнимый с размером Солнечной системы.

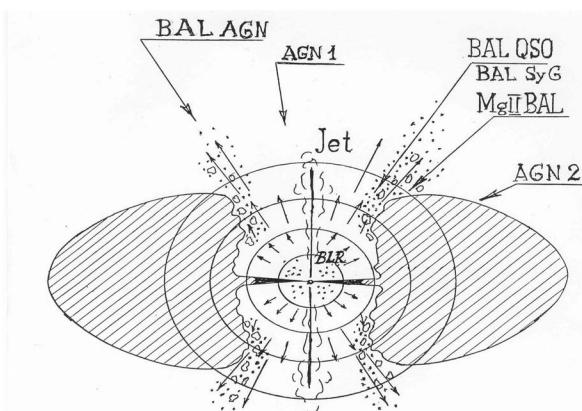


Рис. 2.

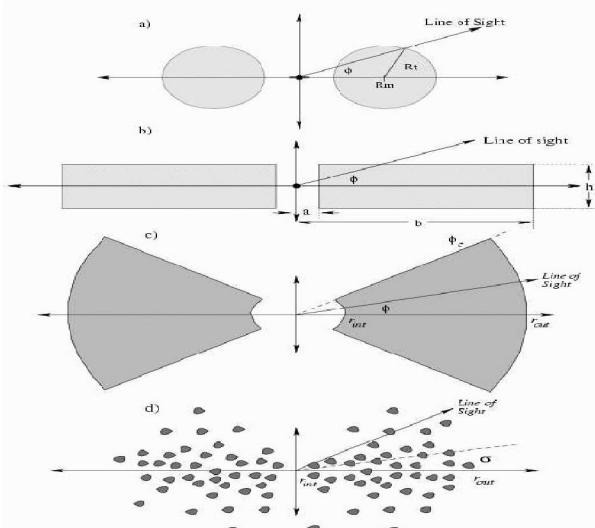


Рис. 3.

**Свойства активных ядер галактик.** В настоящее время установлено, что причиной большого энерговыделения в центрах активных ядер галактик является акреция вещества на сверхмассивную черную дыру, масса которой составляет миллионы и даже миллиарды солнечных масс. Сверхмассивные черные дыры находятся в центрах практически всех крупных галактик, хотя заметная активность видна лишь при сильной акреции.

В центре нашей Галактики находится чёрная дыра с массой  $M \sim 4 \times 10^6 M_{\odot}$  (солнечных масс), типичные массы черных дыр в ядрах Сейфертовских галактик порядка  $M \sim (10-100) \times 10^6 M_{\odot}$ , а в центрах крупных эллиптических галактиках масса черной дыры достигает  $M \sim 3 \times 10^9 M_{\odot}$ .

**Энергетика активных ядер галактик.** Активные ядра галактик являются самыми мощны-

ми излучателями Вселенной, их светимость достигает  $L \sim 10^{48} \text{ эрг/с}$ . Электромагнитное излучение активных ядер галактик образуется в основном в аккреционном диске вокруг черной дыры, а также в облаках и струях плазмы вблизи аккреционного диска. Энергия излучения распределена по широкому диапазону длин волн – от радиоволн до жесткого рентгеновского излучения.

### 3. Строение активных ядер галактик.

В центре активных ядер галактик вокруг сверхмассивной черной дыры находится аккреционный газовый диск, в котором вещество по спирали втекает в чёрную дыру. Аккреционный диск излучает непрерывный спектр и широкие эмиссионные линии. Вокруг него движутся с меньшей скоростью газовые облака, излучающие узкие эмиссионные линии.

На периферии аккреционного диска газово-пылевые облака образуют «поглощающий тор», который приводит к различию вида спектров (2 основных типа спектров) при наблюдении под разными углами луча зрения относительно его оси симметрии.

На рисунке 1. приведены оптические спектры галактик NGC5548 (типа Сейферт 1) и NGC 1667 и NGC 1052 (типа Сейферт 2). На верхнем спектре дается линейчатый спектр галактики NGC5548 в двух разных масштабах. Он представляет собой широкие эмиссионные линии водорода  $H_{\alpha}$ ,  $H_{\beta}$  и пики в виде узких эмиссионных линий – это запрещенные линии [O III] и др. [4].

Причина различия спектров галактик типа Сейферт 1 и Сейферт 2 была установлена в конце 80-х годов Антонуччи и Миллером, и она заключается в присутствии «поглощающего тора» на периферии аккреционных дисков всех активных ядер галактик [5] и от направления луча зрения наблюдателя относительно оси этого тора.

В 1998 г. Вильковским Э.Я. и его сотрудниками была предложена «универсальная» модель АЯГ с широкими линиями поглощения, предлагающая истечение поглощающей материи вдоль внутренней поверхности поглощающего тора (Рисунок 2). Достоинством этой модели является то, что источник потока поглощающей материи формируется из газово-пылевых облаков внутренней поверхности поглощающего тора. Кроме того, эта модель объясняет результаты спектральных наблюдений поляризации

широких абсорбционных линий активных ядер галактик [2].

При наблюдении вблизи оси тора виден аккреционный диск (и спектр активных ядер галактик типа 1), а при наблюдении под большими углами (вблизи экватора тора) излучение диска поглощено, и мы видим лишь излучение от газовых облаков, окружающих диск (спектр типа активных ядер галактик типа 2). При наблюдении под некоторым промежуточным углом будет виден спектр активные ядра галактик 1 с некоторыми линиями поглощения (объекты активных ядер галактик типа 3). Относительная доля числа объектов указанных трёх типов составляет примерно АЯГ1-35%, АЯГ2-50%, АЯГ-15% [3].

На рисунке 3 приведены различные модели поглощающего тора: а) сплошной тор в виде «обручального кольца», б) дискообразный тор, с) расширенный к периферии тор, д) «ключковатый» тор, состоящий из отдельных газово-пылевых облаков. Из них наиболее приемлемым является последняя модель, которая подтверждается наблюдениями [6].

#### 4. Заключение.

Наблюдения с высоким пространственным разрешением последних лет свидетельствуют о существовании компактного звездного кластера в активном ядре галактик, так что поглощающий тор в активных ядрах галактик, вероятно, связан с этим звёздным кластером. В этом случае звёздный кластер, аккреционный диск, поглощающий тор и чёрная дыра взаимодействуют друг с другом и образуют единую сложную систему – активное ядро галактики.

Многие теоретические идеи и физические модели активных ядер галактик, сформулированные в Астрофизическом институте им. В.Г.Фесенкова, в дальнейшем получили подтверждение и успешно развиваются в настоящее время в сотрудничестве с учеными других стран.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вильковиский Э.Я. Квазары и активность ядер галактик. // Москва.: Наука. 1985.
2. Вильковиский Э.Я, Ефимов С.Н. Истечение вещества из активных ядер галактик: обобщенная модель. // Известия НАН РК. 2004. № 4. С.25-27.
3. Вильковиский Э.Я. Шомшекова С.А. Properties of the unification models of active galaxies nucleus.// Международная конференция.Вторые Фесенковские чтения «Современная астрофизика: традиции и перспективы». Тезисы докладов. Алматы. 2007г. С.30-31.
4. Bradley M. Peterson. An introduction to active galactic nuclei.// Cambridge. University press. 1997. P. 1-4; 21-13.
5. Antonucci R. Unified models for AGNs and Qasars // Annual review of astronomy an astrophysics.1993. V.31. P.473.
6. Ibar E., LiraP. Constraining Torus Models for AGNs Using X-ray Observations// astro-ph/0605739v2. 19.02.2007.

#### Резюме

Бұл жұмыста ғаламдардың активті ядроларының спектрлердің әртүрлі аумағында бақылаулардың мәліметтері бойынша кейбір физикалық қасиеттері карастырылады және олардың бірынғай моделі талқыланады.

#### Summary

Some physical properties of the active nucleus of the galaxies in the work are considered on the basis of the given supervision in the various ranges of the spectrum and the unified model is discussed of the active nucleus of the galaxies.

*Астрофизический институт  
им. В.Г.Фесенкова МОН РК,  
г. Алматы*

*Поступила 12.05.2009 г.*