

причём макс. энергия выделяется в коротковолновом диапазоне. Такая светимость соответствует $10^{11} - 10^{12} L_{\odot}$ ($L_{\odot} = 3,8 \cdot 10^{33}$ эрг/с — светимость Солнца), выделяется она в объёме с размерами Солнечной системы (~ 10 световых часов).

Исследования спектральной переменности O. с а. я. привели к обнаружению быстрой (характерное время 2—3 нед) переменности водородных линий H_{α} , H_{β} , линии углерода CIV (1550 Å) и некоторых других. При этом переменность потока в эмиссионных линиях коррелирует с переменностью УФ-континуума с запаздыванием на 2—4 нед. Время запаздывания больше для линий низкой ионизации (H_{α}); напр., для NGC 4151 время запаздывания переменности CIV составляет ≈ 13 сут, а H_{α} — 20—25 сут. Быстрая переменность интенсивности линий свидетельствует прежде всего о высокой концентрации газа n в области (оболочке), излучающей разрешённые линии (скорость рекомбинации $\sim 1/n$), $n \sim 10^{10} - 10^{11} \text{ см}^{-3}$. Поскольку при такой плотности оболочки наблюдается мягкое рентг. излучение (0,05—0,5 кэВ), к-рое в этих условиях должно сильно поглощаться, она не может быть сплошной, а состоит, по-видимому, из отд. плотных облаков с большой скважностью ($\sim 10^{-3}$). Облака ионизируются коротковолновым излучением центр. источника, а затем высвечиваются в разрешённых линиях. Интенсивность запрещённых линий постоянна в течение не менее 10 лет. Запрещённые линии образуются на очень далёких расстояниях — до неск. парсек. Экстремальным случаем быстрой переменности эмиссионных линий следует считать переход из одного сейфертовского типа в другой, к-рый наблюдался в неск. объектах, напр. в NGC 4151 (переход Sy1 в Sy2), в NGC 1566 (Sy2 в Sy1). Исчезновение или появление широкого компонента разрешённых линий происходит за неск. месяцев, при этом усиливается или ослабляется континуум, т. е. переход из одного сейфертовского типа в другой также есть результат фотоионизации оболочки перем. излучением центр. источника.

В нек-рых O. с а. я. в радиодиапазоне наблюдаются узкие струи выброшенного вещества (джеты). В NGC 4151 обнаружены узкие переменные эмиссионные линии, к-рые хорошо видны в минимуме блеска около резонансной линии CIV. Эти линии не могут возбуждаться фотоионизацией n , по-видимому, возникают в струях, скорость движения вещества в к-рых ок. 0,1 с. На частоте 15 ГГц в NGC 4151 видны структуры на расстояниях в десятки и сотни парсек, к-рые интерпретируются как джеты S-образной формы. Аналогичные джеты, часто односторонние, наблюдаются и в др. O. с а. я. Возможный период прецессии джетов $10^4 - 10^6$ лет.

К перечисленным данным наблюдений следует добавить отсутствие строгих периодичностей переменности блеска O. с а. я., значит. долю тепловой составляющей в перем. оптич. излучении (в радиодиапазоне — синхротронное излучение релятивистских электронов в магн. поле), зависимость амплитуды медленной составляющей переменности от наклона галактики и нек-рые др. В целом совокупность данных наблюдений, в т. ч. по переменности континуума в разных диапазонах, позволяет сделать вывод, что наиб. приемлемой моделью O. с а. я. является модель дисковой аккреции на сверхмассивную чёрную дыру. Известно, что наиб. эфф. механизм выделения энергии (кроме аннигиляции) — аккреция вещества в гравитац. поле чёрной дыры. При этом может выделяться до 43% полной (mc^2) энергии вещества. Следующий по эффективности меха-

низм — термоядерные реакции — даёт энерговыделение на порядок меньше. Модель дисковой аккреции и качественно и количественно объясняет большинство наблюдаемых феноменов O. с а. я., хотя и нуждается в дальнейшей разработке и детализации (напр., тот факт, что осн. доля энергии O. с а. я. выделяется в жёстком диапазоне 1 КэВ — 100 МэВ, трудно объяснить в рамках стандартной модели дисковой аккреции, как, впрочем, и в рамках др. моделей). Предлагавшиеся ранее модели компактного звёздного скопления или замагниченного наклонного ротатора (магнитоида) оказались несостоятельными, в частности как по распределению энергии, так и по характеру переменности в разных диапазонах. Модель дисковой аккреции требует наличия вещества, к-рое образует аккреционный диск и даёт наблюдаемое энерговыделение. Одним из эфф. механизмов поставки вещества в диск является приливное разрушение звёзд в гравитац. поле сверхмассивной чёрной дыры (достаточно $\sim 1 M_{\odot}$ в год; M_{\odot} — масса Солнца). Такой механизм возможен при повыш. плотности звёзд в O. с а. я. Это условие не противоречит наблюдениям: для O. с а. я. характерна повышенная по сравнению с нормальными галактиками концентрация поверхностной яркости (а следовательно, и массы, т. к. поверхностная яркость галактик определяется в основном звёздами). С повыш. концентрацией яркости связан и вопрос эволюции O. с а. я. Существуют две гипотезы: явление O. с а. я. есть фаза в эволюции любой спиральной или эллиптической галактики; активные ядра образуются только в галактиках, имеющих повыш. концентрацию массы. Второй случай соответствует длинной ($\sim 10^{10}$ лет) шкале жизни O. с а. я. По-видимому, наблюдения больше поддерживают вторую гипотезу.

Наиб. вероятной представляется след. упрощённая схема O. с а. я. (рис. 2): сверхмассивная ($\sim 10^8 M_{\odot}$) чёрная дыра с гравитац. радиусом $\sim 3 \cdot 10^{13}$ см, на к-рую аккрецирует вещество приливно разрушаемых звёзд, образующее дискообразную структуру; область рентг. излучения имеет размеры $10^{14} - 10^{15}$ см (световые часы), затем следуют область оптич. континуума (световые дни) и разрешённых эмиссионных линий (до 10^{17} см), область ИК-континуума (световые месяцы), на расстоянии $\sim 10^{19}$ см (парсеки) — область излучения запрещённых линий. Перпендикулярно плоскости диска расположены оптич. и радиоструи протяжённостью до неск. парсек (в радиодиапазоне). Здесь же, в полярных конусах диска, вблизи области жёсткого излучения, возникают линии высокой ионизации ([FeX] и др.). Проблема образования релятивистских коллимированных струй ещё не решена окончательно. Возможно, перспективной является модель γ -пушки, в к-рой чёрная дыра имеет определённые вращат. момент и магн. поле. При дисковой аккреции замагниченной плазмы формируется сильное электр. поле, к-рое ускоряет заряж. частицы перпендикулярно плоскости диска до релятивистских скоростей, что в конечном итоге приводит к мощному потоку γ -излучения. При этом плазма в жерле внутр. части аккреционного диска прозрачна для квантов с характерной энергией ~ 100 МэВ. Коллимированные (узконаправленные) джеты могут быть связаны с узкой направленностью лучка γ -квантов. При массе $\sim 10^9 M_{\odot}$ и поле $\sim 10^4$ Гс полный поток энергии направленного γ -излучения и релятивистских электронов достигает 10^{46} эрг/с.

Лит.: Л ю т ы й В. М., Фотометрические наблюдения ядер активных галактик, в кн.: Астрофизика и космическая физика, М., 1982; Л ю т ы й В. М., Ч е р е п а ш у к А. М., Активность ядер галактик и явление SS 433, «Астрон. ж.», 1986, т. 63, с. 897;

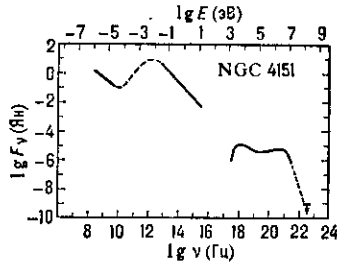


Рис. 1.

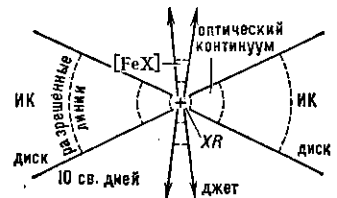


Рис. 2.