

IV. Сравнение свойств AGN и μ QSO с учетом разницы временных, линейных и энергетических масштабов, определяемой отношением масс их черных дыр.

1. Разные состояния μ QSO и других звездных систем с черными дырами сопровождаются в рентгеновском диапазоне квазипериодическими осцилляциями (QPO) с разными характеристиками (см., например, [124-126]). Низкочастотные $\nu_{\text{QPO}} < 10$ Гц чаще наблюдаются в состоянии low/hard, реже – в very high состоянии и никогда не встречаются в состоянии high/soft [110]. У систем с ВН не бывает $\nu_{\text{QPO}} > 500$ Гц [127], хотя есть прямая зависимость между ν_{QPO} и dm/dt [109]. Но так как ν_{QPO} лучше коррелируют с потоками в мягком рентгене (2-5 кэВ), то их естественнее связать с диском или отдельными его областями (например, [126]), а не с более горячей короной. (Хотя существуют и другие предположения о природе QPO (например, [128-130])). Одна из точек зрения на природу этих осцилляций заключается в допущении неустойчивости на внутренней границе диска ($r_{\text{in}} = 10R_g$), характеризующейся кеплеровскими частотами [131]

$$\nu_k = 1/2\pi(GM_{\text{ВН}}/R^3)^{1/2} = 0.1-10 \text{ Гц.}$$

Если рассматривать возможность появления QPO у околядерных дисков в AGN, то в силу зависимости

$$\nu_k \sim M_{\text{ВН}}^{1/2} R_{\text{ВН}}^{-3/2} \sim M_{\text{ВН}}^{-1}$$

следует ожидать $\nu_{\text{QPO(AGN)}} \sim 10^{-6}$ Гц, что соответствует характерным временам для квазипериодов в диапазоне opt/uv порядка 10^d . Такая переменность в AGN действительно наблюдается (например, [132]).

2. Если наличие рентгеновского «spike», предшествующего радиовсплеску, является характерной чертой для μ QSO [115], то подобное явление можно ожидать и в AGN. Только длительность «spike» в последнем случае будет не ~ 10 сек, а несколько лет, и наблюдать его следует не в мягком рентгене, а в диапазоне opt/uv. Интересно, что в работах [133-135] указывалось на факт возникновения «сверхсветовых» VLBI-радиокомпонент в некоторых FSQ (например, ON 231, 3C 345) сразу после оптических

сильных вспышек, которые и могут являться аналогом рентгеновского «spike» в черных дырах звездных масс.

3. По аналогии с μ QSO радиовыбросы в AGN должны происходить на фоне ослабления квазитеплого излучения от аккреционных дисков, сосредоточенного в области Big Blue bump (УФ). Косвенным признаком наличия такой антикорреляции (после учета эффектов ориентации) может служить наблюдаемый факт ослабления - или даже отсутствия - линии K_{α} FeXXV (6.4 кэВ) в RL объектах. Это интерпретируется как признак слабости ионизирующего излучения от центральных областей диска (например, [136,137]).

4. Мониторинг в рентгене μ QSO показывает, что они проводят в состоянии «А» с сильным радиоизлучением не больше 10% времени (см., например, [138,139]. Это напоминает соотношение между пространственными плотностями $RLQ/RQQ \approx 0.1$. (Такое же соотношение и между Е-галактиками, являющимися сильными радиоисточниками (т.е. RG) и Е-галактиками, не являющимися RG. Отсюда напрашивается вывод, что QSS и QSG являются разными состояниями одного и того же типа AGN. Так как по разным оценкам (например, [140, 141] время жизни QSO не превосходит $\sim 10^7$ лет (ранняя короткая фаза активности ядер в массивных hg), то со временем они переходят в более долговременную и менее активную фазу: $QSS \rightarrow RG$ типа FR II, а $QSG \rightarrow SyG$ (если hg была дисковой – см., например, [41-47]).

При таком подходе можно думать, что объекты типа BL Lac являются промежуточным, относительно кратковременным состоянием, характеризующим переход от радиосильного состояния «А» к радиослабому состоянию «С». То есть объекты BL Lac соответствуют неустойчивому сильнопеременному участку состояния «В» (в терминах описания разных состояний в μ QSO). С этой точки зрения становится понятным, почему со временем объекты типа BL Lac переходят в RG типа FRI. При этом объекты типа BL Lac, являющиеся переходным состоянием от RL QSO к RQ QSO, могут по своим радиосвойствам отличаться от BL Lac, эволюционирующих в

обратном направлении от RQ QSG к RL QSG. Первые будут «радиогромкими» BL Lac, а вторые – «радиотихими» BL Lac.

5. Наблюдаемый темп космологической эволюции внегалактических AGN, находящихся в разных состояниях, естественно, зависит от длительности этих состояний и вклада рекуррентности. Ясно, что с увеличением длительности и роли рекуррентности темп эволюции должен уменьшаться. Высокий темп эволюции QSO при $z < 3$ свидетельствует о короткой шкале ($\tau < 10^7$ лет) и отсутствии рекуррентности. Меньший темп космологической эволюции объектов, находящихся в состоянии BL Lac, может быть связан как с большей длительностью этого состояния по сравнению с состоянием с сильным радиоизлучением «А», так и с эффектами селекции, когда из-за слабости линий излучения в их оптических спектрах трудно отождествлять BL Lac на больших z .

6. Из наблюдаемого факта связи состояния активной системы со слабым радиоизлучением с рентгеновским состоянием high/soft аккреционного диска и теоретического вывода о соответствии состояния HS темпу аккреции $dm/dt > (dm/dt)_{\text{крит}} = 0.01(dm/dt)_{\text{Эдд}}$ следует, переходя к AGN, что на ранних этапах эволюции (большие z) будут, в основном, формироваться объекты со слабым радиоизлучением (из-за большой плотности аккрецирующего вещества на больших z). Наблюдения как раз подтверждают вывод об уменьшении отношения RL QSO/RQ QSO с ростом z (например, [142]).

7. В пользу сходства процессов, протекающих в μ QSO и AGN, могут свидетельствовать и существование некоторых сходных корреляций между параметрами в этих системах. К таким параметрам можно отнести: наклон спектра в рентгене α_x , наклон спектра между оптикой и рентгеном $\alpha_{\text{ох}}$, поток в рентгене F_x , поток в радио F_r , угол перекрытия относительно холодных и более горячих областей (сила комптоновского отражения) $\Omega/2\pi$ (см. работы [80-90, 101-103]). Ряд авторов (например, [143-145]) считают, что зависимости $\alpha_x - F_x$, $\Omega/2\pi - \alpha_x$ являются следствием неадекватности спектральных моделей для звездных систем и AGN. В работе [103]

критикуются выводы, основанные на применении одинаковых моделей для XRB и SyG. Авторы считают, что из-за наличия околоядерного молекулярного тора и областей формирования широких линий излучения в AGN последние будут вносить большой вклад в отражательный компонент (в отличие от XRB), и это должно отражаться на виде энергетического спектра. С другой стороны, в ряде работ (например, [144]) пытаются найти аналогии в процессах формирования релятивистских выбросов не только в μ QSO и AGN, но и в космологических гамма-всплесках (GRB).

8. В рамках предположения о смене состояний AGN на масштабах времени в сотни или даже тысячи лет, когда RL квазары могут через промежуточную стадию типа BL Lac переходить в радиоспокойные (RQ) квазары, можно ожидать, что вокруг RQ QSO будут наблюдаться протяженные старые радиоструктуры – остатки от радиоструктур типа FRII, характерных для RL QSO. И, скорее всего, эти радиоструктуры - за счет воздействия внешней среды - будут уже типа FRI. И действительно, в работе [145] было показано, что вокруг некоторых RQ QSO наблюдаются протяженные (сотни кпк) радиоструктуры типа FRI, которые по светимости на 178 МГц и 5 ГГц расположены вблизи границ, разделяющих FRII/FRI и RQ/RL. В работе [146] предлагается искать такие радиоструктуры вокруг RQ QSO на VLA на низких частотах с большим временем накопления (часы) при конфигурациях антенн, способных отслеживать протяженные радиоструктуры.

9. И последнее. Может возникнуть вопрос относительно предположения о сходстве между μ QSO и AGN, который связан с двойственностью звездных активных систем. Не значит ли это, что AGN должны быть двойными системами? Такие предположения, действительно, делались на основании ряда наблюдательных фактов – в том числе, раздвоенности разрешенных широких линий излучения в спектрах некоторых AGN (см., например, [147]) или периодичности в кривых блеска [148].

Однако, по-видимому, для AGN предположения о двойственности ядер необязательно. Дело в том, что для формирования аккреционного диска

вокруг МВН обязательно существование компаньона–донора. Аккреционные потоки, формирующие диск, могут возникать или при развале звезд или звездных систем типа шаровых скоплений, проходящих на расстоянии меньше приливного радиуса от МВН, или при прохождении через центральную область hg газовых облаков сферической компоненты. Кстати, в зависимости от направления движения формирующихся аккрецирующих потоков по отношению к направлению вращения центральной МВН могут формироваться *contra* или *со-вращающиеся* аккреционные диски. Возможно, именно по этой причине сильные радиоизлучающие AGN связаны исключительно со сфероидальными hg , в которых выше вероятность (по сравнению с дисковыми hg) образование *contra-вращающихся* дисков.