

1) Авторы: И. И. Хабибуллин, С. Ю. Сазонов, отдел 52 ИКИ РАН.

2) Название:

"Отождествление линий в спектре протяженного рентгеновского излучения прецессирующих джетов SS 433"

("Identification of X-ray lines in the spectrum of the arcsec-scale precessing jets of SS 433").

3) Ссылки: Astronomy Letters, Volume 43, Issue 6, pp.388-399, 06/2017,

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2017AstL...43..388K>

4) Релятивистские струйные выбросы (джеты), возникающие в процессе аккреции вещества на компактные объекты, способны оказывать значительное влияние на окружающие такие источники среду. Особенно ярко это проявляется в случае джетов квазаров в скоплениях галактик, которые, как считается, «надувают» огромные «пузыри», заполненные релятивистской плазмой, энергия которых в дальнейшей диссипирует, нагревая газ скопления. В случае Галактических двойных систем с джетами (микроквазаров) ситуация оказывается иной — окружающая их межзвездная среда гораздо сильнее препятствует распространению джетов, так что область их воздействия (отскалированная соответствующим образом) получается существенно меньшей. Единственным исключением, по-видимому, является Галактический микрокварзар SS 433, джеты которого распространяются на расстояние около 100 пк от источника, где останавливаются в результате взаимодействия с окружающей источник радиотуманностью W50. Тем не менее, до сих пор не ясно, испытывают ли джеты значительное замедление еще до момента полной остановки, которое позволило бы оценить эффективность торможения джетов в межзвездной среде. Данная задача также важна с точки зрения воздействия джетов массивных рентгеновских двойных систем (наиболее энергичные из которых должны ассоциироваться с аккрецией в сверхкритическом режиме, имеющей место и в случае SS 433) на среду в первых галактиках в ранней Вселенной.

5) Наличие барионного вещества в джетах SS 433 позволяет точно измерять их скорость по доплеровскому смещению линий, излучаемых, в частности, высокоионизованными атомами тяжелых элементов в рентгеновском диапазоне и водородом и гелием в оптическом диапазоне. Обсерваторией Chandra были зарегистрированы смещенные рентгеновские линии из области распространения

джетов на расстоянии около 0.1 пк от центрального источника, механизм излучения которых оставался невыясненным ввиду отсутствия однозначной идентификации — они могли быть связаны как флуоресцентным излучением слабоионизованных атомов железа, так и с тепловым излучением его водородо- или гелие-подобных ионов. Последний из этих вариантов мог бы рассматриваться в качестве указания на нагрев джетов в результате торможения в межзвездной среде.

6) Доплеровский сдвиг линий приближающегося и удаляющегося джетов описывается т. н. кинематической моделью, предполагающей прецессию джетов с периодом 163 дня и амплитудой 21 градус. Наблюдаемые положения линий в протяженном излучении не согласуются с предсказаниями кинематической модели ни для одной из наиболее ярких ожидаемых линий в этой области спектра, что оставляет открытым вопрос их идентификации. В нашей работе мы рассматриваем этот вопрос с учетом эффекта запаздывания излучения, приходящего от удаляющихся частей джета по сравнению с приближающимися, который приводит к значительному фазовому сдвигу и, как следствие, искажению предсказываемых положений линий протяженного ( $\sim 10^{17}$  см) излучения по сравнению с картиной, наблюдаемой для рентгеновских и оптических линий центрального источника (излучаемых на расстояниях  $10^{11}$  см и  $10^{15}$  см, соответственно). Были рассмотрены сценарии кратковременной вспышки от джетов на фиксированном пролетном расстоянии от источника и продолжительного (составляющего заметную долю периода прецессии) поярчания. Получены предсказания положения линий в зависимости от фазы прецессии центрального источника, расстояния от него и продолжительности поярчания.

7) Произведенные расчеты позволили нам идентифицировать наблюдаемые линии с Fe XXVI Ly\_alpha ( $E_0=6.96$  кэВ) линией, излучаемой в области размером  $10^{16}$  см вдоль джета. Это указывает на продолжительный нагрев вещества джета до температур выше 10 кэВ, что может быть связано с частичным торможением вещества джетов в результате взаимодействия с окружающей средой, которое может приводить к столкновению отдельных плотных «комков» внутри джета.