
Streszczenie

(Abstract in Polish)

Ultra jasne źródła rentgenowskie (z ang. ULX-y) są o tyle ciekawe, że najprawdopodobniej składają się z obiektu zwartego, na który opada materia w tempie przekraczającym dobrze znany nam limit tempa akrecji Eddingtona. Początkowo sądzono, że źródła ULX zawierają czarne dziury o masach pośrednich (z ang. IMBH o masach $10^{2-4}M_{\odot}$). Niemniej, satelita *NuSTAR* dokonał przełomowej obserwacji, rejestrując koherentną pulsację z ultrajasnego obiektu X-2 w galaktyce M82, co sugeruje, że ULXs-y mogą zawierać gwiazdę neutronową, a w innych obiektach również czarną dziurę o gwiazdowej masie. Obecnie powszechnie uważa się, że większość ULX-ów zawiera zwarte obiekty o masie gwiazdowej, które akreują z tempem akrecji przekraczającym limit Eddingtona, a ich pozorna duża jasność wynika z geometrycznego wzmocnienia promieniowania powodowanego przez optycznie gęsty wiatr.

W publikacjach I i II przeprowadziłem analizę widmową odpowiednio dwóch obiektów typu ULX: NGC 5055 X-1 i Circinus ULX5. Zgromadziłem dane rentgenowskie ze wszystkich dostępnych epok obserwacyjnych. NGC 5055 X-1 jest niezwykle jasnym źródłem rentgenowskim, którego jasność w zakresie 0.3 – 10 keV osiąga wartość 2.32×10^{40} erg s⁻¹, po redukcji na absorpcję w naszej Galaktyce. Z badania korelacji pomiędzy parametrami, wyznaczonymi podczas analizy widmowej, udało mi się wyciągnąć ciekawe wnioski. Ujemna korelacja między wewnętrzną temperaturą dysku a jasnością źródła sugeruje, że źródło akreuje w tempie ponad Eddingtonowskim, a wychodzące promieniowanie jest geometrycznie wzmacniane. Dodatnia korelacja między indeksem fotonowym a strumieniem wskazuje na to, że geometria akrecji to dysk+korona. Drugie źródło, Circinus ULX5, wykazuje zmienność zarówno strumienia jak i kształtu widma. Przeprowadzona przeze mnie analiza widma i zmienności czasowej, pokazała istnienie co najmniej dwóch różnych stanów widmowych źródła. Z jednej strony ULX5 może znajdować się w stanie niskiego poziomu strumienia, przy czym widmo zdominowane jest przez składnik potęgowy, a z drugiej strony ULX5 osiąga stan wysokiego poziomu strumienia, i wówczas widmo zdominowane jest przez składnik emisji z dysku akrecyjnego. Ponadto istnieje stan pośredni, w którym strumień źródła jest niski, ale widmo wciąż jest zdominowane przez emisję termiczną z dysku. Wyznaczone przeze mnie promienie wewnętrzne dysku sugerują, że mamy do czynienia z akrecją na obiekt zwarty o masie $< 10 M_{\odot}$. Pomimo braku wykrycia pulsacji w krzywej zmian blasku źródła ULX5, istnieje możliwość, że zawiera on akreującą gwiazdę neutronową.

W publikacji III przeprowadziłem analizę Fourierską obiektu NGC 7456 ULX-1. Widmo uśrednione w czasie jest dobrze opisywane przez model dwuskładnikowy, przy czym składnik miękki ma kształt termicznej emisji z dysku akrecyjnego, a składnik twardy opisywany jest przez termiczną Komptonizację, przy czym składniki dominują odpowiednio poniżej i powyżej energii granicznej wynoszącej ~ 1 keV. W danych obiektu wykryłem linię fluorescencyjną Fe K $_{\alpha}$ o szerokości równoważnej 300 eV, co wskazuje, że linia musi powstawać w odległości $\geq 85R_g$, przy założeniu, że poszerzenie linii jest powodowane przez ruch Keplerowski materii w dysku. Ponadto, obserwowane źródło jest bardzo zmienne, co pokazuje zachowanie strumienia z zakresu 0.5-10 keV, którego zmienność cząstkowa (z ang. fractional variability) sięga $44.25 \pm 1.46\%$ w skalach czasowych od 1000s do 40 ks. Dokładna analiza czasowa danych rentgenowskich pokazała, że miękki strumień dociera do detektora z opóźnieniem, w stosunku do strumienia twardego, o prawie 1300s. Ponadto, z analizy widma kowariancji można było wnioskować, że za obserwowane opóźnienie odpowiada twardszy składnik widma. Najprawdopodobniej dzieje się tak dlatego, że promieniowanie jest wielokrotnie rozpraszane na materii, która w formie

wiatru wypływa z dysku akrecyjnego.

Ostatnia [IV publikacja](#) przedstawia moje obliczenia wykonane przy pomocy programu syntezy populacji **StarTrack** w celu zbadania zależności pomiędzy ultra jasną fazą ULX-ów, a powstawaniem podwójnych obiektów zwartych, które w ostateczności zlewają się tworząc fale grawitacyjne wykrywane przed detektory LIGO/Virgo. Takie zlewające się podwójne obiekty zwarte (z ang. DCOs) mogą być układami typu BB-BB, BB-NS oraz NS-NS. Obserwacje kilku ULX-ów w optycznej dziedzinie widma pozwoliły zidentyfikować masy ich gwiazd towarzyszących. Są to masywne nadolbrzymy, z których materia opada na obiekt zwarty, dlatego te ULX-y mogą być potencjalnymi prekursorami zlewających się DCO-sów. Aby wyjaśnić pochodzenie podwójnych obiektów zwartych, założyłem różne scenariusze ewolucyjne: ewolucja izolowanych układów podwójnych, dynamiczna ewolucja wewnątrz gęstej gromady gwiazd, oraz chemicznie jednorodna ewolucja grupy układów podwójnych. Zbadanie związku ULX-ów z podwójnymi obiektami zwartymi pozwoli nam wytłumaczyć pochodzenie DCO-sów. Moje oszacowanie tempa zlewania się podwójnych obiektów zwartych pokazało, że 50% zlewających się podwójnych czarnych dziur przeszło fazę ULX.