

EXCES DE INFRAROȘU ÎN ULX HOLMBERG IX X-1: DISC CIRCUMBINAR SAU JET VARIABIL?

Ciprian BERGHEA *

Key Words: X-ray binary, black hole, infrared, jet, accretion.

În numărul 4 al revistei *Perseus* am prezentat o imagine generală a unor obiecte misterioase numite Surse de raze X Ultraluminoase (ULX) și în acest număr aş vrea să prezint rezultate recente despre unul dintre cele mai cunoscute exemple. Fiindcă am făcut deja o descriere a acestor surse, nu voi aminti cititorului decât esențialul. ULX sunt obiecte strălucitoare în raze X, aflate în alte galaxii, depășind limita teoretică (așa-numita limită Eddington). În multe cazuri, ele depășesc emisia întregii galaxii de care aparțin. În general, e acceptat că ULX sunt sisteme binare cu o gaură neagră și o stea normală care sunt aproape una de alta, așa încât gaura neagră înghite încet steaua. În acest proces se formează un disc de acreție în jurul găurii negre care e așa de fierbinte (milioane de grade), încât emite radiații X.

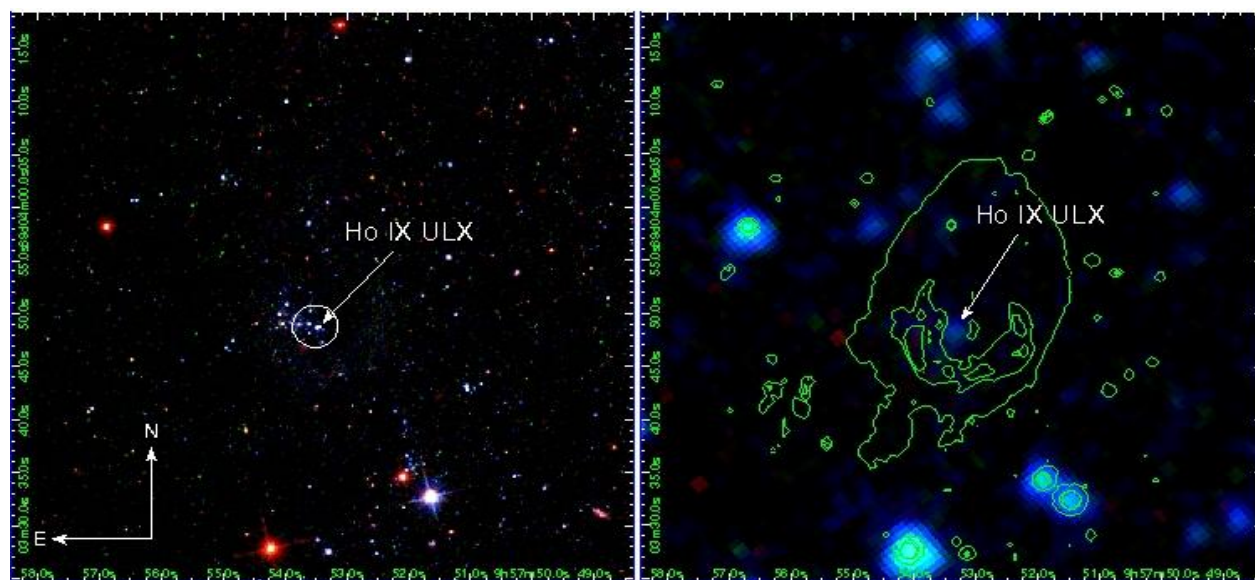


Figura nr. 1 *Stânga: Imagine HST (Hubble); Dreapta: imagine Spitzer IRAC cu contur SUBARU în Ha. Săgețile arată poziția ULX iar cercul reprezintă apertura de extracție pentru sursa infraroșie IRAC*

Pentru a explica cum de este așa strălucitoare, unii cercetători cred că gaura neagră e masivă, între 50 și 10.000 de ori masa soarelui - așa-numita gaură neagră cu masă mijlocie (Intermediate-Mass Black Holes, IMBH)¹. Din păcate, e greu de explicat cum se formează aceasta fiindcă nu poate fi generată prin explozia unei stele normale. Cei mai mulți cercetători susțin că, de fapt, gaura neagră are masa normală, dar emisia depășește cumva limita Eddington și sugerează că asta se poate întâmpla în anumite condiții, când steaua ce este înghițită e foarte masivă. Un puternic suport pentru această ipoteză a apărut în ultimii doi ani, când noul telescop Suzaku a descoperit două ULX-uri care conțin, de fapt, o stea neutronică, cu masa chiar mai mică decât găurile negre ce se formează din colapsul stelelor. Încă nu este foarte clar cum emisia depășește limita Eddington dar se pare că are legătură cu câmpul magnetic foarte puternic care e prezent în stelele neutronice.

* Astronom la Observatorul Naval al Statelor Unite

¹ Colbert, E. J. M., & Mushotzky, R. F., 1999, *The Nature of Accreting Black Holes in Nearby Galaxy Nuclei*, The Astrophysical Journal, 519, 89.

În ultimii ani, studiul ULX în raze X a început să fie tot mai mult completat de observații în alte lungimi de undă, chiar dacă emisia e mai slabă și sunt greu de detectat. În acest articol prezint rezultatele noi în infraroșu despre unul din cele mai studiate ULX-uri, Holmberg IX X-1, aflat în galaxia pitică Holmberg IX. Este unul dintre acele ULX care sunt înconjurate de o nebuloasă de gaz ionizat. Aceste nebuloase reprezintă, probabil, rămășițe de la explozia de supernovă în urma căreia s-a format gaura neagră (mai multe detalii în articolul meu din Perseus nr. 4). În unele cazuri, au fost detectate și jeturi provenind din zona centrală a discului de acreție, și se presupune că aceste jeturi mătură gazul în nebuloasă datorită precesiei. Din păcate, aceste jeturi sunt foarte greu de detectat în unde radio. În cazul lui Holmberg IX X-1, nu fusese observat un jet dar anumite proprietăți ale nebuloasei sugerau că acesta este ionizat prin șoc, posibil cauzat de jetul care lovește nebuloasa².

Am căutat în arhiva misiunii Spitzer imagini ale galaxiei Holmberg IX. Spitzer este un telescop spațial în infraroșu și conține o cameră numită IRAC, care face observații în lungimile de undă 3.6, 4.5, 5.8 și 8.0 micrometri. Am descoperit o sursă foarte slabă dar vizibilă exact la poziția lui Holmberg IX X-1 (Fig. 1). Măsuram emisia acestei surse, folosind programele și indicațiile date în documentația misiunii Spitzer. Pentru a studia în detaliu emisia și a putea interpreta ce vedem în infraroșu, am folosit și date publicate mai înainte în raze X și ultraviolet cu telescopul XMM-Newton, și în domeniul optic cu telescopul Hubble (HST), amândouă aflate în spațiu.

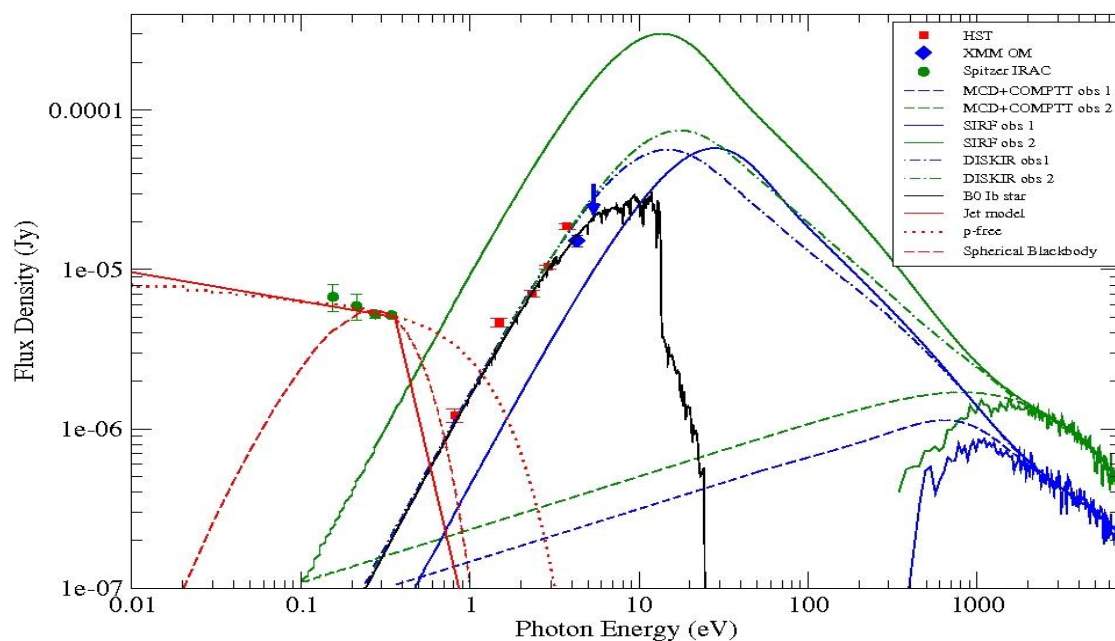


Figura nr 2 Distribuția Spectrală de Energie (SED)

Din păcate, ULX-urile sunt variabile în timp și aceste observații nu sunt simultane, deci, concluziile noastre vor trebui să țină cont de acest lucru. Toate aceste date le prezint în Figura 2, împreună cu modele ce încearcă să explice emisia în acest ULX, construind ceea ce se numește Distribuția Spectrală de Energie (SED), adică emisia pe toate lungimile de undă, de la X-ray, ultraviolet, lumina vizibilă, infraroșu și radio. Datele în raze X sunt spectre în intervalul larg 0.3 – 10 keV, deci putem aplica modele cunoscute și folosite la multe alte sisteme binare de raze X.

² Berghea, C. T., Dudik, R. P., Weaver, K. A., & Kallman, T. R., 2010, *The First Detection of [O IV] from an Ultraluminous X-Ray Source with Spitzer. II. Evidence for high Luminosity in Holmberg II ULX*, The Astrophysical Journal, 708, 364.

Am folosit două seturi de spectre în raze X care reprezintă două stări distincte, observate de-a lungul timpului, și am extrapolat modele până în infraroșu, linii albastre și verzi (Figura 2).

În domeniul optic, Grise și alții (2011)³ au descoperit o sursă cu aspect stelar aflată într-un grup (Figura nr. 1, stânga), și au arătat că e, probabil, o stea gigantă de tipul B0 Ib și că ar putea fi steaua ce e distrusă de o gaură neagră. În Figura nr. 2 arăt și eu emisia de la o stea de tipul acesta (linia neagră) și vedem că se potrivește foarte bine cu datele HST. Din păcate, emisia în domeniul optic poate veni și de la discul de acreție (modelele cu linie punct linie). Discul e umflat în partea exterioară și razele X emise în regiunile interioare ale discului lovesc partea exterioară și o încălzesc la temperatura de zece mii sau câteva zeci de mii de grade. Această temperatură este exact cea pe care o întâlnim în stele masive, deci nu putem spune sigur dacă ce vedem în domeniul optic e steaua sau discul de acreție (sau amândouă).

În sfârșit, ajungem și în domeniul infraroșu. În primul rând, remarcăm în Figura nr. 2 că datele luate cu Spitzer nu se potrivesc nici cu modelele extrapolate de la emisia în raza X și nici cu modelul stelei B0 Ib, și par să arate că există un exces în infraroșu. Propunem trei modele care ar putea explica de unde vine emisia în infraroșu. În primul rând, ar putea proveni de la un jet, așa cum am spus mai sus, și arătam un model cu linie roșie (în figura nr. 2). De obicei, un model de jet e o linie dreaptă (în scara logaritmică), până la unde radio (în stânga figura nr. 2), și undeva în infraroșu există o schimbare de înclinație. Din păcate, înclinația la capătul din dreapta (între 0.3 și 1 eV) trebuie să fie foarte mare ca să fie în acord cu observațiile Hubble și pare greu de explicat fizic. Totuși, jeturile sunt deseori variabile, deci, această interpretare nu e deloc exclusă.

O altă posibilitate ar fi ca emisia detectată de Spitzer să vină de la un disc circumbinar, adică un disc care înconjoară tot sistemul binar, gaura neagră plus stea. Acest disc e diferit de discul de acreție fiindcă e încălzit de radiații din afară (venind de la discul de acreție și de la stea), deci are o temperatură mult mai mică (~2000 K). Un model pentru acest caz e prezentat cu linie roșie punctată. Ca și în cazul jetului, acest model supraestimează emisia de energii ~ 1 eV.

A treia posibilitate ar fi un înveliș de gaz în jurul stelei. Astfel de învelișuri s-au observat în jurul unor stele gigante. Modelul pentru acest caz e prezentat cu linie roșie întreruptă (figura nr. 2) și are o temperatură de 1100 K. Problema cu acest model este că aceste învelișuri de gaz apar la gigante roșii, iar în cazul nostru avem o gigantă albastră și, în plus, modelul nu se potrivește bine cu datele Spitzer la 5.8 și 8 micrometri.

Concluzia este că datele în infraroșu arată un exces clar în infraroșu care poate fi explicat printr-un jet sau un disc circumbinar. Aceste modele sunt, din păcate, greu de reconciliat cu observațiile Hubble. Trebuie, totuși, să amintim cititorului că emisia în acest ULX e variabilă, până la un factor de 4-5, iar datele pe care le-am folosit nu sunt simultane. Mai adaug, la final, că am observat de curând acest ULX cu telescopul radio Very Large Array (VLA) și datele preliminare indică, într-adevăr, prezența unui jet.

SPITZER IRAC OBSERVATIONS OF IR EXCESS IN HOLMBERG IX X-1: A CIRCUMBINARY DISK OR A VARIABLE JET?

I present Spitzer Infrared Array Camera (IRAC) photometric observations of the Ultraluminous X-ray Source (ULX, X-1) in Holmberg IX. I constructed the spectral energy distribution (SED) for Holmberg IX X-1 based on published optical, UV and X-ray data combined with the IR data from this analysis. I modeled the X-ray and optical data with disk and stellar models, however I found a clear IR excess in the ULX SED that cannot be explained by fits or extrapolations of any of these models. Instead, further analysis suggests that the IR excess results either from dust emission, possibly from a circumbinary disk or from a variable jet.

³ Grisé, F.; Kaaret, P.; Pakull, M. W.; Motch, C., 2011, *Optical Properties of the Ultraluminous X-Ray Source Holmberg IX X-1 and Its Stellar Environment*, The Astrophysical Journal, 734, 23.