

УДК 524.7-82

А. Василенко, асп.

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯДРА АКТИВНОЇ ГАЛАКТИКИ NGC 1194

Оброблено результати спостережень активної сейфертівської галактики проміжного типу Sy 1.9 NGC 1195, отримані космічною місією XMM-Newton. Після застосування відповідних моделей випромінювання акреційного диску рентгенівського спектру у діапазоні 2.5–11.0 keV, визначені параметри акреційного диску, такі як розмір внутрішньої стабільної орбіти та кут нахилу до променя зору. Профіль емісійної лінії нейтрального заліза Fe K α на енергії 6.4 keV вказує на те, що надмасивна чорна діра у ядрі галактики не обертається.

Results of XMM-Newton observations of an active galactic nucleus of intermediate type Sy 1.9 NGC 1195 are analyzed. Parameters of the accretion disk, such as a size of the innermost stable orbit and an inclination are determined on the basis of standard models of X-ray spectrum in 2.5–11.0 keV energy band. We point out that the profile of an emission line on 6.4 keV of neutral iron Fe K α shows that supermassive black hole in the core of the galaxy doesn't rotate.

Вступ. Галактика NGC 1194 є сейфертівською галактикою проміжного типу 1.9 [8]. Червоне зміщення $z=0.0136$, що відповідає відстані ~ 55 Мпс. Галактика є джерелом мазерного випромінювання H $_2$ O з піковим потоком 148 мЯн [1,2], але загальне сильне радіо випромінювання відсутнє (2,5 мЯн на 1.4 ГГц, 0.6 мЯн на 8.5 ГГц). Для аналізу рентгенівського випромінювання використовувались дані, отримані камерою EPIC PN під час спостереження супутником XMM-Newton 19.02.2006, тривалістю 14202 сек (ID 0307000701). Після редукації даних використовувалось 12530 сек.

Це спостереження вже оброблялось [7,11], але лише основних рисах.

Завданням роботи було визначення параметрів акреційного диску та спіну надмасивної чорної діри (далі – НДМЧ) у центрі галактики. Через це, серед наявних моделей пакету XSPEC був проведений пошук найкращої комбінації моделей для акреційного диску навколо НМЧД та таких моделей, які враховували складний профіль емісійної лінії заліза Fe K α (в залежності від спіну НМЧД). Виявилось, що для опису спектру підходять дві складені моделі. Одна

© Василенко А., 2012

включає у себе гаусівський профіль лінії (zgauss) та враховує релятивістський ефект розмиття континууму від тонкого акреційного диску навколо НМЧД Шварцшильда (rdblur). Її параметри наведені в Табл. 1, відповідний вигляд спектру – на Рис. 2. Друга включає у себе модель емісійної лінії Fe K α , яка випромінюється релятивістським акреційним диском навколо НМЧД Шварцшильда (diskline [4]), але без врахуванням релятивістських ефектів розмиття континууму. Параметри останньої наведені в Табл. 2, вигляд спектру – На Рис. 3. Обидві моделі містять компоненту поглинання теплим середовищем wabs та rehrav [10], яка вказує на те, що спектр континууму формується як спектр відбиття від холодного (не іонізованого) акреційного диску.

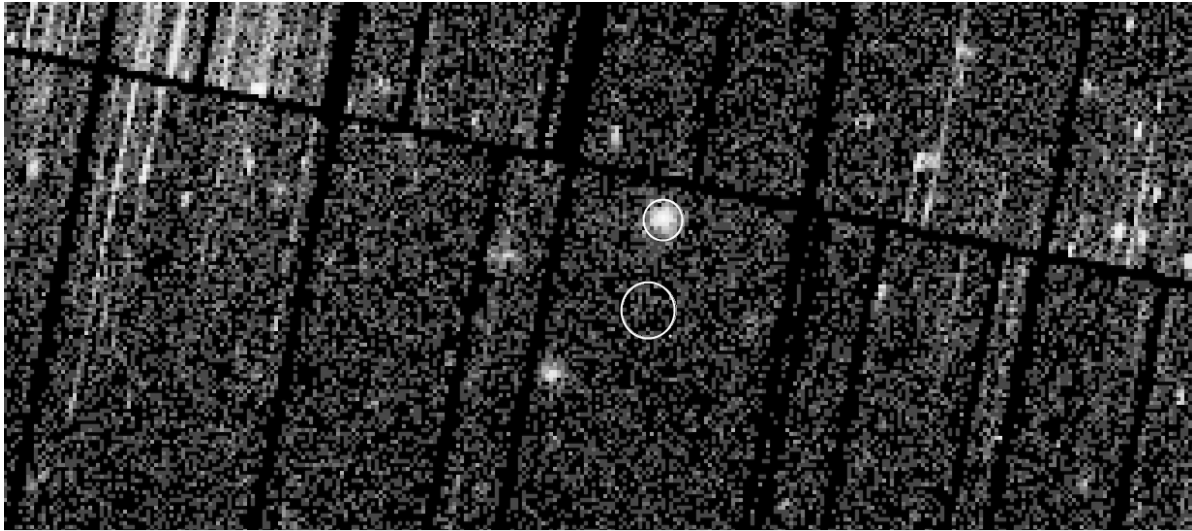


Рис.1 Рентгенівське зображення галактики NGC 1194, камера EPIC PN. Верхнім кружечком позначено область джерела, нижнім – фон

Таблица 1

Результати моделювання спектру з врахуванням моделі акреційного диску, без релятивістського профілю лінії Fe K α

Модель	Параметри	Розмірність	Величина
phabs	nH	10 ²²	7.04·10 ⁻² (frozen)
zwabs	nH	10 ²²	2.70±1.27
	Redshift		0.0136
rdblur	Betor10		1.74±0.18
	Rin(M)		7.27±3.63
	Rout(M)		400(frozen)
	Incl	deg	8.03±6.84
pehrav	PhoIndex		1.01
	Rel_refl		64.80±5.95
	Redshift		0.0136
	norm		(9.64 1.44)·10 ⁻⁶
zgauss	Line E	keV	6.486±0.027
	Sigma	keV	(27.1 ^{+9.9} _{-4.1})·10 ⁻²
	Redshift		0.0136
	norm		(1.85±0.54)·10 ⁻⁵
zgauss	Line E	keV	7.123±0.089
	Sigma	keV	(3.07±0.84)·10 ⁻¹
	Redshift		0.0136
	norm		(1.80±0.61)·10 ⁻⁵
$\chi^2/\nu = 45.82/47 (0.97)$			

Примітка: PhoIndex-показник степені, Redshift-червоне зміщення, norm-нормування (фотонів*см⁻²*с⁻¹*кеВ⁻¹).

Перша і друга моделі містять у собі параметри акреційного диску, які нас цікавлять, а саме радіус найменшої стабільної орбіти Rin(M) (в одиницях R=G·M/c², де M – маса центрального тіла), кут до променя зору Incl та степеневий показник коефіцієнта випромінювання Betor10 (вказує на область формування лінії Fe K α . Якщо має величину більше 3, то реєструється лінія Fe K α , яка утворюється в межах внутрішньої стабільної орбіти). Для обох моделей всі вони у межах похибок співпадають. Помітна різниця є лише в значеннях енергій ліній, але які співпадають на межі похибок. Це пояснюється тим, що модель diskline дає асиметричний профіль внаслідок врахування доплерівського зміщення через обертання диску та врахування гравітаційного червоного зміщення, у той час як для опису профілю Fe K α у першій моделі використовувалась згортка rdblur*zgauss, де zgauss дає симетричну форму лінії.

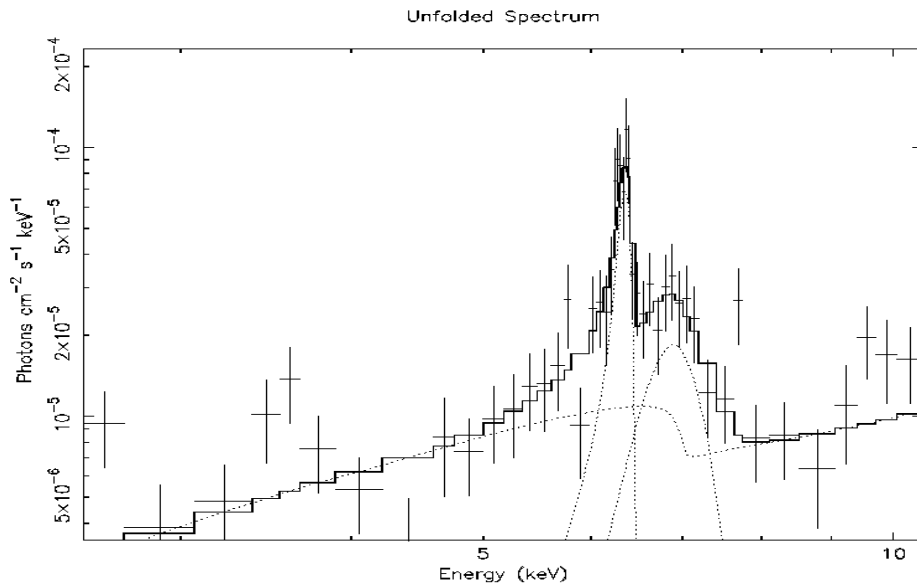


Рис.2 Спектр, апроксимований з врахуванням моделі акреційного диску. Пунктирними лініями показані компоненти моделі: континууму та двох емісійних ліній Fe

Таблиця 2

Результати моделювання спектру з врахуванням релятивістського профілю лінії Fe K_α.

Модель	Параметри	Розмірність	Величина
pexrav	PhoIndex		1.19±0.04
	Rel_refl		42.45±4.71
	redshift		0.0136
	norm		(1.85±0.26)·10 ⁻⁵
phabs	nH	10 ²²	7.04·10 ⁻² (frozen)
zwabs	nH	10 ²²	3.58±1.29
diskline	redshift		0.0136
	Line E	keV	6.388±0.020
	Betor10		1.62±0.22
	Rin(M)		7.39±1.4
	Rout(M)		400(frozen)
	Incl	deg	8.02±4.88
zgauss	Norm		(1.69±0.48)·10 ⁻⁵
	Line E	keV	6.961±0.097
	Sigma	keV	0.419±0.093
	Redshift		0.0136
	norm		(1.82±0.70)·10 ⁻⁵
χ²/ν=46.71/44 (1.062)			

Примітка: PhoIndex-показник степені, Redshift-червоне зміщення, norm-нормування (фотонів*см⁻²*с⁻¹*keV⁻¹).

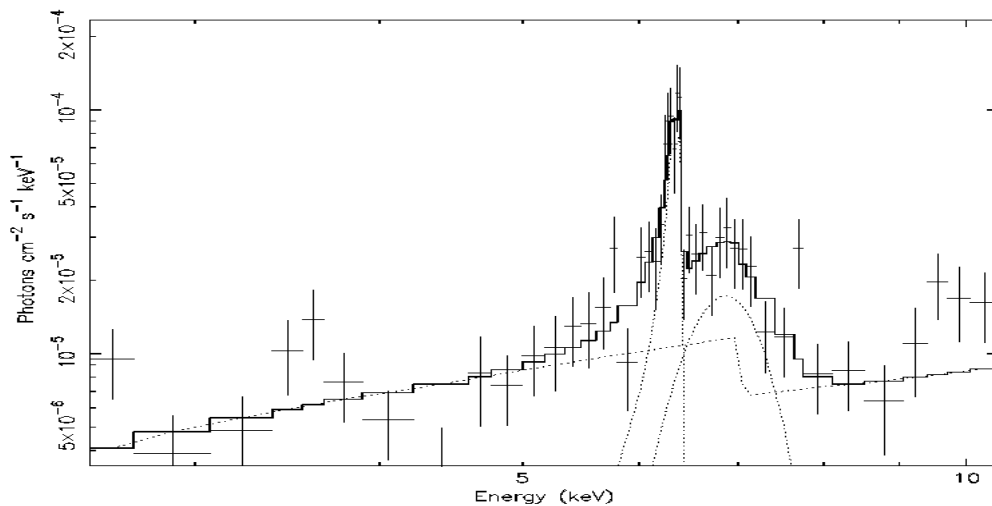


Рис.3 Спектр, апроксимований з врахуванням релятивістського профілю лінії Fe K_α. Пунктирними лініями показані компоненти моделі: континууму та двох емісійних ліній Fe.

Результати та їх обговорення. Обидві моделі показали наявність в центрі галактики NGC 1194 НМЧД типу Шварцшильдівської. А це відповідає тому, що ця лінзовидна галактика раннього типу S0a має невелике радіовипромінювання та відсутність будь-яких проявів радіоджетів. Останнє, згідно спін-парадигми [6] свідчить про можливість існування в ядрі галактики НМЧД, яка не обертається. У такому випадку внутрішня стабільна орбіта акреційного диску має бути досить близько від НМЧД, що підтверджується параметрами обох моделей: $(7.27 \pm 3.63)R$ для першої та $(7.39 \pm 1.4)R$ для другої. Отримані значення близькі до теоретичного значення $6R$. При застосуванні моделі з гаусівськими профілями ліній, знайдені велика ширина та еквівалентна ширина ліній – для Fe K $_{\alpha}$ $27.1^{+9.9}_{-4.1}$ eV та 910 ± 59 eV відповідно; для Fe XXV або blend Fe K $_{\alpha/\beta}$ – 307 ± 84 eV та 550^{+79}_{-42} eV відповідно. Знайдені значення кута між нормаллю акреційного диску до променя зору $8.03 \pm 6.84^{\circ}$ та $8.02 \pm 4.88^{\circ}$ (для першої та другої моделі відповідно) знаходяться у відповідності до класифікації NGC 1194 як Сейфертівської активної галактики 1-го типу. Еквівалентна ширина першої лінії є великою, і якщо, згідно до сучасних уявлень [5], лінія 6.4 keV Fe K $_{\alpha}$ формується в межах внутрішньої стабільної орбіти навколо НМЧД, то це узгоджується з отриманим результатом. Потік від NGC 1194 у рентгенівському діапазоні 2.5–11.0 keV, згідно опрацьованого спостереження, склав $1.251 \pm 0.002 \cdot 10^{-12}$ ерг/см 2 /сек, світність $5.025 \pm 0.005 \cdot 10^{41}$ ерг/сек, що є типовими значеннями для такого типу галактик. Світність у лінії Fe K $_{\alpha}$ = $3.4098 \cdot 10^{40}$ ерг/сек. Варто відзначити також те, що застосування до опису континууму спектру моделі рехрав (наявність холодної матерії) підтверджується тим, що ядро NGC 1194 має мазерний водний диск [9].

Рентгенівські спостереження галактики NGC 1194 з більшою експозицією могли б дати більш точні, надійніші фізичні характеристики її активного ядра.

1. Braatz J.A., Wilson A.S., Henkel C. A survey for H $_2$ O megamasers in active galactic nuclei. I. Observation. // *Astroph. J. Suppl. Ser.* – 1996. – Vol. 106. – P. 51–64.
2. Braatz J.A., Wilson A.S., Henkel C. A survey for H $_2$ O megamasers in active galactic nuclei. II. A comparison of detected and undetected galaxies. // *Astroph. J. Suppl. Ser.* – 1997. – Vol. 110. – P. 321–346.
3. Dickey J.M., Lockman F.J. H I in the Galaxy // *A&A.* – 1990. – Vol. 28. – P. 215–261.
4. Fabian A.C., Rees M.J., Stella L., et al. X-ray fluorescence the inner disc in Cygnus X-1 // *MNRAS.* – 1989. – Vol. 238. – P. 729–736.
5. Fabian A.C., Iwasawa K., Reynolds C.S., et al. Broad iron lines in active galactic nuclei // *PASP.* – 2000. – Vol. 112. – P. 1145–1161.
6. Garofalo D., Evans D.A., Sambruna R.M. The evolution of radio loud active nuclei as a function of black hole spin // *MNRAS.* – 2010. – Vol. 406. – P. 975–986.
7. Greenhill L.J., Tilak A. Prevalence of high X-ray obscuring columns among AGNs that host H $_2$ O masers // *Astroph. J.* – 2008. – Vol. 686. – P. 13–16.
8. Kirhakos S.D., Steiner J.E. X ray and infrared selected AGN.-II. Optical spectroscopy // *Astron. J.* – 1990. – Vol. 99, Num. 6. – P. 1722–1739.
9. Kuo C.Y., Braatz J.A., Condon J.J., et al. The megamaser cosmology project. III. Accurate masses of seven supermassive black holes in active galaxies with circumnuclear megamaser disks // *Astroph. J.* – 2011. – Vol. 727. – P. 20–35.
10. Magdziarz P., Zdziarski A. Angle-dependent compton reflection of X-rays and gamma-rays // *MNRAS.* – 1995. – Vol. 273, Issue 3. – P. 837–848.
11. Teng Liu, Jun-Xian Wang The difference in narrow Fe K $_{\alpha}$ line emission between Seyfert 1 and Seyfert 2 galaxies // *Astroph. J.* – 2010. – Vol. 725. – P. 2381–2391.
12. Сторінка доступу – <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/xanadu/xspec/>.

Надійшла до редколегії 09.02.12