



УДК 524.7

## Особенности рентгеновского спектра активного ядра галактики Mrk 1498

А.А. Василенко, О.В. Федорова, В.І. Жданов

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Представлено результати обробки даних спостережень XMM-Newton та Swift галактики з активним ядром проміжного типу Sy 1.9 Mrk 1498. Проаналізовано спектри, одержані камерами XMM/EPIC (PN та MOS) в діапазоні енергій 0.2–12 кеВ та телескопом Swift/BAT в діапазоні енергій 14–195 кеВ. Показано, що для опису рентгеновського спектру ядра галактики є адекватними як стандартні моделі, які враховують тільки відбитий спектр акреційного диска, так і модель, яка враховує поглинання та відбиття випромінювання газопиловою тороподібною структурою кільцеподібної форми. Також, у рентгеновському спектрі Mrk 1498 виявлено компоненти, що відповідають випромінюванню дифузного газу, іонізованого зіткненнями та степеневому спектру розсіяного випромінювання.

ОСОБЕННОСТИ РЕНТГЕНОВСКОГО СПЕКТРА АКТИВНОГО ЯДРА ГАЛАКТИКИ Mrk 1498, Василенко А.А., Федорова Е.В., Жданов В.И. — Представлены результаты обработки данных наблюдений XMM-Newton и Swift галактики с активным ядром промежуточного типа Sy 1.9 Mrk 1498. Проведен анализ спектров, полученных камерами XMM/EPIC (PN и MOS) в диапазоне энергий 0.2–12 кэВ, и телескопом Swift/BAT в диапазоне энергий 14–195 кэВ. Показано, что для описания рентгеновского спектра ядра галактики являются адекватными как стандартные модели, которые учитывают только отраженный спектр аккреционного диска, так и модель, которая учитывает поглощение и отражение излучения газопылевой торообразной структурой кольцеобразной формы. Также, в рентгеновском спектре Mrk 1498 обнаружены компоненты, соответствующие излучению диффузного газа, ионизированного столкновениями, и степенной спектр рассеянного излучения.

FEATURES OF THE X-RAY SPECTRA OF ACTIVE GALACTIC NUCLEI Mrk 1498, by Vasilenko A.A., Fedorova E.V., Zhdanov V.I. — We present results of our analysis of the XMM-Newton and Swift observations of the galaxy with Sy 1.9 active nucleus Mrk 1498. We analyze the spectra obtained from three EPIC cameras (PN and both MOS) within the 0.2–12 keV energy range and Swift/BAT instrument within the range of 14–195 keV. We demonstrate that for the X-ray spectrum of the AGN in this galaxy the standard models taking into account only the emission reflected by the accretion disk are adequate, but also the more complicate model including both the absorption and reflection of the primary AGN emission on a gas-dust ring shaped torus-like structure. Also, in the X-ray spectrum we detected the components corresponding to the emission of diffuse collisionally-ionized gas, and the power-law spectrum of the scattered radiation.

**Ключевые слова:** активные ядра галактик; рентгеновские спектры.

**Key words:** active galactic nuclei; X-ray spectra.

### 1. ВСТУП

Mrk 1498 (альтернативні назви — SWIFT J1628.1+5154, WN 1626+5153) є радіогучною, еліптичною галактикою з активним ядром проміжного типу Сейферт 1.9 (Sy1.9) [16]. Червоне зміщення об'єкту становить  $z=0.0547$ , що відповідає відстані  $\sim 234$  Мпс. Вперше була виявлена під час огляду північного неба в 1991–1996 роках під час радіо огляду неба WENSS (Westerbork Northern Sky Survey) на частоті 325 МГц, коли дістала назву WN 1626+5153. У радіодіапазоні виглядає як велике (18.4 кутових хвилин) радіо-джерело типу Fanaroff–Riley II (FR II) [12]. Відстань між радіо-вухами становить близько 1.6 Мпс, тобто даний об'єкт належить до гігантських радіо-джерел (Giant Radio Source — GRS) [7].

Перше рентгеновське спостереження об'єкту опубліковане у 2008 році Тайлер із співавторами [15] за результатами 9-місячного огляду галактик з активними ядрами супутником Swift/BAT в діапазоні 14–195 кеВ. Для Mrk 1498 за результатами цього огляду було знайдено помірно велике значення стовпкової густини  $N_H \approx 1.82 \cdot 10^{23} \text{ см}^{-1}$ . Ідентичний результат був знайдений Вінтер зі співавторами [19] за результатами обробки даних спостережень Swift/XRT в діапазоні 0.3–10 кеВ, отриманих протягом трьох діб 11–13.03.2006. Використавши модель з частковим перекриттям поглиначем автори отримали  $N_H \approx 1.78 \cdot 10^{23} \text{ см}^{-1}$ . Також було знайдено оцінку маси надмасивної чорної діри в центрі ядра галактики  $\sim 3.89 \cdot 10^8 M_\odot$ .

Вперше модель тору для даного об'єкту було застосовано Егучі зі співавторами [4], до спостережених даних Suzaku в діапазоні 0.2–70 кеВ. Густина такого тору за оцінками роботи [4] становить близько  $N_H \approx 5.8 \cdot 10^{23} \text{ см}^{-1}$ . Відзначимо, що в цій роботі поглинання вважали двокомпонентним (тобто, враховуючи поглинання в галактиці, як такий). Також ними була виявлена слабка емісійна лінія заліза  $\text{FeK}_\alpha \sim 6.27 \text{ кеВ}$  з еквівалентною шириною  $EW \approx 51 \text{ еВ}$ .

Оптичні властивості Mrk 1498 були проаналізовані Чожновські та Кіл [2], використовуючи дані 2.1-м телескопу обсерваторії Кіт-Пік. Вони знайшли джето-подібні структури навколо галактики на масштабі до 26 кпк, досягаючи радіальної швидкості  $\sim 300$  км/с.

## 2. СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА ПІДГОТОВКА ДАНИХ

Галактика Mrk 1498 спостерігалася ХММ-Newton 23 червня 2007 протягом 14 ксек (ID 0307000701) всіма трьома камерами EPIC. Для отримання сукупного спектру з цих трьох приладів був отриманий за допомогою стандартних процедур пакету SAS ver.11 — `evselect`, `backscale`, `gmfgen` та `arfgen`. Спектр фону отримувався з того ж чипу матриці, де знаходилося джерело, яке відповідало галактиці Mrk 1498. Після фільтрування даних EPIC камер, ми використали скрипт Гуанаці для об'єднання спектрів з трьох камер в один (сумарний для джерела і для фону), що може бути знайдений у вільному доступі [20]. Таким чином, ми отримали комбінований спектр в діапазоні енергій 0.2–12.0 кеВ. Спектр перебінувався зі значенням не менше 20 подій в кожному спектральному каналі.

Також в роботі використані дані спостереження галактики Mrk 1498 інструмента BAT супутника Swift, отримані в результаті 70-місячного огляду неба в діапазоні енергій 14–195 кеВ [1]. Спектр та супутні файли були отримані зі веб-сторінки огляду [21]. Ефективна тривалість спостереження становить  $1.368 \cdot 10^7$  сек.

## 3. ОПРАЦЮВАННЯ СПЕКТРУ

Для моделювання спектрів використовувалось спеціалізоване програмне забезпечення XSPEC ver.12.6.0. Були розглянуті дві моделі:

*Модель А:* (ідентична модель використовувалась в роботі [4]) складається з трьох компонент: 1) первинний континуум “центральної машини” (`zpowerlw`), поглинутий в торі із фактором перекриття (`zpcfabs`) та в галактичному середовищі (`zphabs`); 2) розсіяне випромінювання “центральної машини” (`zpowerlw`); 3) випромінювання корони, відбите від холодного акреційного диску (`rexrav`, див. [8]). Степеневі показники прямого (поглинутого) та відбитого випромінювання вважалися тотожними. Завдяки вищій у порівнянні із Suzaku, якості спектру на енергіях 0.2–2.0 кеВ, ми виявили присутність рентгенівського “м'якого надлишку”, який апроксимували моделлю арес випромінювання дифузного газу, іонізованого зіткненнями. Для застосування в XSPEC модель А виглядає як

$$\text{phabs}*(\text{zphabs}*\text{zpcfabs}*\text{zpowerlw}+\text{constant}*\text{zpowerlw}+\text{zphabs}*\text{pexrav}+\text{apec}).$$

Отримані параметри моделі А наведені в табл. 1.

*Модель Б* складається з таких компонентів: 1) розсіяне випромінювання “центральної машини” (`zpowerlw`); 2) випромінювання дифузного газу, іонізованого зіткненнями (арес); 3) первинне випромінювання “центральної машини”, поглинуте та розсіяне комптонівським тороподібним репроцесором (MYTorus [9]). Для застосування в XSPEC модель Б виглядає наступним чином:

$$\text{phabs}*(\text{constant}*\text{zpowerlw}+\text{apec}+\text{zphabs}*(\text{zpowerlw}*\text{mtable}\{\text{mytorus\_Mzero\_v00.fits}\}+\text{const}*\text{atable}\{\text{mytorus\_scatteredH300\_v00.fits}\})).$$

Підгоночні параметри моделі Б наведені в табл. 2. Відповідний їй вигляд спектру наведений на рис. 1. Головним її компонентом є множник MYTorusZ (тобто `{mtable}\{\text{mytorus\_Mzero\_v00.fits}\}`), який враховує форму спектру внутрішнього випромінювання (тобто корони акреційного диску), яку ми вважаємо степеневою, та доданку MYTorusS (тобто `mytorus\_scatteredH300\_v00.fits`), який описує розсіювання/відбиття внутрішнього спектру.

Обидві ці моделі враховували також поглинання в Галактиці, фіксоване значення якого  $2.01 \cdot 10^{20}$  см<sup>-2</sup> було обчислене в роботі [3]. Додамо також, що ми не виявили емісійну лінію FeK $\alpha$   $\sim 6.4$  кеВ внаслідок або її відсутності, або настільки малої інтенсивності, що вона губиться у похибках спектру континууму.

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Застосування обох моделей до спектрів ХММ-Newton/EPIC та Swift/BAT показали дуже добрий рівень фітування  $\chi^2/\nu = 1.07$  (модель А) та 1.08 (модель Б), значення нев'язки не дозволяє надати перевагу одній з них. Тому в даному випадку доцільно звернути увагу на більшу фізичну обґрунтованість однієї моделі у порівнянні з іншою.

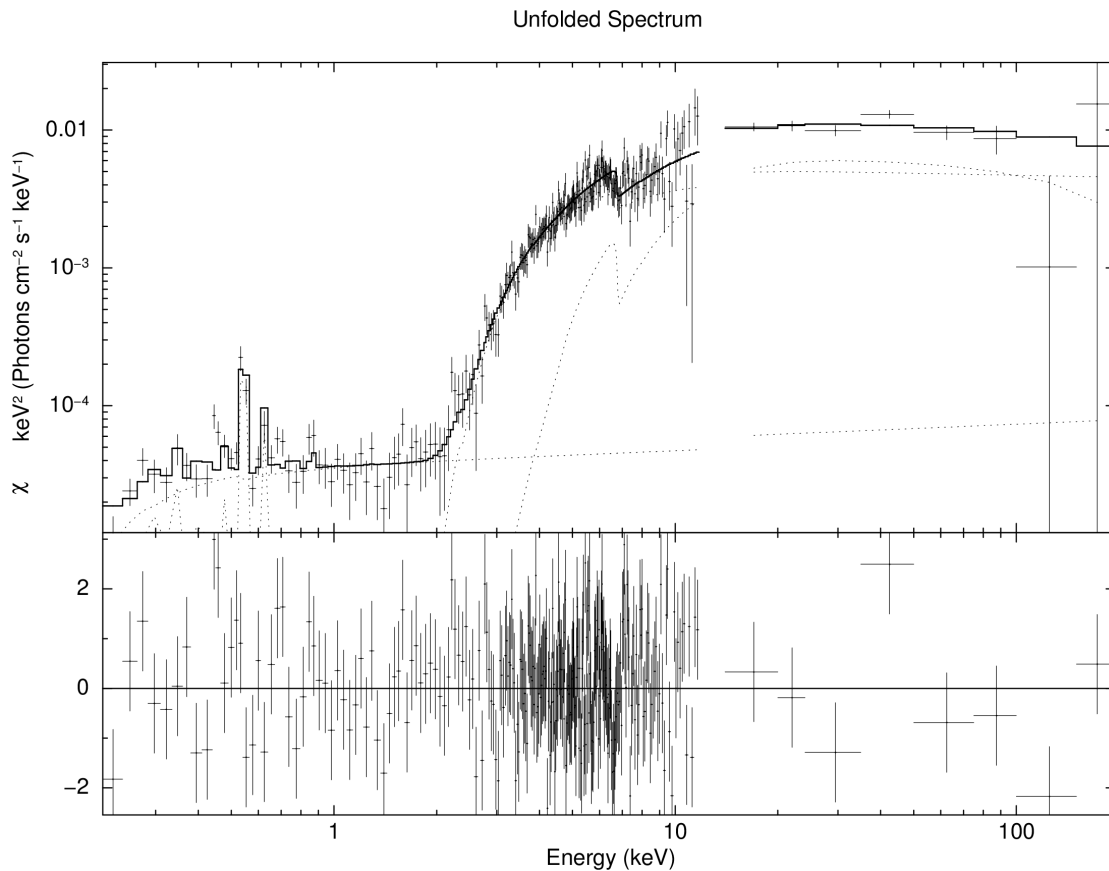
Коефіцієнт відносного відбиття в моделі А становить  $R \approx 1.43$ . Враховуючи геометрію системи в моделі `rexrav` як набір шарів (абсолютно тонкий, абсолютно непрозорий однорідний диск, який опромінюється короною (“лампа над столом”), коефіцієнт відбиття визначається як  $R = \Omega/2\pi$ , де  $\Omega$  — тілесний кут. Тобто, в типовому випадку він має приймати додатні значення в діапазоні 0–1, значення  $R > 1$  не є фізичним і свідчить на користь того, що структура системи не відповідає модельній. Причиною цього може бути як часткова прозорість диску, наявність збурень густини в диску, або геометрія диску не відповідає моделі абсолютного тонкого шару. Прикладом такої системи може слугувати неоднорідний газо-пиловий тор. Такий сценарій запропонований в роботі [4], де, окрім відбиття моделі відбиття від

диску з поглинанням, введено поглинання з фактором перекриття. Але, незважаючи на таке розширення моделі та дуже добрий рівень фітування, опис відбиття від тору для Сейфертівських галактик типу 1.9 та 2 моделлю рехгав з модифікованим поглиначем, є досить грубим наближенням в зв'язку з тим, що дана модель розрахована для відбиття випромінювання від абсолютно непрозорого диску (з нескінченним  $N_H$ ). Але газо-пиловий тор, по-перше, має, у загальному випадку, не дискову форму, а складнішу геометричну структуру, по-друге, він має скінченну величину  $N_H$ , по-третє, неоднорідний розподіл  $N_H$  по об'єму. Внаслідок перерахованих факторів, рехгав показує не фізичні значення параметрів, при чому, параметр  $\cos i$  в цій «дисковій» моделі, для тору взагалі не має фізичного змісту [13]. Тому ми будемо розглядати надалі модель Б, як фізично більш обґрунтовану, незважаючи на те, що статистично обидві ці моделі є еквівалентними.

Поглинання в цій моделі становить  $N_H = 2.74 \cdot 10^{23} \text{ см}^{-2}$ , показуючи, що даний об'єкт належить до класу комптон-тонких. Наше значення трохи більше, ніж отримане в роботах [6, 19], але вдвічі менше за наведене в [4]. Таку відмінність можна пояснити тим, значення поглинання сильно залежить від форми спектру на енергіях  $< 2 \text{ кеВ}$ . У попередніх роботах ця ділянка спектру детально не досліджувалась. У нашій роботі, завдяки якісним даним супутника ХММ-Newton, нами встановлено, що в цьому діапазоні, окрім поглинання та степеневого спектру, також присутня емісія дифузного газу з  $kT = 1.7 \text{ кеВ}$ . Таким чином, значення поглинання буде відрізнятися від отриманого без врахування такої емісії.

Згідно отриманих параметрів спектру, стовпчикова густина для внутрішнього випромінювання на промені зору  $N_H = 1.41 \cdot 10^{23} \text{ см}^{-2}$ ; для відбитої компоненти, що відповідає за поглинання поза променем зору  $N_H = 7.09 \cdot 10^{23} \text{ см}^{-2}$ . Окрім цих компонентів, виявилось необхідним введення додаткового однорідного поглинання з  $N_H = 3.87 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-2}$ . Кути для компонент MYTorusZ, MYTorusS під час вільної варіації не визначались, тому ми зафіксували їх значення як  $90^\circ$ , при найкращому значенню рівня фітування  $\chi^2/\nu = 1.08$ . Згідно з [13] такі результати апроксимації спектру можна трактувати наступним чином. Акреційний диск оточений комптон-товстим тором у вигляді тонкого кільця з  $N_H = 7.09 \cdot 10^{23} \text{ см}^{-2}$ . Ця система поміщена в двох-зонний поглинач з  $N_H = 1.41 \cdot 10^{23} \text{ см}^{-2}$  та  $N_H = 3.87 \cdot 10^{23} \text{ см}^{-2}$ .

Відсутність чітко зареєстрованої емісійної лінії  $\text{FeK}\alpha$  пояснюється принаймні трьома причинами. По-перше, згідно з роботою [5], акреційний диск може бути або у високоіонізованому стані (іонізаційний фактор  $\xi > 5000 \text{ ерг}\cdot\text{см}\cdot\text{с}^{-2}$ ), так, що переважна більшість атомів заліза позбулися електронів; або мати проміжний стан ( $100 < \xi < 500 \text{ ерг}\cdot\text{см}\cdot\text{с}^{-2}$ ), в якому ефективно поглинаються внаслідок резонансу іонами



**Рис. 1.** Рентгенівський спектр галактики Mrk 1498 в діапазоні 0.2–195 кеВ, апроксимований моделлю, яка враховує перевипромінювання/поглинання газопилового тору

**Таблиця 1.** Параметри рентгенівського спектру галактики Mrk 1498 з врахуванням відбитої компоненти від акреційного диску

Модель	Параметр	Один.вим.	Значення
zphabs	nH	$10^{22} \text{ cm}^{-2}$	$27.4 \pm 4.77$
zpcfabs	nH	$10^{22} \text{ cm}^{-2}$	$15.35 \pm 0.44$
zpowerlw	CvrFract	keB	$0.91 \pm 0.01$
	PhoIndex		$1.92 \pm 0.02$
apex	norm		$(2.98 \pm 0.07) \cdot 10^{-3}$
	kT		$(1.7 \pm 0.3) \cdot 10^{-1}$
$f_{\text{scat}}$	abund		$1.00 \pm 0.11$
	norm	$(3.50 \pm 0.74) \cdot 10^{-5}$	
zpowerlw	factor	keB	$1.28 \pm 0.07$
	PhoIndex		$1.89 \pm 0.09$
pexrav	norm		$(3.13 \pm 0.36) \cdot 10^{-5}$
	abund		$1.1 \pm 0.46$
	foldE		$193 \pm 86$
	Rel_refl	$1.43 \pm 0.24$	
	norm		$(2.98 \pm 0.07) \cdot 10^{-3}$
$L(2-10 \text{ keB})_{\text{unabs}} = 9.59 \cdot 10^{43} \text{ epr/c}$			
$\chi^2/\nu = 292/273(1.07)$			

**Таблиця 2.** Параметри рентгенівського спектру галактики Mrk 1498 з врахуванням відбитої компоненти від акреційного диску

Модель	Параметр	Один.вим.	Значення
$f_{\text{scat}}$	factor		$0.91 \pm 0.05$
zpowerlw	PhoIndex	keV	$1.84 \pm 0.11$
apex	norm		$(3.33 \pm 0.07) \cdot 10^{-3}$
	kT		$(1.6 \pm 1.0) \cdot 10^{-1}$
	abund		$(7.4 \pm 0.9) \cdot 10^{-1}$
zphabs	norm		$(5.14 \pm 1.08) \cdot 10^{-5}$
	nH	$10^{24} \text{ cm}^{-2}$	$3.87 \pm 0.29$
zpowerlw	PhoIndex	$10^{24} \text{ cm}^{-2}$	$2.06 \pm 0.02$
MYTorusZ	norm		$(6.36 \pm 0.11) \cdot 10^{-3}$
	nH		$(1.41 \pm 0.04) \cdot 10^{-1}$
	Incl		90(frozen)
Const			$7.57 \pm 0.64$
MYTorusS	nH	$10^{24} \text{ cm}^{-2}$	$(7.09 \pm 1.09) \cdot 10^{-1}$
	Incl	deg	90(frozen)
$L(2-10 \text{ keV})_{\text{unabs}} = 8.1 \cdot 10^{43} \text{ ерг/с}$			
$\chi^2/\nu = 295/273(1.08)$			

FeXVII – FeXXIII. В останньому випадку, лише декілька фотонів будуть покидати акреційний диск і лінія буде дуже слабкою. По-друге, акреційний диск може знаходитись в адвекційно-домінованому стані (Advection Dominated Accretion Flows — ADAF), тобто бути ефективно не випромінюючим [11]. Він може в реалізуватись або при дуже малій швидкості акреції, коли присутній сильний “вітер” від диску, або при дуже великій, коли присутні полярні викиди (джети). Mrk 1498 у радіо-діапазоні має такі джети, тому можлива велика швидкість акреції. І по-третє, фактор перекриття газо-пиловим тором променя зору може бути малим [14], тому ми з геометричних причин можемо не реєструвати вузьку лінію FeK $_{\alpha}$  від нього.

## 5. ВИСНОВКИ

В даній роботі проаналізовано рентгенівський спектр випромінювання у діапазоні 0.2–195 keV галактики з активним ядром Sy1.9 Mrk 1498. Якісні дані, отримані супутниками XMM-Newton та Swift, дозволили нам детально дослідити поглинання в спектрі, компоненти континууму та розглянути причини відсутності емісійної лінії заліза FeK $_{\alpha}$  6.4 keV. Головні результати можна сформулювати наступним чином:

1. Галактика Mrk 1498 має проміжне значення поглинання на промені зору  $N_{\text{H}} = 1.41 \cdot 10^{23} \text{ cm}^{-2}$  і не належить до категорії комптон-товстих.

2. Ми виявили, що континуум містить відбиту компоненту, яка згідно [13], може відповідати наявності комптон-товстого  $N_{\text{H}} = 7.09 \cdot 10^{23} \text{ cm}^{-2}$  газо-пилового тору у вигляді тонкого кільця. Ми також виявили наявність додаткового подвійного комптон-тонкого поглинача, який оточує центр ядра галактики.

3. Ми не виявили наявності емісійної лінії  $\text{FeK}_\alpha$  6.4 кеВ. Це може бути пояснене наступними причинами: недостатнє відношення сигнал-шум лінії по відношенню до континуума; акреційний диск може бути або у високоіонізованому стані (іонізаційний фактор  $\xi > 5000 \text{ ерг-см-с}^2$ ), або у проміжний стан ( $100 < \xi < 500 \text{ ерг-см-с}^2$ ) [5]; акреційний диск може знаходитись в адвекційно-домінованому стані (Advection Dominated Accretion Flows — ADAF), тобто бути ефективно не випромінюючим [11], фактор перекриття газо-пиловим тором променя зору може бути малим [14].

4. Випромінювання на енергіях  $< 2 \text{ кеВ}$  описується випромінюванням гарячого, оптично-тонкого дифузного газу, іонізованого зіткненнями з температурою  $kT = 1.7 \text{ кеВ}$ . Також присутній степеневий спектр розсіяного випромінювання. Останній компонент можна трактувати як розсіяне випромінювання області вузьких ліній.

1. Baumgartner W.H., Teuller J., Markwardt C.B., et al. The 70 month Swift-BAT all-sky hard x-ray survey // The Astrophys. J. Suppl. Se. — 2012. — <http://arxiv.org/abs/1212.3336>
2. Chojnowsky S.D., Keel W.C. Galaxy-scale clouds of ionized gas around AGN // JSARA. — 2012. — **5**. — P. 29–33.
3. Dickey J.M., Lockman F.J. HI in the Galaxy // ARA&A. — 1990. — **28**. — P. 215–261.
4. Eguchi S., Ueda Y., Terashima Y., et al. Suzaku view of the Swift/BAT active galactic nuclei. I. Spectral analysis of six active galactic nuclei and evidence for two types of obscured population // The Astrophys. J. — 2009. — **696**. — P. 1657–1667.
5. Fabian A.C., Iwasawa K., Reynolds C.S., et al. Broad iron lines in active galactic nuclei // Publ. Astron. Soc. Pacif. — 2000. — **112**. — P. 1145–1161.
6. Fukuzawa Y., Hiragi K., Mizuno M., et al. Fe-K line probing of material around the active galactic nucleus central engine with Suzaku // The Astrophys. J. — 2011. — **727**. — P. 19–31.
7. Ishwara-Chandra C.H., Saikia D.J. Giant radio sources // Mon. Not. R. Astron. Soc. — 1999. — **309**. — P. 100–112.
8. Magdziarz P., Zdziarski A.A. Angle-dependent compton reflection of X-rays and gamma-rays // Mon. Not. R. Astron. Soc. — 1995. — **273**, Is. 3. — P. 837–848.
9. Murphy K.D., Yaqoob T. An X-ray spectral model for Compton-thick toroidal reprocessors // Mon. Not. R. Astron. Soc. — **397**, Is. 3. — P. 1549–1562.
10. Noguchi et al. Scattered X-rays in obscured active galactic nuclei and their implications for geometrical structure and evolution // The Astrophys. J. — 2010. — **711**. — P. 144–156.
11. Reynolds C.S., Nowak M.A. Fluorescent iron lines as a probe of astrophysical black hole systems // Phys. Rep. — **377**, Is. 6 — P. 389–466.
12. Rottgering H.J.A., Tang Y., Bremer M.A.R., et al. WN 1626+5153: a giant radio galaxy from the WENSS survey // Mon. Not. R. Astron. Soc. — 1996. — **282**. — P. 1033–1037.
13. Yaqoob T. The nature of the compton-thick x-ray reprocessor in NGC 4945 // Mon. Not. R. Astron. Soc. — 2012. — **423**, Is. 4 — P. 3360–3396.
14. Yaqoob T., Murphy K.D., Miller L., et al. On the efficiency of production of the Fe K emission line in neutral matter // Mon. Not. R. Astron. Soc. — **401**, Is. 1 — P. 411–417.
15. Tueller J., Mushotzky R.F., Barthelmy S., et al. Swift BAT survey of AGN // The Astrophys. J. — 2008. — **681**. — P. 113–127.
16. Veron-Cetty M.-P., Veron P. A catalogue of quasars and active nuclei: 12th edition // Astron. and Astrophys. — 2006 — **455**, Is. 2. — P. 773–777.
17. Winter L.M., et al. Optical spectral properties of Swift Burst Alert Telescope hard X-Ray-selected active galactic nuclei sources // The Astrophys. J. — 2010. — **710**. — P. 503–539.
18. Winter L.M., et al. X-ray properties of an unbiased hard X-ray-detected sample of active galactic nuclei // The Astrophys. J. — 2008. — **674**. — P. 686–710.
19. Winter L.M., et al. X-ray spectral properties of the BAT AGN sample // The Astrophys. J. — 2009. — **690**. — P. 1322–1349.
20. [http://xmm.esac.esa.int/sas/10.0.0/documentation/threads/merging\\_epic\\_spectra\\_fromspectra.csh](http://xmm.esac.esa.int/sas/10.0.0/documentation/threads/merging_epic_spectra_fromspectra.csh)
21. <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/swift/results/bs70mon/>

Надійшла до редакції 31.07.2013