

УДК 524.7

А. А. Василенко, Е. В. Федорова, Б. И. Гнатык, В. И. Жданов

Астрономическая обсерватория
Киевского национального университета имени Тараса Шевченко
ул. Обсерваторная 3, Киев, 04053
merak@ukr.net; efedorova@ukr.net; ValeryZhdanov@gmail.com

Признаки двойной черной дыры в активном ядре NGC 1194?

Проанализированы свойства рентгеновского излучения активного ядра галактики NGC 1194 по данным космических обсерваторий XMM-Newton и INTEGRAL. Особое внимание уделено области рентгеновского спектра между 6 и 7.5 кэВ, где, помимо флуоресцентных линий железа FeK α (6.38 кэВ) и FeK β (7.01 кэВ), обнаружена дополнительная линия с энергией 6.51 кэВ с достаточно широким профилем, характерным для релятивистской линии железа FeK α от наклонного аккреционного диска. Такая конфигурация линий может быть объяснена в рамках модели системы двух черных дыр в ядре NGC 1194 с орбитальным периодом порядка шести лет. Энергии и профили спектральных линий железа FeK α соответствуют излучению аккреционных дисков вокруг шварцшильдовских черных дыр с углами наклона нормалей дисков к лучу зрения 6 $^\circ$ и 20 $^\circ$. Для окончательного вывода о структуре линий и о наличии двойной черной дыры необходимы дополнительные наблюдения.

ОЗНАКИ ПОДВІЙНОЇ ЧОРНОЇ ДІРИ В АКТИВНОМУ ЯДРІ NGC 1194?, Василенко А. А., Федорова О. В., Гнатык Б. І, Жданов В. І. — Проаналізовано властивості рентгенівського випромінювання активного ядра галактики NGC 1194 за даними космічних обсерваторій XMM-Newton та INTEGRAL. Особливу увагу приділено області рентгенівського спектру між 6 та 7.5 кеВ, де, окрім флуоресцентних ліній заліза FeK α (6.38 кеВ) и FeK β (7.01 кеВ), виявлено додаткову лінію з енергією 6.51 кеВ з широким профілем, характерним для лінії заліза FeK α від нахиленого акреційного диску. Таку конфігурацію ліній можна пояснити в рамках моделі системи двох чорних дір в ядрі NGC 1194 з орбітальним періодом порядку шести років. Енергії та профілі спектральних ліній заліза FeK α відповідають випомінюванню акре-

ційних дисків навколо шварцшильдівських чорних дір з кутами нахилу нормалей дисків до променя зору 6 та 20°. Для остаточного висновку про структуру ліній та про наявність подвійної чорної діри в ядрі NGC 1194 необхідні додаткові спостереження.

SOME EVIDENCE OF A DOUBLE BLACK HOLE IN NGC1194 ACTIVE GALACTIC NUCLEUS?, by Vasylenko A. A., Fedorova E. V., Hnatyk B. I., Zhdanov V. I. On the basis of data from the XMM-Newton and INTEGRAL satellites, some properties of the X-ray emission from the active nucleus of the NGC 1194 galaxy are analyzed. Particular attention is paid to the energy region of X-ray spectrum between 6 and 7.5 keV, where, in addition to fluorescent iron lines FeK α (6.38 keV) and FeK β (7.01 keV), we detected a new line with an energy of 6.51 keV with broad profile that is typical for relativistic iron line FeK α generated in an inclined accretion disk. Such a line configuration can be explained within the model of a double black hole system with an orbital period of the order of 6 yrs. Energies and profiles of the iron spectral lines FeK α correspond to the radiation of the accretion disks around Schwarzschild black holes with disk inclinations of 6 and 20 degrees. Some additional observations are needed to get a final conclusion about the structure of the lines and about the presence or absence of a double black hole in the core of NGC 1194.

ВВЕДЕНИЕ

Галактика NGC 1194 (UGC 2514, MCG 0-8-78, PGC 11537) имеет красное смещение $z = 0.013596$ [24]. Тип ядра галактики NGC 1194 был предметом дискуссий на протяжении более чем десяти лет. Первоначально она была идентифицирована как LINER [12], затем, на основании инфракрасных наблюдений [7, 23], — как Сейферт 1 типа (несмотря на подозрения, что это может быть HBLR Сейферт 2 [25], а результаты оптической спектроскопии показывали спектр типа Сейферт 1.5).

Недавно с помощью рентгеновских и ИК-наблюдений было установлено, что NGC 1194 является комптоновски толстым объектом [22]. Источник NGC 1194 включен в рентгеновский каталог Palermo Swift-BAT [6] и обзор Swift BAT [26]. Интересной особенностью NGC 1194 является мегамазерное излучение из субъядерной области; согласно результатам [15], полученным на основе РСДБ-наблюдений, наклон мазерного диска составляет 85°, внутренний и внешний радиусы равны 0.54 и 1.33 пк, а масса сверхмассивной черной дыры (СМЧД) составляет $(6.5 \pm 0.3) 10^7 M_{\odot}$. Также было окончательно классифицировано NGC 1194 как галактику с активным ядром типа Сейферт 1.9.

Настоящая работа посвящена исследованию рентгеновского спектра NGC 1194 на основании результатов пятилетних (2003—2008 гг.) наблюдений космических обсерваторий XMM-Newton и IN-

TEGRAL. Обработка данных XMM-Newton проводилась и раньше [10] в общей выборке среди других восьми мегамазерных источников, и эмиссионные линии FeK α и FeK β уже были обнаружены. Эти же данные были предварительно проанализированы в нашей работе [1]; где впервые было указано на возможность дополнительной линии около 6.5 кэВ, однако без подробного анализа. В настоящей работе проведено более детальное исследование и моделирование всех трех эмиссионных линий, определены их параметры и предложена интерпретация. В обработку включены как результаты детектора INTEGRAL IBIS/ISGRI, так и трех рентгеновских детекторов EPIC, установленных на КА XMM-Newton.

ОБРАБОТКА ДАННЫХ

INTEGRAL. В обработку были включены все публично доступные данные INTEGRAL по обсуждаемому источнику до июля 2012 г. (циклы наблюдений от 0980 до 0701, или в интервале от 02.08.2003 г. до 11.07.2008 г.), что составило 208 экспозиций детектора IBIS/ISGRI. Суммарная эффективная экспозиция составила $4.755 \cdot 10^5$ с, куда вошли наблюдения, когда галактика NGC 1194 находилась в пределах 10 углового расстояния от оси прибора.

Обработка данных рентгеновских наблюдений INTEGRAL проводилась с использованием стандартного пакета OSA 9.0 скриптом `ibis_science_analysis`. Все спектры были построены независимо для каждой экспозиции с последующим суммированием с помощью процедуры `spe_pick`. Источник наблюдался до энергий 500 кэВ, но по причине низкой статистики на высоких энергиях, в анализе использовались только данные в диапазоне от 20 до 250 кэВ. Значимость детектирования составила 120.5 (20—40 кэВ), 100.1 (40—60 кэВ), 64.1 (60—100 кэВ), и 31.0 (100—250 кэВ).

XMM-Newton. Галактика NGC 1194 наблюдалась 19.02.2006 г. с помощью КА XMM-Newton один раз (ID 0307000701) на протяжении 16149 с, начиная с $00^h00^m16^s$. В течение этого времени объект находился в поле зрения всех трех детекторов EPIC, работающих в стандартном режиме Full Frame. Данные были обработаны и очищены с помощью программ пакета XMM SAS 11.0 [<http://xmm.vilspa.esa.es/sas/>]. Калиброванные списки событий были получены с помощью подпрограмм `emproc`, `erproc`. После фильтрации некачественных данных эффективная экспозиция составила 12.5 кс для детектора PN и 15.6 кс для двух детекторов MOS. Для получения спектров и очищенных кривых блеска мы включали в обработку отсчеты из областей радиусом 23 для камеры PN и 20 для камер MOS вокруг источника. Для учета фона использовались области радиусом 32 для камеры PN и 30 для камер MOS на тех же ПЗС-элементах. Фоновые отсчеты вычитались (с соответствующими множителями для разных участков) из общих от-

счетов из области источника для получения очищенных кривых блеска, которые потом суммировались для получения синтетической кривой блеска от всех детекторов. Спектры получены с помощью стандартных процедур пакета SAS: `evselect`, `arfgen` и `rmfgen`. В исключении мягких протонных вспышек не было необходимости ввиду их отсутствия в течение наблюдений. В итоге все три спектра, полученные на детекторах MOS1, MOS2 и PN, были объединены вместе при помощи стандартной процедуры HEASOFT 12.6 `addspec`. В спектральном анализе использовался диапазон энергий 2.5—12.0 кэВ.

СПЕКТРОСКОПИЯ

Параметры континуума. Анализ спектров производился при помощи специализированной программы XSPEC v. 12.6, которая является частью программного пакета HEASOFT 12.6. Для получения параметров континуума мы исключали интервал энергий в диапазоне 5—8 кэВ, где возможен существенный вклад линий, и аппроксимировали исходный спектр как излучение околоядерного рентгеновского источника со степенным энергетическим распределением собственной спектральной светимости:

$$L(E) = AE \exp(-E/E_{\text{обр}}),$$

где нормировочная константа A , фотонный индекс α и энергия обрезания $E_{\text{обр}}$ являются свободными входными параметрами в модели формирования спектра `rehrav`. Наблюдаемый спектр в этой модели рассчитывается с учетом комптоновского отражения от аккреционного диска вокруг черной дыры, которое характеризуется еще одним свободным параметром — параметром относительного отражения R , т. е. телесным углом аккреционного диска (нормированным на полусферу 2π), наблюдаемого из первичного околоядерного источника [17]. Кроме того, учитывается поглощение и рассеяние прямого и отраженного от диска потока излучения, как в молекулярном торе на внешнем краю диска (`zphabs`), так и в нашей Галактике (`phabs`). Величина поглощения в Галактике определяется столбцовой плотностью $7.04 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-2}$ согласно [8], эта величина была фиксированной в обработке. В связи с переменностью потока от источника (при сохранении профиля спектрального распределения) для учета различия по времени наблюдений NGC 1194 КА XMM-Newton и КА INTEGRAL была введена постоянная интеркалибровки `const`.

Таким образом, модель для всего континуума в диапазоне 2.5—250 кэВ выглядит как `phabs*zphabs*rehrav*const`. Используя модель континуума и суммарный спектр, можно определить наличие и интенсивность отдельных спектральных линий. Полученный нами рентгеновский спектр (наблюдаемый и рассчитываемый) галактики NGC 1194 в диапазоне 2.5—250 кэВ показан на рис. 1; участок спектра в

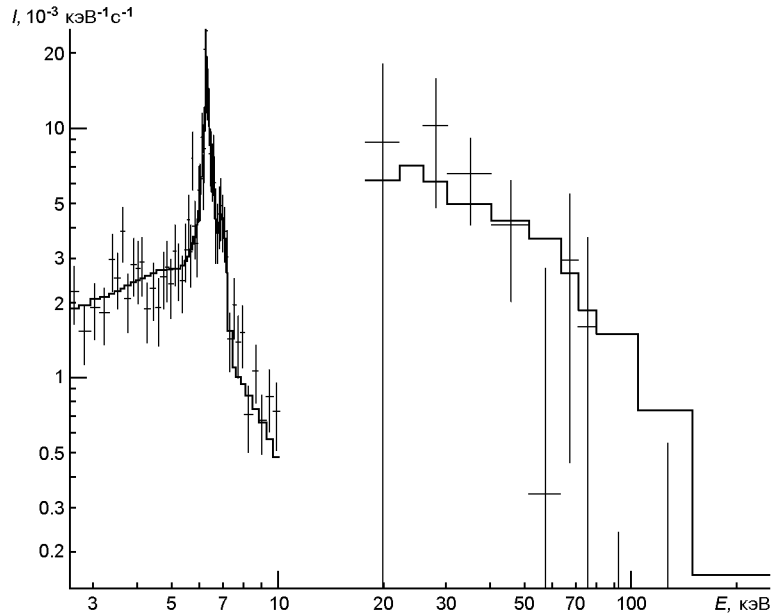


Рис. 1. Полные спектры INTEGRAL/ISGRI и XMM/EPIC АЯГ NGC 1194. Крестики — экспериментальные данные, сплошные кривые — модель

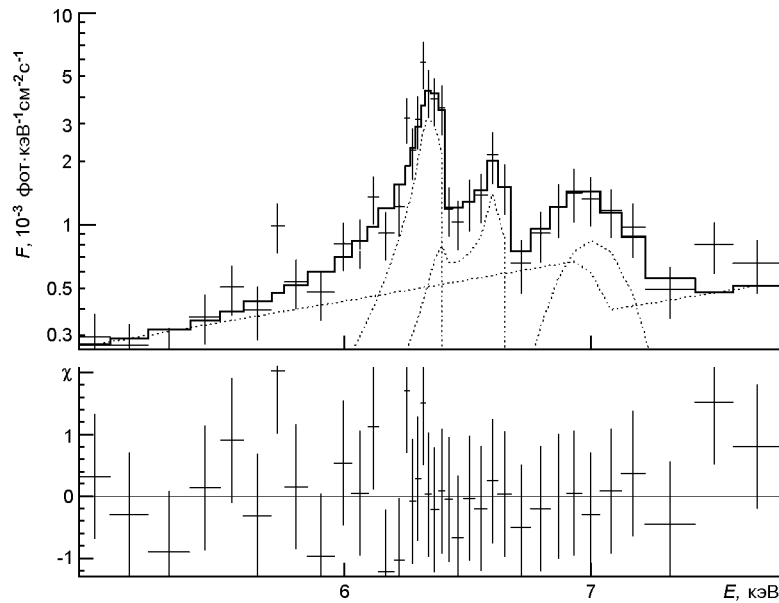


Рис. 2. Область эмиссионных линий в спектре XMM-Newton/EPIC АЯГ NGC 1194. Пунктирные кривые — отдельные вклады непрерывного спектра и линий железа

области 5—8 кэВ с эмиссионными линиями более подробно показан на рис. 2.

Подгоночные параметры, полученные в этой модели, приведены в таблице. Соответствующий непрерывный спектр экстраполируется в область 5—8 кэВ, где он вычитается для оценки вклада линий железа. Этот спектр хорошо аппроксимирует наблюдаемые данные (вне об-

Значения основных параметров моделей рентгеновского спектра в диапазоне 2.5—250 кэВ (FeK₁ и FeK₂ — соответственно линии от первого и второго дисков, линия FeK суммарная от обоих дисков. Значение ² получено после подгонки всего спектра с учетом области эмиссионных линий)

Модель	Параметр	Значение	Модель	Параметр	Значение
Континуум			FeK₂		
zphabs	$n_H, 10^{24} \text{ см}^2$	1.08 0.04	diskline	$E, \text{ кэВ}$	6.514 0.047
regrav		1.18 ^{0.15} _{0.14}	diskline	$W, \text{ эВ}$	459 ⁸⁶ ₇₁
regrav	R	1.15 0.89	diskline		2.19 0.43
regrav	$E_{\text{обр}}, \text{ кэВ}$	99.3 ²⁰⁷ _{35.3}	diskline	R_{in}/R_{Sch}	16.3 5.9
FeK₁			diskline	$\theta, \text{ град}$	19.8 3.7
diskline	$E, \text{ кэВ}$	6.376 0.041	FeK		
diskline	$W, \text{ эВ}$	561 ²⁴⁸ ₈₅	zgauss	$E, \text{ кэВ}$	7.008 0.046
diskline		1.82 0.19	zgauss	$\theta, \text{ кэВ}$	0.136 0.077
diskline	R_{in}/R_{Sch}	11.8 4.1	zgauss	$W, \text{ эВ}$	310 ²⁰⁰ ₁₂₀
diskline	$\theta, \text{ град}$	5.76 3.46			

ласти 5—8 кэВ), однако обращает на себя внимание низкое значение фотонного индекса рентгеновского излучения околоядерного источника, вероятнее всего, короны (которое для объектов этого типа обычно выше — около 1.7—1.8), и низкое значение энергии экспоненциального обрезания $E_{\text{обр}}$. Но полученные нами значения n_H и $E_{\text{обр}}$ не являются исключением (см. табл. 3 в работе [29]). Возможно, что здесь играет роль значительная положительная корреляция между $E_{\text{обр}}$ и n_H [21].

Линии железа. В спектре EPIC между 6.0 и 7.5 кэВ (рис. 2) выделяются эмиссионные линии в районе 6.4 кэВ, 6.5 кэВ и 7.0 кэВ. Линию в области 6.4 кэВ естественно интерпретировать как линию железа FeK₁, излучаемую аккреционным диском (двухкомпонентная линия с $E_1 = 6.404 \text{ кэВ}$ и $E_2 = 6.391 \text{ кэВ}$ с отношением интенсивностей FeK₁ : FeK₂ = 2:1). Линия в области 7.0 кэВ тогда соответствует линии железа FeK₂ с $E = 7.06 \text{ кэВ}$ (интенсивность 13.5 % от потока в FeK₁). Хорошо известно, что в ряде АЯГ наблюдаемые профили линий железа существенно уширены и смещены в синюю область, одновременно с наличием длинных крыльев в красной области. Такие профили естественно объясняются размытием линии вследствие суммарного действия доплеровского и гравитационного эффектов при генерации флюоресцентных линий железа во внутренних частях быстро вращающегося аккреционного диска. Наличие двух линий в области 6.4—6.5 кэВ естественно объяснить наличием двух аккреционных дисков вокруг двух черных дыр, составляющих двойную систему в центре АЯГ NGC 1194. Каждая черная дыра будет иметь собственный аккреционный диск, если они вращаются вокруг друг друга на достаточном расстоянии [16].

Мы провели аппроксимацию линий при помощи нескольких моделей: с нерелятивистским гауссовским профилем zgauss, с реляти-

вистским профилем линии излучения аккреционного диска вокруг шварцшильдовской черной дыры *diskline* [9]. Сразу же отметим, что аналогичное моделирование для вращающейся черной дыры (метрика Керра) при помощи модели *relline* дает, в рамках погрешности, нулевое значение удельного момента вращения. С другой стороны, модель *diskline* для эмиссионных линий с энергиями 6.38 кэВ и 6.51 кэВ удовлетворительно описывает наблюдаемые данные. (Для дополнительного тестирования результатов также была проверена модель *laor* для экстремальной керровской черной дыры; в этом случае получается существенно большее значение \dot{M}).

Описанная выше модель двух аккреционных дисков вокруг двух шварцшильдовских черных дыр включает ряд свободных параметров. В модели *diskline* для каждого диска это: энергия линии E (с учетом красного смещения АЯГ), ее эквивалентная ширина W и (для гауссового профиля) дисперсия σ^2 , показатель степени n в зависимости поверхностной излучательной способности диска от расстояния $(r) \propto r^{-n}$, внутренний радиус аккреционного диска R_{in} (внешний радиус был зафиксирован на значении 400 гравитационных радиусов R_{Sch}), угол наклона диска к лучу зрения θ . Результаты моделирования наблюдаемого спектра в рамках модели двух черных дыр приведены в таблице. На рис. 2 приведены профили соответствующих линий. Как следует из полученных результатов, модель двойной черной дыры естественно объясняет наблюдаемый спектр при вполне разумных параметрах аккреционных дисков:

— для первого аккреционного диска линия $FeK\alpha$ (смещенная из-за орбитального движения первой черной дыры) с энергией в системе АЯГ $E = 6.38 \pm 0.04$ кэВ и эквивалентной шириной $W = 560^{+250}_{-90}$ эВ; внутренний радиус диска $R_{in} = (12 \pm 4)R_{Sch}$, угол наклона нормали к лучу зрения $\theta = 6 \pm 3$;

— для второго аккреционного диска аналогичная линия с энергией в системе АЯГ $E = 6.51 \pm 0.05$ кэВ и эквивалентной шириной $W = 460^{+90}_{-70}$ эВ; внутренний радиус диска $R_{in} = (16 \pm 6)R_{Sch}$, угол наклона нормали $\theta = 20 \pm 4$;

В то же время линия $E = 7.01$ кэВ хорошо аппроксимируется гауссианой и может быть интерпретирована как наложение линий $FeK\alpha$ от обоих дисков (недостаточная статистика не дает возможности выявить более сложную структуру профиля, если она имеется).

Поскольку первую линию 6.38 кэВ в спектре видно довольно хорошо, а другая линия на 6.51 кэВ содержит приблизительно вдвое меньшее количество рентгеновских фотонов, мы оценили достоверность этой линии путем сравнения двух способов подгонки наблюдаемого спектра: с этой добавочной линией и без нее. В первом способе первичный рентгеновский спектр описывался степенным законом с поглощением и отражением и с линиями 6.38 кэВ и 7.01 кэВ (нулевая гипотеза, без линии 6.51 кэВ). Параметры этой модели были опреде-

лены путем подгонки наблюдательных данных. Значение статистики хи-квадрат составило $\chi^2 = 62.8$. Во втором способе, при подгонке модели с добавленной линией, мы получили значение $\chi^2_a = 41.8$, т. е. $\chi^2_{ex} = \chi^2 - \chi^2_a = 21.0$. При этом применение теста Фишера дает вероятность наличия линии с энергией 6.51 кэВ больше 99.99 %. Но, как отмечается в работах [19, 20], в условиях, когда точное положение дополнительной линии неизвестно, стандартный тест Фишера неэффективен. Поэтому мы выполнили тест значимости для линии, как в работах [18, 19]. Используя параметры первой модели, которые были определены в рамках нулевой гипотезы путем подгонки реальных данных, с учетом реальной статистики отсчетов были сгенерированы 1000 фиктивных, зашумленных ошибками, спектров (при помощи команды XSPEC FAKEIT). Для каждого из фиктивных спектров проведена подгонка и определена величина хи-квадрат как первым способом (χ^2), так и вторым (χ^2_a , в рамках модели с добавочной линией). В результате получено 1000 значений $\chi^2 = \chi^2 - \chi^2_a$. Как оказалось, лишь для 20 % фиктивных спектров χ^2 превысило χ^2_{ex} , т. е. в рамках данного теста вероятность того, что наблюдаемый спектр не содержит дополнительной линии, составляет 20 %, а доверительная вероятность дополнительной линии составляет 80 %.

ОБСУЖДЕНИЕ

Среди наиболее вероятных причин появления двух линий (двухгорбой особенности в спектре) в области 6—6.6 кэВ выделим три.

1. В ядре NGC 1194 имеется система двух черных дыр, каждая со своим аккреционным диском. В этом случае, как и в работе [31], следует ожидать появление двух линий с энергиями немного больше и немного меньше собственной, что здесь и наблюдается (собственная энергия линии FeK α равна 6.4 кэВ). При этом линия с меньшей энергией должна иметь большую эквивалентную ширину, чем линия с большей энергией излучения. В нашей спектральной модели это имеет место. Таким образом, мы рассматриваем вариант «двойной» линии FeK α как наиболее вероятный.

2. Линия с меньшей энергией (6.38 кэВ) возникает при комптоновском рассеянии линии большей энергии (6.51 кэВ) в среде, эффективно рассеивающей электроны. Эта среда может быть представлено облаками области широких линий или ветром от аккреционного диска. Первый вариант обсуждался в работе [28], второй — в работе [27].

3. Линии (точнее, одна двугорбая линия) формируются в результате отражения излучения изогнутым диском Бардина — Петерсона [4].

Последние два варианта представляются возможными, но маловероятными. В случае отражения или рассеяния форма вторичной линии будет сильно искажена из-за разброса скоростей рассеивающего материала. Для получения наблюдаемой формы и положения вторичной

линии потребуются «тонкая настройка»; это касается как случая отражения/рассеяния, так и для изогнутого диска Бардина — Петерсона.

В то же время ситуации с двойными черными дырами уже давно не являются экзотикой [2, 14]. Если принять гипотезу о двойной черной дыре в NGC 1194, то грубая оценка с учетом положения спектральных линий FeK дает орбитальные скорости порядка $10^3 \dots 10^4$ км/с, орбитальный период около шести лет при радиусе системы 0.007 пк. (Хотя черные дыры являются существенно релятивистскими объектами, в рассматриваемом случае их движение описывается ньютоновскими уравнениями. Для порядковой оценки мы рассмотрели простейший случай круговых орбит с небольшим наклоном к лучу зрения). Подобные двойные системы черных дыр предполагаются в галактике NGC 4151 по результатам наблюдений [5] периодических изменений в оптическом диапазоне и в галактике 3C 66B по наблюдениям [11] в миллиметровом диапазоне. Поэтому исключительно важны продолжительные мультиволновые наблюдения NGC 1194.

Авторы благодарны службе Центра HEASARC (NASA/Goddard Space Flight Center) за возможность доступа к данным наблюдений, а также киевскому центру VIRGO.UA за предоставление информационных и технических ресурсов. Выражаем благодарность рецензенту за полезные замечания.

1. *Василенко А.* Визначення параметрів ядра активної галактики NGC 1194 // Вісник Київ. ун-ту. Астрономія.—2012.—**49**.—С. 28—31.
2. *Яцків Я. С., Александров О. М., Вавилова І. Б. та ін.* Загальна теорія відносності: випробування часом. К.: ГАО НАН України, 2005.—288 с.
3. *Antonucci R.* Unified models for active galactic nuclei and quasars // *Annu. Rev. Astron. and Astrophys.*—1993.—**31**.—P. 473—521.
4. *Bardeen J. M., Petterson J. A.* The lense-thirring effect and accretion disks around Kerr black holes // *Astrophys. Lett.*—1975.—**195**.—P. 65—67.
5. *Bon E., Jovanovic P., Marziani P., et al.* The first spectroscopically resolved sub-parsec orbit of a supermassive binary black hole // *Astrophys. J.*—2012.—**759**, N 2.—P. 118—126.
6. *Cusumano G., La Parola V., Segreto A., et al.* The Palermo Swift-BAT hard X-ray catalogue. III. Results after 54 months of sky survey // *Astron. and Astrophys.*—2010.—**524**.—P. 64—101.
7. *Deo R. P., Crenshaw D. M., Kraemer S. B., et al.* Spitzer IRS observations of Seyfert 1.8 and 1.9 galaxies: a comparison with Seyfert 1 and Seyfert 2 // *Astrophys. J.*—2007.—**671**, N 1.—P. 124—135.
8. *Dickey J. M., Lockman F. J.* H I in the Galaxy // *Annu. Rev. Astron. and Astrophys.*—1990.—**28**.—P. 215—261.
9. *Fabian A. C., Rees M. J., Stella L., et al.* X-ray fluorescence from the inner disc in Cygnus X-1 // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—1989.—**238**.—P. 729—736.
10. *Greenhill L. J., Tilak A., Madejski G.* Relevance of high X-Ray obscuring columns among AGNs that host H₂O masers // *Astrophys. J.*—2008.—**686**, N 1.—P. 13—16.
11. *Iguchi S., Okuda T., Sudou H.* A very close binary black hole in a giant elliptical galaxy 3C 66B and its black hole merger // *Astrophys. Lett.*—2010.—**724**.—P. 166—170.
12. *Kailey W. F., Lebofsky M. J.* A study of warm IRAS Seyfert galaxies // *Astrophys. J.*—1988.—**326**.—P. 653—661.

13. *Kalberla P. Burton W. B., Hartmann D., et al.* The LAB survey of Galactic HI final data release of the combined LDS and IAR surveys with improved stray-radiation corrections // *Astron. and Astrophys.*—2005.—**440**.—P. 775—782.
14. *Komossa S.* Observational evidence for supermassive black hole binaries // *AIP Conf. Proc.*—2003.—**686**.—P. 161—174.
15. *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 // *Astrophys. J.*—2011.—**727**.—P. 20—35.
16. *Lobanov A. P.* Mergers and binary SMBH in the contexts of nuclear activity and galaxy evolution // *Mem. Soc. astron. ital.*—2005.—**76**.—P. 164—165.
17. *Magdziarz P., Zdziarski A.* Angle-dependent Compton reflection of X-rays and gamma-rays // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—1995.—**273**.—P. 837—848.
18. *Porquet D., Reeves J. N., Markowitz A., et al.* An XMM-Newton view of the X-ray flat radio-quiet quasar PG1416?129 // *Astron. and Astrophys.*—2007.—**466**, N 1.—P. 23—30.
19. *Porquet D., Reeves J. N., Uttley P., et al.* XMM-Newton observation of the Seyfert 1.8 ESO113-G010: Discovery of a highly redshifted iron line at 5.4 keV // *Astron. and Astrophys.*—2004.—**427**.—P. 101—105.
20. *Protassov R., David A., Connors A., et al.* Statistics, handle with care: detecting multiple model components with the likelihood ratio test // *Astrophys. J.*—2002.—**571**, N 1.—P. 545—559.
21. *Rivers E., Markowitz A., Rothschild R.* Spectral survey of X-ray bright active galactic nuclei from the Rossi X-ray timing explorer // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*—2011.—**193**, N 1.—article id. 3.—32 p.
22. *Severgnini P., Caccianiga A., Della Ceca R.* A new technique to efficiently select Compton-thick AGN // *Astron. and Astrophys.*—2012.—**542**.—P. 46—55.
23. *Sosa-Brito R. M., Lowell E. T.-G., Matthew D. L., et al.* Integral field near-infrared spectroscopy of a sample of Seyfert and LINER galaxies. I. The data // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*—2001.—**136**.—P. 61—98.
24. *Theureau G., Coudreau N., Hallet N., et al.* Kinematics of the local universe // *Astron. and Astrophys.*—2005.—**430**.—P. 373—383.
25. *Tran H. D.* Hidden broad-line Seyfert 2 galaxies in the CfA and 12 m samples // *Astrophys. J.*—2001.—**554**.—P. 19—23.
26. *Tueller J., Mushotzky R. F., Barthelmyet S., et al.* Swift BAT survey of AGNs // *Astrophys. J.*—2008.—**681**.—P. 113—127.
27. *Turner T. J., George I. M., Nandra K., et al.* ASCA observations of type 2 Seyfert galaxies. III. Orientation and X-ray absorption // *Astrophys. J.*—1998.—**493**.—P. 91—101.
28. *Wang J., You-Yuan Z., Ting-Guier W.* The broad Fe K-line profile in NGC 4151 // *Astrophys. J.*—1999.—**523**.—P. 129—132.
29. *Wu S. M., Wang T.* Reprocessed emission from warped accretion disks // *AIP Conf. Proc.*—2007.—**968**.—P. 423—425.
30. *Winter L. M., Richard F. M., Christopher S. R., et al.* X-ray spectral properties of the BAT AGN sample // *Astrophys. J.*—2009.—**690**.—P. 1322—1349.
31. *Yu Q., Lu Y.* FeK α line: A tool to probe massive binary black holes in Active Galactic Nuclei? // *Astron. and Astrophys.*—2001.—**377**.—P. 17—22.

Статья поступила в редакцию 30.04.14