

Исследование неизвестных вспыхивающих рентгеновских источников

Е. Б. Рыспаева

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

2022

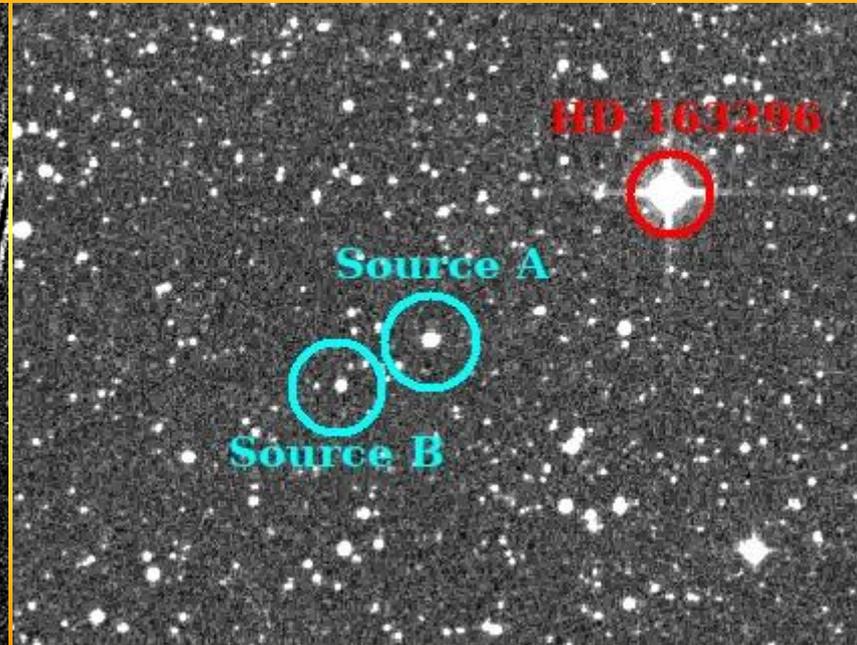
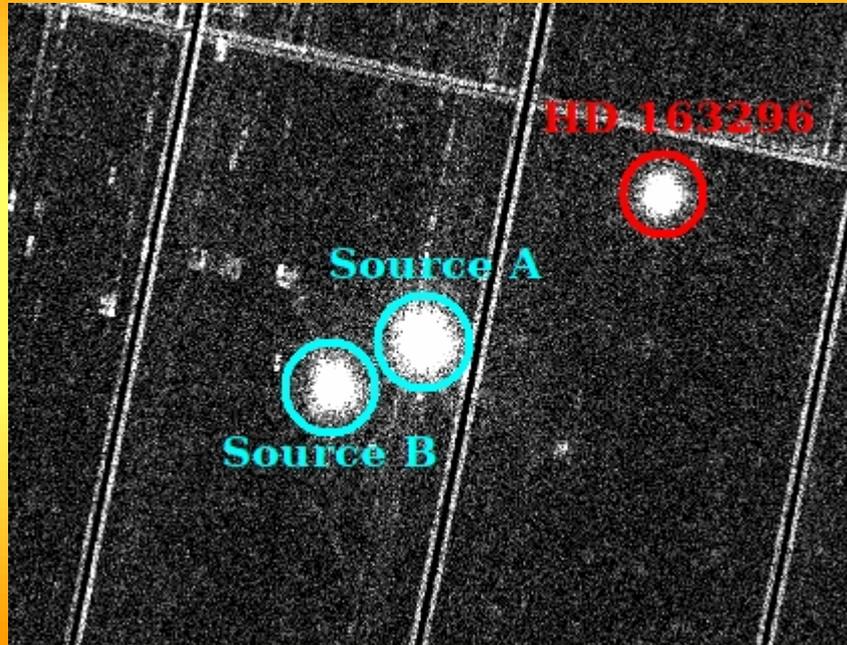
Постановка задачи

При анализе рентгеновских наблюдений звезды Хербига HD 163296, выполненных на спутниках «XMM-Newton» и «Chandra», были обнаружены 2 достаточно ярких источника, чьи рентгеновские спектры не исследованы в опубликованных статьях. Мы извлекли рентгеновские кривые блеска источников и обнаружили мощные вспышки на объектах и проанализировали спектры в спокойном состоянии и во время вспышек.

Изображения рассмотренных источников в оптическом и рентгеновском диапазонах

XMM-Newton

DSS



Сведения о рассмотренных источниках

(по данным Simbad)

Source A Composite Object, Blend
+17:56:34.88796, -21:59:17.25216
G=12.19

Обозначения:

- ASAS J175634-2159.5
- UCAC4 341-118801
- TIC 105084157
- 2MASS J17563489-2159167
- 1RXS J175634.8-215937
- 2XMM J175634.9-215916

Source B Young Stellar Object Candidate
+17:56:40.03671, -21:59:53.19478
G=13.03
d=100 pc (GAIA EDR3)

Обозначения:

- UCAC4 341-118855
- TIC 105084289
- Gaia DR2 4070351879496087424
- Gaia EDR3 4070351883838806400
- 2MASS J17564004-2159530
- 2XMM J175640.0-215953

Сведения об использованных в работе наблюдениях

Спутник	Obs_id	Дата	Экспозиция, с	Источники
XMM-Newton	144271401	11.10.2003	7209	Source A, B
XMM-Newton	502370201	22.09.2007	105915	Source A, B
XMM-Newton	502370301	24.09.2007	22317	Source A, B
Chandra	12359	9.02.2011	46050	Source A

Анализ рентгеновского излучения исследуемых источников

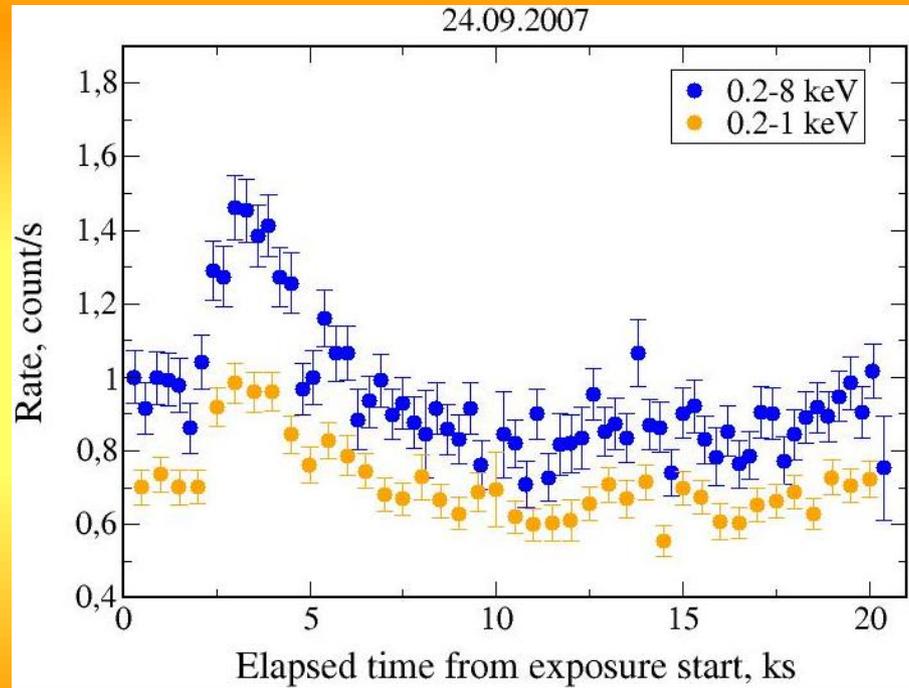
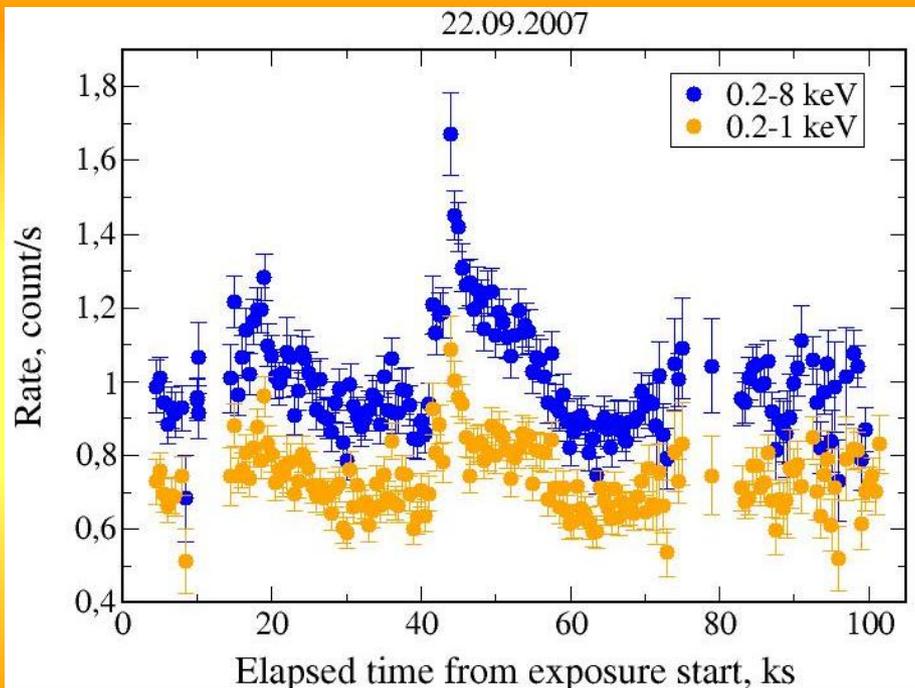
Из изображений камеры EPIC, установленной на «ХММ-Newton», и спектрометра «ACIS» на «Chandra» были извлечены кривые блеска источников с шагом 300-500 с и 5 с для выявления возможных вспышек и периодичности рентгеновского излучения.

Были извлечены спектры объектов в диапазоне энергий 0.2-8 кэВ. Для аппроксимации спектров использовались следующие модельные комбинации:

1. TBABS·(APEC+APEC), TBABS·(MEKAL+MEKAL)
2. TBABS·(APEC+PL), TBABS·(MEKAL+PL)
3. TBABS·(APEC+PSHOCK), TBABS·(MEKAL+PSHOCK)
4. TBABS·(APEC+BBODYRAD), TBABS·(MEKAL+BBODYRAD)
5. TBABS·(BBODYRAD+PL)

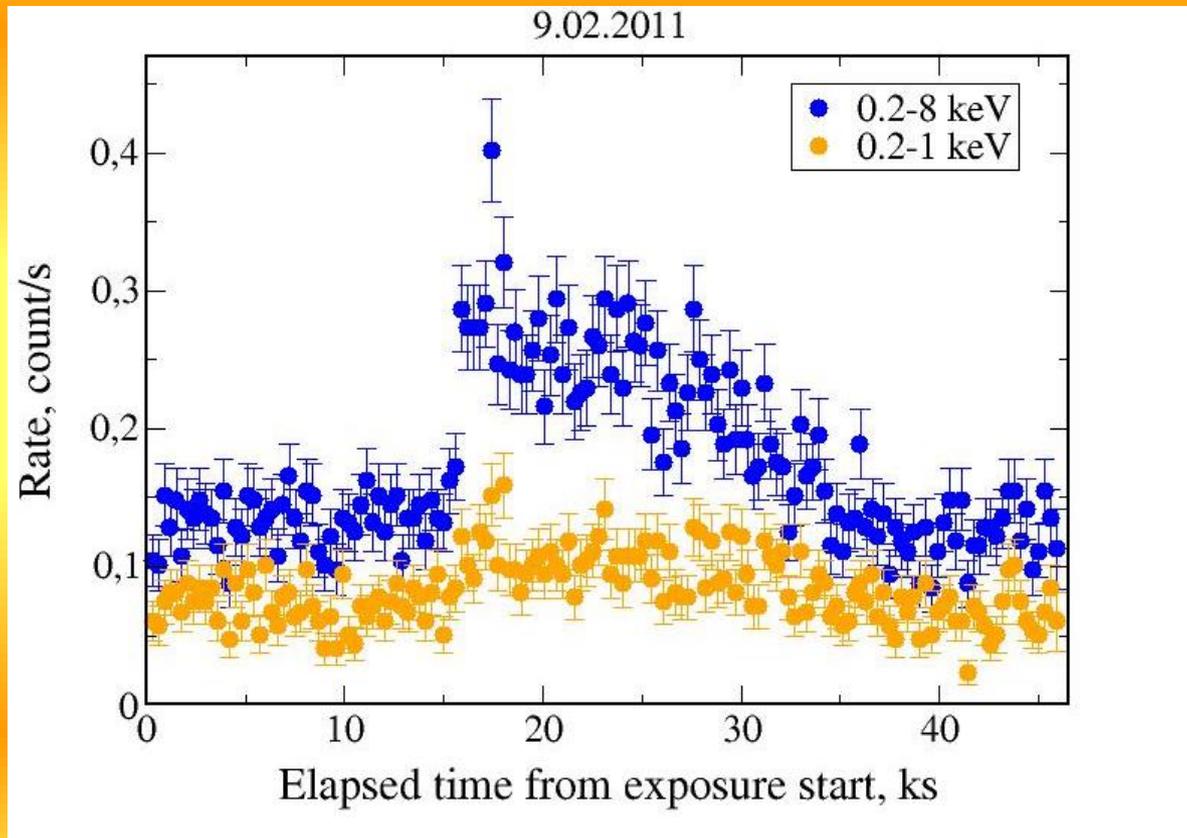
Кривые блеска источника Source A с шагом 500 с

(из наблюдений «XMM-Newton»)



В фазе спокойного состояния объекта, были обнаружены периодические вариации рентгеновского излучения с периодами 11.8 ч и 5.0 ч.

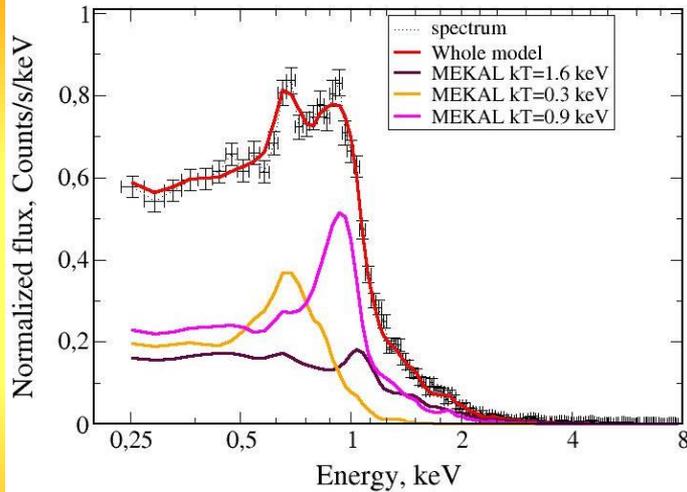
Кривые блеска источника Source A с шагом 300 с (из наблюдений «Chandra»)



Модельные спектры источника Source A с покомпонентным разложением

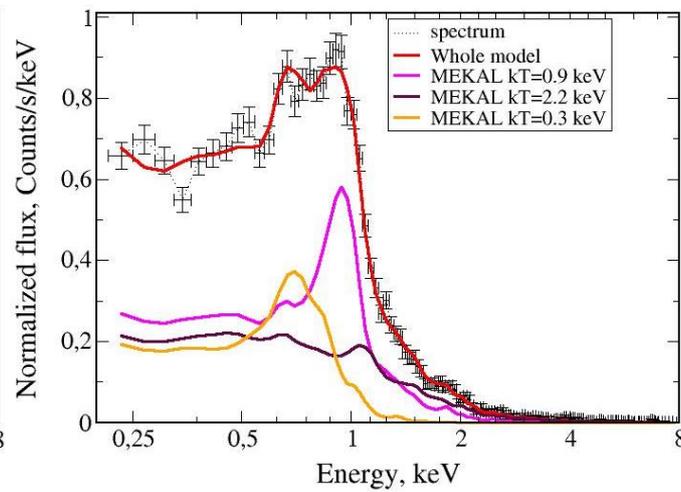
22.09.2007

До вспышки



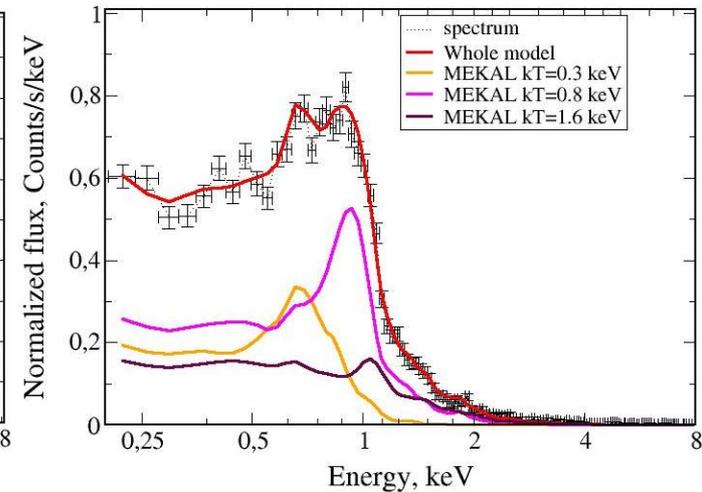
$HR=0.25\pm 0.04$

Во время вспышки



$HR=0.31\pm 0.04$

После вспышки



$HR=0.29\pm 0.06$

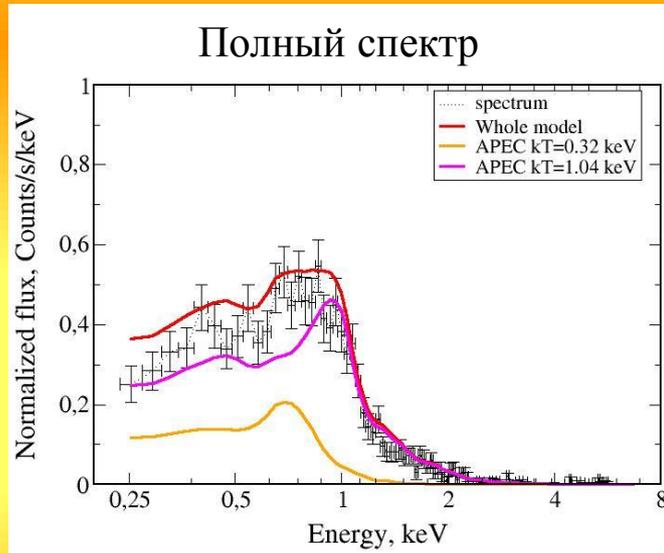
В предположении о том, что источник удален на расстояние от 1 кпк, его рентгеновская светимость должна составлять не менее $L_x(0.2-8 \text{ кэВ}) \sim 10^{32} \text{ эрг с}^{-1}$

Модельные спектры источника Source A с покомпонентным разложением

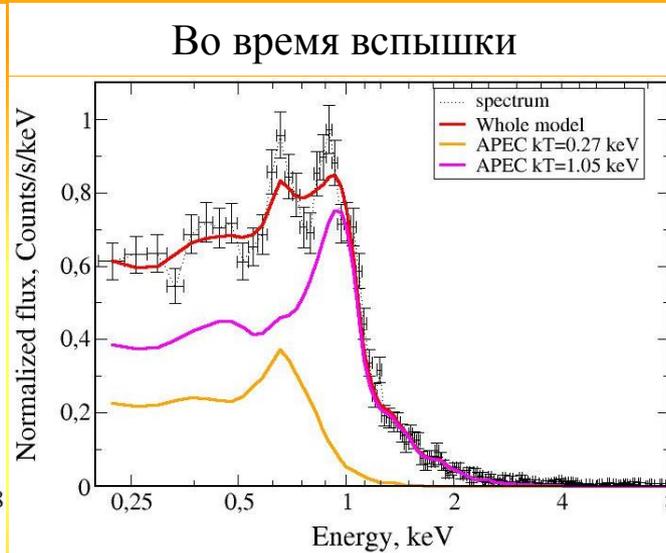
11.10.2003

24.09.2007

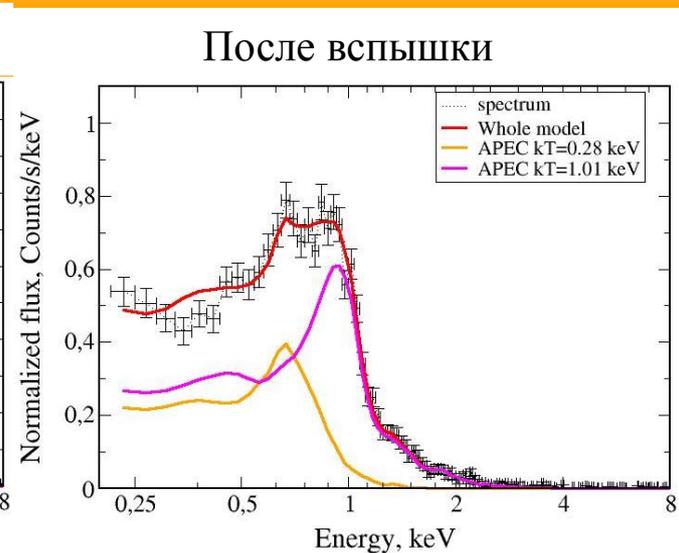
24.09.2007



$HR=0.24\pm 0.03$



$HR=0.25\pm 0.04$

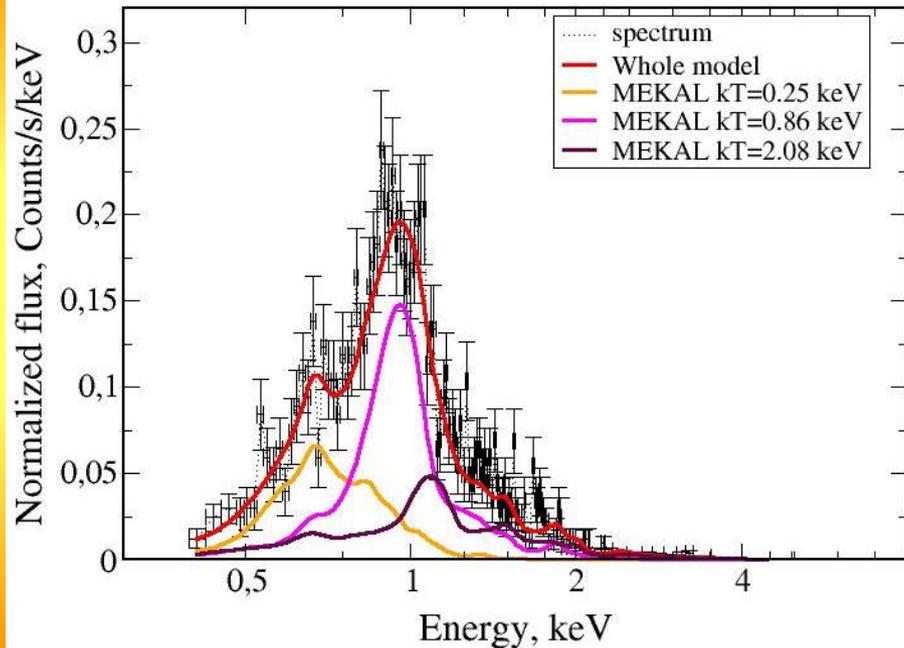


$HR=0.19\pm 0.02$

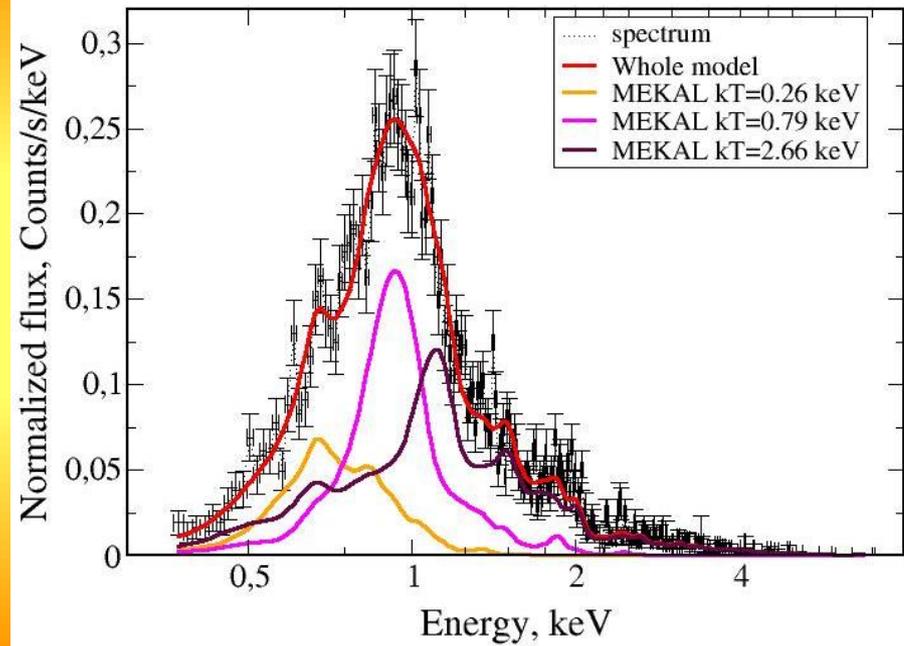
Модельные спектры источника Source A с покомпонентным разложением

9.02.2011

В спокойном состоянии

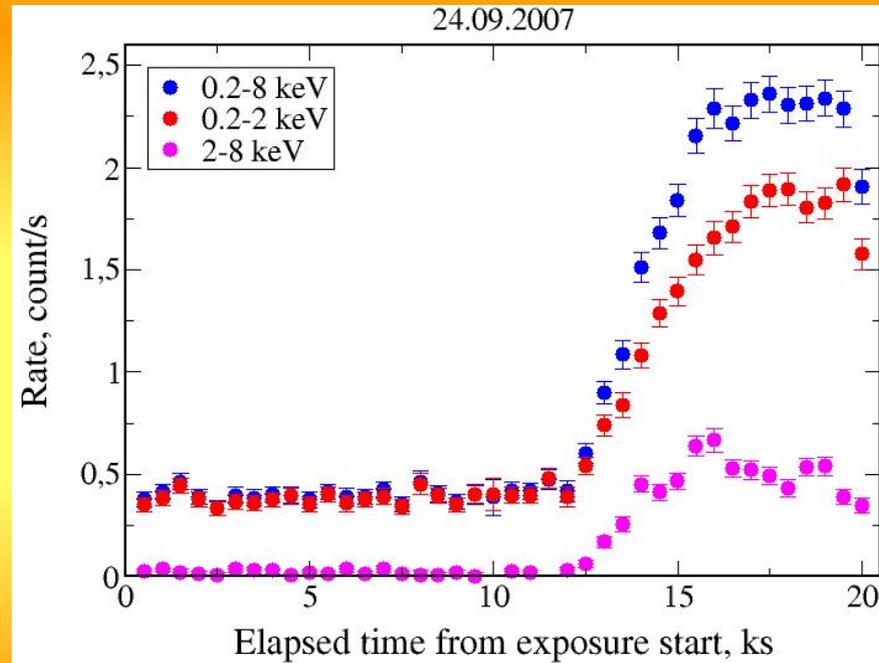
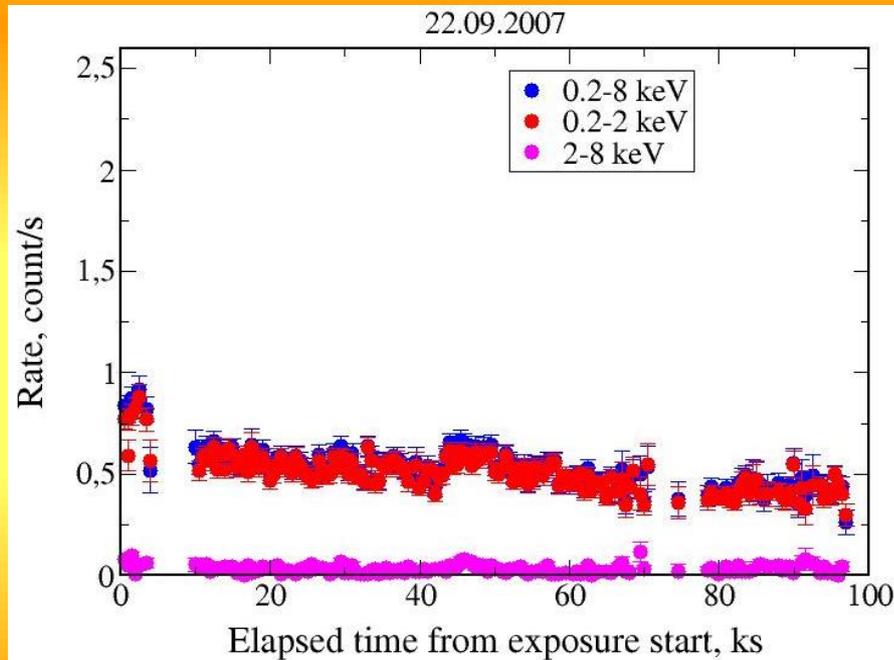


Во время вспышки



Кривые блеска источника Source В с шагом 500 с

(из наблюдений «XMM-Newton»)



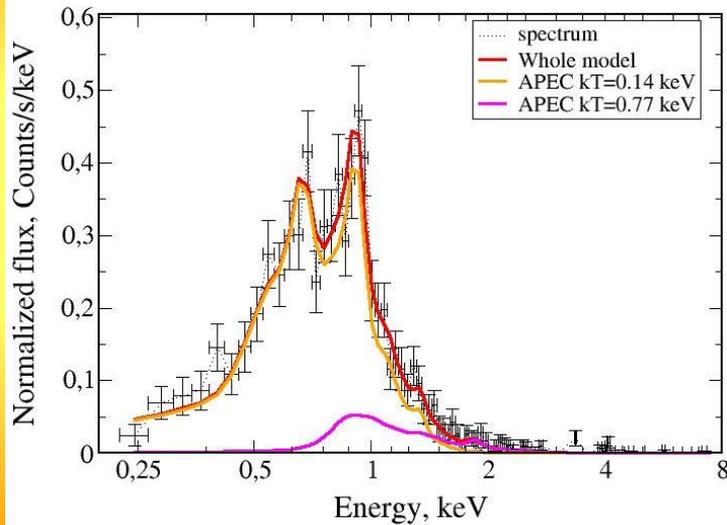
В фазе спокойного состояния объекта, были обнаружены периодические вариации рентгеновского излучения с периодами 44.9 ч и 15.0 ч.

Модельные спектры источника Source B

с покомпонентным разложением

Спокойное состояние объекта

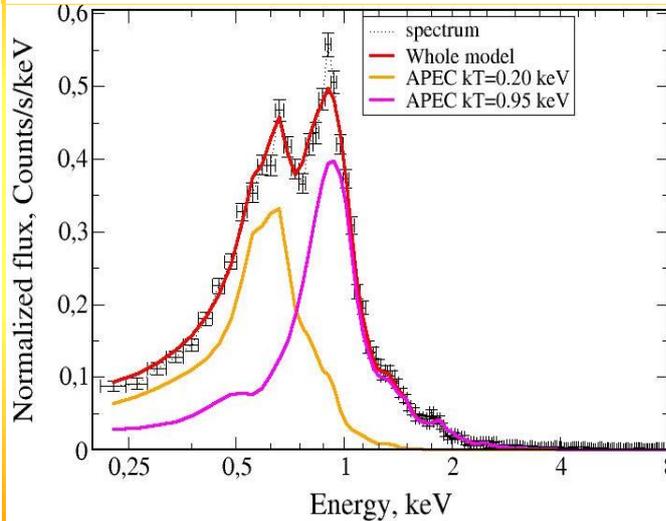
11.10.2003



$$HR=0.08\pm 0.03$$

$$L_X(0.2-8 \text{ кэВ}) = 3.91\pm 1.42 \cdot 10^{30} \text{ эрг с}^{-1}$$

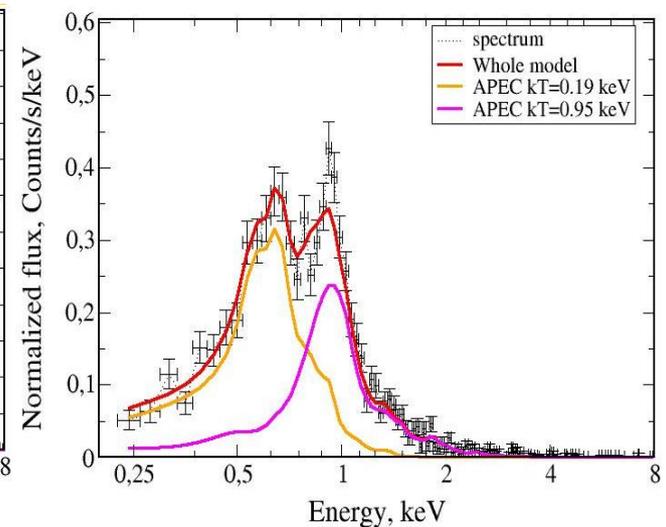
22.09.2007



$$HR=0.15\pm 0.08$$

$$L_X(0.2-8 \text{ кэВ}) = 2.33\pm 0.48 \cdot 10^{30} \text{ эрг с}^{-1}$$

24.09.2007

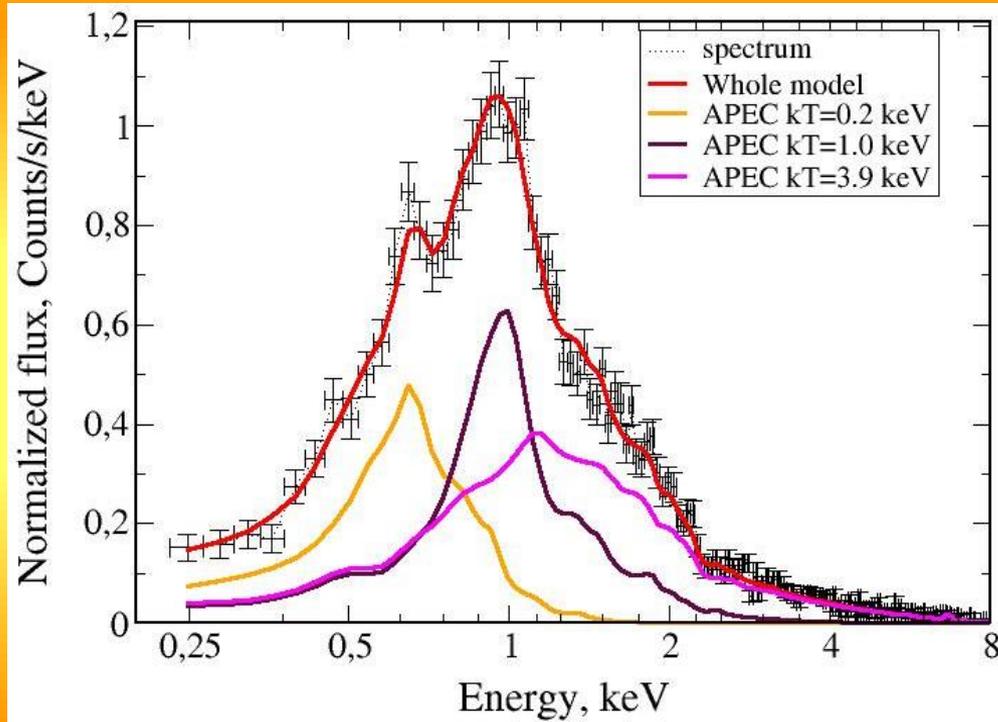


$$HR=0.16\pm 0.04$$

$$L_X(0.2-8 \text{ кэВ}) = 2.42\pm 1.14 \cdot 10^{30} \text{ эрг с}^{-1}$$

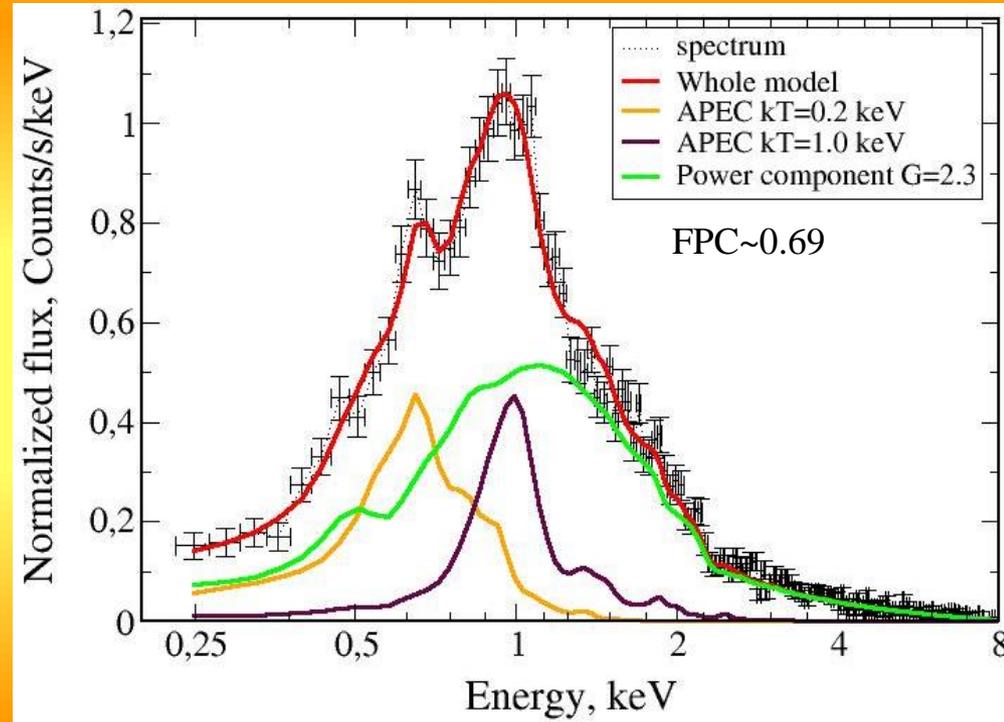
Модельные спектры источника Source B с покомпонентным разложением

Объект во время вспышки



$$HR=0.61\pm 0.17$$

$$L_X(0.2-8 \text{ кэВ}) = 9.04\pm 1.28 \cdot 10^{30} \text{ эрг с}^{-1}$$



$$HR=0.54\pm 0.13$$

$$L_X(0.2-8 \text{ кэВ}) = 9.74\pm 1.26 \cdot 10^{30} \text{ эрг с}^{-1}$$

Заключение

- Объект **Source A** скорее всего, является двойной или кратной звездой, вспышки на которой могут быть связаны с перезамыканием силовых линий магнитного поля; периодические вариации рентгеновского излучения объекта могут быть обусловлены вращением компонентом кратной системы.
- Если объект **Source B** действительно является звездой до главной последовательности, то он может иметь вырожденный компонент или планету с сильным магнитным полем. Вспышка на источнике может быть связана либо с магнитосферной аккрецией, либо с взаимодействием магнитного поля планеты с магнитным полем звезды, ведущим к формированию нетеплового рентгеновского излучения. Периодические вариации рентгеновского излучения объекта скорее всего связаны с вращением компонентов двойной системы, либо с нерадиальными пульсациями звезды или/и спутника.

Спасибо за внимание!

Спасибо за внимание!

Спасибо за внимание!

Спасибо за внимание!

Результаты

Source A

- На объекте зафиксированы мощные рентгеновские вспышки, длительностью от 10 до 35 кс, ведущие к незначительному изменению характеристик рентгеновского спектра источника (жесткость светимость).
- Спектр объекта в спокойном состоянии лучше всего описывается двухтемпературной моделью излучения горячей плазмы с $kT_1 \sim 0.3$ кэВ, $kT_2 \sim 1$ кэВ, либо аналогичной трехтемпературной моделью с $kT_1 \sim 0.3$ кэВ, $kT_2 \sim 0.9$ кэВ, $kT_3 \sim 1.6$ кэВ. В первом случае во время вспышки температуры плазмы не изменяются, во втором наибольшая температура плазмы возрастает до $kT_3 \sim 2.2$ кэВ.
- В фазе спокойного состояния объекта, были обнаружены периодические вариации рентгеновского излучения с периодами 11.8 ч и 5.0 ч.

Результаты

Source B

- На объекте зафиксирована достаточно мощная рентгеновская вспышка, длительностью не менее 7 кс, ведущие к значительному изменению характеристик рентгеновского спектра источника (форма, жесткость светимость).
- Спектр объекта в спокойном состоянии лучше всего описывается двухтемпературной моделью излучения горячей плазмы с $kT_1 \sim 0.2$ кэВ, $kT_2 \sim 0.9$ кэВ.
- Во время вспышки в спектре источника скорость счета возрастает вдвое и появляются существенные потоки в жестких энергиях (выше 2 кэВ), которые могут быть описаны либо дополнительной моделью излучения горячей плазмы с $kT_3 \sim 3.9$ кэВ, либо степенной компонентой со спектральным индексом $G \sim 2.3$ и вкладом в полный модельный спектр FPC ~ 0.69 .
- В фазе спокойного состояния объекта, были обнаружены периодические вариации рентгеновского излучения с периодами 44.9 ч и 15.0 ч.



CrossMark

Nonthermal Emission from the Interaction of Magnetized Exoplanets with the Wind of Their Host Star

Xiawei Wang and Abraham Loeb 

Department of Astronomy, Harvard University, 60 Garden Street, Cambridge, MA 02138, USA

Received 2019 February 13; revised 2019 March 14; accepted 2019 March 18; published 2019 April 2

Abstract

We study the nonthermal emission from the interaction between magnetized Jupiter-like exoplanets and the wind from their host star. The supersonic motion of planets through the wind forms a bow shock that accelerates electrons that produce nonthermal radiation across a broad wavelength range. We discuss three wind mass-loss rates: $\dot{M}_w \sim 10^{-14}$, 10^{-9} , $10^{-6} M_\odot \text{ yr}^{-1}$ corresponding to solar-type, T Tauri, and massive O/B-type stars, respectively. We find that the expected radio synchrotron emission from a Jupiter-like planet is detectable by the Jansky Very Large Array and the Square Kilometre Array at $\sim 1\text{--}10$ GHz out to a distance of ~ 100 pc, whereas the infrared emission is detectable by the *James Webb Space Telescope* out to a similar distance. Inverse Compton scattering of the stellar radiation results in X-ray emission detectable by *Chandra* X-ray Observatory out to ~ 150 pc. Finally, we apply our model to the upper limit constraints on V380 Tau, the first star-hot Jupiter system observed in radio wavelength. Our bow-shock model provides constraints on the magnetic field, the interplanetary medium, and the nonthermal emission efficiency in V380 Tau.

Key words: planet–star interactions – radio continuum: planetary systems – shock waves – stars: mass-loss

План доклада

- Постановка задачи
- Список обнаруженных неизвестных рентгеновских источников
- Описание методики анализа рентгеновского излучения рассмотренных объектов
- Анализ рентгеновских спектров источников, представляющих особый интерес
- Общее заключение

Анализ рентгеновского излучения исследуемых источников

Из изображений камеры EPIC, установленной на «ХММ-Newton», были извлечены спектры объектов в диапазоне энергий 0.2-8 кэВ. Для аппроксимации спектров использовались следующие модели:

APEC (Astrophysical Plasma Emission Code, Smith et al, 2001), MEKAL (Mewe, Kaastra, Liedahl, 1995) описывают стационарное тепловое излучение от газа, в котором атомы ионизируются электронным ударом.

PSHOCK (Borkowski et al, 2001) описывает нестационарное тепловое рентгеновское излучение, характеризуется дополнительным параметром времени ионизации $\tau_{\text{и}}$ (с см⁻³).

PL (Power law) – степенной закон, описывает возможное нетепловое излучение.

VBODYRAD – модель чернотельного излучения, определяющая цветовую температуру и отношение квадратов радиуса излучающей поверхности и расстояния до объекта.

TBABS (Wilms et al. 2000) – модель межзвездного поглощения рентгеновского излучения.

Анализ рентгеновского излучения исследуемых источников

С использованием найденных параметров лучевой концентрации водорода в направлении на объект были восстановлены непоглощенные межзвездной средой спектры источников по модели Morrison & McCammon (1983). Для скорректированных на межзвездное поглощение спектров были оценены:

- Жесткость рентгеновского спектра (отн. ед., Naze et al. 2014)

$$HR = \frac{H(2-8 \text{ keV})}{H(0.2-2 \text{ keV})}$$

- Доля жесткой светимости (отн. ед.)

$$FHL = \frac{H(2-8 \text{ keV})}{H(0.2-8 \text{ keV})}$$

- Рентгеновская светимость (эрг с⁻¹)

$$L_x(0.2-8 \text{ keV}) = 4\pi D^2 F$$

Дополнительно были извлечены кривые блеска источников с шагом 200-500 с для поиска возможных вспышек. У 5 рассмотренных источников обнаружены вспышки. Для поиска возможной периодичности рентгеновского излучения были извлечены кривые блеска с шагом 5 с.