

# Спектральный и временной анализ быстрого рентгеновского транзиента IGR J16195-4945 по данным наблюдения SRG/ART-XC

Сатыбалдиев М.Н.<sup>1,2</sup>, Мереминский И.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт Космических Исследований, <sup>2</sup> Московский Физико-Технический Институт

## Абстракт

В данной работе представлены результаты наблюдения телескопа SRG/ART-XC за транзитентным жестким рентгеновским источником IGR J16195-4545 проведенного 3 марта 2021 года. Данный источник относится к классу быстрых рентгеновских транзиентов со звездами-свергигантами (SFXT). В ходе наблюдения IGR J16195-4545 продемонстрировал шесть ярких вспышек во время которых не проявлял резкого изменения жесткости. Спектры в активных и низких состояниях также значимо не отличались. Фитирование спектра моделью поглощенного степенного закона с экспоненциальным завалом показало, что источник является сильно поглощенным с  $N_H = (12 \pm 2) \times 10^{22} \text{ см}^{-2}$ ,  $\Gamma = 0.56 \pm 0.15$  и  $E_{cut} = 13 \pm 2 \text{ keV}$ . При помощи байесового блочного разложения кривой блеска были определены характеристики наблюдаемых вспышек, такие как длительность и выделенная энергия, которые были сравнены с ожиданиями модели оседающей аккреции.

## Введение

Быстрые рентгеновские транзиенты со звездами-свергигантами (SFXT - Supergiant Fast X-ray Transients) являются подклассом массивных рентгеновских двойных систем, в которых происходит аккреция комковатого звездного ветра компаньона-сверхгиганта (звезды O/B класса) на нейтронную звезду. Отличительной чертой таких систем является их рентгеновская переменность - они демонстрируют короткие спорадические вспышки, продолжительностью  $\sim 10^3 - 10^4 \text{ с}$ , в ходе которых рентгеновская светимость превышает  $10^{35} \text{ эрг с}^{-1}$ , а в некоторых случаях доходит и до  $10^{37} \text{ эрг с}^{-1}$ . При этом между вспышками средняя рентгеновская светимость составляет  $10^{32} - 10^{33} \text{ эрг с}^{-1}$ .

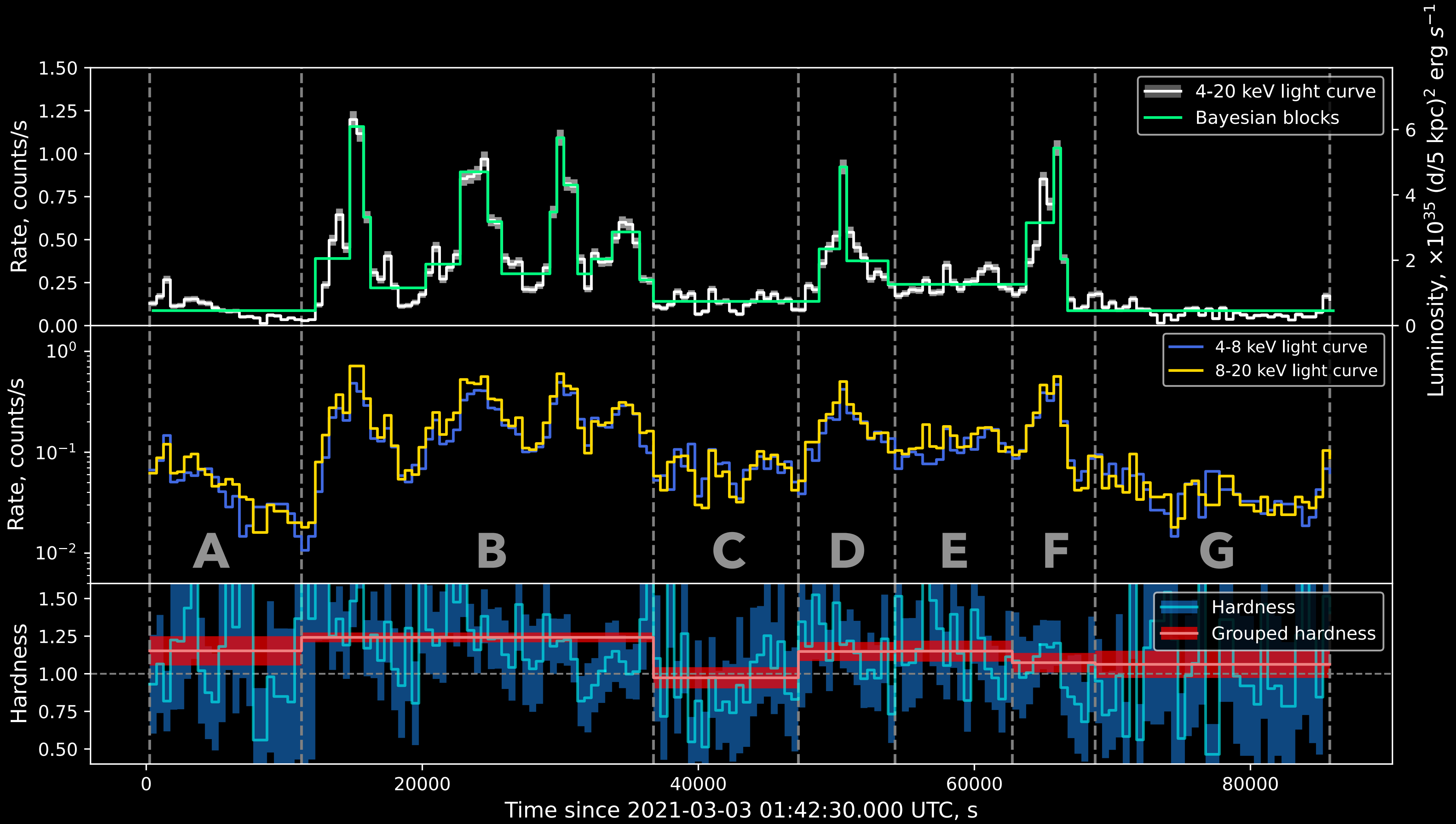
Транзитентный рентгеновский источник IGR J16195-4945 был обнаружен обсерваторией INTEGRAL. 26 сентября 2003 во время наблюдения обсерваторией INTEGRAL источник проявил вспышку длительностью  $\sim 1.5$  часа потоком  $\sim 34 \text{ мКраб}$  в диапазоне  $20 - 40 \text{ кэВ}$  (Сгуэра и др., 2006), что сделало IGR J16195-4945 кандидатом в SFXT. По данным спектроскопии в ближнем-ИК диапазоне было определено, что звездой донором в системе является голубой сверхгигант типа ON9.7Iab (Колейро и др., 2013). Данная система является затменной с орбитальным периодом 3.945 дня и длительностью затмения  $\sim 3.5\%$  орбитального периода.

## Временной анализ

На Рис. 1 приведена кривая блеска источника, бинированная по 500 с, в широком энергетическом диапазоне 4-20 кэВ. В кривой блеска хорошо видны характерные для SFXT вспышки продолжительностью в несколько кс. Для даль- нейшего анализа мы выделили периоды времени в течении которых источник находился в "низком"(A,C,G), "промежуточном"(E) или "вспышечном"(B,D,F) состояниях. Мы также построили кривые блеска в мягком (4-8 кэВ) и жестком (8-20 кэВ) диапазонах. Также были рассчитаны усредненные по сегментам жесткости (отношения темпа счета в жестком диапазоне к темпу счета в мягком). Заметно, что во вспышках излучение становится немного жестче, однако в целом можно заключить, что источник демонстрирует "бесцветную" переменность, которая также наблюдается в других SFXT-системах.

## Спектральный анализ

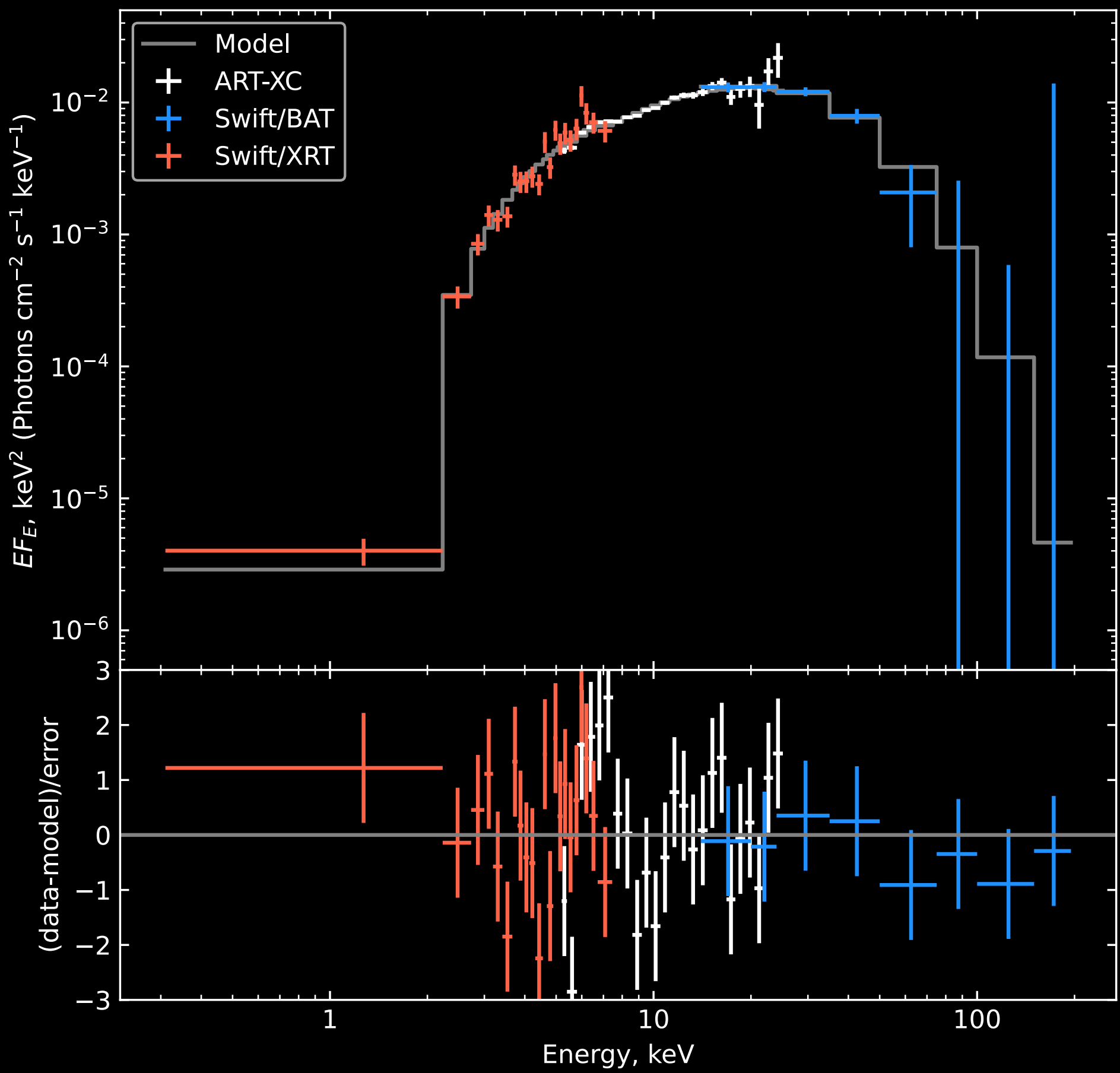
Спектр, полученный телескопом ART-XC , фитировался моделью tbabs\*cutoffpl. Измеренные параметры - наклон степенного спектра и характеристическая энергия экспоненциального завала - оказались близкими к значениям, определенным по совместному спектру, полученному по данным Swift/XRT и BAT (Кусумано и др., 2016), однако из-за недостаточного покрытия в области низких энергий точно измерить поглощение по данным ART-XC не удастся. Чтобы получить широкополосный спектр, мы добавили к данным ART-XC спектр Swift/XRT, источника в ярких состояниях и средний спектр источника по данным 105-месячного каталога Swift/BAT .



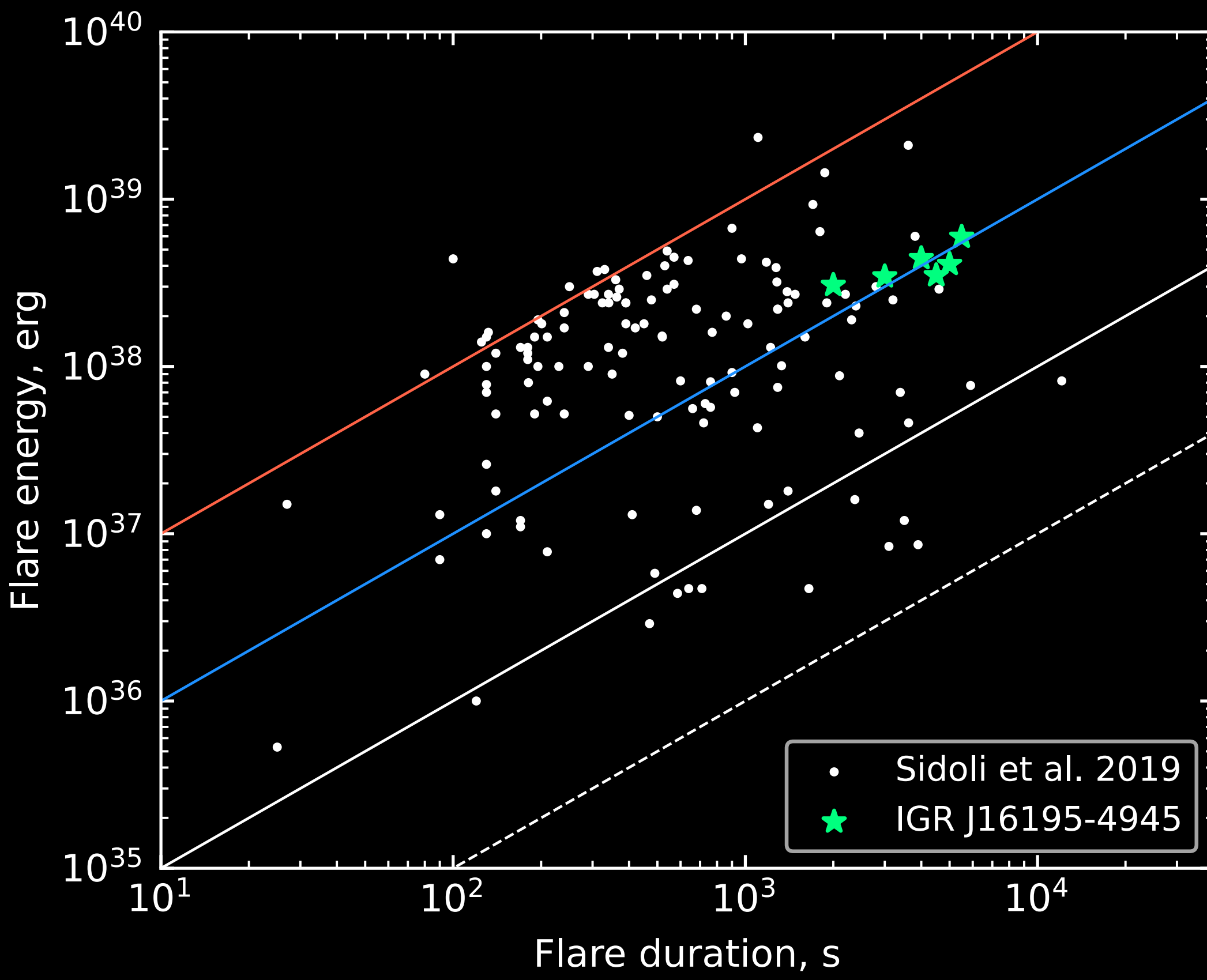
**Рис 1.** Верхняя панель: кривая блеска в диапазоне 4-20 кэВ и ее сегментация на байесовы блоки.

Средняя панель: кривые блеска в мягком (4-8 кэВ) и жестком (8-20 кэВ) диапазонах.

Нижняя панель: Синим цветом изображена кривая жесткости - отношения жесткого потока к мягкому, красным - группированная жесткость по сегментам, соответствующим разным состояниям источника.



**Рис 2.** Спектр IRG J16195-4945 по данным ART-XC (черный), Swift/BAT (синий) и Swift-XRT (красный), а также модель tbabs\*cutoffpl ("серый).



**Рис 3.** Зависимость выделенной во время вспышки энергии от ее длительности для IGR J16195-4945 (зеленый), для разных SFXT из статьи Сидоли и др. 2019 (черный) и предсказываемые значения модели "оседающей" аккреции ( $\Delta E = 10^{33-36} [\text{эрг с}^{-1}] \Delta t$ )

Расширение энергетического диапазона позволило надежно измерить поглощение ( $N_H = (12 \pm 2) \times 10^{22} \text{ см}^{-2}$ ) и характерную энергию экспоненциального завала ( $13 \pm 2 \text{ кэВ}$ ). Спектры в разных состояниях (B,D,F и A,C,G) значимо не различались. Полученный спектр позволил получить коэффициент перевода на кривой блеска из отсчётов в секунду в болометрическую светимость, считая расстояние до источника равным 5 кпк.

Сегмент	const*tbabs*cflux*cutoffpl				
	$N_H, \text{ cm}^{-2}$	$\Gamma$	$E_{cut}, \text{ keV}$	$\chi^2 / \text{ d.o.f.}$	$F[4-20 \text{ keV}], \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$
Full ART-XC + XRT + BAT	$(12 \pm 2) \times 10^{22}$	$0.56 \pm 0.15$	$13 \pm 2$	231.29 / 185	$(2.5 \pm 0.1) \times 10^{-11}$
Full ART-XC	$(16 \pm 8) \times 10^{22}$	$0.87 \pm 0.35$	$15^{+13}_{-1}$	193.51 / 157	$(2.8 \pm 0.3) \times 10^{-11}$
Full ART-XC (fixed $N_H$ )	$12 \times 10^{22}$	$0.67 \pm 0.27$	$15^{+12}_{-1}$	196.49 / 158	$(2.4 \pm 0.3) \times 10^{-11}$
ART-XC: ACG (fixed $N_H$ )	$12 \times 10^{22}$	$0.58^{+0.84}_{-0.97}$	$10^{+48}_{-5}$	187.16 / 158	$(0.9 \pm 0.1) \times 10^{-11}$
ART-XC: BDF (fixed $N_H$ )	$12 \times 10^{22}$	$0.59 \pm 0.27$	$15^{+3}_{-5}$	184.15 / 158	$(4.1 \pm 0.2) \times 10^{-11}$

**Таблица 1.** Параметры спектра

## Характеристика всплесков

Средняя болометрическая светимость оказалась меньше  $\sim 4 \times 10^{36} \text{ эрг с}^{-1}$ , следовательно в системе может протекать "оседающая" аккреция (Шакура и др., 2012 ). Данная модель предсказывает характерные параметры вспышек, такие как полное энерговыделение, продолжительность. По методике, предложенной Сидоли и др., 2019, при помощи байесового блочного разделения кривой блеска можно оценить параметры наблюдаемых вспышек. Эти характеристики можно сравнить с предсказаниями модели, например, выделенная во время вспышки энергия зависит от ее длительности как  $\Delta E \sim 10^{35} [\text{эрг с}^{-1}] \Delta t$ . На рис. 3 измеренные параметры лежат в области, описываемой моделью, следовательно, в данной системе наблюдаемые вспышки могут объясняться моделью "оседающей" аккреции.

## Результаты

По длительному, непрерывному наблюдению ART-XC за IGR J16195-4945 была построена кривая блеска, на которой видны характерные для SFXT всплески. При смене состояний источник не демонстрировал значимого изменения спектра. Анализ наблюдаемых всплесков показал, что их характеристики, такие как выделенная при всплеске энергия и ее длительность, хорошо согласуются с моделью оседающей аккреции.