



Родительская галактика "тёмного" гамма-всплеска GRB 051008

А.Вольнова (ГАИШ МГУ), А.Позаненко (ИКИ РАН), В.Румянцев (КрАО), М. Ибрагимов (Институт Астрономии УзАН), Д.Шарапов (Институт Астрономии УзАН), Д.Канн (Таутенбургская Обсерватория)

Тёмные гамма-всплески: определение

Аномально малое или полностью отсутствующее оптическое послесвечение
около 30% всех всплесков

Модель: $F \sim \nu^{-\beta}$

$$F_{X-ray}(t = 11^h) + F_{optical}(t = 11^h) \Rightarrow \beta_{OX}$$

$\beta_{OX} < 0.5$ – Тёмные гамма-всплески

(Jakobsson, et al., 2004)

Тёмные гамма-всплески: причины

- недостаточно глубокие наблюдения;
- значительное поглощение излучения послесвечения в родительской галактике;
- большое красное смещение ($z \geq 5$);
- собственная "темнота" всплеска;

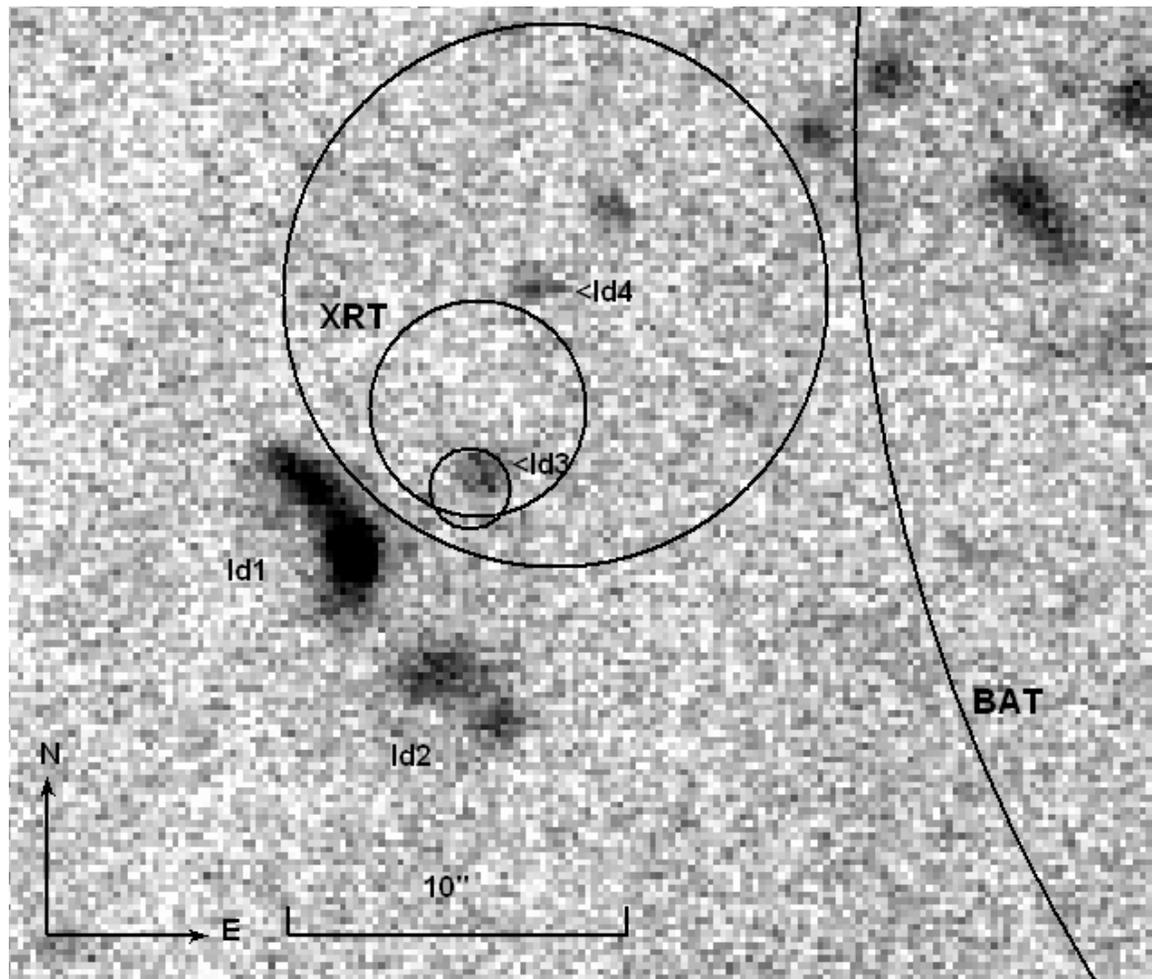
Родительские галактики гамма-всплесков

- Первое обнаружение – GRB 970228, подтверждает космологическую природу (Bloom, et al., 1998).
- z от 0,0085 (GRB 980425, Fynbo, 2000) до 3,91 (GRB 060210A, Stanek, et al., 2007).
- Разные морфологические типы – эллиптические, спиральные, неправильные и взаимодействующие, галактики со вспышкой звездообразования.
- Гамма-всплески чаще всего происходят в молодых галактиках с активным звездообразованием.
- Изучение родительских галактик необходимо для определения расстояния, построения точной кривой блеска, исследования среды около источника всплеска, понимания процессов в галактиках на $z > 6$.

GRB 051008: история обнаружения

- регистрация Swift/BAT $T_0=05.10.08$ 16:33:21 UT, XRT/Swift – рентгеновское послесвечение $T_0 + 50$ минут, UVOT – нет оптического послесвечения до 15^m, $T_0 + 50$ минут (Marshall, et al. (2005) *GCN Circ.* 4069);
- также зарегистрирован KONUS-Wind (Golenetskii, et al. (2005) *GCN Circ.* 4078), Suzaku/WAM (Ohno, et al. (2005) *GCN Circ.* 4297);
- ЗТШ, КрАО: $T_0 + 32$ минуты – обнаружен не каталогизированный источник 21^m.4, но он не был послесвечением (Rumyantsev, (2005) *GCN Circ.* 4081 & *Circ.* 4087);
- Таутенбургский 1,34-метровый телескоп: $T_0 + 96$ минут – оптическое послесвечение не найдено до 19^m (Kann, et al. (2005) *GCN Circ.* 4246);
- послесвечение в радиодиапазоне не обнаружено ($>80 \mu\text{Jy}$ at 8.5 GHz, Cameron, (2005) *GCN Circ.* 4074);
- апрель 2006, ЗТШ, КрАО: обнаружена возможная родительская галактика GRB 051008;

GRB 051008: глубокие наблюдения

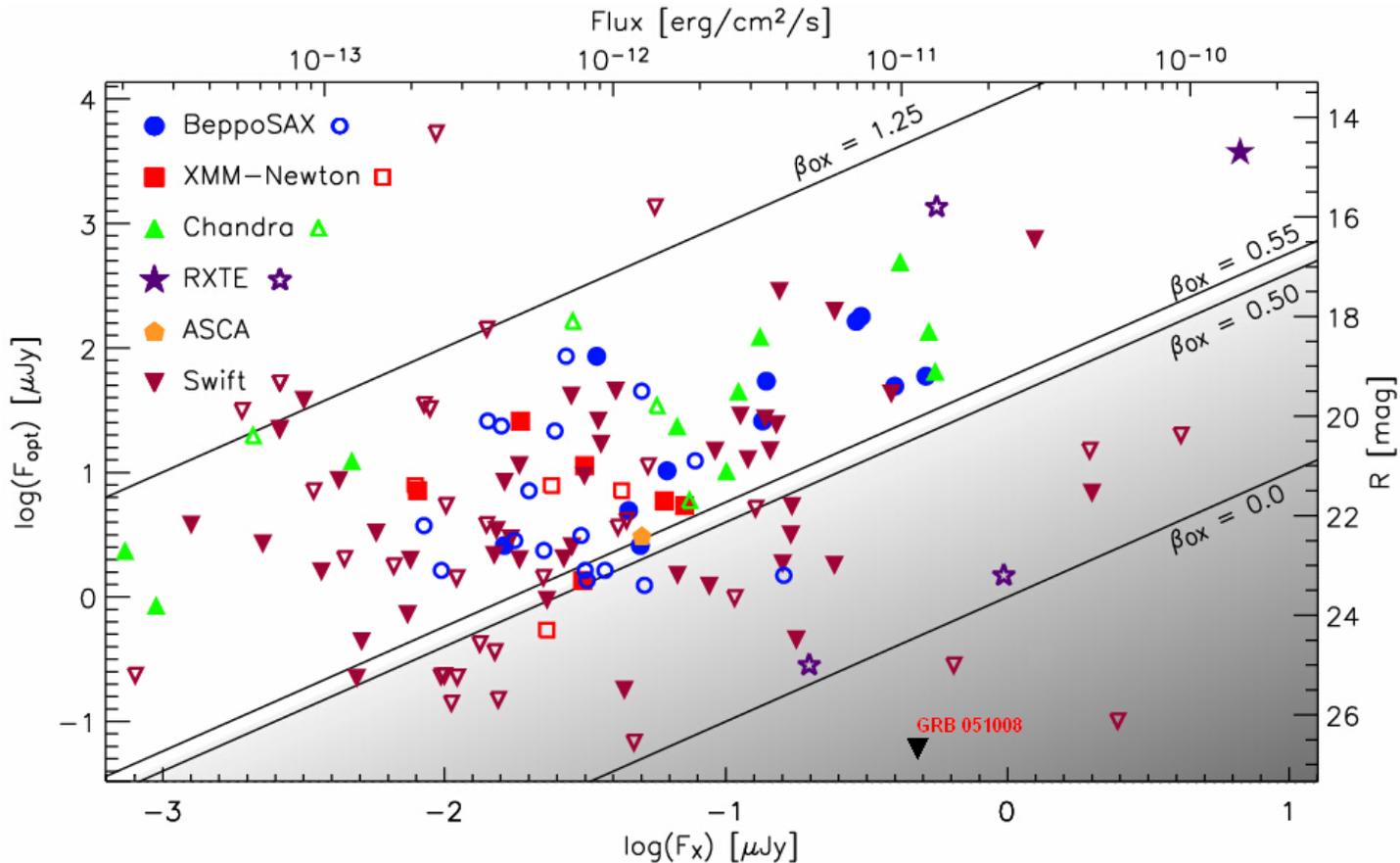


20.06.2006, NOT, фильтр R, синг $0''.95$, предел $25^m.2$, масштаб $0.19''/\text{pix}$,
координаты Id3 RA $13^h31^m29^s.51 \pm 1^s.20$, Dec $+42^\circ05'53''.67 \pm 0''.08$ (J2000),
показаны кружки ошибок BAT и XRT – начальный и уточнённые

GRB 051008: глубокие наблюдения

дата	$t-t_0, d$	тел.	эксп.	фил.	в/п	Id1	Id2	Id3	Id4
8.10.05	0,04	ЗТШ	2200	R	23.3	21.77 ± 0.09	22.55 ± 0.22	н/д	н/д
28.4.06	202,3	ЗТШ	4260	R	24.5	21.77 ± 0.03	22.60 ± 0.07	23.17 ± 0.11	н/д
20.6.06	255,3	NOT	4800	R	25.2	21.86 ± 0.03	22.81 ± 0.07	24.15 ± 0.09	24.57 ± 0.12
30.6.06	265,2	NOT	4800	V	25.0	22.20 ± 0.03	24.13 ± 0.09	24.35 ± 0.11	24.57 ± 0.12
25.7.06	290,1	ЗТШ	2760	R	24.3	21.84 ± 0.05	н/д	н/д	н/д
12.8.06	308,2	NOT	3300	B	25.6	22.54 ± 0.03	24.90 ± 0.07	25.19 ± 0.13	25.43 ± 0.16
20.8.06	316,2	NOT	4200	i	22.5	21.13 ± 0.08	22.03 ± 0.10	22.48 ± 0.30	н/д

GRB 051008 – ТЁМНЫЙ ВСПЛЕСК



$$F_X (t = 11^h) = 0.48 \times 10^{-7} \text{ Ян}$$

$$F \sim t^{-1}$$

$$F_O (t = 11^h) = 0.068 \times 10^{-7} \text{ Ян}$$

$$\beta_{OX} < -0.29 \text{ (Jakobsson, et al., 2004)}$$

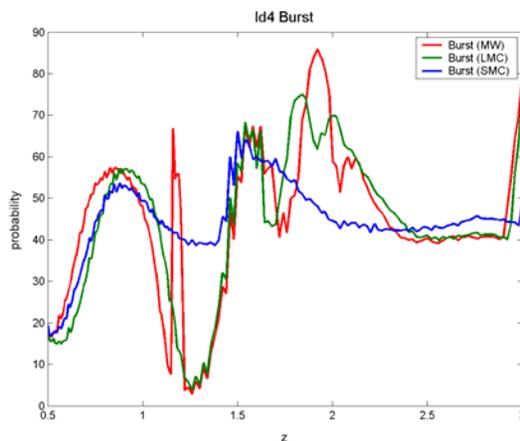
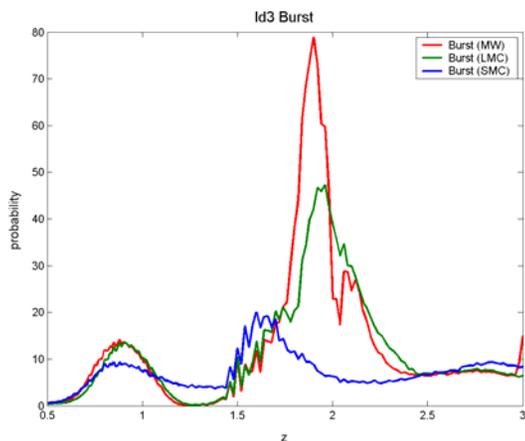
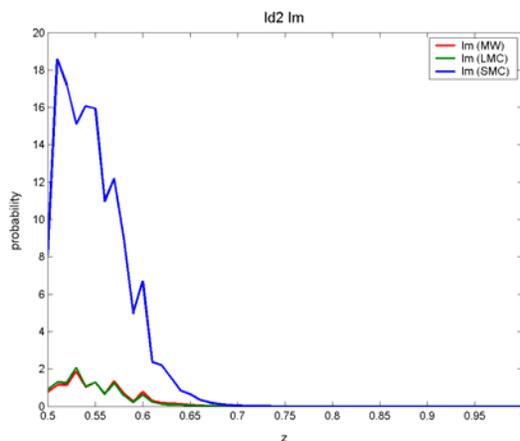
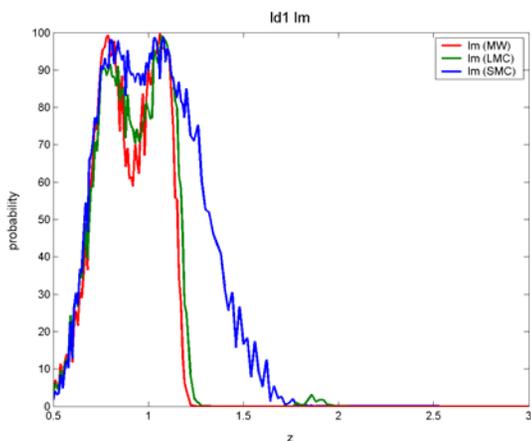
Вероятность случайного попадания Id3 в XRT

- XRT – RA $13^{\text{h}} 31^{\text{m}} 29^{\text{s}}.55$, Dec $+42^{\circ} 05' 53''.3$ (J2000) и радиус $1''.2$,
- Id3 – RA $13^{\text{h}} 31^{\text{m}} 29^{\text{s}}.51 \pm 1^{\text{s}}.20$, Dec $+42^{\circ} 05' 53''.67 \pm 0''.08$ (J2000).
- в области $3' \times 3'$ 52 галактики – $\rho = 0.0016$ галактики на кв."
- Id1-4 лежат в области $16'' \times 16''$

$$P_{\text{Id3}} = 0.72\%$$

$$P_{\text{cluster}} = 0.08\%$$

Определение фотометрического красного смещения



зависимости
вероятности красного
смещения от его
значения для
источников Id1-4
 $0.5 < z < 3$

законы поглощения:

- MW
- LMC
- SMC

HyperZ - Bolzonella, et al., 2000

Результаты расчётов

Id	z	P, %	Host type	ext	age, Gy	A_V	z-	z+	M_R	d, kpc
1	0.79	99.85	Im	MW	0.72	0.4	0.72	0.86	-22.90	52.48 ± 1.47
2	0.51	22.96	Im	SMC	8.50	1.1	0.47	0.55	-19.45	39.59 ± 2.19
3	0.88	14.21	B	MW	0.01	1.0	0.77	1.02	-20.82	9.44 ± 4.64
3	1.90	79.86	B	MW	0.36	0.8	1.84	1.96	-23.62	10.26 ± 5.05
4	0.90	58.12	B	MW	0.06	0.8	0.71	1.09	-20.91	7.89 ± 1.55
4	1.92	85.90	B	MW	0.36	1.1	1.83	1.99	-23.66	8.58 ± 1.68

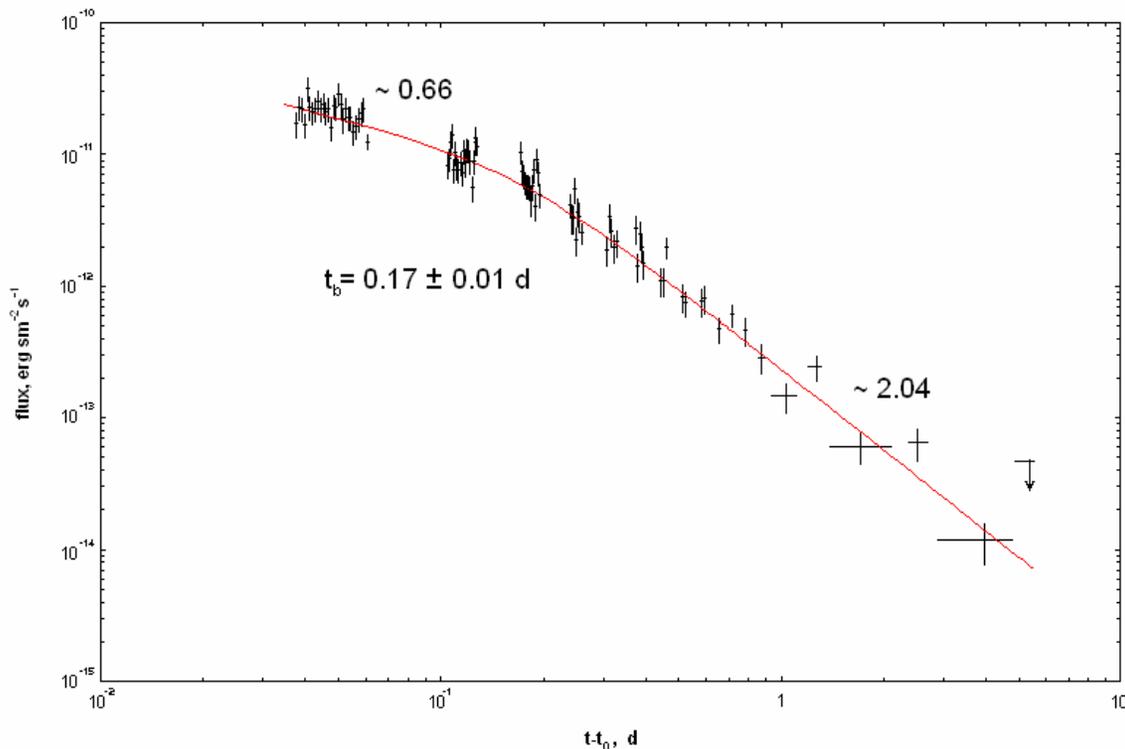
Расстояния между галактиками

Id – Id	L, "	L, кpc
3 – 1	4.60 ± 0.63	35.60 ± 4.88
3 – 2	6.57 ± 0.43	50.85 ± 3.35
3 – 4	5.84 ± 0.19	45.20 ± 1.52
2 – 1	6.16 ± 0.74	47.68 ± 5.63
2 – 4	10.90 ± 0.41	92.11 ± 3.18
1 – 4	8.95 ± 0.61	69.27 ± 4.77

в предположении $z = 0.88 \pm 0.13$

масштаб $7.74 \text{ кпк} / "$

Кривая блеска в рентгеновском диапазоне



аппроксимация рентгеновской кривой блеска степенным законом с изломом

$$F = F_0 \left[\left(\frac{t}{t_{jb}} \right)^{\alpha_1 w} + \left(\frac{t}{t_{jb}} \right)^{\alpha_2 w} \right]^{-1/w}$$

Свойства источника гамма-всплеска GRB 051008

- эквивалентная энергия изотропного излучения

$$E_{iso} = 1.09_{-0.31}^{+0.44} \times 10^{53} \text{ эрг}$$

- время, соответствующее излому на кривой блеска

$$t_{jb} = 0.17 \pm 0.01 \text{ дня}$$

- угол раствора конуса джета

$$\theta_j = 1^{\circ}.65 \pm 0^{\circ}.11$$

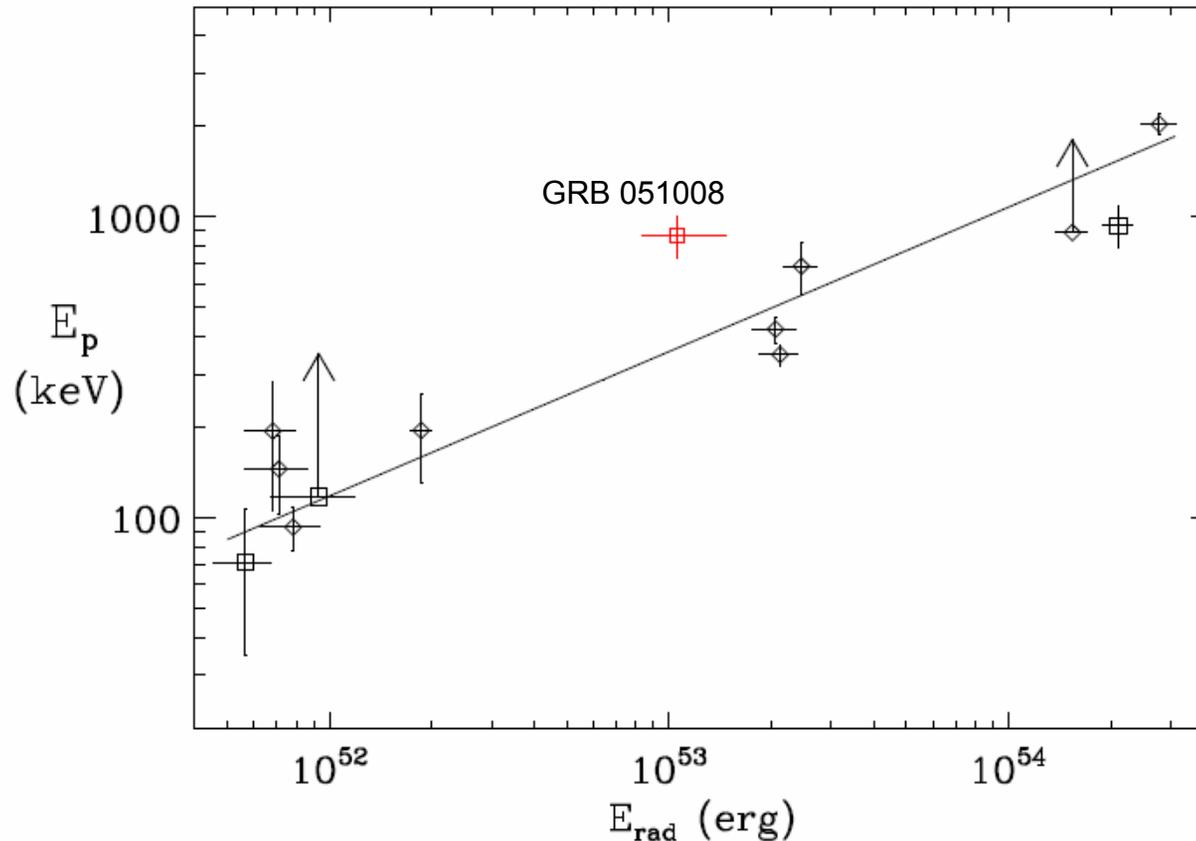
- полная энергия излучения в гамма-диапазоне

$$E_{\gamma} = 5.65_{-0.72}^{+0.81} \times 10^{48} \text{ эрг}$$

- пиковая энергия в спектре

$$E_p = 865_{-136}^{+178} \text{ кэВ}$$

Диаграмма Амати



зависимость пиковой энергии в спектре E_p от эквивалентной энергии изотропного излучения E_{iso} (E_{rad}) (Amati, et al. 2002)

Сравнение GRB 051008 с другими тёмными гамма-всплесками с найденными родительскими галактиками

GRB	XT	OT	RT	β_{OX}	z	Host type	R mag	color	A_V	M	SFR	ref.
970828	+	-	+	<0.05	0.96	Im	25.2	R-K~3.7	-	-19.63	взаим., пережив. з/о	Djorgovski, 2001
980329	+	+	+	0,54	2-3,9	-	-	V-I=-0.18	>1	-	актив. з/о	Lamb, 1999
990506	NO	-	+	<0.06	1.3	-	25.0	-	-	-19.8	~13 M_{\odot} /год	Bloom, 2003
000210	+	+	-	<0.54	0.85	Burst	23.46	R-K~2.5	~0	-20.16	~2.1 M_{\odot} /год	Gorosabel, 2003
020819	NO	-	+	-	0.41	Sc	19.5	R-K~2.7	~1	-22.25	много обл. III, пыли	Jakobsson, 2005
030115	NO	+	+	-	~2.5	S0/Sb	25.58	R-K~5	1.0	-20.97	~4.4 M_{\odot} /год	Levan, 2006
051008	+	-	-	<-0.29	0.88	Burst	24.15	V-I~1.9	1.0	-20.82	-	-
051022	+	-	+	<-0.11	0.81	Burst	21.5	-	1.0	-21.8	> 25 M_{\odot} /год	Castro-Tirado, 2007
051109b*	+	-	-	<0.56	0.08	SBa	14.5	-	-	-23.3	актив. з/о	Perley, 2006, GCN5387
060210*	+	+	-	0,13	3,91	-	-	Ks=20.2	-	-	-	Hearty, 2006, GCN 4753

Заключение

- отсутствие послесвечений, кроме рентгеновского;
- $\beta_{\text{ох}} < -0.29$ – один из самых тёмных всплесков;
- родительская галактика найдена на ЗТШ, имеет $z = 0.88 \pm 0.13$, находится в кластере;
- $E_{\text{iso}} = 1.09 \pm 0.44 \times 10^{53}$ эрг, $\theta_j = 1^\circ.65 \pm 0^\circ.11$, $E_\gamma = 5.65 \pm 0.81 \times 10^{48}$ эрг, $E_p = 865 \pm 178$ кэВ ;
- малый угол раствора конуса джета по сравнению с другими известными всплесками;
- природа тёмного всплеска GRB 051008 не связана с тем, что его источник расположен на большом красном смещении, и, по-видимому, не связана с поглощением в родительской галактике ($A_V \sim 1$). ;