



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;

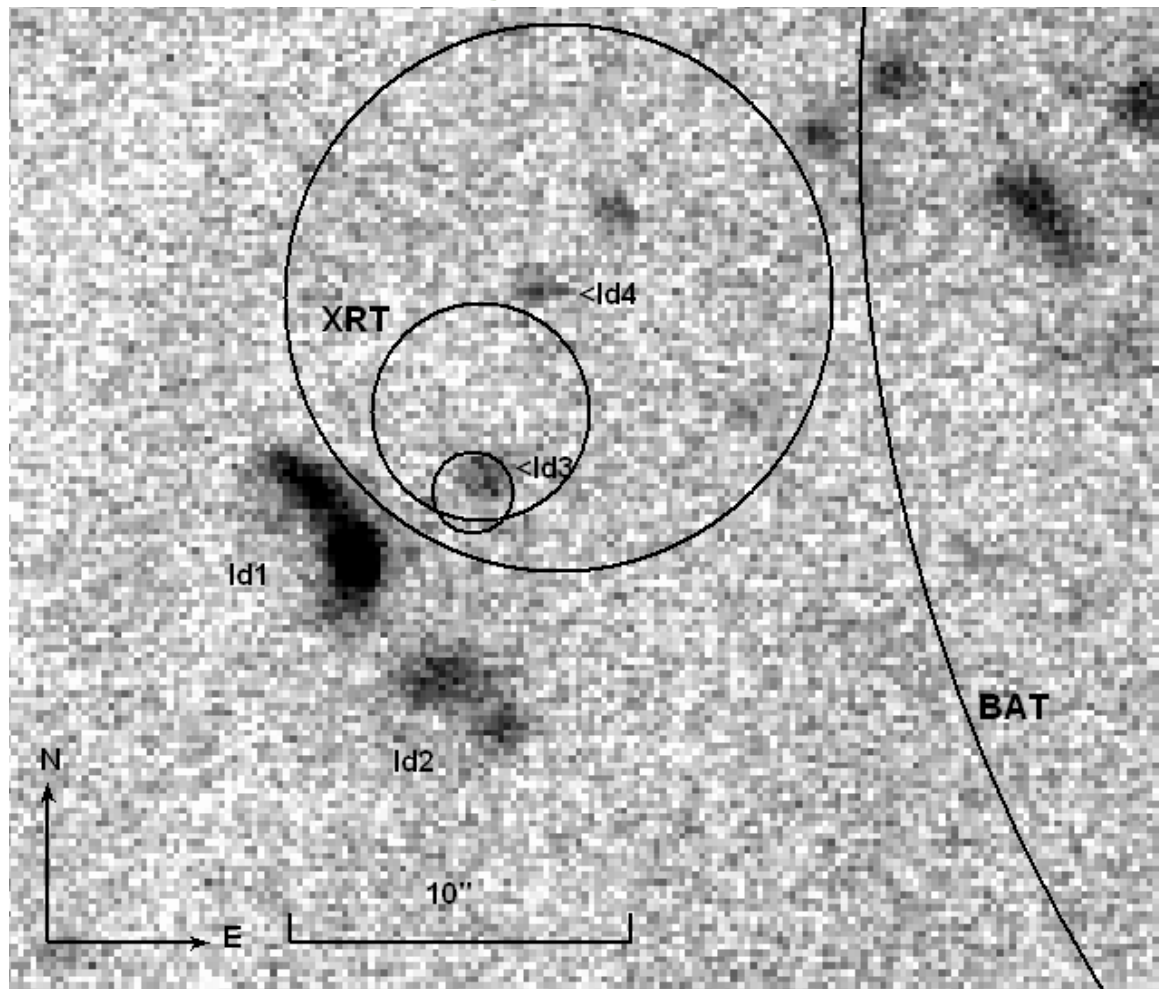
Родительские галактики гамма-всплесков

- 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

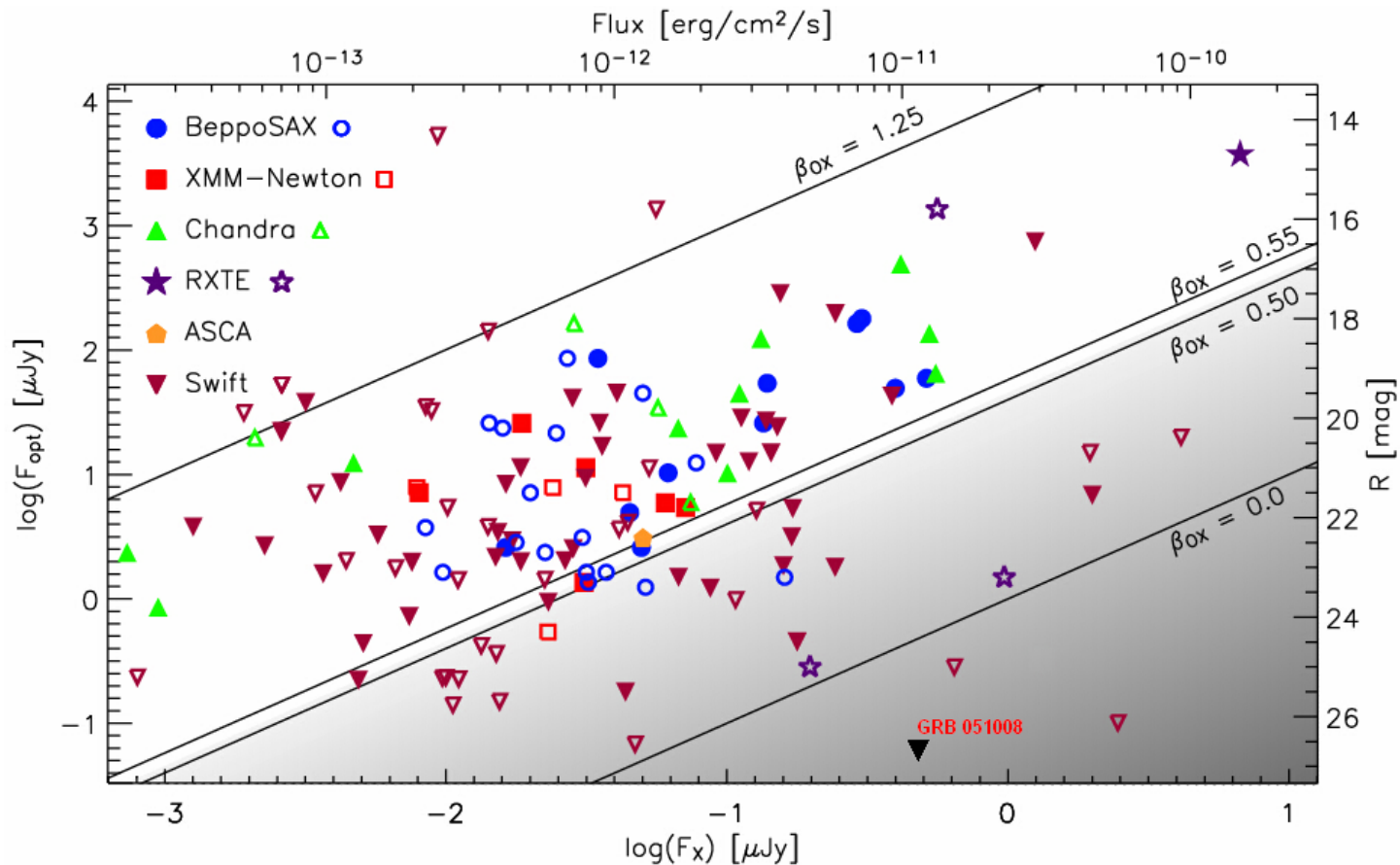


20.06.2006, NOT, фильтр R, сиинг $0''.95$, предел $25^m.2$, масштаб $0.19''/\text{pix}$, координаты Id3 RA $13^h31^m29^s.51 \pm 1^s.20$, Dec $+42^\circ05'53''.67 \pm 0''.08$ (J2000), показаны кружки ошибок BAT и XRT – начальный и уточнённые

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



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

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

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

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

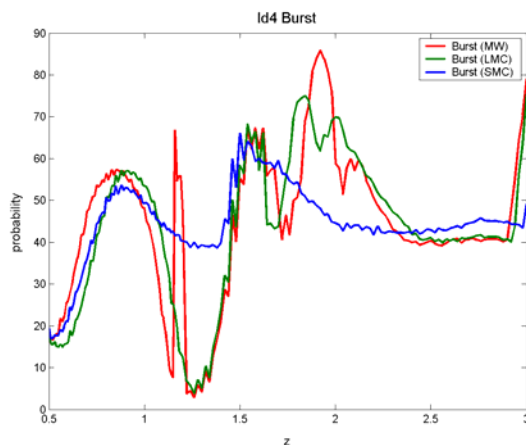
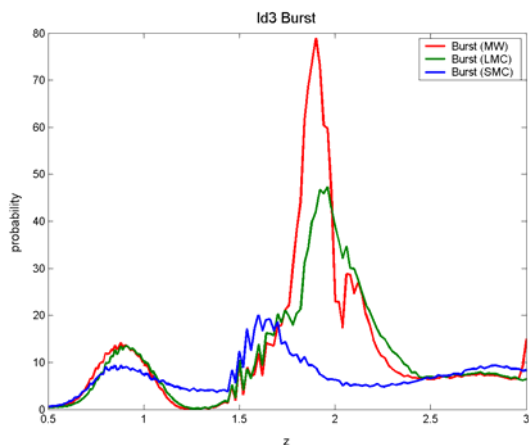
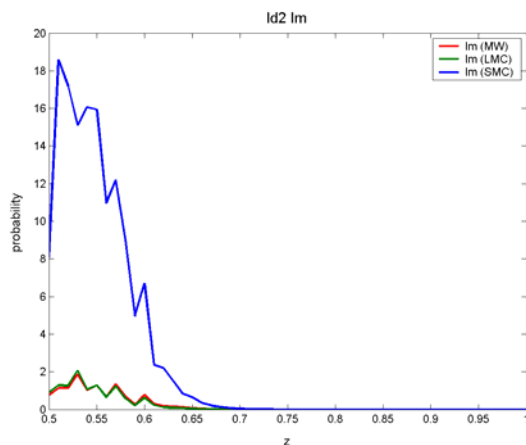
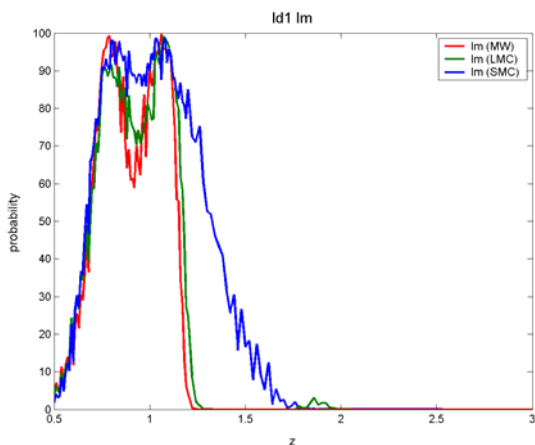
Вероятность случайного попадания Id3 в XRT

- 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 |

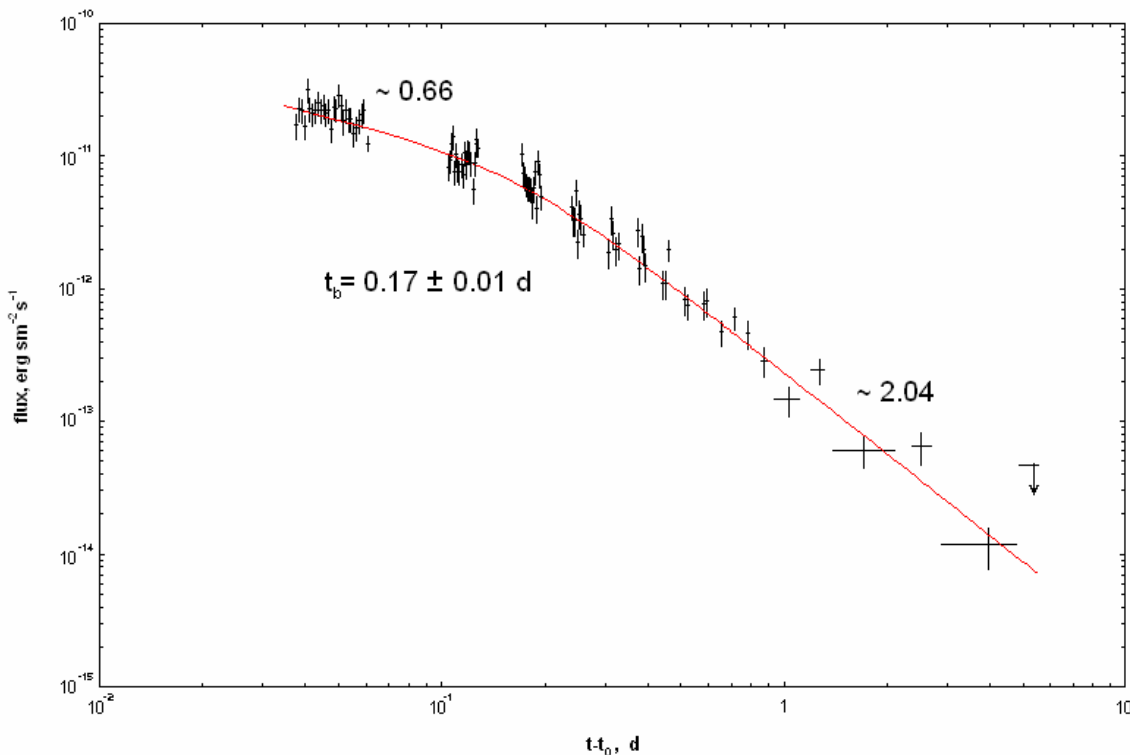
Расстояния между галактиками

| 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

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

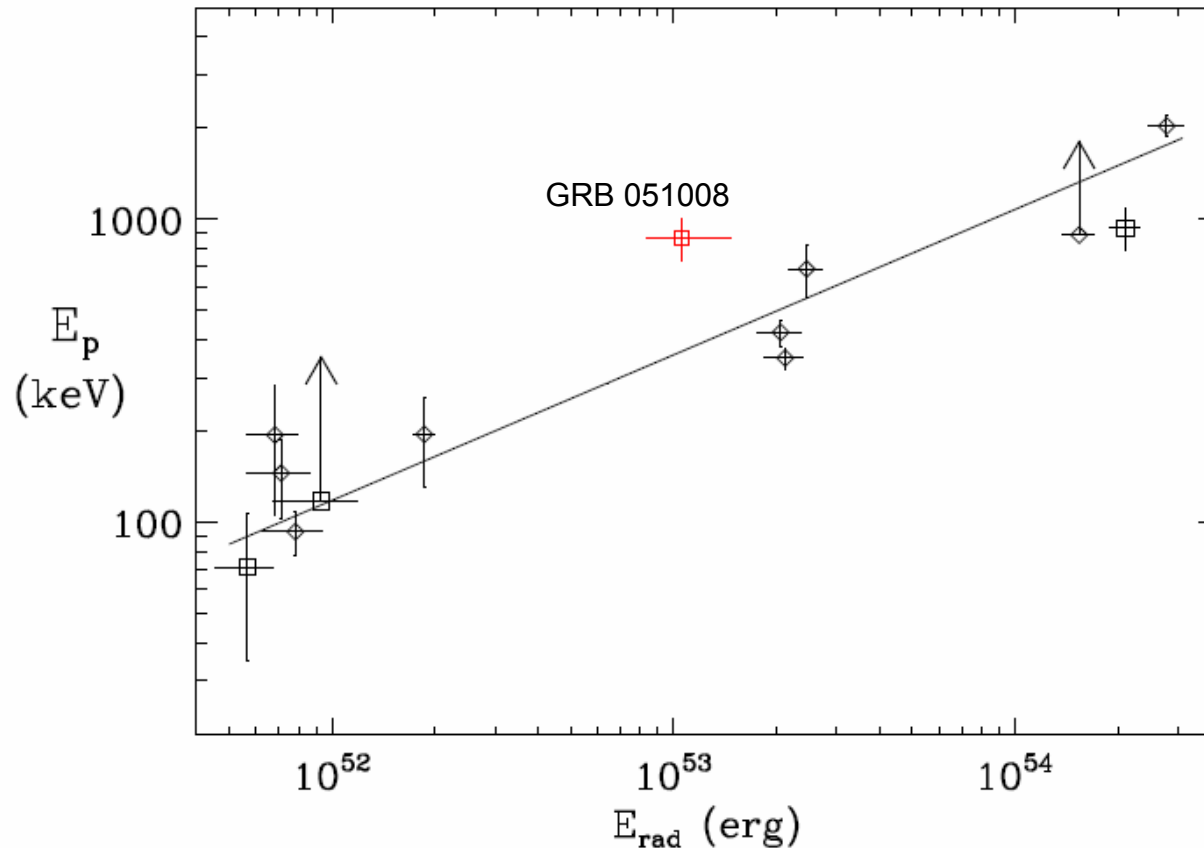
- полная энергия излучения в гамма-диапазоне

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

- 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 ($A_V \sim 1$). ;