

Радиационно-гидродинамическое моделирование SN2017iuk, связанной с GRB171205A

А. Вольнова, М. Ушакова, А. Позаненко, П. Бакланов, С. Блинные, С. Белкин, П. Минаев, Е. Мазаева, Н. Панков, М. Барков

Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

НИЦ "Курчатовский институт", Москва, Россия

Наблюдения

GRB 171205A был зафиксирован экспериментом BAT/Swift 5 декабря 2017. Оптический компонент был обнаружен телескопом Swift/UVOT (D'Elia et al. 2017). Класс GRB и близость его источника позволяют предположить появление сверхновой через несколько дней после триггера. Основной компонент SN действительно был обнаружен фотометрически и спектроскопически через 2 дня после триггера, еще через несколько месяцев.

Наблюдения в этой работе были получены с помощью виртуальной наблюдательной сети GRB Follow-up Network, которая использует специально выделенное время нескольких астрономических обсерваторий по всему миру для мониторинга оптического компонента гамма-всплесков. Наблюдения состоят из оптических кривых блеска в фильтрах B, R, I, Lum, J.

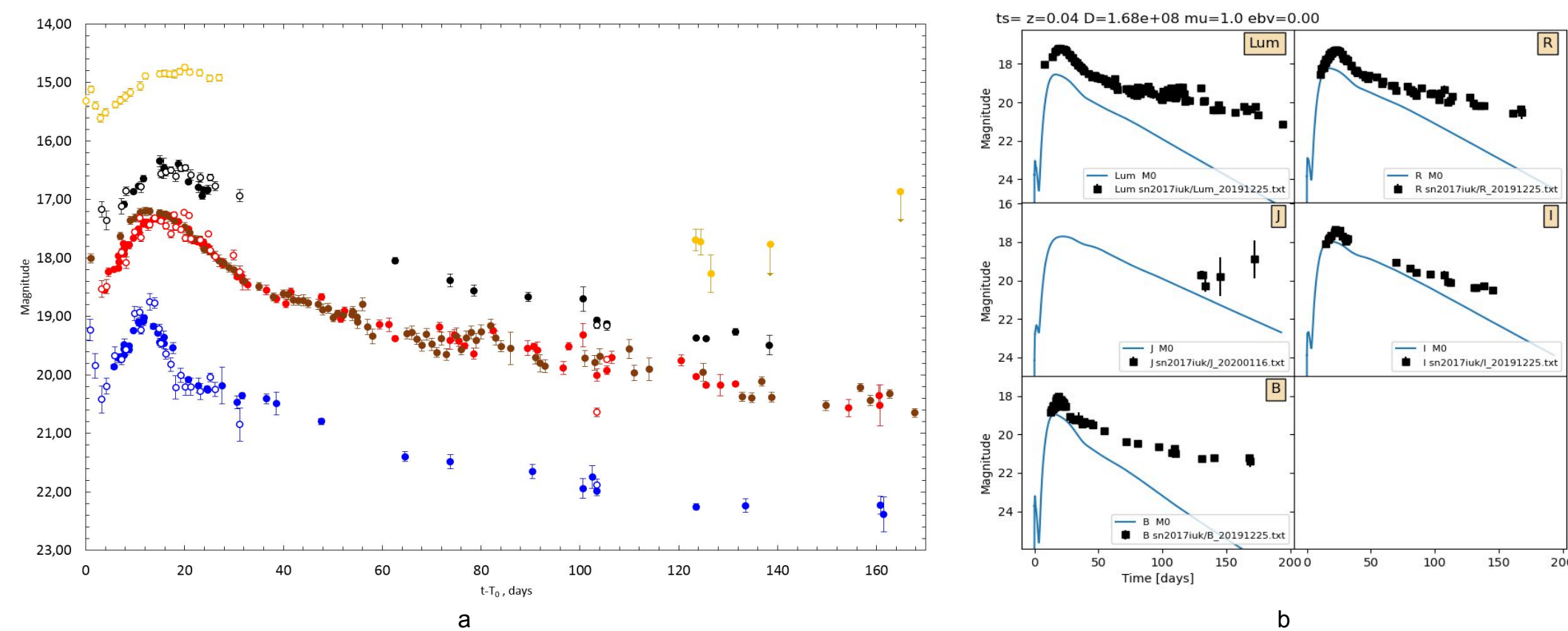
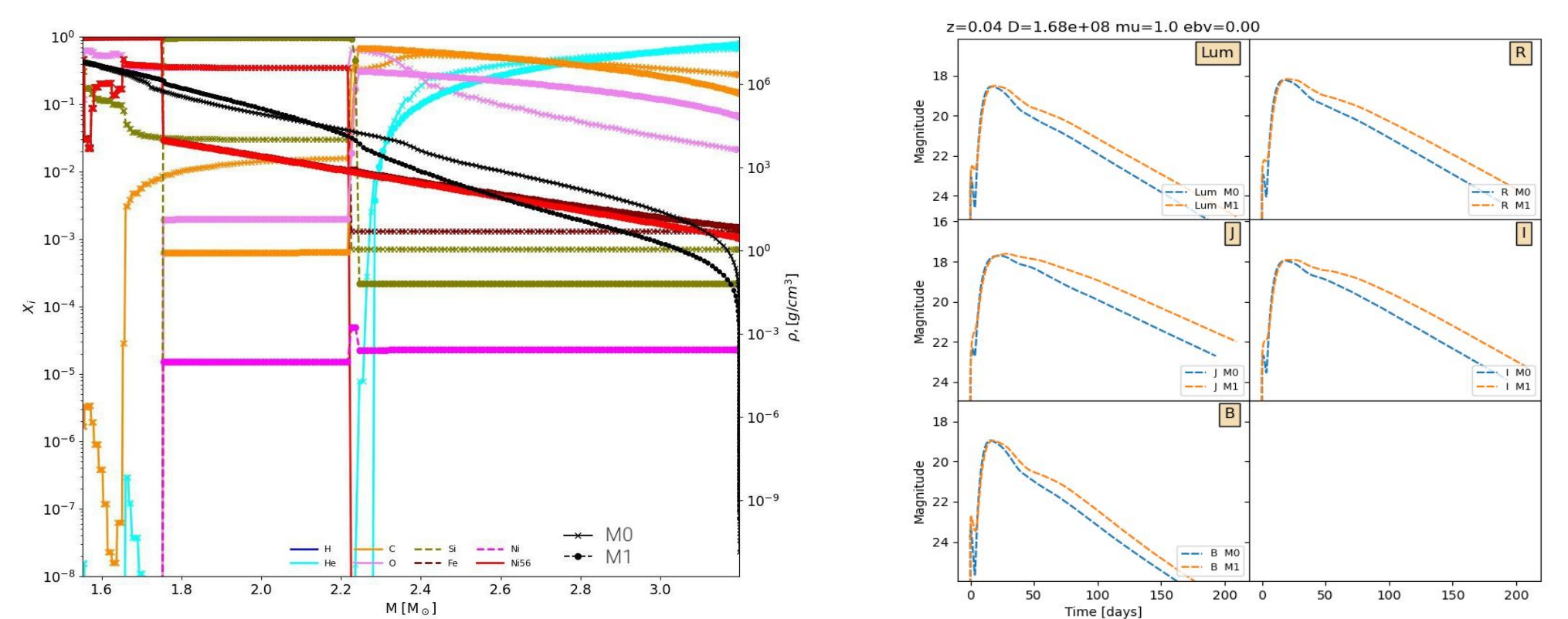


Рис.1 а — Оптическая кривая блеска послесвечения GRB 171205A и связанной с ним SN 2017iuk. Заполненные кружки представляют собой оригинальные данные, полученные сетью Iki GRB-FuN. Открытые кружки представляют собой данные, взятые из литературы (Izzo et al. 2019; Kumar et al. 2022); б — модель M0; с — разница между исходным химическим составом (линии с точками, M0) и тем, который был построен вручную на этой основе (линии с крестиками, M1); д — разница между моделями M0 и M1.

Эволюционная модель

Для моделирования был использован код STELLA (Blinnikov and Sorokina 2004; Baklanov, Blinnikov, and Pavlyuk 2005; S. Blinnikov et al. 2006), одномерный (сферически-симметричный) неявный многогрупповой радиационно-гидродинамический код. Он позволяющий достаточно детально сделать количественные расчёты моделей сверхновых. STELLA был успешно применён ко всем типам сверхновых: SN Ia, SN Ib/c, SN IIP, SN IIb, SN Iin. Моделирование позволило оценить различные параметры сверхновой, такие как масса, радиус и хим. состав прародителя гамма-всплеска и сверхновой, масса компактного остатка, кинетическая энергия взрыва, масса выделенного никеля.

Первоначально использовавшаяся модель M0 сверхновой типа Ib/c была построена с помощью кода KEPLER путем эволюционного вычисления звезды главной последовательности (Woosley, S. E., Norbert Langer, and Thomas A. Weaver. 1995). Но при работе с эволюционными вычислениями сложно менять некоторые другие параметры. Поэтому была поставлена цель преобразовать эту эволюционную модель в искусственную M1, в которой все параметры можно свободно менять. Различия между M0 и M1 довольно малы, поэтому на следующем этапе эта модель была принята в качестве основы для будущих изменений. Масса выброса $M_{ej} = 1.6 M_{\odot}$, радиус $R = 2R_{\odot}$, масса ^{56}Ni $M_{^{56}\text{Ni}} = 0.05 M_{\odot}$.



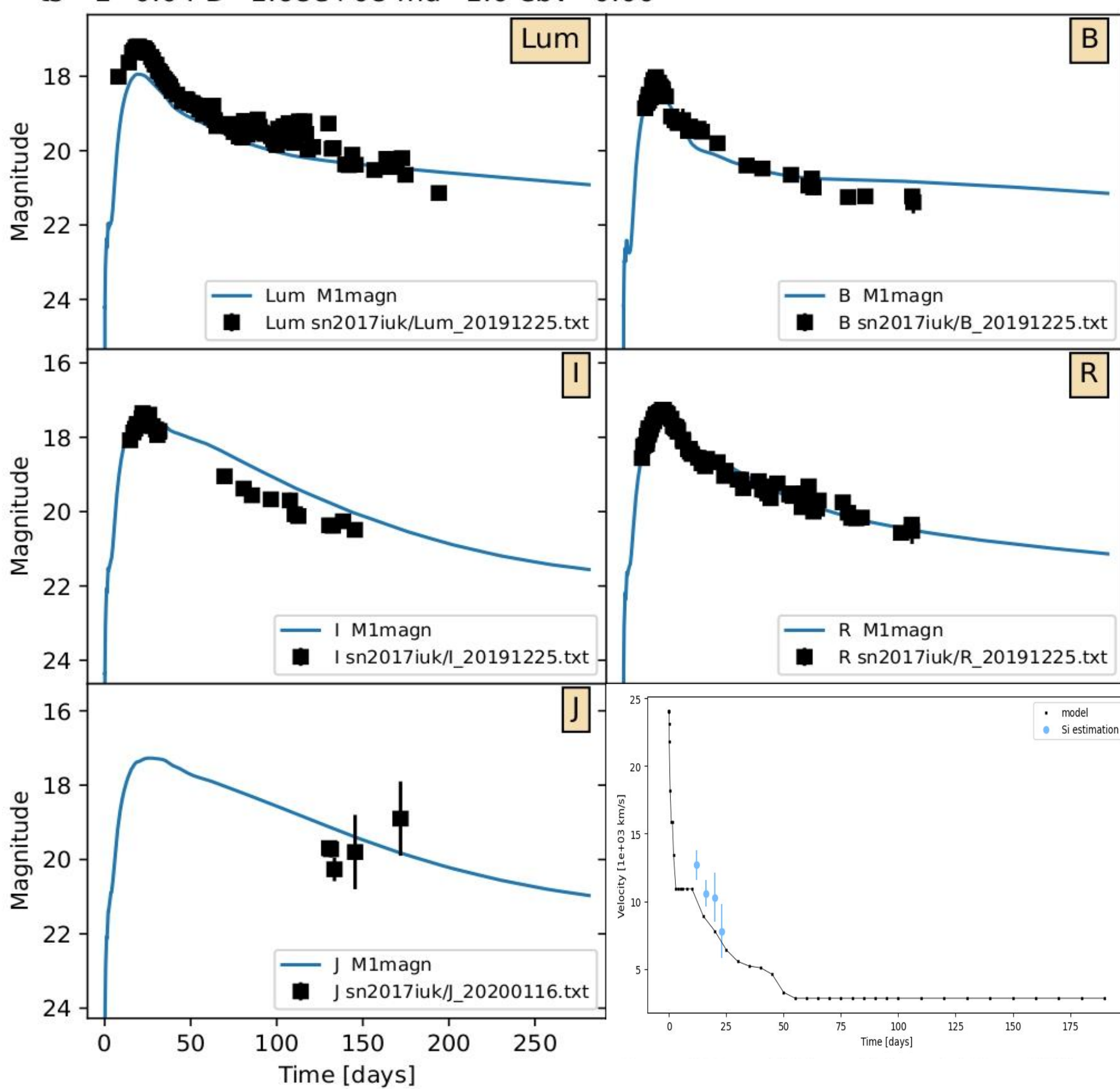
Модель с магнитаром

Если энергия магнитарного ветра эффективно термализуется за расширяющейся оболочкой выброса сверхновой, то полученный источник энергии может значительно повысить светимость сверхновой (Moriya, Metzger, and Blinnikov 2016).

$$L_{\text{mag}}(t) = \begin{cases} \frac{E_m}{t_m} \left(1 + \frac{t}{t_m}\right)^{-2} & (t \leq t_{\text{BH}}), \\ 0 & (t > t_{\text{BH}}). \end{cases}$$

	$M_{^{56}\text{Ni}}$ [M_{\odot}]	E_m [10^{50} erg]	t_m [10^7 s]	E_{burst} [10^{51} erg]
M1magn	0.2	0.3	3.0	11.0

ts= z=0.04 D=1.68e+08 mu=1.0 ebv=0.00



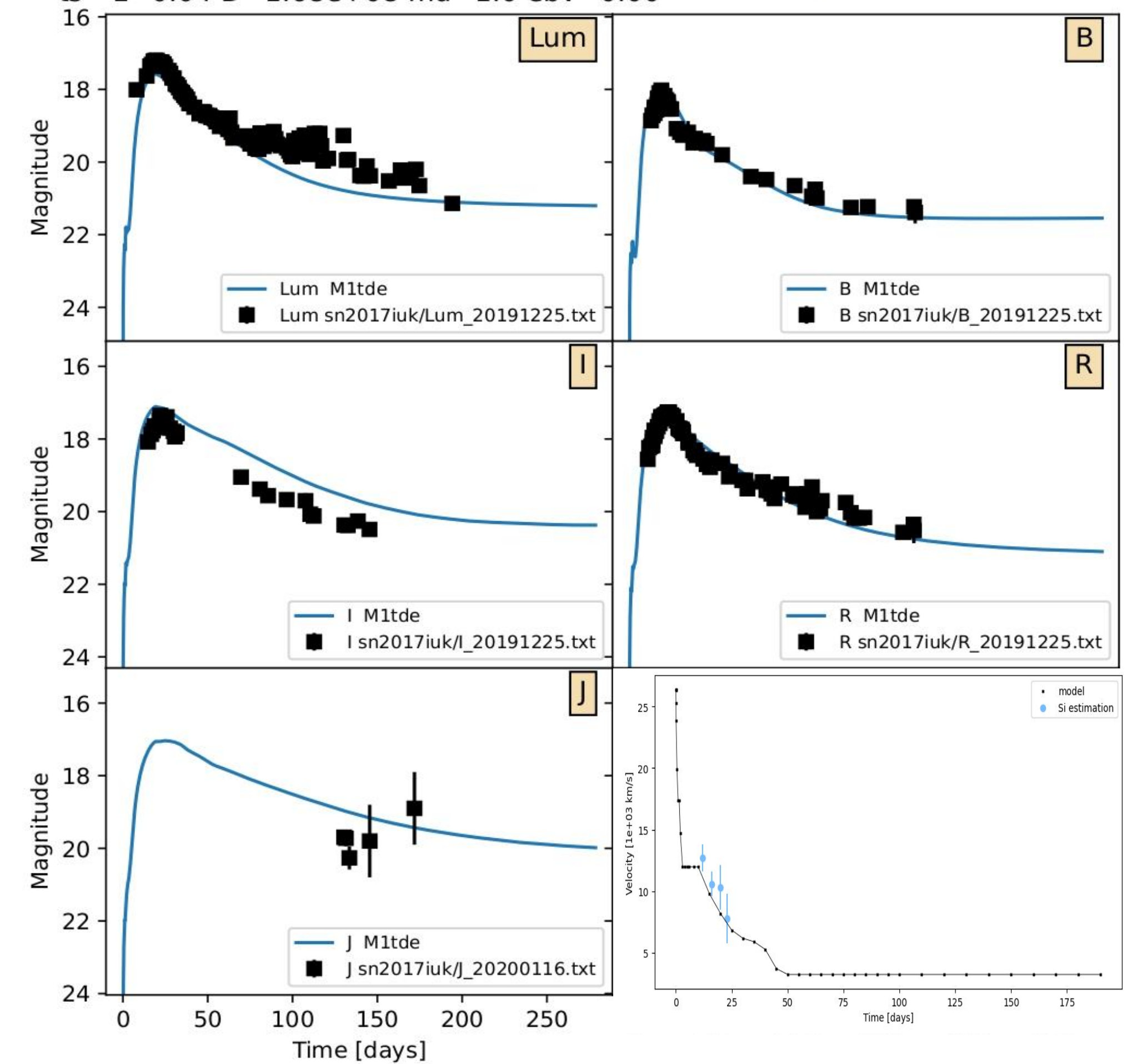
Модель с fallback аккрецией

Одной из альтернатив является fallback аккреция. Часть выброса сверхновой, не набравшая достаточно энергии, чтобы вырваться, в конечном итоге падает обратно; это вещество в конечном итоге аккрецирует на центральный компактный остаток. Такая аккреция может дать дополнительную энергию для увеличения энергии и светимости сверхновой (Moriya, Nicholl, and Guillochon 2018).

$$L_{\text{fallback}}(t) = \begin{cases} L_1 \left(\frac{t_{\text{tr}}}{1 \text{ s}}\right)^{-\frac{5}{3}} \equiv L_{\text{flat}} & (t < t_{\text{tr}}) \\ L_1 \left(\frac{t}{1 \text{ s}}\right)^{-\frac{5}{3}} & (t \geq t_{\text{tr}}) \end{cases}$$

	$M_{^{56}\text{Ni}}$ [M_{\odot}]	L_1 [10^{41} erg]	t_{tr} [10^7 s]	E_{burst} [10^{51} erg]
M1tde	0.3	3.45	3.0	13.0

ts= z=0.04 D=1.68e+08 mu=1.0 ebv=0.00



Заключение

Связь гамма-всплесков со сверхновыми обсуждается уже давно (Woosley, Eastman, and Schmidt 1999; Li et al. 2008). Период магнитара для SN2017iuk находится в пределах нормы для обычных пульсаров. Но по сравнению с магнитарами, используемыми для сверхмощных сверхновых, период магнитара в модели M1magn намного больше (Vurm and Metzger 2021).

Один из возникающих вопросов заключается в том, как система перейдет из фазы, питаемой магнитаром, в фазу, питаемую аккрецией.

Благодарность

Работа поддержана грантом РФФ 23-12-00220.

Контакты

Email: ushakova.mg17@physics.msu.ru