

## Аннотация работы, подаваемой на конкурс ИКИ РАН.

**1. Авторы.** Volnova, A. A. (IKI RAS); Pruzhinskaya, M. V. (SAI MSU); Pozanenko, A. S. (IKI RAS); Blinnikov, S. I. (ИТЕР); Minaev, P. Yu. (IKI RAS); Burkhonov, O. A. (UBAI); Chernenko, A. M. (IKI RAS); Ehgamberdiev, Sh. A. (UBAI); Inasaridze, R. (Kharadze Abastumani Astrophysical Observatory); Jelinek, M. (Astronomical Institute of the Czech Academy of Sciences); Khorunzhev, G. A. (IKI RAS); Klunko, E. V. (ISTP RAS SB); Krugly, Yu. N. (Kharkiv National University, Institute of Astronomy); Mazaeva, E. D. (IKI RAS); Rumyantsev, V. V. (CrAO RAS); Volvach, A. E. (CrAO RAS)

**2. Название** Multicolour modelling of SN 2013dx associated with GRB 130702A

**3. Статья опубликована в журнале** Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 467, Issue 3, p.3500-3512 (2017)

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2017MNRAS.467.3500V>

#### 4. Аннотация.

Известно, что некоторые из длительных гамма-всплесков (ГВ) связаны со сверхновыми с коллапсирующим ядром типа Ib/c (GRB 980425/SN 1998bw; GRB 030329/SN 2003dh; GRB 060218/SN 2006aj; и др.). Признак сверхновой обычно проявляется либо в плавном увеличении яркости источника (фотометрический признак), либо в изменении его спектра (спектроскопический признак, наиболее надёжный), либо и в том, и в другом сразу. Наличие связи длительных ГВ со сверхновыми говорит о том, что источником энергии ГВ является коллапс массивных звёзд. На данный момент открыто 20 сверхновых, связанных с ГВ, связь которых подтверждена спектроскопически, и примерно 30 сверхновых, связь которых с ГВ обнаружена лишь фотометрическим методом.

Главной задачей при наблюдении сверхновой, связанной с ГВ, является определение основных параметров взрыва и его прародителя: массы и радиуса звезды перед взрывом, общей энергии взрыва, количества выделившегося никеля, массы результирующего компактного остатка. Все эти параметры можно оценить при моделировании многоцветных кривых блеска сверхновых. На данный момент в этой области есть три способа моделирования кривых блеска: сравнение с шаблонными кривыми, сравнение с аналитической функцией, выведенной из теоретических предположений, и численное моделирование в зависимости от начальных параметров взрыва. Способ сравнения с шаблоном основан на уже ставшей классической сверхновой SN 1998bw, которая была самой первой сверхновой, ассоциированной с ГВ, и до сих пор остаётся самой близкой из них ( $z = 0.0085$ ). Аналитический способ основан на простой модели сферически симметричного взрыва. В нём болометрическая кривая блеска сверхновой SN 1998bw аппроксимируется аналитической функцией, связывающей основные параметры взрыва, и далее полученная функция используется как шаблон для сравнения с наблюдениями других сверхновых. Последний способ является наиболее сложным и требует для проверки соответствия модели и наблюдений наличие плотного ряда наблюдательных данных.

Сверхновая SN 2013dx и оптический компонент ассоциированного с ней ГВ GRB 130702A наблюдались сетью оптических телескопов ИКИ РАН для наблюдения послесвечений ГВ, среди которых Майданакская высокогорная обсерватория, Крымская астрофизическая обсерватория, Саянская обсерватория в п. Монды, а также другими

международными телескопами. В работе, кроме оригинальных наблюдений, собраны все доступные на данный момент оптические многоцветные наблюдения оптического компонента GRB 130702A. Общая кривая блеска в 7 фильтрах (*uBgrRiz*) охватывает период с 1 до 88 дней после начала всплеска и содержит более 330 фотометрических точек. В работе была проведена декомпозиция кривой блеска и выделение вклада от родительской галактики, от послесвечения ГВ и от самой сверхновой. **Кривая блеска сверхновой SN 2013dx состоит из более чем 280 точек. Это вторая по степени детальности кривая блеска сверхновой, связанной с гамма-всплеском, после SN 1998bw.**

Для определения основных параметров объекта был выбран метод численного моделирования. В работе использовался код STELLA, разрабатываемый командой учёных в ИТЭФ РАН и ГАИШ МГУ. STELLA - это одномерный сферически-симметричный радиационно-гидродинамический код, позволяющий рассчитывать процессы переноса излучения в сверхновых с учётом химического состава и внутренней структуры предсверхновых. Код учитывает начальный химический состав звезды перед взрывом, распределение элементов в зависимости от радиуса, а также основные необходимые параметры звезды, взрыва и остатка. STELLA с 1998 года успешно используется для моделирования кривых блеска сверхновых различных типов. **Для моделирования кривой блеска сверхновой, связанной с ГВ, этот код был применён впервые.**

В работе представлены описание процесса и результаты моделирования многоцветной кривой блеска SN 2013dx с помощью кода STELLA. Варьирование отдельных начальных параметров с фиксацией остальных позволило оценить их влияние на результирующую болометрическую кривую блеска. Наилучшее совпадение модельной кривой блеска с наблюдениями позволило определить наиболее вероятные характеристики предсверхновой и взрыва: массу предсверхновой  $M = 25M_{\odot}$ , массу компактного остатка  $M_{CR} = 6M_{\odot}$ , полную энергию взрыва  $E_{\text{oburst}} = 3.5 \times 10^{52}$  эрг, радиус предсверхновой  $R = 100 R_{\odot}$ , массу выделившегося никеля  $M_{56\text{Ni}} = 0.2 M_{\odot}$ , количество основных элементов перед взрывом  $M_{\text{O}} = 16.6 M_{\odot}$ ,  $M_{\text{Si}} = 1.2 M_{\odot}$ ,  $M_{\text{Fe}} = 1.2 M_{\odot}$ . Модель хорошо описывает максимум и фазу спада кривой блеска, однако есть проблемы с описанием фазы роста. Это может быть связано со сферической симметрией модели. Кроме того, модельные фотосферные скорости хорошо согласуются с наблюдаемыми скоростями, полученными спектроскопически.