



Впервые зарегистрировано гамма-излучение кобальта-56 от сверхновой типа Ia (SN2014J) обсерваторией ИНТЕГРАЛ

Российские астрофизики и их зарубежные коллеги впервые наблюдали гамма-излучение от распада радиоактивного изотопа кобальта-56 после вспышки сверхновой SN2014J. Эти данные блестяще подтвердили теоретическую концепцию того, что сверхновые типа Ia — это гигантские термоядерные взрывы белых карликов, сверхплотных остатков звезд. Об этом замечательном открытии говорится в вышедшей 28-го августа статье в журнале *Nature*, лидирующими авторами которой являются астрофизики из Института космических исследований РАН.

Считается, что сверхновые типа Ia являются результатом термоядерного взрыва углеродно-кислородного белого карлика, в процессе которого синтезируется большое количество радиоактивного никеля-56. После взрыва происходит цепочка распадов: никель превращается в кобальт-56, который затем распадается в железо ($^{56}\text{Ni} \Rightarrow ^{56}\text{Co} \Rightarrow ^{56}\text{Fe}$, см. рис.1, вверху), в ходе чего рождаются многочисленные гамма-фотоны. Они взаимодействуют с расширяющейся оболочкой сверхновой, нагревают ее и обеспечивают мощное оптическое свечение оболочки.

Именно яркость и предсказуемое поведение оптических кривых блеска подарили сверхновым типа Ia название “стандартные свечи”, которые используют для вычисления расстояний между объектами во Вселенной.

Однако, хотя уже открыты сотни таких сверхновых в разных галактиках, их гамма-излучение ни разу не было зарегистрировано. В результате исследователи имели дело лишь с оптическим излучением — результатом переработки гамма-лучей во внешних слоях разлетающейся оболочки. За всю космическую эру, то есть более полувека, не произошло ни одного взрыва сверхновой типа Ia ни в одной из ближайших к нам галактик.

И вот это произошло. 15-го января 2014 года новая сверхновая типа Ia взорвалась в галактике M82. Названная SN2014J, она оказалась достаточно близко (11 миллионов световых лет), чтобы орбитальная обсерватория ИНТЕГРАЛ смогла впервые напрямую обнаружить излучение в двух самых ярких гамма-линиях и полностью подтвердить теоретическую концепцию сверхновых типа Ia как гигантских термоядерных взрывов.

Важность этого события не только в том, что подтвердились теоретические предсказания. Несмотря на долгую историю наблюдений и численных экспериментов, детальная физика взрывов сверхновых типа Ia и эволюция компактной звезды-предшественника до взрыва остается предметом горячих споров. В большинстве моделей оболочка сверхновой остается непрозрачной для гамма-излучения на протяжении 10—20 дней после взрыва — иными словами, в это время её нельзя увидеть в гамма-лучах. Со временем оболочка становится более прозрачной и большая часть гамма-квантов проходит сквозь нее (Рис.1) и могут быть зарегистрированы орбитальными обсерваториями.

До сих пор этого не случалось, прежде всего потому, что источники были слишком далеки и вспыхивают они достаточно редко. Из исторических хроник мы знаем, например,

СООБЩЕНИЕ ПРЕСС-СЛУЖБЫ 27.08.2014

что последний надежно идентифицированный взрыв SNIa в нашей Галактике случился в 1604 году – это была сверхновая Кеплера.

«Нам очень повезло, и прежде всего потому, что в распоряжении ученых ИКИ РАН была орбитальная обсерватория ИНТЕГРАЛ», говорит главный научный сотрудник ИКИ РАН академик **Рашид Сюняев**, научный руководитель от России международной обсерватории ИНТЕГРАЛ.

Новость о (случайном!) открытии близкой сверхновой в галактике M82 пришла 21-го января 2014 года. Астроном Стив Фосси (S.J. Fossey) с группой студентов из Университетского колледжа Лондона заметили новую яркую звезду, наблюдая M82 в небольшой телескоп, свойства которой однозначно говорят о том, что мы имеем дело со сверхновой типа Ia, получившей название SN2014J. Галактика M82 находится на расстоянии в 11 миллионов световых лет от нашей, что сразу сделало SN2014J кандидатом на ближайшую SNIa за последние несколько десятков лет.

Такое редкое событие инициировало многочисленные наблюдения телескопов и обсерваторий во всем мире, включая обсерваторию ИНТЕГРАЛ. «Мы благодарны Российскому научному комитету проекта ИНТЕГРАЛ за согласие прервать регулярную программу наблюдений и потратить миллион секунд из российской квоты наблюдательного времени на наблюдения этой сверхновой. Именно в ходе этих наблюдений мы увидели первые признаки распада радиоактивного кобальта в спектре гамма-излучения сверхновой», — говорит Рашид Сюняев.

После взрыва гамма-фотоны, порожденные распадом никеля и кобальта, распространяются через вещество оболочки и теряют свою энергию в результате комптоновского рассеяния и эффекта отдачи. Никель-56 распадается в кобальт-56 всего за 10 дней. В это время вещество сверхновой еще непрозрачно для гамма-квантов, и только излучение радиоактивного никеля, расположенного во внешней части разлетающейся оболочки имеет шанс выйти из оболочки. Последующий распад кобальта-56 в железо-56 занимает гораздо больше времени (~111 дней), и к моменту, когда расширяющаяся оболочка становится почти прозрачной, кобальт-56 доминирует, превращая сверхновую типа Ia в долгоживущий источник гамма-линий кобальта.

«Наблюдения обсерватории ИНТЕГРАЛ между 50-м и 100-м днями с момента взрыва надежно зарегистрировали излучение в двух наиболее мощных гамма-линиях распада радиоактивного кобальта ^{56}Co на энергиях 847 и 1237 кэВ, а также континуум на энергии в сотни кэВ», — говорит первый автор статьи, опубликованной в новом выпуске *Nature*, ведущий сотрудник ИКИ РАН член-корреспондент РАН **Евгений Чуразов**. Зафиксированный поток (Рис.2) свидетельствует, что радиоактивного никеля в процессе термоядерного взрыва звезды было синтезировано около 0,6 массы Солнца. На 75-й день светимость сверхновой в гамма-лучах уже в три раза превышала оптическую. Наблюдаемая ширина линий говорит о том, что характерная скорость разлета вещества сверхновой составляет около 10 000 км/с.

«Все эти параметры неплохо согласуются с предсказаниями самых простых сценариев эволюции белых карликов, которые говорят, что взрыв происходит в результате постепенного повышения массы вплоть до чандрасекаровского предела в 1,4 массы Солнца, хотя нельзя отвергнуть и гипотезу о слиянии двух белых карликов», — отметил Евгений Чуразов.

СООБЩЕНИЕ ПРЕСС-СЛУЖБЫ 27.08.2014

Сравнение спектров, измеренных обсерваторией ИНТЕГРАЛ, с моделями, основанными на детальном расчете нуклеосинтеза и динамики расширения оболочки в «канонических» сценариях с «чандрасекаровским» белым карликом, демонстрирует хорошее согласие теории и наблюдений.

В целом, хорошее согласие с «каноническими» моделями позволяет предположить, что в гамма-лучах SN2014J является типичным представителем класса сверхновых типа Ia. К сожалению, интерпретация оптических наблюдений этой рекордно близкой сверхновой осложнена тем, что оптическое излучение сильно поглощается пылью в галактике M82.

Сверхновая SN2014J продолжила историю изучения сверхновых российскими астрофизиками, которая уже знает случаи необычайного везения. 27 лет назад обсерватория «Рентген» на модуле КВАНТ космической станции МИР открыла гамма-излучение от сверхновой SN1987A в Большом Магеллановом Облаке. Это была сверхновая другого типа — типа II, которые рождаются в результате коллапса массивной звезды. Будучи отдалена от Земли на расстояние «всего» 179 тысяч световых лет, SN1987A стала ближайшей сверхновой типа II в современную эпоху орбитальных обсерваторий. «Нам необычайно повезло, когда в феврале 1987 году сверхновая второго типа вспыхнула почти одновременно с запуском обсерватории «Рентген» на модуле КВАНТ», — вспоминает Рашид Сюняев, научный руководитель международной обсерватории «Рентген» — «Уже в августе 1987 года мы увидели жесткое рентгеновское излучение, которые предсказывали теории».

«Мы надеемся, что успех обсерваторий РЕНТГЕН/КВАНТ, ГРАНАТ и ИНТЕГРАЛ будет продолжен обсерваторией «Спектр-Рентген-Гамма», — продолжает Рашид Сюняев. — Это совместный проект России и Германии, который позволит провести обзор всего неба в рентгеновских лучах с рекордной чувствительностью, позволяющей исследовать свойства темной энергии во Вселенной, изучать рост и эволюцию сверхмассивных черных дыр, вести поиск самых экзотических объектов во Вселенной. «Спектр-Рентген-Гамма» станет ещё одной Национальной обсерваторией, заявку на работу с данными которой сможет подать любой ученый из университетов и институтов страны. Российским ученым принадлежат права на 50% научных данных обсерватории. Роскосмос и НПО им. С.А. Лавочкина объявили, что запуск обсерватории состоится в марте 2016-го года. Мы гордимся научными результатами наших рентгеновских и гамма-обсерваторий — на странице Отдела астрофизики высоких энергий ИКИ РАН вы можете найти все эти статьи. Мы уверены, что обсерватория «Спектр-Рентген-Гамма» даст еще больший поток научных результатов и статей в ведущих научных изданиях. Надеемся, что это будет наука высокого класса».

Оригинальная статья:

E.Churazov, R.Sunyaev, J.Isern, J.Knödlseher, P.Jean, F.Lebrun, N.Chugai, S.Grebenev, E.Bravo, S.Sazonov, M.Renaud, “⁵⁶CO γ -ray emission lines from the type Ia supernova SN 2014J”, Nature, Aug 28th, 2014, <http://dx.doi.org/10.1038/nature13672>

INTEGRAL catches dead star exploding in a blaze of glory. Пресс-релиз на сайте Европейского космического агентства

http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/INTEGRAL_catches_dead_star_exploding_in_a_blaze_of_glory

СООБЩЕНИЕ ПРЕСС-СЛУЖБЫ 27.08.2014

...

Международная астрофизическая лаборатория гамма-лучей ИНТЕГРАЛ – это проект Европейского космического агентства совместно с Роскосмосом и НАСА. Обсерватория была запущена 17 октября 2002 года с космодрома Байконур ракетой ПРОТОН. В этом проекте российские ученые имеют права на 25% наблюдательного времени миссии.

ИНТЕГРАЛ является первой российской Национальной обсерваторией. Это означает, что любой исследователь из любого российского научного института или университета может подать заявку на проведение конкретного наблюдения на конкурс, объявляемый ЕКА раз в год. В случае успешного прохождения заявки ученый получает исключительное право на данные наблюдения, их анализ и публикацию полученных результатов в течение года с момента поступления данных. По данным обсерватории российскими учеными уже опубликовано около 300 работ в ведущих журналах. Краткую сводку наиболее интересных результатов можно найти в буклете (.pdf <http://hea.iki.rssi.ru/ru/index.php?page=integral-10years>).

Страница проекта ИНТЕГРАЛ на сайте отдела астрофизики высоких энергий ИКИ РАН

<http://hea.iki.rssi.ru/ru/index.php?page=integral>

Страница проекта ИНТЕГРАЛ на сайте Европейского космического агентства

<http://sci.esa.int/integral/>

Страница орбитальной обсерватории "Рентген" в составе астрофизического модуля "Квант" на сайте отдела астрофизики высоких энергий ИКИ РАН

<http://hea.iki.rssi.ru/ru/index.php?page=rentgen>

Информация о проекте "Рентген"

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82-1>

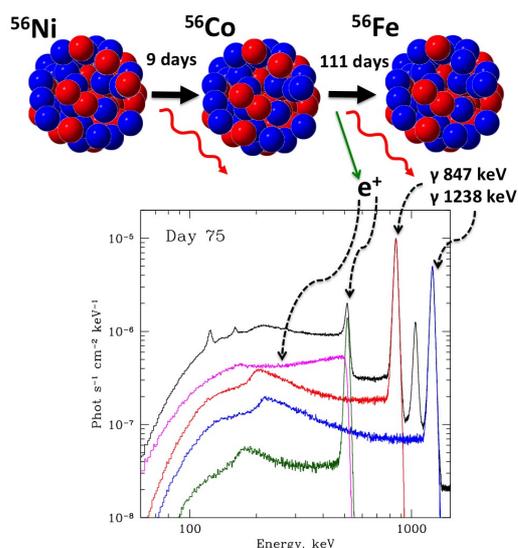


Рис 1. Цепочка распадов $^{56}\text{Ni} \Rightarrow ^{56}\text{Co} \Rightarrow ^{56}\text{Fe}$ высвобождает большое число гамма-квантов и позитронов. На начальном этапе расширения оболочки (10–20 дней) гамма-

СООБЩЕНИЕ ПРЕСС-СЛУЖБЫ 27.08.2014

кванты «гибнут» в оболочке сверхновой, нагревая ее и вызывая свечение оболочки и оптическом диапазоне. Позднее оболочка становится прозрачной и гамма-кванты имеют возможность выйти из оболочки. Спектр излучения сверхновой формируется из гамма-линий, их комптонизированного излучения и излучения аннигиляции позитронов © ИКИ РАН

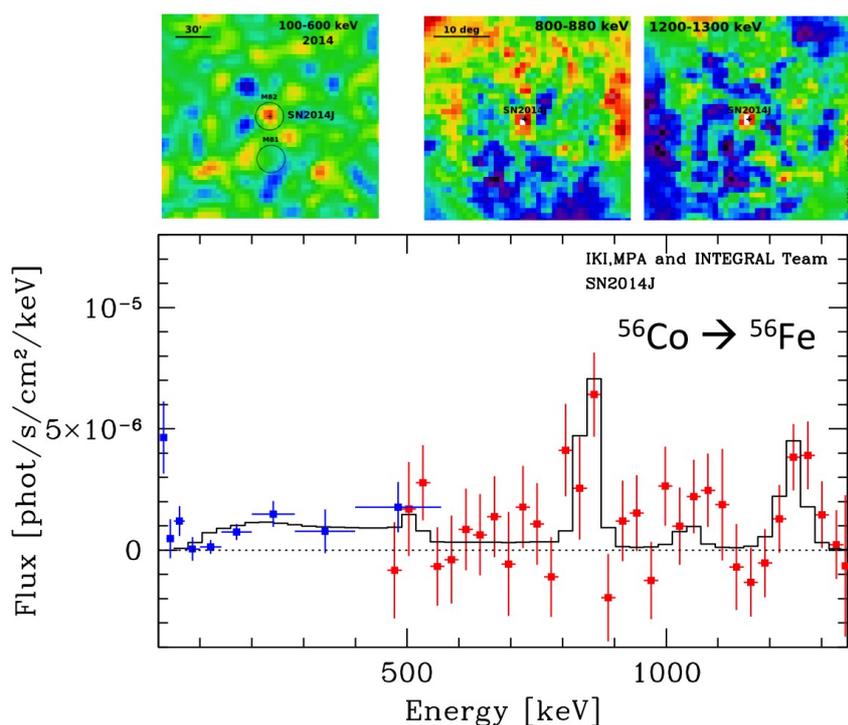


Рис 2. Спектр SN2014J полученный обсерваторией ИНТЕГРАЛ за период с 50-й по 100-й дни после вспышки. Красные и синие точки показывают данные приборов SPI и ISGR/IBIS. Черная кривая показывает модель спектра сверхновой на 75-й день после взрыва.

Ожидаемые вклады трехфотонной аннигиляции позитрония (сиреневый цвет) и комптоновского рассеяния линий 847 и 1238 кэВ (зеленый цвет) представлены на вставке.

Верхний ряд показывает изображения, полученные обсерваторией ИНТЕГРАЛ. Четко виден источник гамма-излучения на месте SN2014J. © ИКИ РАН

СООБЩЕНИЕ ПРЕСС-СЛУЖБЫ
27.08.2014

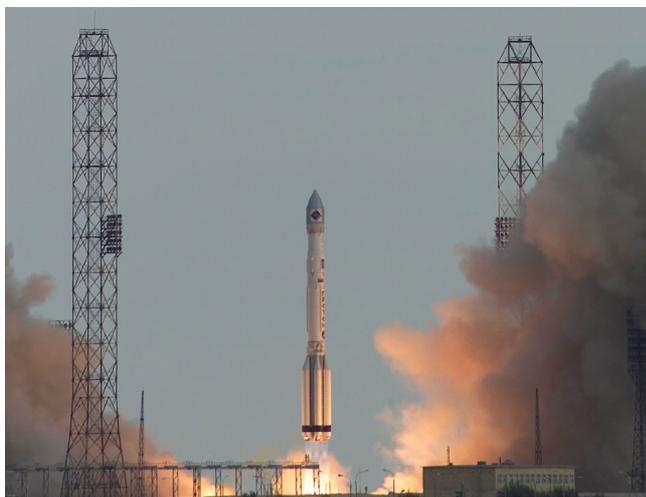


Рис 3. Запуск обсерватории ИНТЕГРАЛ ракетой-носителем «Протон» с космодрома Байконур (с) ESA



© ESA

Рис 4. Обсерватория ИНТЕГРАЛ (с) ESA