

Открыто жесткое рентгеновское излучение титана-44 от остатка сверхновой 1987А

Получены прямые доказательства синтеза радиоактивного изотопа титана-44 (^{44}Ti) при взрыве сверхновой SN1987А. Полная масса синтезированного при взрыве титана оценена приблизительно в 6×10^{26} кг, что составляет 0,03 % массы Солнца или примерно 100 масс Земли.

Авторы исследования — сотрудники Института космических исследований РАН д.ф.-м.н Сергей Гребенев, к.ф.-м.н. Александр Лутовинов, к.ф.-м.н. Сергей Цыганков Европейского центра космических исследований и технологий (ESTEC) Европейского космического агентства Крис Винклер (Chris Winkler). Статья опубликована в вышедшем сегодня 18 октября 2012 г. выпуске журнала *Nature*.

Grebenev S.A., Lutovinov A.A., Tsygankov S.S., Winkler C. "Hard X-ray emission lines from the decay of ^{44}Ti in the remnant of Supernova 1987A", Nature, 2012, v. 490, n. 7420, pp. 373-375.

Считается, что тяжелые элементы (тяжелее углерода и кислорода) во Вселенной образуются только при взрывах сверхновых. Более легкие элементы, в первую очередь гелий, рождаются в ходе термоядерных реакций в недрах звезд, самые массивные из которых способны производить лишь углерод и кислород. Но получение более тяжёлых ядер требует более мощных по энерговыделению процессов, которые может дать только взрыв сверхновой — финальная стадия существования звезды, при которой её ядро коллапсирует под собственным весом, и выделившаяся в результате коллапса энергия «размывает» по пространству внешнюю оболочку, тем самым выбрасывая наружу синтезированные в ходе жизни звезды элементы.

Именно сверхновые, обогатившие межзвездную среду кремнием, кальцием, железом, другими элементами этой группы, сделали возможным образование планет земного типа и зарождение жизни.

ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
СООБЩЕНИЕ ПРЕСС-СЛУЖБЫ

Однако, несмотря на множество косвенных, прямых подтверждений этой концепции не так много. Среди наиболее убедительных — регистрация оптического, рентгеновского и гамма-излучения от радиоактивного распада кобальта-56 в железо-56 в остатке сверхновой SN1987A, которая вспыхнула в Большом Магеллановом Облаке 25 лет назад и стала единственной близкой (160 тысяч световых лет) и яркой сверхновой, наблюдавшейся человечеством за последние 450 лет.

В первые 3–4 года после взрыва сверхновой основную энергию, которая питала происходящие в остатке процессы и его излучение, обеспечивал распад радиоактивных изотопов кобальта-56 (и кобальта-57). Предполагается, что после того, как этот источник полностью истощается, энергию для инфракрасного, оптического и ультрафиолетового излучения остатка может дать распад изотопа титана-44 (^{44}Ti), до того момента, как разлетающаяся оболочка начнёт активно взаимодействовать с окружающей средой.

Модельные расчеты показывают, что в коллапсирующих сверхновых типа SN1987A ^{44}Ti может синтезироваться при взрыве в объёме порядка $(0,02–2.5) \times 10^{-4}$ масс Солнца. Но до сих пор жесткое рентгеновское и гамма-излучение от этого распада было зарегистрировано лишь от остатка сверхновой Кассиопея А. Возможно, это означает, что верхняя граница этого предсказания описывает лишь исключительные случаи взрыва сверхновых, а значит, заметный выход ^{44}Ti происходит не так часто.

Проблема титана-44 для остатка сверхновой SN1987A ранее исследовалась на основе инфракрасных и ультрафиолетовых данных. Из инфракрасных кривых блеска и спектров ультрафиолетового излучения путем сложных модельно зависящих расчетов была получена оценка массы распадающегося титана порядка $(1–2) \times 10^{-4}$ масс Солнца. Но оставалась возможность и других причин этого излучения, с титаном уже не связанных.

ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
СООБЩЕНИЕ ПРЕСС-СЛУЖБЫ

Авторы письма, опубликованного в *Nature*, сообщают о регистрации жесткого рентгеновского излучения от этого остатка в линиях радиоактивного распада титана-44 на энергиях 67,9 и 78,4 килоэлектрон-вольт (кэВ). Результат получен на основе сверхдолгих наблюдений Большого Магелланова Облака орбитальной обсерваторией ИНТЕГРАЛ в 2003-2011 гг. с полной экспозицией 6 миллионов секунд (порядка 1,5 миллиона секунд в 2003 г. и порядка 4,5 миллиона секунд в 2010–11 гг.). Это первое прямое доказательство образования титана в момент взрыва этой уникальной сверхновой.

Измеренные потоки излучения на этих энергиях соответствуют массе синтезированного титана-44 порядка $(3,1 \pm 0,8) \times 10^{-4}$ массы Солнца, вполне достаточном для объяснения ее оптического и ультрафиолетового излучения, наблюдавшегося в течение последних 20 лет. Более того, распадаясь с периодом полураспада 59 лет в радиоактивный скандий-44, а затем практически мгновенно в обычный кальций-44, титан-44 в этой самой большой в локальном объеме Вселенной действующей «мертвой зоне» остатков термоядерного взрыва еще долго будет оставаться активным, обеспечивая мощное излучение в широком диапазоне электромагнитного спектра.

Определённая таким образом масса несколько превышает теоретические расчёты. Это может свидетельствовать как о не совсем обычном режиме взрыва сверхновой, так и о несовершенстве теоретической модели, которая пока включает много оценочных параметров. А потому прямые наблюдения линий титана-44 очень важны для дальнейшего моделирования процессов, происходящих при взрывах сверхновых.

ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
СООБЩЕНИЕ ПРЕСС-СЛУЖБЫ

Дополнительная информация:

Сергее Андреевич Гребенев, ведущий научный сотрудник отдела
Астрофизики высоких энергий ИКИ РАН
+7-495-333-22-22, grebenev@iki.rssi.ru

Сайт отдела Астрофизики высоких энергий ИКИ РАН
<http://hea.iki.rssi.ru/ru/index.php>

Ссылка на статью на сайте журнала *Nature*
[http://www.nature.com/nature/journal/v490/n7420/full/nature11473.html?
WT.ec_id=NATURE-20121018](http://www.nature.com/nature/journal/v490/n7420/full/nature11473.html?WT.ec_id=NATURE-20121018)

Пресс-релиз на сайте ЕКА
http://www.esa.int/esaSC/SEMBK54S18H_index_0.html