

(Крабовидной туманности и туманности Паруса X), газовые облака в Орионе и Змееносце, *галактический центр*, источник Лебедь X-3. ГИ спокойного Солнца очень мало и пока находится за пределами чувствительности детекторов. В мягкой области спектра поток солнечных γ -фотонов меньше 10^{-5} фотон/(см²·с). Однако во время солнечных вспышек интенсивность ГИ возрастает. Хорошо изучено мягкое вспыхивающее ГИ со сплошным спектром и в виде отдельных спектральных линий с $\epsilon=0,5; 2,2; 4,4; 6,1$ МэВ и др., к-рое образуется в результате взаимодействия ускоренных во вспышке протонов и электронов с веществом хромосферы.

Существование аннигиляц. линии 0,5 МэВ указывает на возникновение позитронов, а линия 2,2 МэВ, образуемая в реакции $p^+ + n \rightarrow D + \gamma$, — на большой поток свободных нейтронов (D — ядро дейтерия). Интенсивности этих линий на Земле при мощных вспышках на Солнце составляют $\sim 0,1$ фотон/(см²·с). Примерно на порядок меньше потоки линейчатого излучения с энергией 4,4 и 6,1 МэВ, к-рые, как считается, представляют излучение ядер ¹²C и ¹⁶O, возбужденных при неупругих столкновениях с ускоренными протонами.

ГИ молодых пульсаров объясняется *синхротронным излучением* релятивистских электронов, испускаемых вдоль магн. оси нейтронной звезды-пульсара.

Мощным галактич. источником ГИ является Лебедь X-3, наблюдаемый также в радио-, ИК- и рентг. диапазонах. Он представляет собой тесную двойную систему с орбитальным периодом 4,8 ч, один из компонентов к-рой — молодая нейтронная звезда (или черная дыра). Объект расположен в 12 кпк от Солнца,

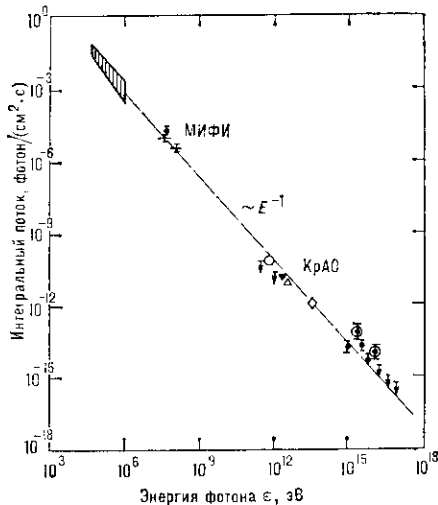


Рис. 5. Интегральный энергетический спектр рентгеновского и γ -излучения источника Лебедь X-3. МИПИ — данные Московского инженерно-физического института, КраО — данные Крымской астрофизической обсерватории.

обладает высокой γ -светимостью ($\sim 10^{38}$ эрг/с), жестким энергетич. спектром (рис. 5) и служит примером (пока единственным) естеств. ускорителя протонов и ядер вплоть до энергий 10^{17} эВ.

Галактич. центр проявляет себя в γ -диапазоне линией 0,5 МэВ, возникающей в результате e^+e^- -аннигиляции и характеризующейся сильной временной переменностью (в течение месяца поток изменяется в неск. раз).

Б. ч. галактич. дискретных источников не отождествлена. Из их расположения вблизи галактич. экватора (ср. широта $\bar{b} \approx 2^\circ$) следует, что они принадлежат Галактике, находящаяся на расстояниях 2—7 кпк от Солнца и представляют собой новый тип объектов, харак-

теризуемых высокой светимостью в γ -диапазоне ($\sim 10^{38}$ эрг/с для $\epsilon \geq 100$ МэВ). Самый яркий неотожествленный источник — Геминга (координаты $l=195^\circ, b=4^\circ$) является скорее всего близко расположенной нейтронной звездой (~ 10 пк от Солнца), периодически испускающей ГИ (период 59 с).

Среди внегалактич. источников — близкие активные (сейфертовские) галактики NGC 4151, MCG 8—11—11, радиогалактика Кентавр-A (все в радиусе ≈ 20 Мпк), а также находящийся на расстоянии ≈ 200 Мпк квазар 3C 273. Гамма-светимость внегалактич. источников, составляющая $\sim 10^{44}$ эрг/с у близких активных галактик и $\sim 10^{47}$ эрг/с у квазара, указывает на то, что ГИ доминирует над излучением в др. диапазонах эл.-магн. спектра и большую роль в них играют частицы, ускоренные до высоких энергий.

Метагалактич. изотропное γ -излучение (МИГИ) выделяется на фоне диффузного излучения Галактики как компонент, не зависящий от галактич. координат и распределения межзвездного газа. Энергетич. спектр МИГИ имеет важную особенность — изменение спектрального индекса при $\epsilon \approx 3$ МэВ. Этот факт может свидетельствовать о наличии в составе МИГИ космологич. (реликтового) ГИ, оставшегося от эпохи, определяемой параметром красного смещения $z \sim 100$.

Кратковременные всплески ГИ (см. Гамма-всплески) представляют собой потоки рентг. и мягкого ГИ длительностью меньше 100 с с плотностью энергии 10^{-7} — 10^{-3} эрг/см², регистрируемые спутниками и КА. Хотя до сих пор не получено надежного отождествления источников γ -всплесков с известными астрофиз. объектами, но по совокупности наблюдательных данных ими скорее всего являются старые нейтронные звезды, находящиеся на заключит. этапе звездной эволюции.

Лит.: Гальпер А. М., Кириллов-Угрюмов В. Г., Лучков Б. И., Наблюдательная гамма-астрономия, «УФН», 1974, т. 112, с. 491; Гальпер А. М., Лучков В. И., Пирецкий О. Ф., Гамма-лучи и структура Галактики, там же, 1979, т. 128, с. 313; Левенталь М., Мак-Каллум К. Дж., Космическая гамма-спектроскопия, пер. с англ., там же, 1981, т. 135, с. 693; Астрофизика космических лучей, под ред. В. Л. Гинзбурга, М., 1984.

А. М. Гальпер, Б. И. Лучков.

ГАММА-ВСПЛЕСКИ — интенсивные импульсные потоки гамма-квантов с энергией от десятка до тысяч кэВ, распространяющиеся в межзвездном пространстве Галактики. Обнаружены в 1973 в результате длительного слежения за уровнем интенсивности космич. γ -излучения одновременно с неск. спутников. Наблюдались не чаще 5—8 раз в год и поэтому считались редким явлением. Чувствительные детекторы Г.-в., установленные на сов. межпланетных станциях «Венера 11—14», позволили наблюдать эти события каждые 2—3 дня. Осн. характеристики Г.-в.: частота появления, интенсивность и временная структура, энергетич. спектр излучения, эволюция спектра в ходе всплеска, суммарный поток энергии, направление распространения излучения.

По интенсивности излучения Г.-в. существенно превосходят уровень диффузного фона γ -излучения от всего неба и на неск. порядков величины превышают потоки от известных дискретных источников (см. Гамма-астрономия). Временная структура всплесков очень сложна и разнообразна. Полная длительность событий меняется от сотых долей секунды до сотен секунд. Нек-рые характерные примеры временных профилей Г.-в., своего рода «кривые блеска», представлены на рис. 1. Специфич. группы образуют очень короткие Г.-в. длительностью $\Delta t \sim 10$ —100 мс (рис. 1, а). Отдельные столь же короткие импульсы встречаются и во временных профилях более протяженных Г.-в. Эти особенности указывают на то, что источники Г.-в. очень компактны; размеры излучающей области не должны превышать величины $c \cdot \Delta t \approx 3000$ км.

Индивидуальные различия в энергетич. спектрах Г.-в. выражены менее ярко. В большинстве случаев непрерывные спектры (число фотонов, приходящихся