

Исследования в области астрофизики сверхвысоких энергий ($>10^{12}$ эВ)

В.П. Фомин

НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, Крым, Научный

Начало исследований в области астрофизики высоких энергий было положено в 1955 г., в год официального открытия обсерватории в п. Научном. А через 3 года была создана станция космических лучей, из которой впоследствии выросла лаборатория гамма-астрономии. Основная задача, которая стояла перед сотрудниками станции – исследование космического фона у поверхности Земли и в ее атмосфере. Станция была оснащена двумя установками: кубическим телескопом для регистрации мезонной компоненты космических лучей и нейтронным монитором для регистрации более низкоэнергичных частиц. Эти приборы работали до 1961 года, и их показания посылались в Международный центр данных. Исследования показали, что магнитные бури на Земле сопровождаются понижением интенсивности космических лучей по всему энергетическому спектру. Были также установлены закономерности в распространении космических лучей, генерированных на Солнце, в межпланетном пространстве.

С 1961 по 1965 гг. на станции проводились измерения потока космических лучей в стратосфере с помощью шаров-зондов. Анализ этих данных позволил установить, что практически все вспышки на Солнце интенсивностью выше 3-х баллов приводят к генерации частиц высоких энергий.

С 1965 года были начаты работы по созданию регистраторов черенковских вспышек в атмосфере Земли. Дело в том, что частицы сверхвысоких энергий ($E > 10^{11}$ эв.), врываясь в атмосферу Земли, образуют так называемый широкий атмосферный ливень, а так как в этом ливне многие заряженные частицы обладают скоростями, превышающими скорость света в среде (в атмосфере), то они испускают черенковское излучение. Это излучение, согласно закону сохранения импульса, распространяется в узком угле ($\sim 2^\circ$) по направлению движения первичной частицы, что позволяет локализовать источники гамма-квантов на небесной сфере. Заряженная компонента космических лучей за счет влияния галактических магнитных полей обладает высокой степенью изотропии.

Первые наблюдения и поиски источников гамма-квантов были начаты в 1969 г. на простейших детекторах, смонтированных из прожекторов диаметром 1.5 м, в фокусе которых помещались регистрирующие фотоэлектронные умножители. Детектор представлял собой две пары телескопов, включенных попарно на совпадения.

За период до 1980 г. были исследованы несколько десятков объектов различных типов: остатки сверхновых, пульсары, радиогалактики, рентгеновские источники, квазары и другие. Наиболее результативными были наблюдения рентгеновского источника Cyg X-3 в 1972–1980 годы. Было показано, что гамма-излучение этого объекта подвержено изменениям с различными периодами: 4,8 часа и 328 дней. В 1971 году было обнаружено излучение от объекта в созвездии Кассиопея (Cas γ -1).

Гамма-телескоп ГТ-48

Начиная с 1975 года, параллельно с наблюдениями на имеющемся регистраторе черенковских вспышек (гамма-телескопе первого поколения), сотрудники лаборатории гамма-астрономии начали разрабатывать конструкцию нового, более совершенного гамма-телескопа второго поколения, состоящего из 48 зеркал (ГТ-48). Основное отличие этого телескопа заключается в том, что он способен не только регистрировать черенковскую вспышку, но и анализировать ее изображение. Это позволяет, в свою очередь, с определенной степенью вероятности разделять события (черенковские вспышки), относящиеся к гамма-квантам и фону космических лучей, которые в тысячи раз по числу превосходят первые. По ходу строительства этого уникального сооружения постоянно проводились методические исследования, результаты которых были использованы для коррекции при строительстве нового телескопа.

Первые наблюдения на телескопе ГТ-48 были начаты в 1989 году и ведутся по настоящее время.

- По данным наблюдений 1993–1995 гг. подтверждено наличие потока гамма-квантов от объекта в созвездии Лебедя (Суг X-3) и здесь же обнаружен новый источник Суг γ -2 на уровне достоверности $7,5 \sigma$. Впоследствии наличие потока гамма квантов от этого объекта было подтверждено в эксперименте HEGRA и в обсерватории Whipple.
- В августе 1994 года в результате анализа наблюдений вспыхивающей звезды EV Lac была обнаружена вспышка в гамма-диапазоне длительностью в 1 минуту с достоверностью в 7σ .
- Подтверждено наличие потока гамма-квантов от Крабовидной туманности. Впервые этот объект был обнаружен и исследован в обсерватории Whipple. Величины измеренных потоков для двух обсерваторий практически совпадают.
- Впервые обнаружены потоки гамма-квантов от активных галактических ядер 3C66A и VL Lac. Показано наличие корреляции между потоком гамма-квантов и оптическим излучением для этих объектов. Это дает основание полагать, что здесь задействованы одни и те же механизмы, в которых участвуют электроны различных энергий.
- Наблюдения в 1996–1997 годах пульсара Геминга показали существование периодической составляющей в гамма-излучении с периодом 0,237 сек.
- Результаты наблюдений активных галактических ядер Мк421 и Мк501 полностью совпадают с данными других экспериментов и в частности обсерватории Whipple, где они впервые были обнаружены.

На Земле к настоящему времени построено около десятка гамма-телескопов, работающих на этом принципе, ими обнаружено около 22 источников гамма-квантов, и из них 5 % впервые открыты в Крымской астрофизической обсерватории.