

© В. В. Фиделис

Науково-дослідний інститут «Кримська астрофізична обсерваторія»

ВАРИАЦИИ СИНХРОТРОННОГО И ИНВЕРСНОГО КОМПТОНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ БЛАЗАРА 1ES 1959+650 В 2003 Г.

В 2003 г. при спостереженнях на черенковському телескопі ГТ-48 було зареєстровано надлишок гама-квантів надвисоких енергій у напрямку блазара 1ES 1959+650 на рівні 30 % величини потоку від Крабовидної туманності ($E > 1$ TeV) зі статистичною вірогідністю 4.4 σ . Аналіз даних спостережень показав кореляцію інтенсивності випромінювання в діапазоні енергій понад 1 TeV з випромінюванням в діапазоні 2—10 кеВ за даними реєстрації детектором ASM на борту космічної обсерваторії RXTE.

ВВЕДЕНИЕ

Отличительным свойством галактик из каталога EGRET [4] является наличие активных ядер блазарного типа, в которых релятивистские струи предположительно ориентированы в направлении наблюдателя. Они могут быть наиболее вероятными источниками гамма-квантов сверхвысоких энергий (СВЭ), генерируемых за счет обратного комптоновского рассеяния фотонов на релятивистских электронах. Большая светимость ряда таких объектов в гамма-диапазоне и быстрая ее переменность могут быть обусловлены анизотропией излучающих областей, связанной с особенностями их движения вдоль релятивистских струй, выбрасываемых из их активных ядер.

Блазар 1ES 1959+650 ($z = 0.047$) принадлежит к этому классу объектов, и от него сравнительно недавно был обнаружен поток гамма-квантов СВЭ энергий [2]. В связи с сильной переменностью (вариации излучения до 3 Crab) этот объект подвергнут в настоящее время интенсивным наблюдениям. Объект наименее изучен по сравнению с ранее обнаруженными источниками излучения СВЭ — Mrk 421 и Mrk 501, имеющими обширную наблюдательную статистику разных обсерваторий [6, 7].

Спектральное распределение энергии блазаров характеризуется двумя широкими пиками, первый из которых, расположенный от радио- до ультрафиолетового и рентгеновского диапазонов, обычно интерпретируется как синхротронный компонент излучения, а второй, достигающий в некоторых случаях энергий порядка 10^{12} эВ — как инверсный комптоновский [3]. Исследование видов корреляции излучения в диапазонах энергий, совпадающих

с этими двумя пиками, немаловажно с точки зрения определения природы излучения блазаров этими доминирующими радиационными процессами.

ЧЕРЕНКОВСКИЙ ТЕЛЕСКОП И НАБЛЮДЕНИЯ

Блазар 1ES 1959+650 наблюдался в продолжение 22 безлунных ночей в период с 3 июня по 30 августа 2003 г. при зенитных углах, не превышающих 28°, по методу слежения за объектом путем сопоставления результатов наблюдения источника гамма-квантов в течение 45 мин (режим ON) с результатами наблюдений фона той же длительности (режим OFF) со сдвигом по прямому восхождению относительно друг друга на 50 мин.

Наблюдения осуществлялись на телескопе ГТ-48, позволяющем строить стереоскопические изображения черенковских вспышек от широких атмосферных ливней (ШАЛ), генерируемых гамма-квантами СВЭ на высотах порядка 8—10 км. Он расположен на высоте 600 м выше уровня моря и состоит из двух идентичных альт-азимутальных монтировок (секций), расположенных друг от друга на расстоянии 20 м в направлении север—юг. Каждая секция оборудована четырьмя 37-канальными камерами с полем зрения 2.6° каждая. Каждая камера установлена в общем 5-м фокусе четырех зеркал диаметром 1.2 м. Общая площадь составных зеркал на двух секциях телескопа составляет 36 м². Сигналы от четырех камер на каждой секции поканально складываются. Вспышки регистрируются в том случае, если амплитуды сигналов любых двух каналов превышают установленный порог. Обе секции телескопа работают в режиме совпадения, что практически исключает регистрацию событий от заряжен-

ных частиц. Временное разрешение схемы совпадения составляет 15 нс. Секции телескопа управляются системой ведения с точностью позиционирования $\pm 0.05^\circ$. Эффективная пороговая энергия регистрации первичных гамма-квантов составляет около 1 ТэВ, угловое разрешение 0.1° . Телескоп подробно описан в работе [1].

Сеансы наблюдений, проводимые при плохих погодных условиях, исключались из рассмотрения. Критерием отбора являлась низкая скорость регистрации вспышек или ее большая неравномерность при наблюдениях источника и фона. Общее время качественного наблюдения объекта с июня по август 2003 г. составило 17 ч и 15 мин.

АНАЛИЗ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Черенковские телескопы могут детектировать черенковские вспышки от ШАЛ, инициируемых как гамма-квантами СВЭ, так и космическими лучами (КЛ), преимущественно протонами. Принцип выделения полезного сигнала, составляющего 0.1 % от фона ШАЛ, образуемых КЛ, основан на разнице изображений черенковских вспышек и их ориентации относительно направления на предполагаемый источник гамма-квантов. Вспышки от КЛ имеют относительно большие угловые размеры, флюктуирующие изображения и распределены изотропно. Изображения же вспышек, образованных гамма-квантами, имеют более малые и компактные изображения, вытянутые в направлении на источник.

При отборе вспышек в первую очередь рассматривалась суммарная амплитуда вспышки V . Поскольку параметры вспышек малой амплитуды определяются с большой ошибкой, они исключались из дальнейшего рассмотрения. Вспышки с амплитудой, меньшей 75 единиц дискрета (52 фотоэлектрона) для каждой секции телескопа исключались из рассмотрения.

Отбор по форме изображений осуществлялся с использованием параметра IPR. Он характеризует степень фрагментации изображений вспышек и ему приписываются значения 0 для компактных изображений и 1...7 для более разрозненных. Практически при отборе значения параметра IPR не превышают 1.

Вспышки также отбирались по их размерам вдоль большой оси (length) и в перпендикулярном направлении (width), а учет ориентации вспышек относительно источника осуществлялся с применением параметров miss (перпендикулярное расстояние от источника до оси изображения) и dist (угловое расстояние от положения источника в

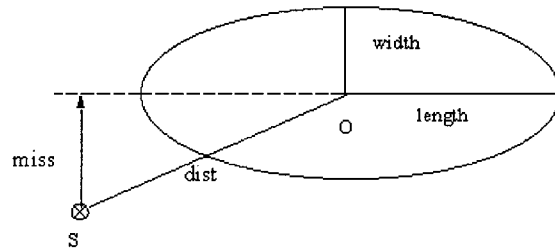


Рис. 1. Графическое изображение параметров вспышки, используемых при отборе: O — центр распределения яркости вспышки, S — положение источника

фокальной плоскости до центра тяжести изображения вспышки) [5]. Схематично указанные параметры отбора показаны на рис. 1.

Граничные значения параметров отбора подбирались таким образом, чтобы величина эффекта Q была максимальной:

$$Q = \frac{ON - OFF}{\sqrt{ON + OFF}}, \quad (1)$$

где обозначения ON и OFF соответствуют количеству зарегистрированных вспышек при наблюдении источника и фона. Выражение в числителе представляет собой разность числа зарегистрированных вспышек при наблюдениях источника и фона, эквивалентной числу черенковских вспышек от гамма-квантов, а выражение в знаменателе — статистическую ошибку. Количество зарегистрированных и отобранных событий, а также эффект отбора представлены в таблице.

Среднее значение потока за период наблюдений составило примерно 0.3 Crab (единица потока, обозначенная «Crab», соответствует потоку от Крабовидной туманности). Распределения направлений прихода гамма-квантов и их интенсивности показаны на рис. 2, где $\Delta\alpha$, $\Delta\delta$ — отклонения от координат источников по прямому восхождению и склонению (в градусах).

Несмотря на то, что в целом за период наблюдений вариации излучения от объекта не выходят за пределы ошибок, он может характеризоваться наличием двух состояний — спокойного и возмущенного, что отражено на среднесуточной световой

Статистика отбора. Отбор по параметру miss проводился в сочетании с отбором по параметру dist

Метод отбора	ON	ON-OFF	Q, σ
Без отбора	11024	166	1.12
Отбор по $V, IPR, length$ и $width$	373	116	4.62
Отбор по $miss < 0.205^\circ$	116	58	4.40

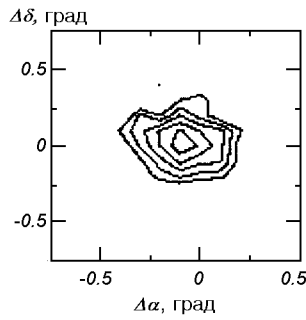


Рис. 2. Изофоты распределения прихода гамма-квантов в направлении блазара 1ES 1959+650 ($E > 1$ ТэВ). Внешняя изофота соответствует 25 событиям, шаг изофот — 7 событий. Максимум прихода гамма-квантов СВЭ соответствует $(-0.1, 0.0)$

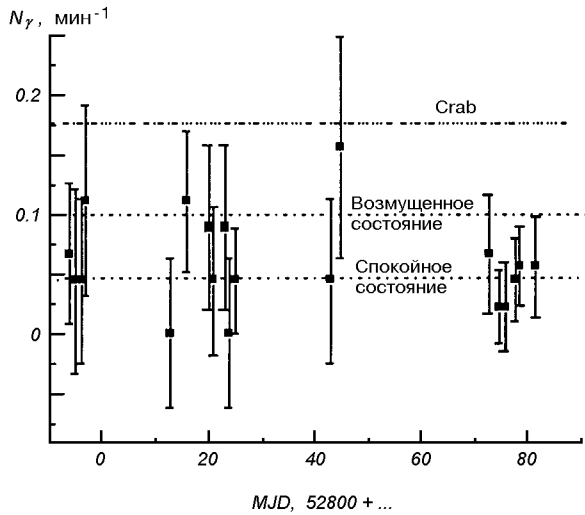


Рис. 3. Временной ход потока гамма-квантов с энергией свыше 1 ТэВ от блазара 1ES 1959+650. Ошибки — статистические

кривой объекта в диапазоне энергий свыше 1 ТэВ (рис. 3). Если исключить из рассмотрения нулевые значения потока и максимальное его значение 24 июля (MJD52845) на уровне 0.9 Crab (1.7σ), то для спокойного состояния будем иметь значение потока на уровне 0.3 Crab (3.16σ), а для возмущенного — 0.6 Crab (2.85σ).

КОРЕЛЛЯЦИЯ С ИЗЛУЧЕНИЕМ В РЕНТГЕНОВСКОМ ДИАПАЗОНЕ

Сопоставление вариаций излучения от блазара в диапазонах энергий свыше 1 ТэВ и 2—10 кэВ показало наличие общих тенденций в спаде и возрастании потоков (рис. 4).

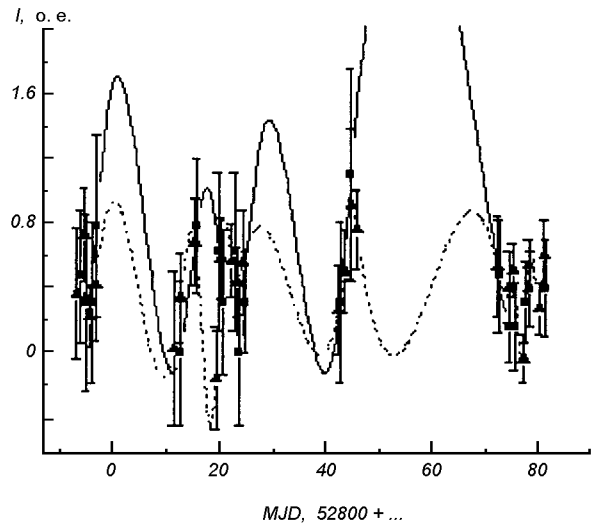


Рис. 4. Среднесуточные вариации излучения блазара 1ES 1959+650 в диапазонах энергий свыше 1 ТэВ (квадратики) и 2—10 кэВ (треугольники) (quick-look results provided by ASM/RXСТЕ team). Промежутки в световых кривых совпадают с периодами яркой Луны

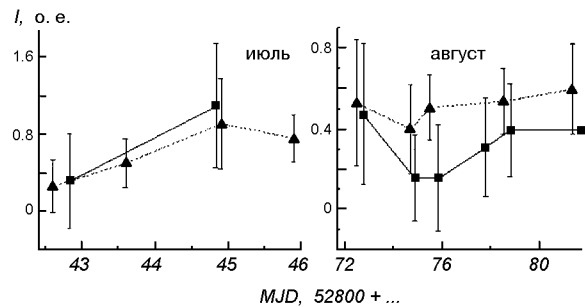


Рис. 5. Фрагменты вариаций излучения блазара 1ES 1959+650 в диапазонах 2—10 кэВ (треугольники) и свыше 1 ТэВ (квадратики) в отдельные «безлунные периоды»

Детальный визуальный анализ световых кривых в разные «безлунные» периоды также показывает наличие признаков подобия их элементов (рис. 5). В целом поток от объекта в ТэВ-диапазоне имел тенденцию к уменьшению от июня к августу. В рентгеновском диапазоне наблюдались три вспышки с 3-4-кратным превышением потока относительно спокойного состояния, не совпадающие по времени с наблюдениями в ТэВ-диапазоне.

ВЫВОДЫ

Точечный источник гамма-квантов СВЭ может быть идентифицирован с галактикой 1ES 1959+650 со статистической достоверностью 4.4 стандартных

отклонений. Объект может характеризоваться наличием двух состояний на близких уровнях статистической достоверности — спокойным и возмущенным с превышением потока относительно спокойного приблизительно в два раза. На основании подобия световых структур в ТэВ- и кэВ-диапазонах можно предположить, что оба компонента излучения образуются в пределах одной области релятивистской струи за счет синхротронного и обратного комптоновского рассеяния на одних и тех же распределениях релятивистских электронов, что соответствует SSC-моделям, рассматриваемым, в частности, в работе [8].

1. Владимирский Б. М., Зыскин Ю. Л., Корниенко А. П. и др. Принципы расчета и описание гамма-телескопа 2-го поколения ГТ-48 // Изв. Крымской астрофиз. обсерватории.—1994.—91.—С. 74—105.
2. Aharonian F., Akhperjanian A., Beilicke M., et al. Detection of TeV GAMMA-rays from the BL Lac 1ES 1959+650 in its Low States and During a Major Outburst in 2002 // Astron. and Astrophys.—2003.—406, N 1.—P. L9—L13.
3. Costamante L., Ghisellini G. TeV Candidate BL Lac Objects // Astron. and Astrophys.—2002.—384, N 1.—P. 56—71.
4. Hartman R. C., Bertsch D. L., Bloom S. D., et al. The Third EGRET Catalog of High-Energy GAMMA-ray Sources // Astrophys. J. Supl. Ser.—1999.—123.—P. 79—202.

5. Hillas A. M. Cerenkov Light Images of EAS Produced by Primary GAMMA rays and by Nuclei // 19th International Cosmic Ray Conf., La Jolla, USA August 11—23.—1985.—P. 445—448.
6. Punch M., Akerlof C. W., Cawley M. F., et al. Detection of TeV Photons from the Active Galaxy Markarian 421 // Nature.—1992.—358.—P. 477—478.
7. Quinn J., Akerlof C. W., Biller S., et al. Detection of GAMMA rays with $E > 300$ GeV from Markarian 501 // Astrophys. J.—1996.—456—P. L83—L86.
8. Stecker F. W., De Jager O. C., Salomon M. H. Predicted Extragalactic TeV GAMMA-Ray Sources // Astrophys. J.—1996.—473.—P. L75—L78.

VARIATIONS OF SYNCHROTRON AND INVERSE COMPTON RADIATION FROM THE BLAZAR 1ES 1959+650 IN 2003

V. V. Fidelis

In 2003, with the use of Cherenkov telescope GT-48, it was detected an excess flux of very-high-energy gamma-quanta in a direction to the blazar 1ES 1959+650 at a level of about 30 % of the flux from Crab Nebula ($E > 1$ TeV) at 4.4σ . Our analysis of observed data showed the correlation of the emission intensity at $E > 1$ TeV with the emission in the energy band from 2 to 10 keV accordingly to ASM/RXTE data.

© О. А. Минин¹, В. Ф. Лобанов², В. П. Якубовский²

¹Науково-дослідний інститут «Кримська астрофізична обсерваторія»

²Кримська лазерна обсерваторія ГАО НАН України

СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ ЗА ИСКУССТВЕННЫМИ СПУТНИКАМИ ЗЕМЛИ ДЛЯ СТАНЦИИ «КАЦИВЕЛИ-1893»

Описано новий пристрій керування приводом телескопа серії «Крим», що забезпечує автоматизований супровід спостережуваних об'єктів у реальному часі.

В 2003 году на станции «Кацивели-1893» вышло из строя устройство управления приводом лазерного телескопа (УУПТ). Оно было выполнено в виде блоков для крейта САМАС и через ISA (Industry-Standard Architecture) интерфейс подключено к управляющей ЭВМ. Ремонт устаревшего устройства не имел смысла, поэтому было принято решение о создании нового УУПТ. Вновь создаваемое УУПТ должно обеспечивать выполнение следующих основных функций:

- управление приводом двигателей телескопа;
- управление вращающимся зеркалом;

- согласование ЭВМ со службой времени;
- обеспечение работы с внешним пультом коррекции телескопа с учетом следующих требований:
 - подключение к современным ЭВМ типа IBM PC-AT/ATX;
 - автоматический поиск неисправностей устройства;
 - дешевизна и оперативность изготовления УУПТ.

При создании устройств, подключаемых к современным ЭВМ, очень остро стоит вопрос об аппаратном интерфейсе, особенно в случае, когда необхо-