

## ДВУХЛЕТНИЕ НАБЛЮДЕНИЯ БЛАЗАРА H1426+428 НА АТМОСФЕРНОМ ЧЕРЕНКОВСКОМ ТЕЛЕСКОПЕ ГТ-48

В.В.ФИДЕЛИС<sup>1,2</sup>

Поступила 12 октября 2011

Принята к печати 4 апреля 2012

Представлены результаты наблюдения блазара H1426+428 в гамма-лучах сверхвысоких энергий (СВЭ) на атмосферном черенковском телескопе ГТ-48 в наблюдательные сезоны 2002 и 2004гг. Сделана оценка корреляции с излучением в рентгеновском диапазоне в 2002г.

**Ключевые слова:** *активные ядра галактик:блазары - H1426+428:  
рентгеновское и гамма-излучение СВЭ*

1. *Введение.* Блазары составляют наиболее экстремальный класс активных ядер галактик. Проявлением их активности являются наблюдаемые вариации излучения в широком диапазоне энергий, интерпретируемые излучением из области релятивистских струй, направленных в сторону наблюдателя. Считается, что в электромагнитном излучении блазаров доминируют низко-энергичная синхротронная компонента и высокоэнергичная обратная комптоновская [1]. Задолго до открытия первого внегалактического объекта Mrk 421, излучающего в  $\gamma$ -лучах ТэВ-ных энергий [2], блазары стали целью интенсивных наблюдений и теоретических исследований. Наблюдения этих объектов в  $\gamma$ -диапазоне сверхвысоких энергий (СВЭ,  $E \geq 10^{11}$  эВ) могут открыть фундаментальные аспекты поведения блазаров. Кроме этого, изучение вариаций излучения и их корреляции в рентгеновском и  $\gamma$ -диапазоне СВЭ, связанных с пиками спектрального распределения энергии в блазарах, может дать важную информацию о механизмах излучения в этих источниках и физических процессов, ответственных за наблюдаемые вариации [3,4]. Наблюдения блазара H 1426+428 особенно важны вследствие его относительно большого красного смещения ( $z=0.129$ ) с точки зрения изучения межгалактического радиационного поля.

2. *Наблюдения в гамма-диапазоне СВЭ.* Впервые  $\gamma$ -излучение СВЭ от блазара H 1426+428 было обнаружено с помощью системы черенковских телескопов HEGRA в 1999-2000гг. За общее время наблюдения источника 44.4 часа был зарегистрирован поток на уровне 5.8 $\sigma$

( $E \geq 700$  ГэВ) [5]. Блазар Н 1426+428 наблюдался также на атмосферном черенковском телескопе ГТ-48 Крымской астрофизической обсерватории в 2002 и 2004гг. (табл.1).

Таблица 1

ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ Н1426+428

Период наблюдений	Время экспозиции, мин	Модифицированные Юлианские даты
30.04.2002 - 16.05.2002	540	52394 - 52410
15.04.2004 - 25.04.2004	405	53111 - 53121
Всего	945	

Наблюдения осуществлялись в режиме совпадения на двух идентичных монтировках (секциях) телескопа, удаленных друг от друга на расстояние 20 м. Каждая секция оборудована четырьмя камерами, состоящими из 37 ФЭУ, которые вместе со своими коническими световодами организуют 37 ячеек (каналов). Поле зрения каждой ячейки составляет  $0^{\circ}.4$ , поле зрения каждой камеры равно  $2^{\circ}.6$ . Каждая многоэлементная камера, расположенная в фокальной плоскости 4-х параболических зеркал диаметром 1.2 м каждое, регистрирует изображения черенковских вспышек в видимом диапазоне. Сигналы от ячеек четырех камер в каждой секции поканально складываются. Общая поверхность составных зеркал на обеих секциях телескопа составляет  $36 \text{ м}^2$ . Секции управляются с помощью системы ведения с точностью позиционирования  $\pm 0^{\circ}.05$ .

Вспышки регистрируются только в случае их совпадения на обеих секциях и превышения амплитуды сигналов от двух любых из 37 ячеек на каждой секции телескопа установленного порога. Черенковские вспышки от ливней с  $E = 1$  ТэВ длительностью 3-5 нс регистрируются в стробе 40 нс. Более подробно методика отбора событий, синхронизации и точность временного совпадения описаны в работе [6].

Наблюдения осуществлялись в режиме слежения за источником (режим ON) длительностью 45 мин с последующей регистрацией фона (режиме OFF) такой же длительности со смещением по прямому восхождению на 50 мин. Наблюдения в этих режимах проводились при одинаковых зенитных расстояниях, при наблюдениях в режиме ON источник находился в центре поля зрения камеры. Оптическая толщина атмосферы соответствовала умеренным зенитным расстояниям  $Z = 4^{\circ} - 12^{\circ}$ .

Гамма-подобные события отбирались по параметрам, характеризующим форму и размер изображений вспышек в поле зрения многоэлементной камеры, а также по их ориентации относительно центра камеры. Важными

параметрами для этого анализа являются *width*, *length*, *distance* и *alpha* [7].

Основой отбора является тот фактор, что угловые параметры ливней, инициируемых первичными  $\gamma$ -квантами СВЭ, отличаются от аналогичных параметров ливней от заряженных частиц (в основном, протонов), обладающих аналогичными энергиями и создающими фон измерениям.

Эффект отбора оценивался по отношению сигнал/шум, равного  $S = (N_s - N_b) / \sqrt{N_s + N_b} (\sigma)$ , где  $N_s$  - число  $\gamma$ -подобных вспышек, отобранных в данных наблюдений источника, а  $N_b$  - число  $\gamma$ -подобных вспышек, отобранных в данных наблюдений фона. Данные анализировались отдельно для разных лет.

Статистика отбора  $\gamma$ -подобных событий из наблюдательных данных как в отдельные годы, так и в суммарный период, представлена в табл.2, где  $N_\gamma = N_s - N_b$  - число отобранных  $\gamma$ -подобных событий. Суммарный эффект отбора за два года наблюдений, оцененный как сумма  $\gamma$ -подобных

Таблица 2

СТАТИСТИКА ОТБОРА

Год	Отбор	$N_s$	$N_b$	$N_\gamma$	$S, \sigma$
2002	Без отбора	8771	8789	-18	-0.14
	С отбором	166	89	77	4.82
2004	Без отбора	5564	5374	190	1.82
	С отбором	156	69	87	5.8
Всего	Без отбора	14335	14163	172	1.02
	С отбором	322	158	164	7.49

событий при наблюдении источника и фона ( $\approx 7.5\sigma$ ) несущественно отличается от статистического приближения комбинированной достоверности

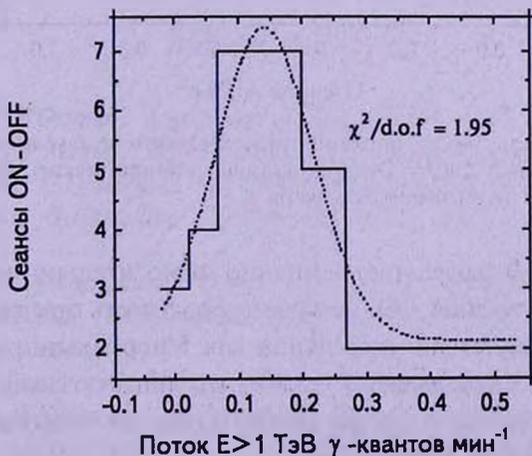


Рис.1. Гауссова статистика сеансов наблюдений источника в 2002 и 2004гг. По оси ординат отложено количество пар сеансов наблюдений в режиме ON-OFF.

детектируемого сигнала  $\hat{S}_{comb} = \sum_{i=1}^n \hat{S}_i / \sqrt{n}$  [8], равного  $\approx 7.4\sigma$ . Измеренные в 2002 и 2004гг. потоки описываются гауссовым распределением (рис.1).

3. *Поиски корреляции с излучением в рентгеновском диапазоне.* Если наблюдения H1426+428 в  $\gamma$ -диапазоне СВЭ в 2002г. [9] сопровождалась его повышенной активностью в диапазоне энергий 1.5-12 кэВ, согласно данных монитора ASM/RXTE (результаты, представляемые персоналом ASM/RXTE в Массачусетском технологическом институте, в научном операционном центре RXTE и средствами обслуживания пользователей в центре управления полетами им. Годдарда, НАСА), то наблюдаемые статистически значимые вариации потока в 2004г. [10] не подтвердились в рентгеновском диапазоне. На рис.2 приведена зависимость между интегральными потоками в  $\gamma$ -диапазоне СВЭ ( $E > 1$  ТэВ), согласно данным наблюдений на телескопе ГТ-48 и в диапазоне 1.5-12 кэВ. Бралась квазисовременные среднесуточные данные для двух инструментов в наблюдательный период 2002г. Из рисунка видно, что интенсивность

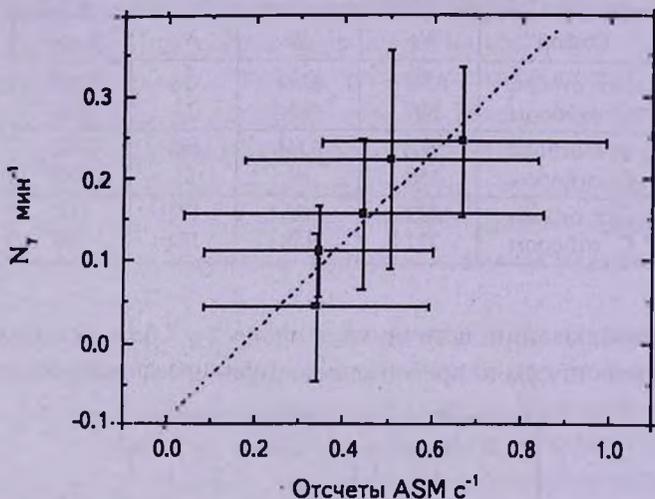


Рис.2. Зависимость между потоками рентгеновского и гамма-излучения СВЭ в наблюдательный период 2002г. Ошибки указаны статистические. Штриховая линия проведена по методу наименьших квадратов.

$\gamma$ -излучения СВЭ возрастает линейно относительно интенсивности рентгеновского излучения. Тем не менее, вероятность отвержения гипотезы по Пирсону об отсутствии корреляции для 5 нормально распределенных измерений и  $r=0.9$  составляет  $P=3.8\%$ , что лишь позволяет заподозрить наличие корреляции и в то же время никак не позволяет отвергнуть гипотезу об отсутствии корреляции.

4. *Заклучение.* Поток  $\gamma$ -квантов СВЭ от блазара H1426+428 за два года наземных наблюдений зарегистрирован на уровне  $7.4\sigma$ . Измеренные потоки подчиняются нормальному распределению на уровне  $\chi^2 = 1.95$ . К сожалению, ограниченный ряд наблюдательных данных на телескопе ГТ-48 не позволил сделать полноценную оценку корреляции излучения с рентгеновским диапазоном.

<sup>1</sup> НИИ Крымская астрофизическая обсерватория,  
Украина e-mail: fidelisv@mail.ru

<sup>2</sup> Филиал МГУ им. М.В.Ломоносова в г. Севастополе, Украина

## TWO-YEAR OBSERVATIONS OF BLAZAR H1426+428 WITH THE AIR CHERENKOV TELESCOPE GT-48

V.V.FIDELIS<sup>1,2</sup>

The results of observations of blazar H1426+428 in the very high energy gamma-rays with the GT-48 air Cerenkov telescope in 2002 and 2004 observing seasons are presented. The estimation of correlation with emission in X-ray in the 2002 is made.

Key words: *active galactic nuclei:blazars - H1426+428:X-ray and VHE gamma-ray emission*

## ЛИТЕРАТУРА

1. P.Padovani, P.Giommi, *Astrophys. J.*, **444**, 567, 1995.
2. M.Punch, C.W.Akerlof, M.F.Cawley et al., *Nature*, **358**, 477, 1992.
3. L.Costamante, G.Ghisellini, *Astron. Astrophys.*, **384**, 56, 2002.
4. K.Katarzynski, G.Ghisellini, F.Tavecchio et al., *Astron. Astrophys.*, **433**, 479, 2005.
5. F.Aharonian, A.Akhperjanian, J.Barrio et al., *Astron. Astrophys.*, **384**, L23, 2002.
6. Б.М.Владимирский, Ю.Л.Зыскин, А.П.Корниенко и др., *Изв. Крымской астрофиз. Обсерв.*, **91**, 74, 1994.
7. A.M.Hillas, *Proc. 19th Intern. Cosm. Ray Conf.*, **3**, 445, 1985.
8. S.Bitjukov, N.Krasnikov, A.Nikitenko, Eprint: physics/0612178v3.
9. V.V.Fidelis, *Astron. Society of the Pacific Conference Series. San Francisco*, **360**, 177, 2006.
10. В.В.Фиделис, Ю.И.Нешпор, В.С.Елисеев и др., *Астрон. ж.*, **82**, 963, 2005.