

УДК 524.7

Результаты наблюдений на гамма-телескопе ГТ-48 в 2002 году

Ю.И. Нешпор, В.С. Елисеев, Н.А. Жоголев, Е.М. Нехай, З.Н. Скирута, В.В. Фиделис, В.П. Фомин

Крымская Астрофизическая Обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 1 июня 2003 г.

Аннотация.

В НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория” на гамма-телескопе ГТ-48 провели в 2002 году наблюдения ряда гамма-активных объектов: Крабовидная туманность, галактики с нестационарными ядрами (Mk 421, Mk 501, BL Lac, 3C 66A, 1ES 1959+650, 1ES 2344+514). Для объектов Crab, BL Lac, 3C 66A, приводятся величины зарегистрированных потоков гамма-квантов сверхвысокой энергии, а для остальных источников определены предельные верхние значения потоков.

THE RESULTS OF OBSERVATION GT-48 GAMMA-TELESCOPE IN 2002. *by Yu.I. Neshpor, V.S. Eliseev, N.A. Jogolev, E.M. Nehay, Z.N. Skiruta, V.V. Fidelis and V.P. Fomin.* In Crimean Astrophysical Observatory in 2002 were conducted observation of gamma-active objects: Crab Nebula and galaxies with unstandardized nuclei (Mk 421, Mk 501, BL Lac, 3C 66A, 1ES 1959+650, 1ES 2444+514). For Crab, BL Lac and 3C 66A objects are listed levels of registered fluxes of very-high energy gamma-quanta, and for rest sources are determined the upper limits of their emission.

Ключевые слова: галактики, гамма-кванты.

1 Введение

Основным препятствием для обнаружения и исследования источников гамма-квантов сверхвысоких энергий ($10^{11} - 10^{13}$ эВ) (СВЭ) является значительный фон космических лучей, частицы которых вызывают в атмосфере Земли черенковские вспышки, трудно отличимые от вспышек, вызванных гамма-квантами. Тем не менее, различия есть. Используя этот факт, многие группы исследователей направили свои усилия на разработку новых методов, которые позволили бы эффективно отделять ливни, вызванные гамма-квантами, от ливней, вызванных космическими лучами, повысив тем самым чувствительность гамма телескопов. Были предложены телескопы с многоэлементными светоприемниками, позволяющие строить изображение черенковской вспышки в поле зрения гамма-телескопа и находить её параметры. Телескопы с многоэлементными камерами получили название телескопов второго поколения. Первый телескоп такого типа начал функционировать в США в обсерватории Уипла в 1983 г. В НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория” наблюдения на гамма - телескопе второго поколения ГТ-48 (Владимирский и др., 1994; Нешпор и др., 1998) были начаты в 1989 г. В этом же году наблюдения рентгеновского источника Суг X-3 дали положительный результат (Владимирский и др., 1991). Был зарегистрирован поток гамма-квантов СВЭ $S = (1.8 \pm 0.6) \cdot 10^{-11}$ кв. см $^{-2}$ с $^{-1}$ при пороговой энергии $= 1.5 \cdot 10^{12}$ эВ. При наблюдениях

в сентябре – октябре 1993 года в области Лебедя был обнаружен новый гамма-источник на уровне 7.5 стандартных отклонения (Нешпор и др., 1995). Этому источнику было дано название Суг γ -2. Координаты источника Суг γ -2 ($\alpha_{2000} = 20^h 32^m \pm 15^m$; $\delta_{2000} = 41^h 38^m \pm 12^m$) по прямому восхождению совпадают, а по склонению отличается на 0.7 град. от координат рентгеновского источника Суг X-3 ($\alpha_{2000} = 20^h 32^m$ $\delta_{2000} = 40^h 56^m$). Через семь лет коллаборация HEGRA подтвердила наличие гамма-источника Суг γ -2, но присвоила этому источнику своё название: Cygnus OB-2 (Лампати и др., 2002), координаты которого ($\alpha_{2000} = 20^h 32^m \pm 9^s$ и $\delta_{2000} = 41^\circ 30' \pm 2''$) в пределах ошибок совпадают с координатами источника Суг γ -2. В октябре 1993 были проведены наблюдения Крабовидной туманности. В результате от этого источника зарегистрирован поток гамма-квантов сверхвысокой энергии $S = (1.3 \pm 0.4) \cdot 10^{-11}$ кв. см $^{-2}$ с $^{-1}$ (Калекин и др., 1995). В 1994 и в 1995 годах при наблюдениях рентгеновского источника Суг X-3 был зарегистрирован от этого объекта поток гамма-квантов СВЭ. Его среднее значение за два года наблюдений приблизительно составило величину $S = 1.3 \cdot 10^{-11}$ кв. см $^{-2}$ с $^{-1}$ (Нешпор и др., 2003). В результате двухлетних (1996, 1997 гг.) наблюдений пульсара Геминга обнаружен от этого объекта поток гамма-квантов СВЭ (Нешпор и др., 2001). Анализ распределения гамма-квантов по времени методом наложения эпох показал наличие периодической составляющей гамма-излучений с периодом 0.237 с. Подтверждены, полученные ранее на спутниках, результаты о 59 с периоде и его производной по времени (Нешпор, Степанян, 2001). Анализ данных наблюдений объекта 3С 66А в 1996 году показал, что блазар 3С 66А – ещё один внегалактический источник гамма-квантов сверхвысоких энергий (Нешпор и др., 1998). В 1997 году зарегистрированы потоки гамма-квантов СВЭ от таких объектов, как Мк 501, Cas γ -1, 3С 66А. При наблюдениях активного галактического ядра VL Lас (Нешпор и др., 2001) зарегистрирован от этого объекта поток гамма-квантов СВЭ с высоким уровнем достоверности (7.2 стандартных отклонения). В 1998 и 2000 годах продолжались наблюдения следующих источников гамма-квантов СВЭ: Мк 501 (Андреева и др., 2000; Нешпор и др., 2003а), 3С 66А (Степанян и др., 2002), VL Lас (Нешпор и др., 2003б). От каждого источника был зарегистрирован поток гамма-квантов СВЭ.

2 Результаты наблюдений

Все перечисленные выше источники гамма-излучения СВЭ, кроме Крабовидной туманности, переменны во времени, поэтому их повторные наблюдения представляют особый интерес. В 2002 году продолжались наблюдения на гамма-телескопе второго поколения ГТ-48 таких объектов, как Crab, Мк 501, 3С 66А, VL Lас и 1ES 2344+514, а также впервые наблюдались Мк 421, 1ES 1426+428, 1ES 1959+650.

Гамма-телескоп ГТ-48 состоит из двух альт-азимутальных монтировок (секций) – северной и южной, расположенных на расстоянии 20 м на высоте 600 метров над уровнем моря. Общая площадь зеркал на обеих монтировках составляет 54 кв. м. Эффективная пороговая энергия регистрации гамма-квантов – 1.0 ТэВ. Такие телескопы позволяют строить изображение черенковской вспышки и находить ее параметры. Численный метод моделирования (метод Монте-Карло) процесса развития широких атмосферных ливней и регистрации их гамма-телескопом позволил сформулировать ряд критериев (параметров черенковских вспышек) отбора гамма-квантов. При этом используются как координатно-независимые, так и координатно-зависимые параметры черенковских вспышек (Владимирский и др., 1994; Нешпор и др., 1998). Подробное описание установки можно найти в (Владимирский и др., 1994; Нешпор и др., 1998).

2.1 Крабовидная туманность

Наблюдения объекта Crab (координаты на 2002 год: $\alpha = 05^h 33^m 57^s$ и $\delta = 22^\circ 32' 04''$) были проведены в 2002 году в продолжение 11 безлунных ночей в период с 3 ноября по 6 декабря. Наблюдения велись в режиме источник–фон, т.е. сеанс наблюдения включал в себя наблюдение источника в течение 30 минут, когда объект находился в центре поля зрения приемной камеры телескопа, и фона той же длительности, смещенного по прямому восхождению на 35 минут с тем, чтобы его

наблюдение проходило при тех же зенитных и азимутальных углах, что и источника. В 2002 году было проведено 20 сеансов, 2 сеанса из них были исключены из-за плохих погодных условий. Общая продолжительность наблюдений источника составила 9 часов.

Данные подвергались первичной обработке (Нешпор и др., 1998). В результате для дальнейшего анализа осталось 8029 черенковских вспышек при наблюдениях источника и 7935 при наблюдениях фона (см. таблицу 1).

Таблица 1. Количество зарегистрированных событий

Название объекта	Число событий на источнике	Число событий на фоне	Разность	Стандартное отклонение
Crab	8029	7935	94	0.74
BL lac	7714	7831	-117	-0.94
3C 66A	5869	5850	19	0.18
Mk 501	5349	5398	-49	-0.47
Mk 421	3667	3723	-56	-0.65
1ES2344+514	5272	5158	114	1.12
1ES1959+650	5708	5643	65	0.61

Для определения возможного потока гамма-квантов необходимо произвести их отбор путем исключения вспышек, вызванных заряженной компонентой космических лучей. Для этой цели были использованы координатно-независимые и координатно-зависимые параметры отбора. Определен поток гамма-квантов СВЭ с высокой статистической достоверностью. Результаты такого отбора представлены в таблице 2.

Таблица 2. Величина потока гамма-квантов СВЭ

Название объекта	Число зарегистрир. гамма-квантов	Длительность наблюдений (мин)	Величина потока в единиц. $(10^{-11} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1})$
Crab	95 ± 18.0	540	1.5 ± 0.4
BL lac	46 ± 11.0	595	1.8 ± 0.6
3C 66A	64 ± 16.7	375	1.5 ± 0.5
Mk 501	24 ± 12.0	400	< 0.5
Mk 421	19 ± 9.3	245	< 0.7
1ES2344+514	36 ± 11.3	360	< 0.9
1ES1959+650	55 ± 18.2	450	< 1.1

2.2 Галактика BL Lac

Наблюдения объекта BL Lac, прототипа галактик с активными нестационарными ядрами, (координаты на 2002 год: $\alpha = 22^{\text{h}}02^{\text{m}}48^{\text{s}}$ и $\delta = 42^{\circ}17'15''$) были проведены в 2002 году в продолжение 16 безлунных ночей в период с 8 июля по 4 декабря, всего 24 сеанса, 7 сеансов из них были исключены из-за плохой погоды во время наблюдений. Результаты анализа данных наблюдений галактики BL Lac представлены в таблицах 1, 2.

2.3 Блазар 3С 66А

Наблюдения блазара 3С 66А, (координаты на 2002 год: $\alpha = 02^h 22^m 48^s$ и $\delta = 43^\circ 02' 41''$) были проведены в 2002 году в продолжение 8 безлунных ночей в период с 3 ноября по 6 декабря. Проведен 21 сеанс, 6 сеансов из них были исключены.

Полученные данные обрабатывались, и проводился отбор гамма-квантов путем исключения вспышек, заряженной компонентой космических лучей. Блазар 3С 66А хотя и расположен на расстоянии $z=0.44$, от него зарегистрирован поток с высоким уровнем достоверности (см. таблицы 1, 2).

2.4 Маркарянские галактики Мк 501, Мк 421

Наблюдения маркарянской галактики Мк 501 (координаты на 2002 год: $\alpha = 16^h 53^m 57^s$ и $\delta = 39^\circ 45' 20''$) были проведены в 2002 году в продолжение 13 безлунных ночей в период с 15 июня по 16 июля. Проведено 22 сеанса, 6 сеансов из них были исключены.

Наблюдения маркарянской галактики Мк 421 (координаты на 2002 год: $\alpha = 11^h 04^m 34^s$ и $\delta = 38^\circ 11' 58''$) были проведены в 2002 году в продолжение 5 безлунных ночей в период с 2 декабря по 6 декабря. Проведено 8 сеансов, 1 сеанс из них был исключен.

Маркарянские галактики Мк 501 и Мк 421 характеризуются значительными вариациями потоков гамма – квантов СВЭ. Весной 1997 года поток от объекта Мк 501 возрос по сравнению со спокойным уровнем более чем в 15 раз. Для этих объектов определены только верхние пределы потоков гамма – квантов. (см. таблицы 1, 2).

2.5 BL Lac объекты 1ES 2344+514, 1ES 1959+650

Наблюдения объекта 1ES 2344+514 (координаты на 2002 год: $\alpha = 23^h 47^m 17^s$ и $\delta = 51^\circ 42' 58''$) были проведены в 2002 году в продолжение 11 безлунных ночей в период с 16 сентября по 5 декабря. Проведено 18 сеансов, 6 сеансов из них были исключены.

Наблюдения объекта 1ES 1959+650 (координаты на 2002 год: $\alpha = 20^h 00^m 18^s$ и $\delta = 65^\circ 09' 15''$) были проведены в 2002 году в продолжение 11 безлунных ночей в период с 16 сентября по 5 декабря. Проведено 18 сеансов, 8 сеансов из них были исключены. Лацертиды 1ES 2344+514, 1ES 1959+650 в Крымской обсерватории наблюдались впервые, наблюдения этих объектов будут продолжены в КраО 2003 году. Результаты наблюдений 2002 года представлены в таблицах 1, 2.

3 Заключение

Наблюдения, проведенные в Крымской обсерватории в 2002 году подтвердили наличие потока гамма-квантов сверхвысоких энергий от таких объектов, как Стab, BL Lac, 3С 66А. При этом величина зарегистрированного потока от Крабовидной туманности совпадает с результатами наблюдений в КраО в 1993 году, это согласуется с фактом постоянства во времени потока гамма-излучения СВЭ от этого объекта. Для галактик Мк 421, Мк 501, 1ES 1959+650, 1ES 2344+514 определены нами только предельные верхние значения потоков. Возможно, это связано с тем, что в наблюдаемые нами периоды времени эти источники находились в очень спокойном состоянии. Тем не менее, такой мониторинг необходим, так как дает важные данные для изучения переменности этих источников.

Авторы благодарят С.Г. Кочеткову и Г.В. Нехай за помощь в обработке материала и подготовке статьи. Работа выполнена с поддержкой американского гранта CRDF (UP1-2431-NA-02).

Литература

Андреева Н.А., Зыскин Ю.Л., Калекин О.Р. и др.) // Письма в Астрон. журн. 2000. Т. 26. N. 3. С. 243.

- Владимирский Б.Н., Зыскин Ю.Л., Корниенко А.П. и др. // Изв. АН СССР. сер. физ. М.: 1991. 55. С. 2045.
- Владимирский Б.М., Зыскин Ю.Л., Корниенко А.П. и др. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1994. Т. 91. С. 74.
- Калекин О.Р., Нешпор Ю.И., Степанян А.А. и др. // Письма в Астрон. журн. 1995. Т. 21. N. 3. С. 184.
- Лампати и др. (Lampeiti H., Powell G., Horns D.) // 18th European Cosmic ray Symposium, Moscow, Russia. 2002. OG13P.
- Нешпор и др. (Neshpor Yu.I., Kalekin O.R., Stepanian A.A., Fomin V.P., Kornienko A.P., Shitov V.G., Zyskin Yu.L.) // Proc. 24th Internat. Conf. on Cosmic Rays, August 28-September 8. 1995. Rome. Italy. V. 2. P. 385.
- Нешпор Ю.И., Степанян А.А., Калекин О.П. и др. // Письма в Астрон. журн. 1998. Т. 24. С. 167.
- Нешпор Ю.И., Степанян А.А., Зыскин Ю.Л. и др. // Письма в Астрон. журн. 2001. Т. 27. N. 4. С. 266.
- Нешпор Ю.И., Степанян А.А. // Письма в Астрон. журн. 2001. Т. 27. N. 12. С. 923.
- Нешпор Ю.И., Чаленко Н.Н., Степанян А.А. и др. // Астрон. журн. 2000. Т. 78. N. 4. С. 291.
- Нешпор Ю.И., Калекин О.Р., Степанян А.А. и др. // Письма в Астрон. журн. 2003. Т. 29. N. 4. С. 277.
- Нешпор Ю.И., Жоголев Н.А., Калекин О.Р. и др. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2003а. Т. 99 (в печати).
- Нешпор Ю.И., Степанян А.А., Елисеев В.С. и др. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2003б. Т. 99 (в печати).
- Степанян А.А., Нешпор Ю.И., Андреева Н.А. и др. // Астрон. журн. 2002. Т. 79. N. 8. С. 702.