36 Всероссийская конференция по космическим лучам

#### Регистрация источника гамма-квантов Маркарян 421 телескопом установки TAIGA-IACT

E-mail: <u>pvol4@ya.ru</u> Skype: pavel38v <u>П. Волчугов</u>, Л.Г. Свешникова от коллаборации TAIGA Москва 2020

#### Гамма обсерватория TAIGA[]]



•TAIGA-IACT[2] – атмосферные черенковские телескопы

•TAIGA-HiSCORE [<u>3</u>] – широкоугольная черенковская установка ШАЛ

•TAIGA-Muon [<u>4</u>] сцинтилляционная установка ШАЛ

#### Введение

Маркарян 421 - один из наиболее изученных блазаров в области энергий порядка ТэВ. Блазары являются одной из разновидностей активных ядер галактик. Их отличительной особенностью является наличие релятивистского джета, направленного под небольшим углом к лучу зрения, из-за чего излучение джета доминирует в спектре источника, его яркость увеличивается для наблюдателя, но при этом может испытывать резкие колебания. Mkn421 это первый внегалактический источник зарегистрированный в области ТэВ черенковскими телескопами [5], а так же источник с самым быстро-меняющимся потоком в данном энергетическом диапазоне.

#### Режим наблюдения

В сезоне наблюдений 2019-2020 применялась вобблинг методика [6]. Она заключается в том что источник при наблюдении попадает не в центр камеры, а несколько отстоит от него, в нашем случае на 1.2 градуса. Спустя 20 минут положение источника в камере меняется на диаметрально противоположное. Относительно диаметрально противоположной точки (антиисточник) рассчитываются параметры событий фона



### Обработка данных: Cleaning

- Время наблюдения 62 часа
- Период: ноябрь 2019 февраль 2020
- Cleaning:  $6 3 \sigma$
- Cleaning процедура, нацеленная на очистку изображений от случайно срабатывающих пикселей, не удовлетворяющих условиям:
- Превышение порога амплитуды А;
- Наличие соседнего пикселя превышающего амплитуду В.
- В нашем случае порогам А и В соответствовали величины 3 и 6 о, где о - медианное абсолютное отклонение пьедестала данного пикселя. Пьедестал определяется как среднее значение нетриггерованных сигналов пикселя за одну порцию (2 минуты).

132.212097





HUHLO

Joche

#### Обработка данных: Темп счета

Данные после клининга коррелируют с погодными условиями. В связи с этим для каждого запуска телескопа были построены зависимости темпа счета событий от времени, для событий с числом сработавших пикселей > 3



 ✓ В среднем темп счета составлял ~ 10 - 15 Гц, данные в которых он опускался ниже 7 Гц исключались из анализируемой выборк и.

# Обработка данных: Распределение задержек между событиями



Распределения описываются экспоненциальной функцией, что говорит о пуассоновском характере процесса их возникновения. Показатель экспоненты характеризует средний темп счета в наборе данных. Наличие отклонений от экспоненты могло бы свидетельствовать о присутствии в выборке систематической ошибки и, как результат, пересмотру предшествующих этапов анализа

#### Обработка данных: Спектры по сайзам



- Следующая проверка исследуемой выборки событий заключается в построении спектров суммарного числа фотоэлектронов в событии или «сайзов», нормированных на время наблюдения.
- Запуски соответствующие спектрам с отклонениями, такими как «горб» в области максимума (говорит о наличии в выборке избыточного количества событий) или максимум, отличающийся от среднего на несколько порядков (что наоборот, свидетельствует о низком темпе счета, и, следовательно, недостаточно хорошим условиям наблюдений) исключаются из выборки.

#### Обработка данных: параметры Хилласа

В первом приближении изображение ШАЛ в камере может быть аппроксимировано эллипсом, характеризуемым параметрами Хилласа:

- distance0— Расстояние от центра эллипса до центра камеры
- distance1,2 Расстояния от центра эллипса до точки в которой расположен источник и антиисточник (фоновая точка)
- Width мера среднеквадратичного отклонения вдоль малой оси эллипса
- Length мера среднеквадратичного отклонения вдоль большой оси эллипса
- ▶ size суммарное число фотоэлектронов в событии
- con 2 концентрация света в двух пикселях с максимальной амплитудой относительно всего сайза
- miss расстояние между главной осью эллипса и источником
- azwidth width эллипса относительно оси источник центр эллипса
- alpha углол между главной осью эллипса и направлением на источник



Credits: http://ihp-lx.ethz.ch/Stamet/magic/parameters.html

#### Анализ данных

Для параметров Хилласа необходимо определить ограничения (каты), с помощью которых будет произведен отбор гамма-подобных событий из экспериментальной выборки. Для этой цели было проведено моделирование гамма-квантов с энергиями от 0.5 ТэВ и адронов с энергиями от 3 ТэВ. Наклоны спектров до 10 ТэВ -2.2 и -2.6 соответственно.

К моделируемым выборкам адронов и гамма-квантов применялись одни и те же каты. Для анализа экспериментальных данных были подобраны такие каты, при которых максимальное число адронов не проходит отбор, но сохраняется значительная доля гамма-квантов



#### Распределения параметров Хилласа моделируемых событий









hadrons, entries: 17232 / 2.47

gamma, entries: 6976

#### Анализ данных

Из полученных распределений параметров Хилласа были определены следующие каты  $con_2 \geq 0.44, distance_0 \leq 2.5^\circ, size \geq 172 pe$ 

 $length \leq 0.31^{\circ}, 0.5^{\circ} \leq distance_{1,2} \leq 1.25^{\circ}$ 

Ограничение на width зависит от size:  $width \le a + b \log 10(size)$  где a = -0.045, b = 0.068.



# Анализ данных: распределение по alpha

 Удовлетворяющие всем катам события дают распределение по alpha. Наблюдаемый максимум распределения событий источника в области от 0° до 8° имеет статистическую значи мость 50



Полное число гамма-квантов в максимуме распределения (alpha < 8°) - 37±7.68

#### Примеры отобранных гамма-подобных событий с alpha < 8°

Черной точкой отмечено положение источника в камере телескопа. Кольца вокруг точки соответсвуют катам distance1,2. Относительно точки диаметрально противоположной положению ИСТОЧНИКА, расчитываются параметры фоновых событий. Для нее так же изображены кольца distance1,2. Кольцо охватывающее distance1,2 источника и фоновой точки cootbetcbyet katy distance0



#### Интегральный спектр

- Для экспериментальных и моделируемых событий гамма-квантов, с alpha < 8°, был построен интегральный спектр по сайзу.
- Синие точки эксперимент, зеленая кривая — спектр по сайзу смоделированных гамма-квантов, нормированный на 62 часа наблюдения



#### Заключение

#### В ходе работы был проведен

- анализ данных наблюдения телескопом TAIGA-IACT1 блазара Маркарян 421 в 2019-2020 сезоне наблюдений, в ходе которого был обнаружен избыток гамма-квантов со значимостью ~50
- построен интегральный спектр по сайзу моделируемых и экспериментальных событий гамма-квантов

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- . Kuzmichev L. A., Astapov I. I., Bezyazeekov P. A. et al. TAIGA gamma observatory: Status and prospects // Physics of Atomic Nuclei. 2018. Jul. Vol. 81, no. 4. P. 497–507. Access mode: <u>https://doi.org/10.1134/s1063778818040105</u>.
- 2. Lubsandorzhiev N., Astapov I., Bezyazeekov P. et al. Camera of the first TAIGA-IACT: construction and calibration // Proceedings of 35th International Cosmic Ray Conference — PoS(ICRC2017). — Sissa Medialab, 2017. — Aug. — Access mode: <u>https://doi.org/10.22323/1.301.0757</u>
- 3. Gress O., Astapov I., Budnev N. et al. The wide-aperture gamma-ray telescope TAIGA-HiSCORE in the Tunka Valley: Design, composition and commissioning // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 2017. Feb. Vol. 845. P. 367–372. Access mode: <a href="https://doi.org/10.1016/j.nima.2016.08.031">https://doi.org/10.1016/j.nima.2016.08.031</a>.
- 4. Astapov I., Bezyazeekov P., Boreyko V. et al. Optimization of electromagnetic and hadronic extensive air shower identification using the muon detectors of the TAIGA experiment // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 2020. Feb. Vol. 952. P. 161730. Access mode: <a href="https://doi.org/10.1016/j.nima.2018.12.045">https://doi.org/10.1016/j.nima.2018.12.045</a>
- 5. Punch M., Akerlof C. W., Cawley M. F. et al. Detection of TeV photons from the active galaxy Markarian 421 // Nature. 1992. Aug. Vol. 358, no. 6386. P. 477–478. Access mode: <u>https://doi.org/10.1038/358477a0</u>.
- 6. Fomin V., Stepanian A., Lamb R. et al. New methods of atmospheric Cherenkov imaging for gamma-ray astronomy. I. The false source method // Astroparticle Physics. 1994. May. Vol. 2, no. 2. P. 137–150. Access mode: <a href="https://doi.org/10.1016/0927-6505(94)90036-1">https://doi.org/10.1016/0927-6505(94)90036-1</a>.