



Баксанская нейтринная обсерватория
Института ядерных исследований
Российской академии наук

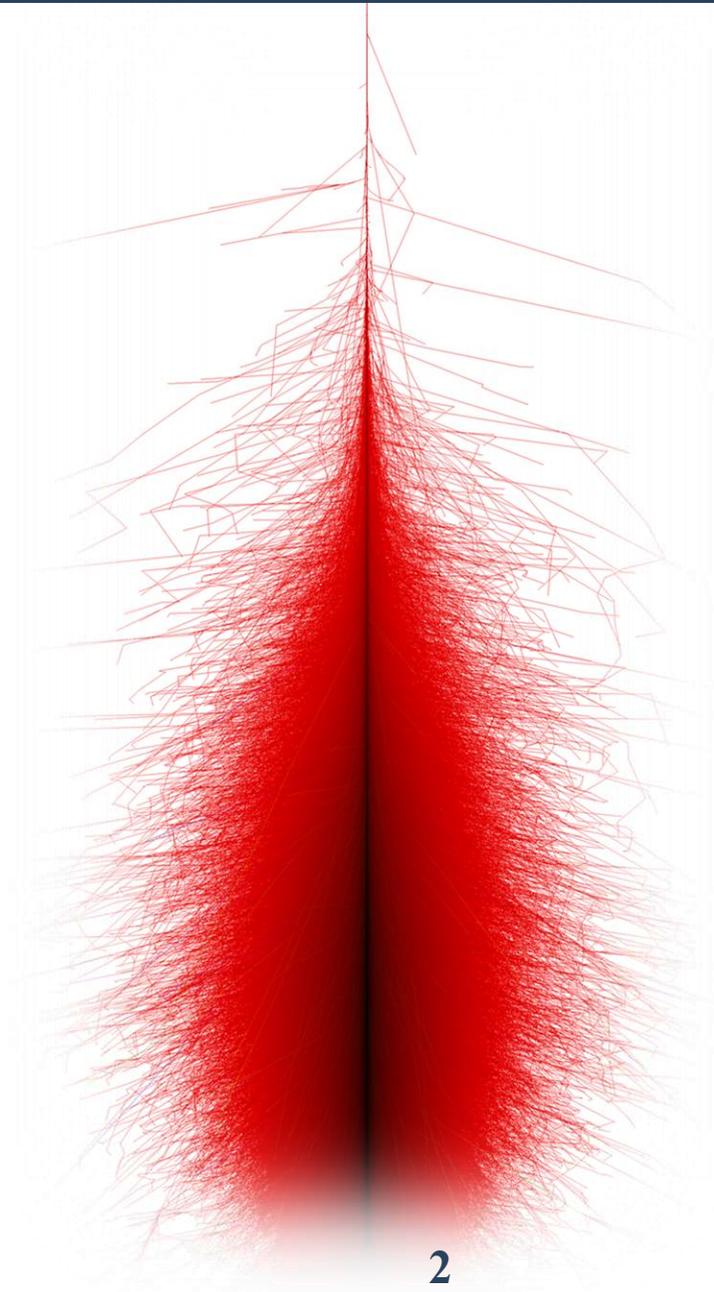


Поиск гамма-излучения от транзиентных источников на установке «Ковер-3»

Романенко Виктор

Новосибирск 2026

- **Введение**
- **Установка «Ковер-3»**
- **Совпадения с гамма-всплесками Fermi**
- **Заключение**



Введение

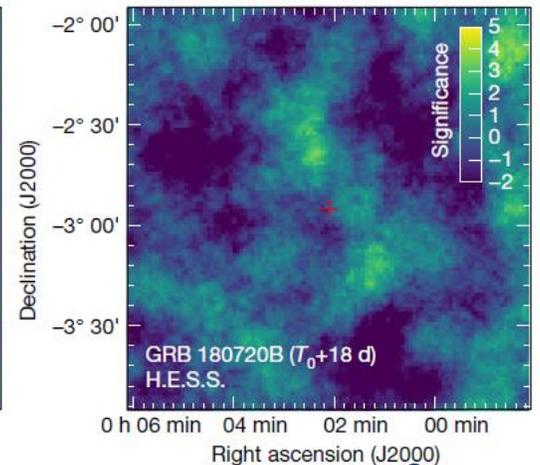
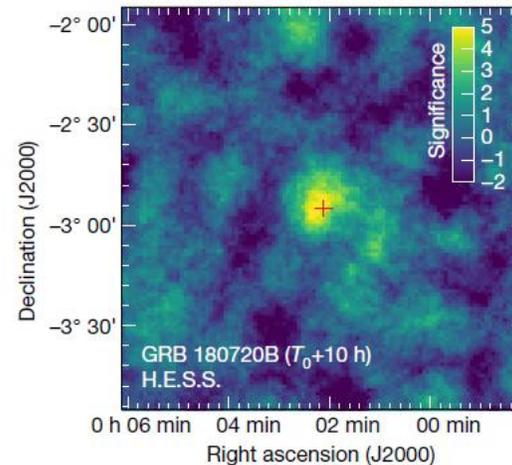
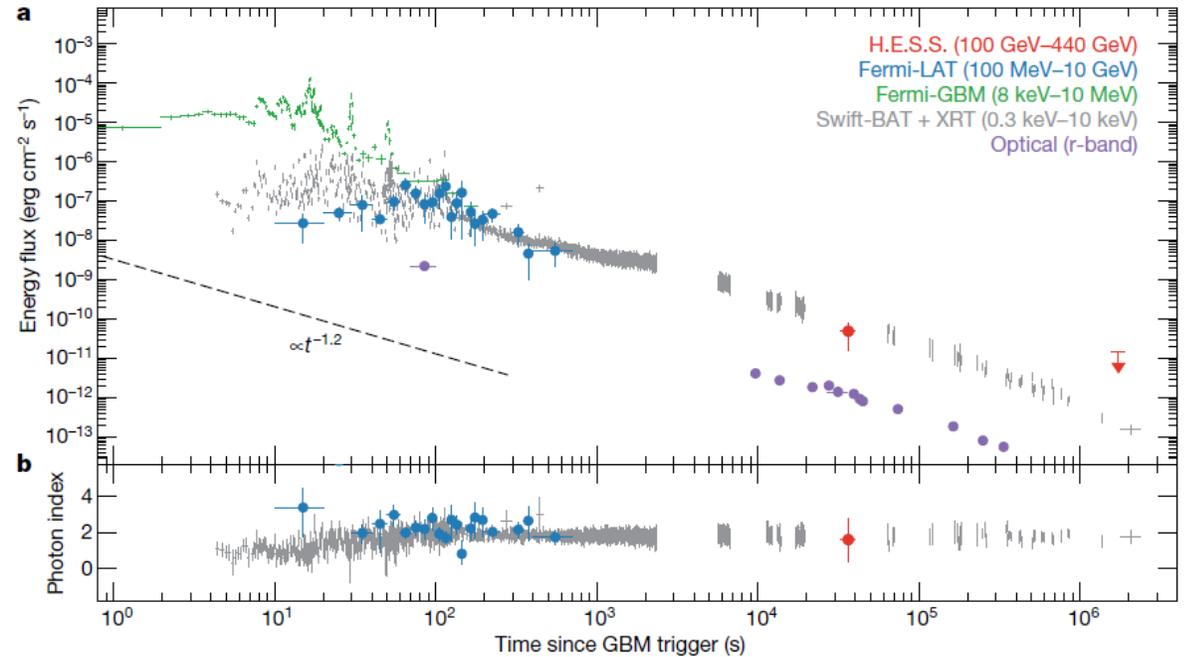
GRB 180720B — первый результат в VHE диапазоне

Зарегистрирован обсерваторией H.E.S.S.
(Намибия)

через 10-12 часов после события

119 избыточных гамма-квантов
(стат. знач. ~ 5.3 ст. откл.)

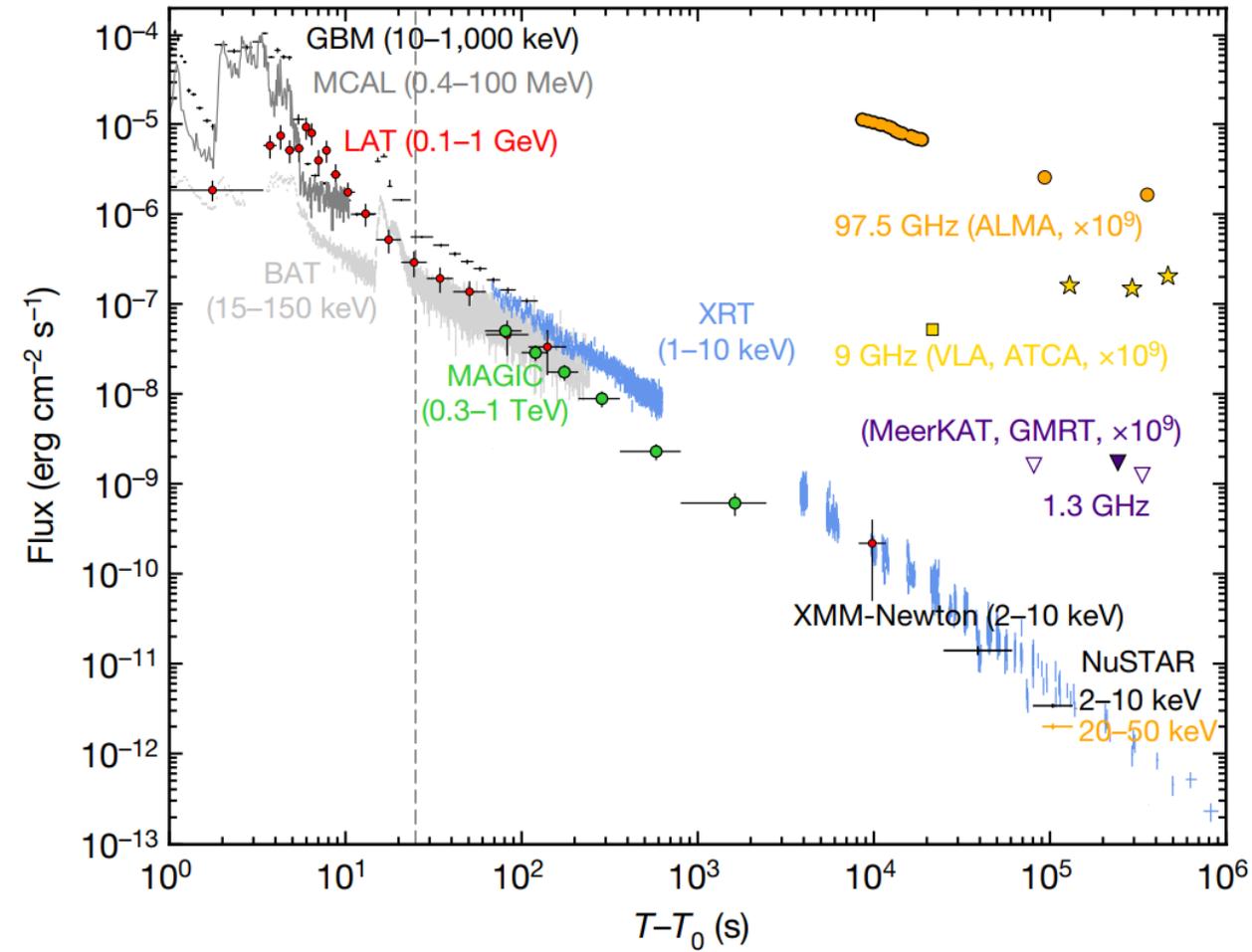
Первое наблюдение гамма квантов с энергией
более 100 ГэВ на стадии послесвечения (afterglow),
что указало на наличие ускоренных частиц спустя
длительное время после взрыва.



GRB 190114C – новый этап

Зарегистрирован телескопами **MAGIC**
излучения с энергиями **0.2 - 1 ТэВ**,
красное смещение **$z = 0.4245$** .

Гамма-всплеск позволил изучить
двухкомпонентную природу спектра
(синхротронное излучение +
обратное комптоновское рассеяние)



Введение

GRB 221009A — самый яркий в истории $z = 0.151$ (~640 Мпа).

BOAT (Brightest Of All Time — «Самый яркий за всё время»)

Зарегистрирован многими экспериментами.

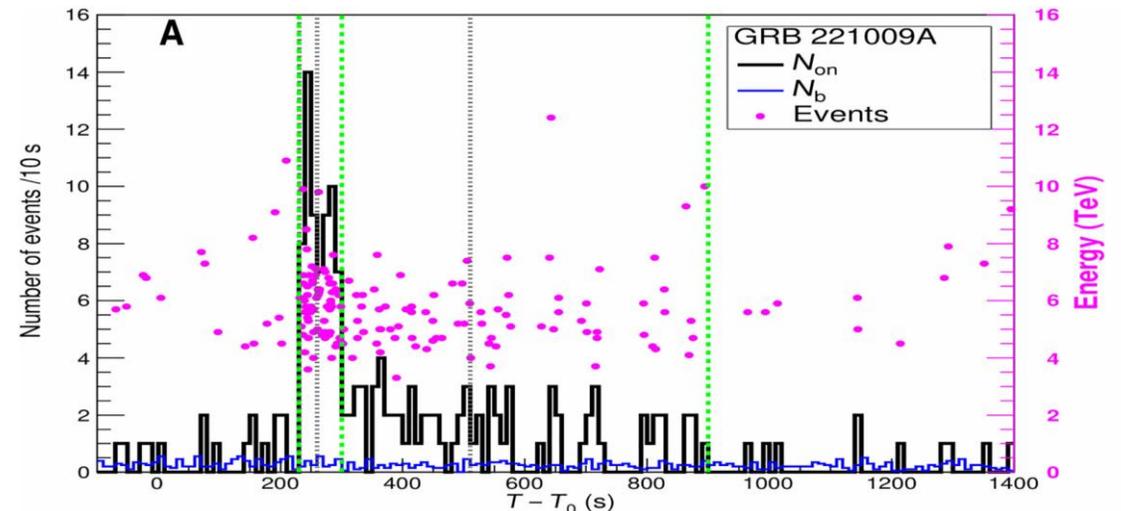
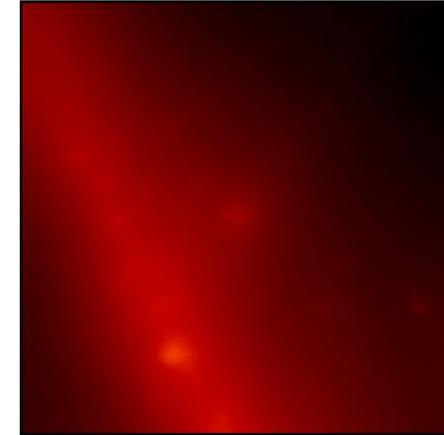
Fermi - GBM&LAT + фотон 400 ГэВ, через 9 ч. (GCN 32748)

Konus-Wind –смог измерить полную энергию всплеска,
0.052 эрг/см² — рекордное значение за почти 28 лет работы

LHAASO – фотоны с энергиями от 0.5 до 18 ТэВ

Ковер-3 – фотоноподобное событие $E = 300$ TeV
 $T_0 + 4536$ сек

Fermi-LAT, 10 часов, $E > 100$ МэВ.



Введение

Загадка: как фотоны «выжили»?

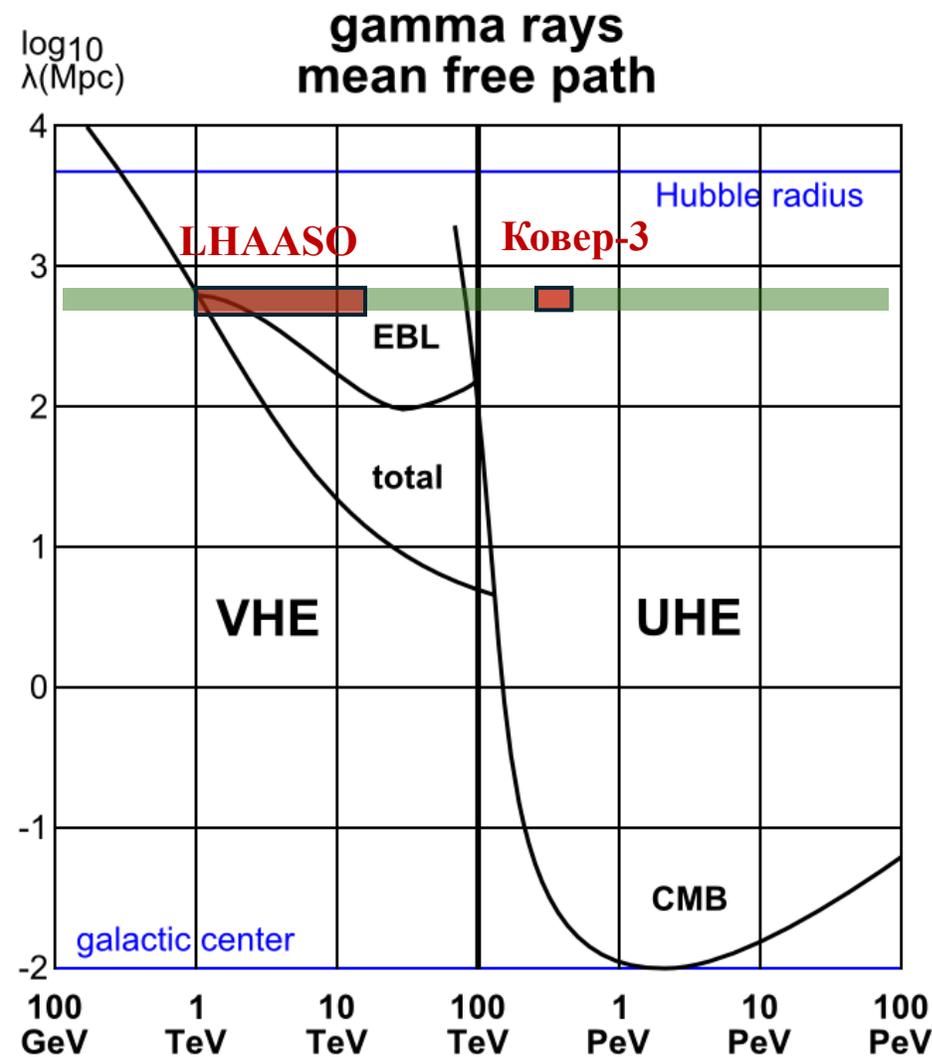
Проблема: Фотоны с энергией в сотни ТэВ должны поглощаться фоновым излучением (EBL + CMB), превращаясь в электрон-позитронные пары.

Можно попытаться объяснить с помощью новой физики

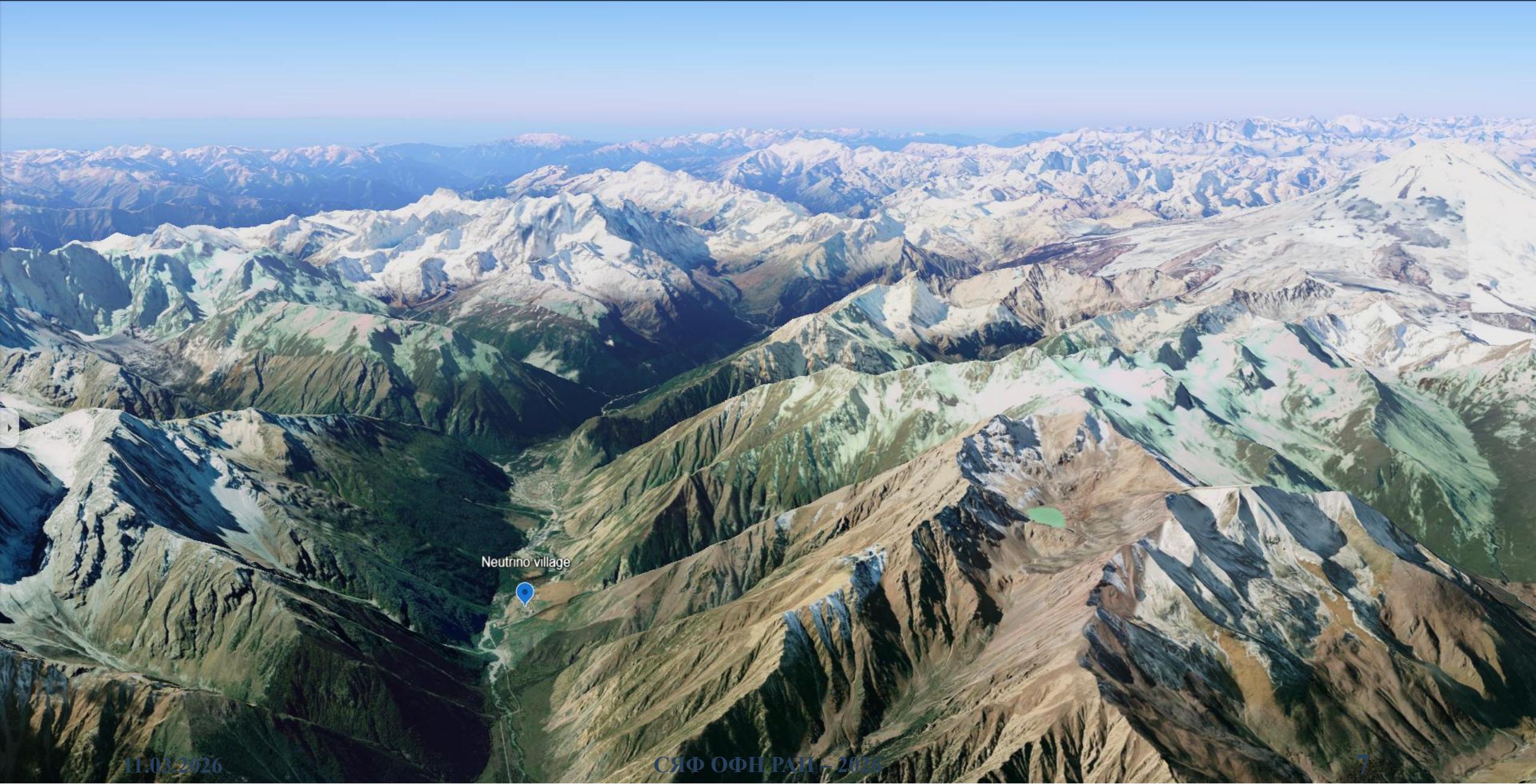
- Нарушение Лоренц-инвариантности;
- Смешивание фотонов с аксионоподобными частицами.

И более классическими

- Рождаются протоны сверхвысоких энергий, а ГЗК-процесс дает вторичные фотоны (из распадов π_0)
- Электромагнитные каскады дают вторичные фотоны



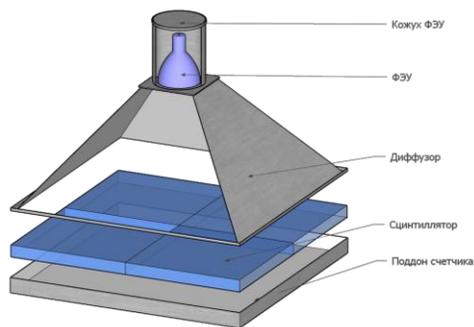
Баксанская нейтринная обсерватория ИЯИ РАН, п. Нейтрино



Установка «Ковер-3»

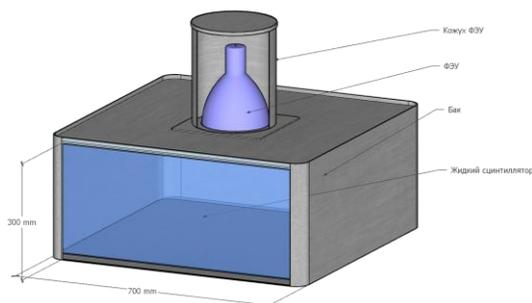
Набор данных 410 м² с 6 июня 2022 года

Дет. на основе
пластического
сцинтиллятора
Четыре пластины
сцинтиллятора,
50×50×5 см³ каждая.



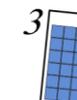
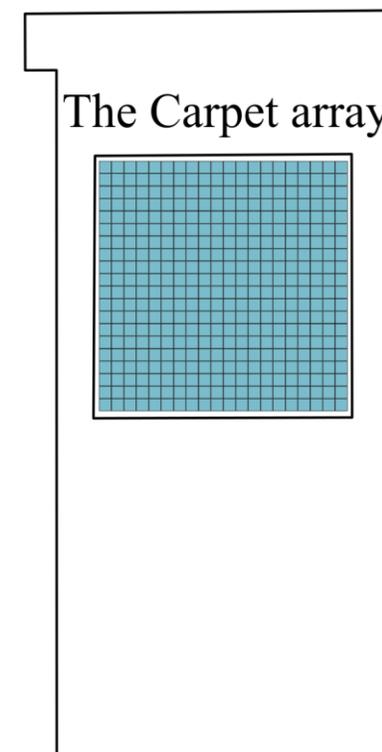
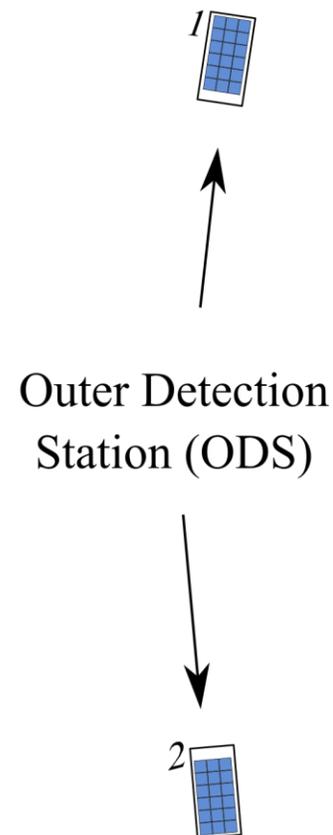
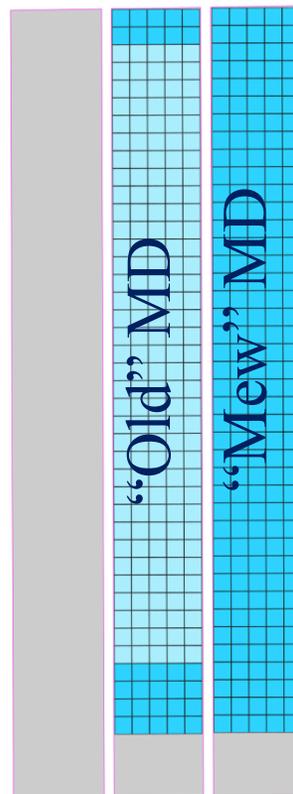
1 р.ч. ~ 10 МэВ

Детектор на основе
жидкого сцинтиллятора
Бак объемом 70×70×30 см³,
объем 150 литров



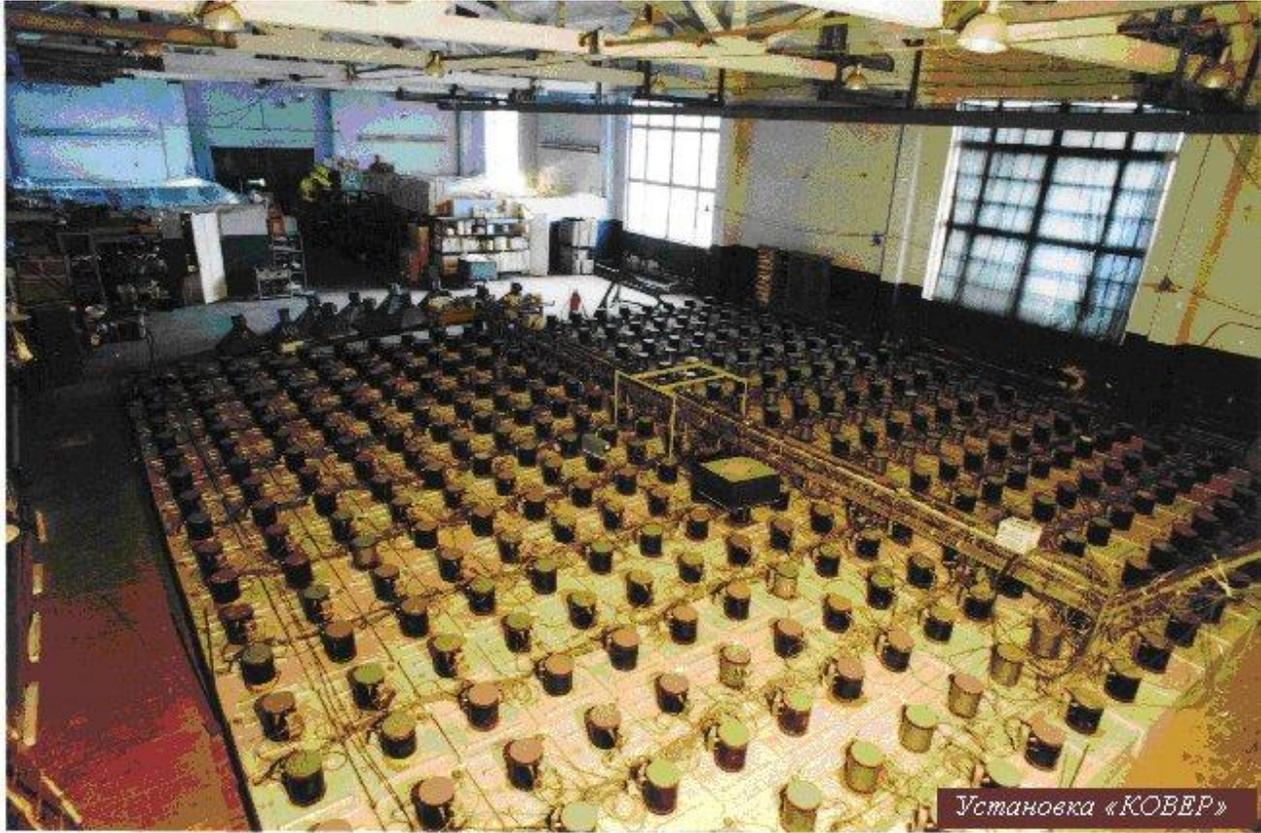
1 р.ч. ~ 50 МэВ

Undeground
Muon detector (MD)



р.ч. (релятивистская частица) – наиболее вероятное энерговыделение в детекторе в результате прохождения мюонов через детектор

Установка «Ковер-3»



11.03.2026

СЯФ ОФН РАН – 2026

Установка «Ковер-3»

Реконструкция параметров ШАЛ

Основным критерием для восстановления является локализация оси ШАЛ в пределах установки «Ковёр».

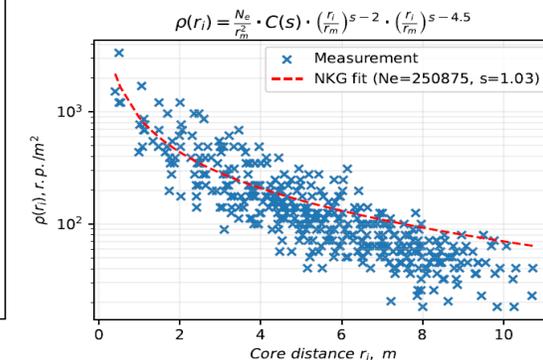
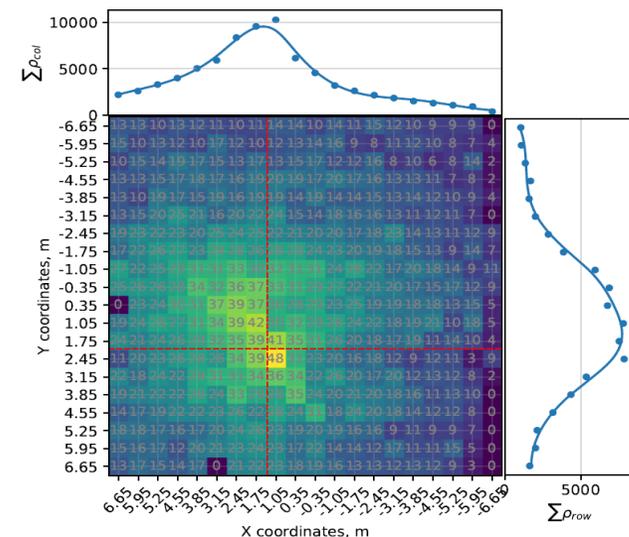
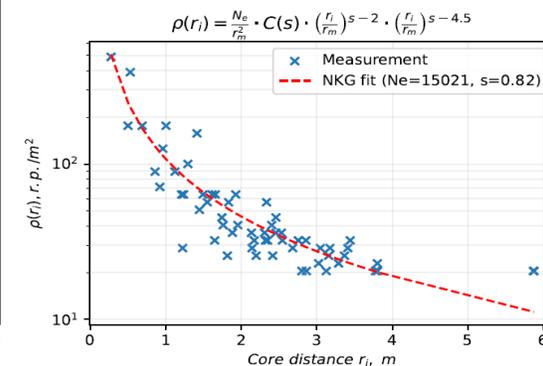
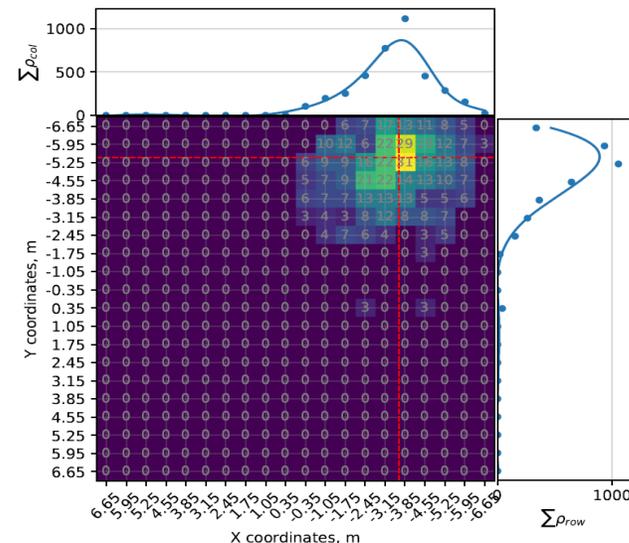
Для измерения энерговыведения (плотности частиц), используются логарифмические ЛС-преобразователи, преобразуют сигнал с 7-го диода ФЭУ в длительность t_i , пропорциональную логарифму энерговыведения. Кол-во р.ч. в детекторе оценивается выражением:

$$\rho_0 = 8 \cdot 1.12^{t_i - 1} / S_0$$

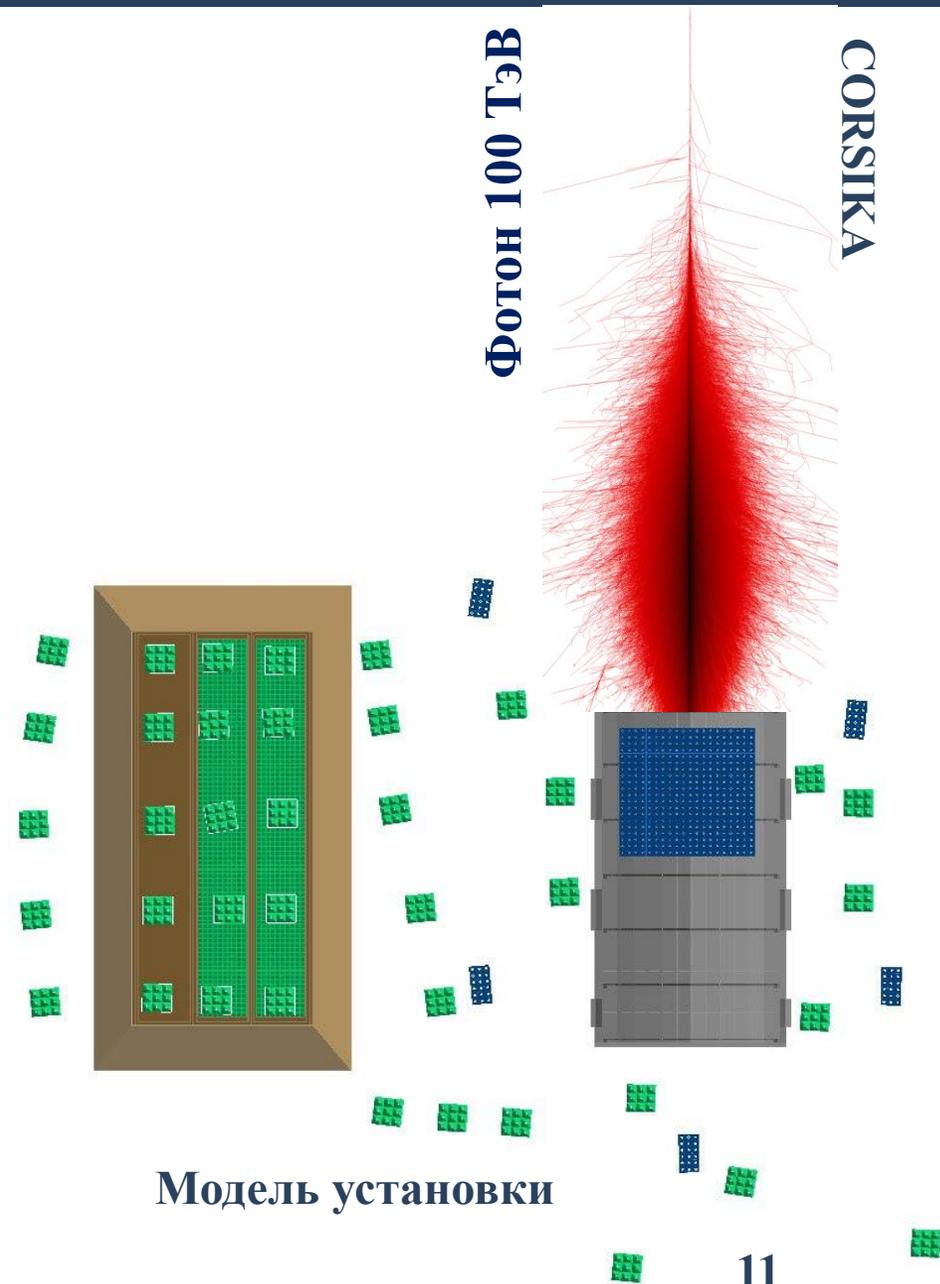
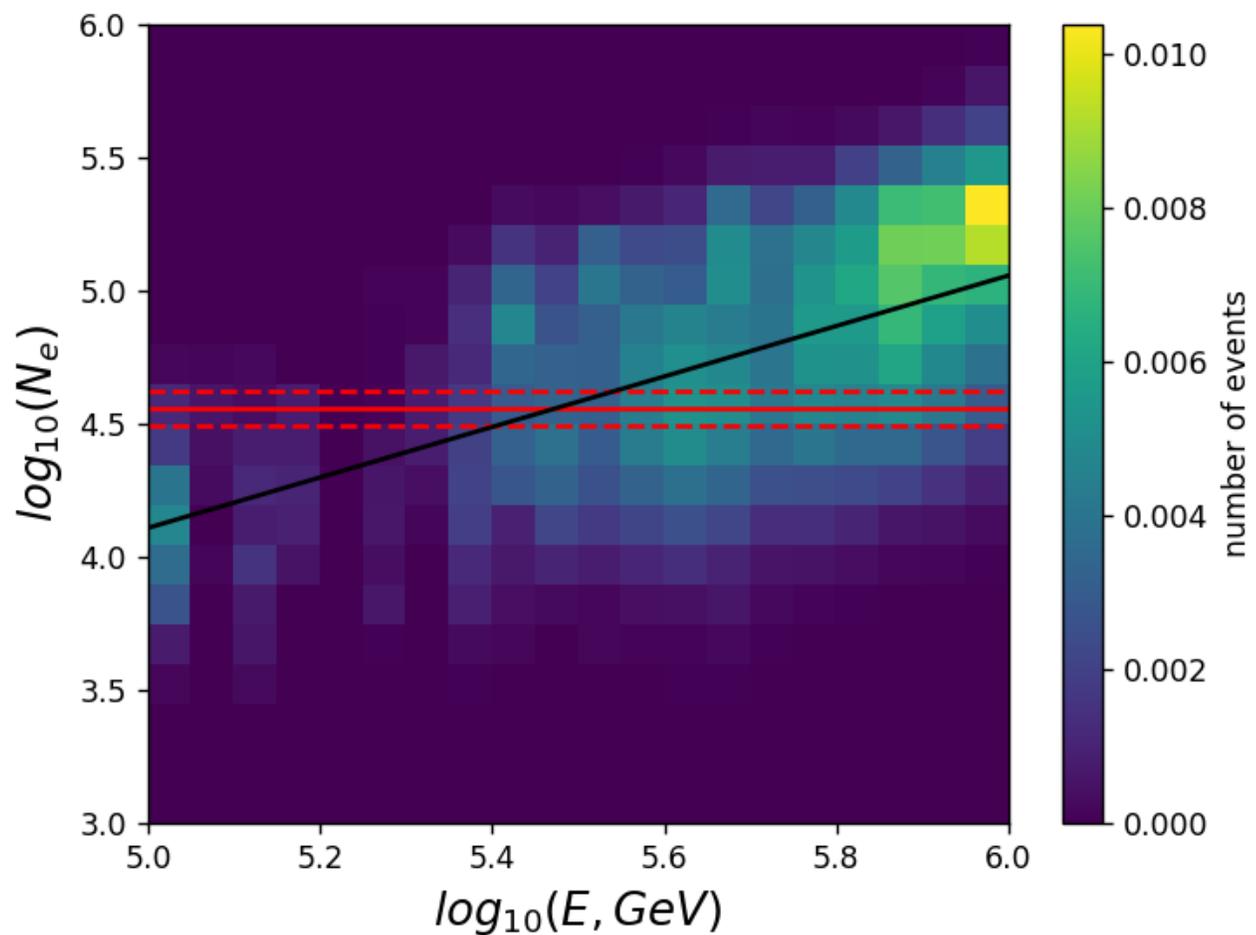
Мощность $N_{p.ч.}$ и возраст s ШАЛ, вычисляется путем фитирования не модифицированной НКГ функции:

$$\rho_{p.ч.}^{НКГ}(r, s) = \frac{N_{p.ч.}}{r_m^2} \cdot C(s) \cdot \left(\frac{r}{r_m}\right)^{s-2} \cdot \left(1 + \frac{r}{r_m}\right)^{s-4.5}$$

Направление прихода θ, φ ШАЛ вычисляется с использованием относительных временных задержек ВПР.

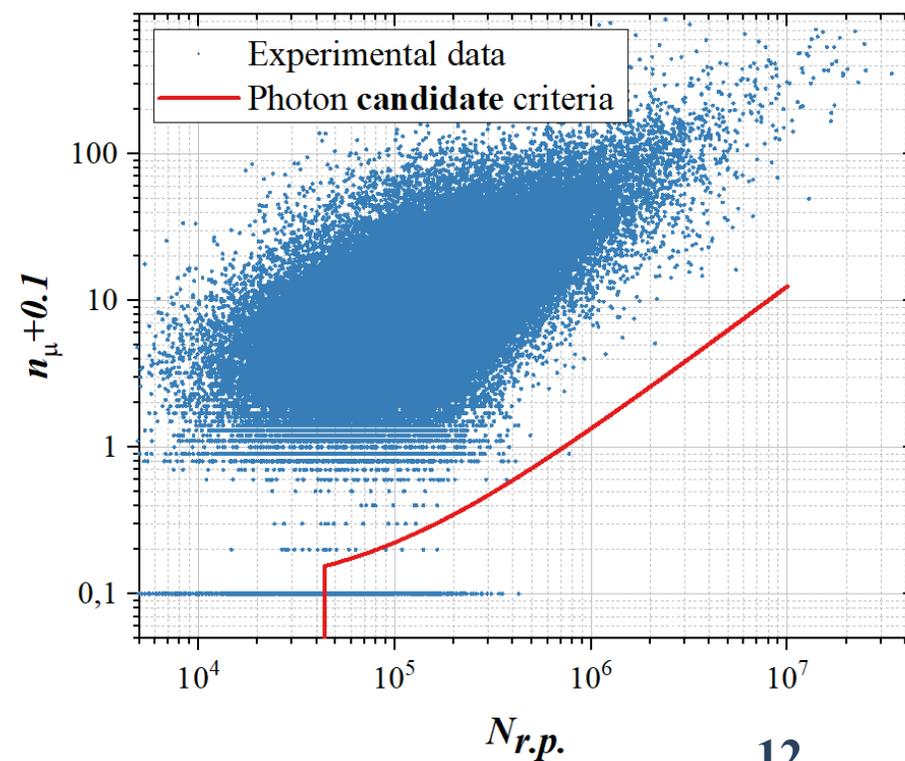
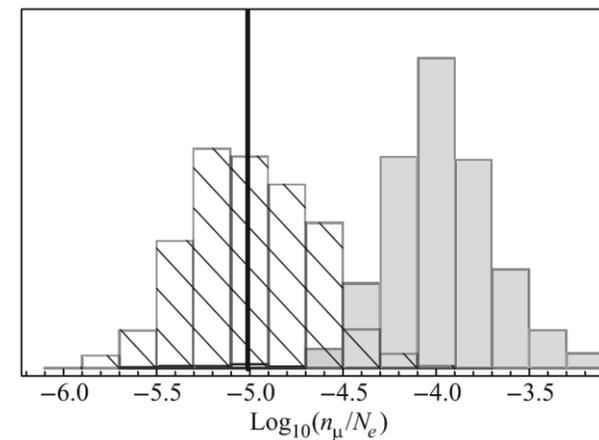
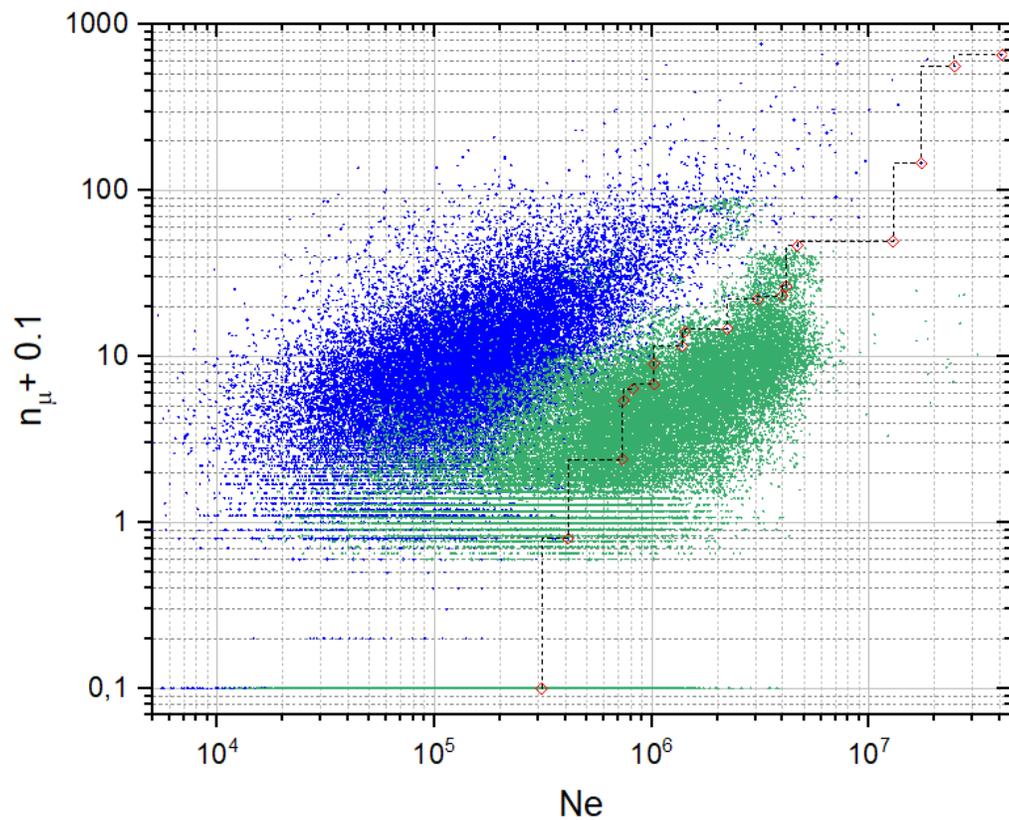


Реконструкция энергии первичной частицы



Установка «Ковер-3»

Фотон - адронное разделение ШАЛ В плоскости $N_e - n_\mu$

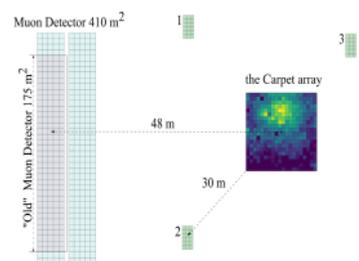


SEARCH FOR PHOTON-INDUCED AIR SHOWERS AT THE CARPET-3 EXPERIMENT USING DOMAIN ADAPTATION

Nikita Pozdnukhov, INR RAS

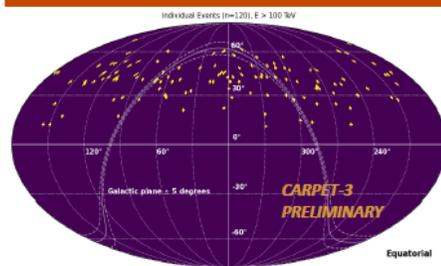
Carpets-3 Collaboration: D. D. Dzhabbaev, I. M. Dzaparova, T. A. Dzhatdov, E. A. Gorbacheva, I. S. Karpikov, M. M. Khadzhiyev, N. F. Klimentko, A. U. Kudzhaev, A. N. Kurenya, A. S. Lidvansky, O. I. Mikhailova, V. B. Petkov, E. I. Podlesnyy, N. A. Pozdnukhov, V. S. Romanenko, G. I. Rubtsov, S. V. Troitsky, I. B. Unatlov, N. A. Vasiliev, A. F. Yanin, K. V. Zhuravleva

Carpets-3 Detector



- Carpet-3 – a surface extensive air shower array. Located in Neitriino village near Mt. Elbrus, 1700 m a.s.l.
- Central detector - 400 individual cells, 196 m² area
- 4 outer detector stations
- Underground 410 m² muon detector
- Can register cosmic rays with primary energies in the range of 10¹⁴ eV to 10¹⁶ eV

Photon candidate events and isotropic flux limits



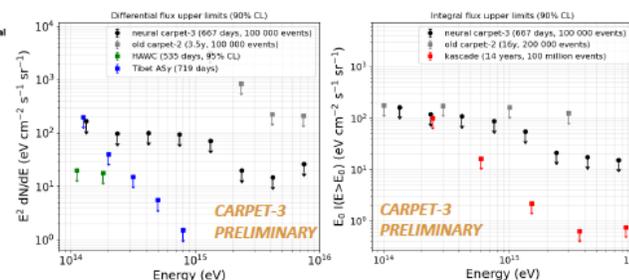
SKY MAP OF PHOTON CANDIDATES (ABOVE)

The distribution of photon candidate events preliminary does not reveal any statistically significant anisotropy.

Figure 1: Differential (left) and integral (right) diffuse photon flux upper limits. Neural network (this work) – in black. Carpet-2 limits [1] – in grey

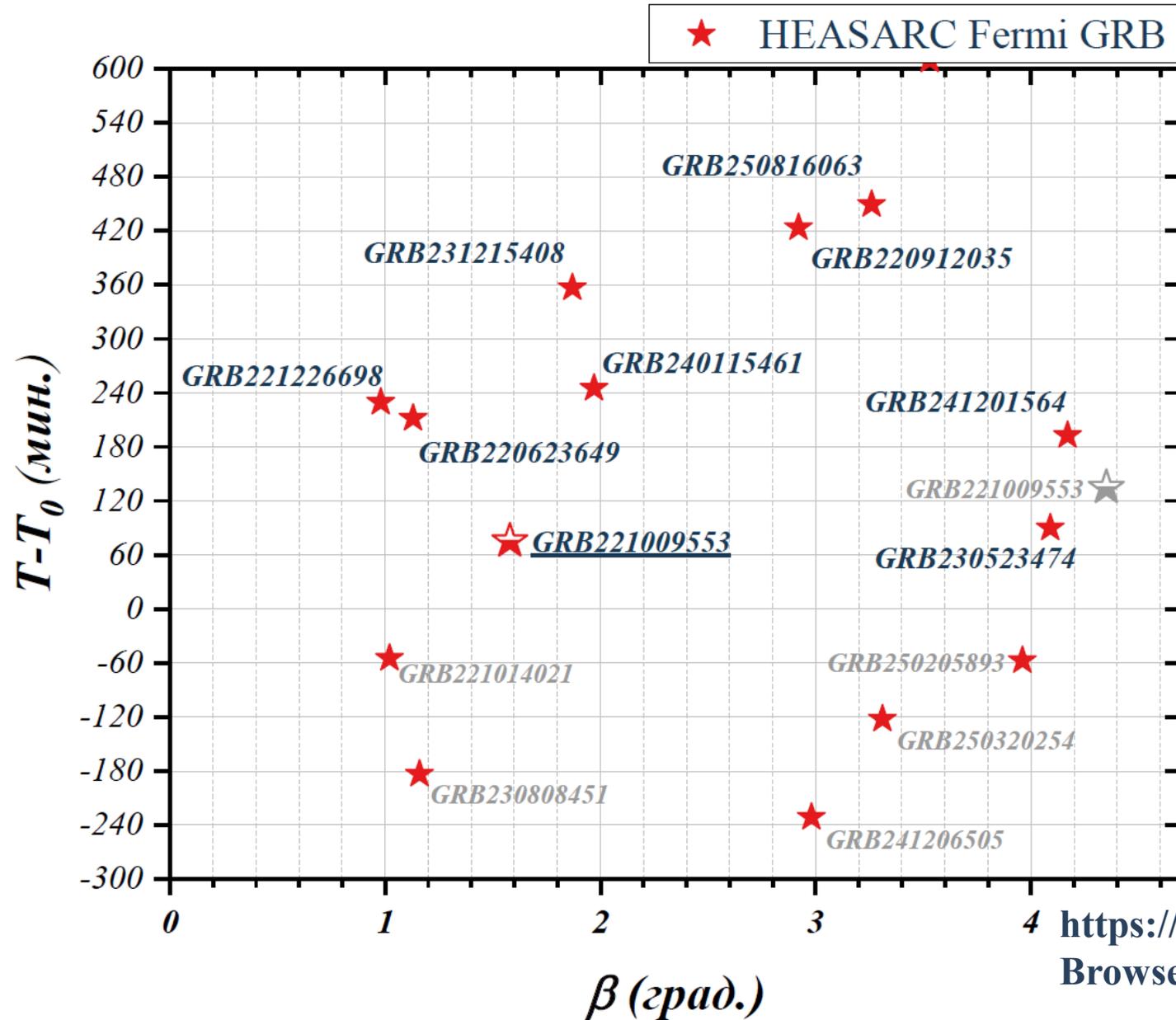
ISOTROPIC DIFFUSE PHOTON FLUX UPPER LIMITS

We obtained new limits on the isotropic diffuse photon flux, assuming E^{-2} primary spectrum. The neural network (described below) greatly improves the sensitivity of Carpet-3 to gamma-rays, allowing us to further lower the existing Carpet-2 constraints and obtain differential limits for the full energy range starting from 10¹⁴ eV. Other existing limits taken from [2, 3, 4]



Совпадения с гамма-всплесками Fermi

Fermi GBM Burst Catalog



<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/W3Browse/fermi/fermigbrst.html>

Совпадения с гамма-всплесками Fermi

Результат для временного интервала $T_0 + 10$ часов

<i>Название</i>	$T - T_0$	$N_{p.ч.}$	$N_{\mu 410}$	$N_{\mu 410} / N_e$	<i>RA</i>	<i>Dec</i>
GRB221009553	76	36 400	3	8.24E-5	289.5	18.4
GRB221009553	135	331 000	16.1	4.86E-5	291.4	16.3
GRB230523474	90	413 000	31.6	7.65E-5	132.3	32.3
GRB220623649	212	180 000	2.7	1.50E-5	217.5	49.4
GRB221226698	230	316 000	22.2	7.02E-5	69.4	34.4
GRB240115461	245	38 000	2	5.26E-5	14.5	25.7
GRB231215408	357	291 000	11.6	3.99E-5	13.2	57.5
GRB220912035	423	1 590 000	79.2	4.98E-5	160.8	49.2
GRB250816063	449	31 300	1	3.19E-5	151.9	60.7

Совпадения с гамма-всплесками Fermi

Кандидаты в фотоноподобные события*

<i>Название</i>	$T - T_0$	N_e	$N_{\mu 410}$	$N_{\mu 410} / N_e$	RA	Dec
GRB221009553	76	36 400	3	8.24E-5	289.5	18.4
GRB221009553	135	331 000	16.1	4.86E-5	291.4	16.3
GRB230523474	90	413 000	31.6	7.65E-5	132.3	32.3
GRB220623649	212	180 000	2.7	1.50E-5	217.5	49.4
GRB221226698	230	316 000	22.2	7.02E-5	69.4	34.4
GRB240115461	245	38 000	2	5.26E-5	14.5	25.7
GRB231215408	357	291 000	11.6	3.99E-5	13.2	57.5
GRB220912035	423	1 590 000	79.2	4.98E-5	160.8	49.2
GRB250816063	449	31 300	1	3.19E-5	151.9	60.7

- ❖ На установке «**Ковер-3**» ведется набор данных с июня 2022 года
и по настоящее время
- ❖ Гамма-всплеск **GRB221009A** подстегнул поиск возможных совпадений с другими транзиентами
- ❖ Кандидатов в фотоноподобные события совпавших с гамма-всплесками **не обнаружено**, однако, нужно проверить пару событий.
- ❖ **Поставить ограничения** на потоки гамма-квантов от транзиентных источников с энергией более **100 ТэВ**

- ❖ На установке «**Ковер-3**» ведется набор данных с июня 2022 года
и по настоящее время
- ❖ Гамма-всплеск **GRB221009A** подстегнул поиск возможных совпадений с другими транзиентами
- ❖ Кандидатов в фотоноподобные события совпавших с гамма-всплесками **не обнаружено**, однако, нужно проверить пару событий.
- ❖ **Поставить ограничения** на потоки гамма-квантов от транзиентных источников с энергией более 100 ТэВ

Даже при наличии крупных установок, маленькие
класса **NanoScience**
могут давать важные результаты

Спасибо за внимание!

The Carpet-3 collaboration

D. D. Dzhappuev¹, I. M. Dzaparova^{1,2}, T. A. Dzhatdov^{1,3}, I. S. Karpikov¹, M. M. Khadzhiev¹, N. F. Klimenko¹, A. U. Kudzhaev¹, A. N. Kurennya¹, A. S. Lidvansky¹, O. I. Mikhailova¹, V. B. Petkov^{1,2}, N. A. Pozdnukhov¹, V. S. Romanenko¹, G. I. Rubtsov¹, S. V. Troitsky^{1,3}, I. B. Unatlokov¹, N.A. Vasilev¹, A. F. Yanin¹, K. V. Zhuravleva¹

¹ Institute for Nuclear Research of the RAS, Moscow, Russia

² Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

1LHAASO ID	RA (°)	DEC (°)	p-value	n_{obs}	n_{expect}
J0500+4454	75.01	44.92	0.039	98	81.266
J0635+0619	98.76	6.33	0.101	7	3.946
J0703+1405	105.83	14.10	0.074	20	13.965
J1906+0712	286.56	7.20	0.119	8	4.885
J1908+0615u	286.96	8.44	0.047	8	3.907
J1910+0516	287.55	5.28	0.031	7	2.927
J1913+0501	288.28	5.03	0.054	6	2.682

**Cao, Zhen, et al. "The first LHAASO catalog of gamma-ray sources.
 “ *The Astrophysical Journal Supplement Series* 271.1 (2024): 25.**

