

Поиск нейтринных событий на Баксанском подземном сцинтилляционном телескопе в совпадении с гамма-всплесками

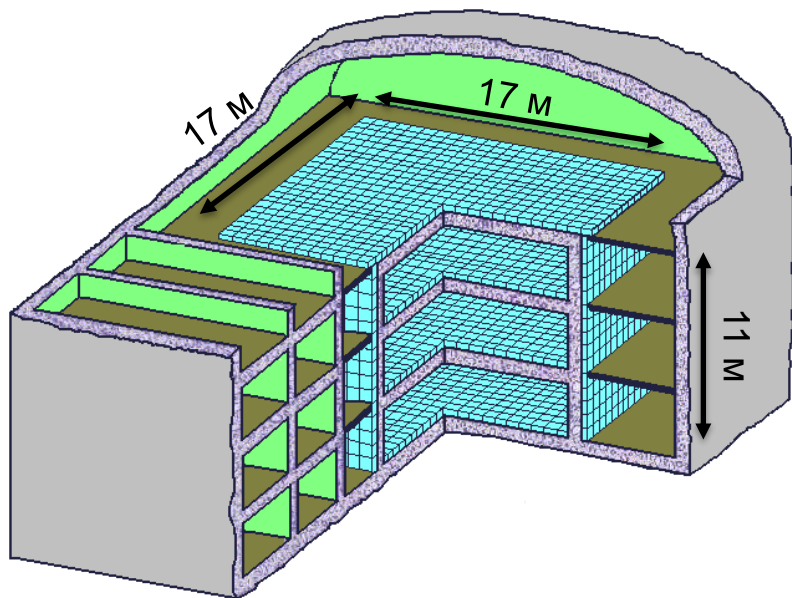
Унатлоков И.Б. и коллаборация БПСТ

Институт ядерных исследований РАН

Баксанский подземный сцинтилляционный телескоп

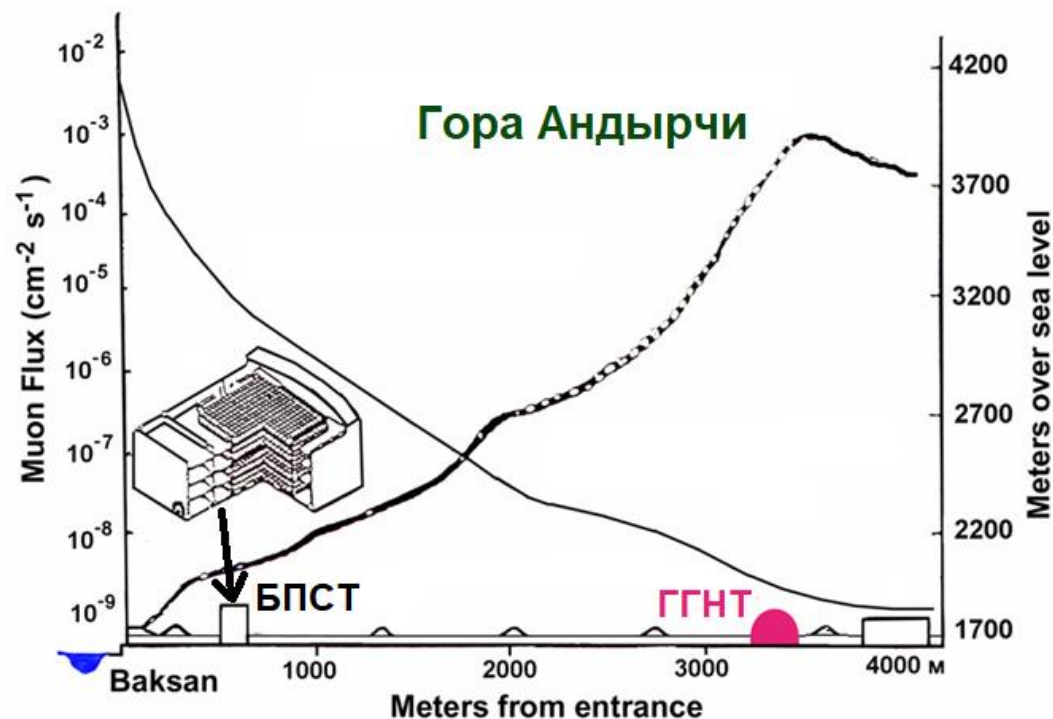
БПСТ - многоцелевой детектор, предназначенный для широкого диапазона исследований в области физики космических лучей, элементарных частиц и нейтринной астрофизики.

Схема БПСТ



- Общая масса сцинтиллятора 330 тонн (3180 счетчиков).
- $h_{эфф} = 850$ м.в.э.
- Угловое разрешение $\approx 1.6^\circ$.

Схема расположения БПСТ в выработке горы Андырчи и зависимость потока мюонов от глубины



Баксанский подземный сцинтилляционный телескоп

Фотография горизонтальной плоскости



Счетчик БПСТ

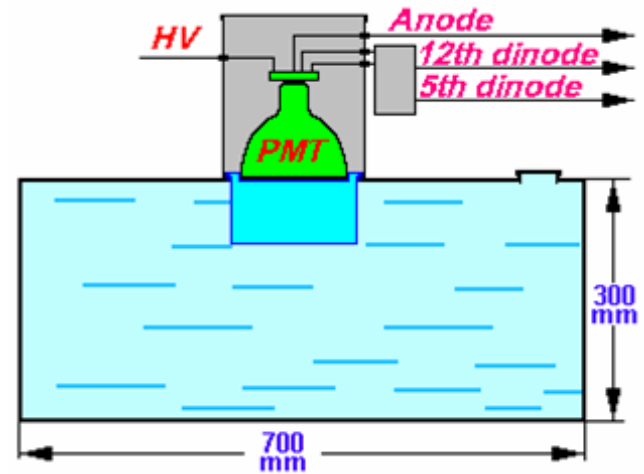
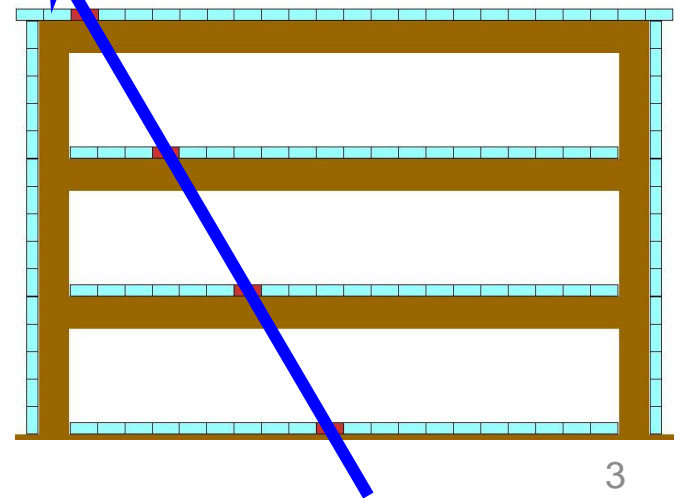


Схема события из нижней полусферы



Из направления нижней полусферы отсутствует фон от проникающих под землю мюонов. Благодаря этому, в случае если мюон прилетел из нижней полусферы, можно считать, что он порожден от взаимодействия нейтрино с веществом под установкой. При этом неопределенность направления нейтрино $\approx 5^\circ$.

Каталоги гамма-всплесков

Fermi GBM (8 кэВ - 40 МэВ)

3798 событий

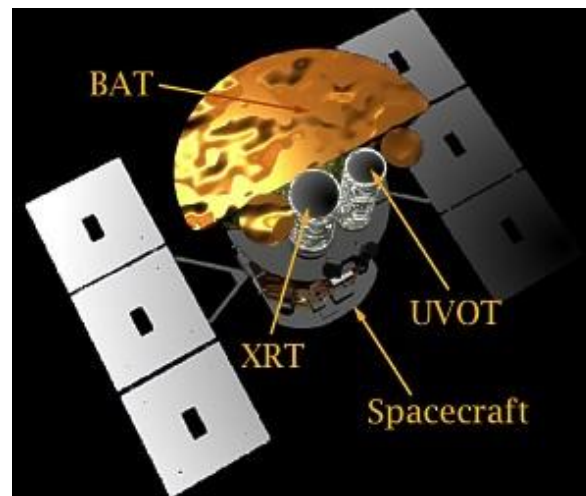
Первое событие 14.07.2008



Swift BAT (15 - 150 кэВ)

1577 событий

Первое событие 06.09.2005



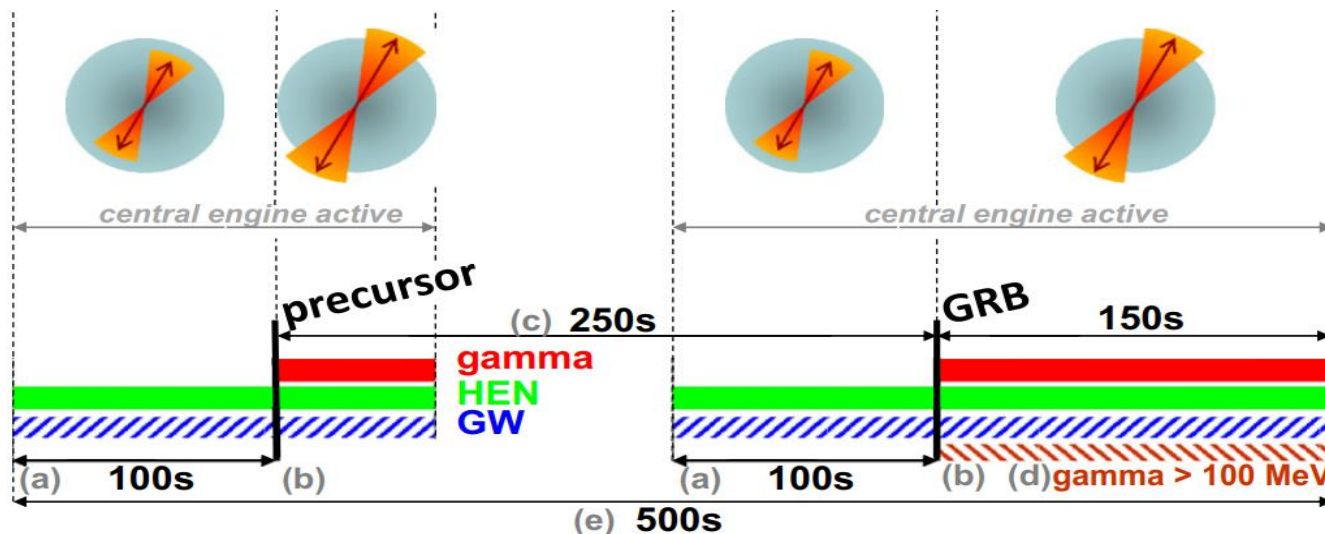
<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/W3Browse/fermi/fermigbrst.html>

- каталог с событиями Fermi GBM.

<https://swift.gsfc.nasa.gov/results/batgrbcat/> - каталог с

событиями Swift BAT.

Активность внутри источника



Из статьи *B. Baret et al. «Bounding the Time Delay between High-energy Neutrinos and Gravitational-wave Transients from Gamma-ray Bursts», *Astropart.Phys.* 35, 1, 2011* (На основе данных BATSE, Swift, Fermi LAT).

1. Начало активности внутри звезды перед прекурсором гамма-вспышки – не более 100 секунд.
2. Выход релятивистского джета за пределы звездной поверхности (возникновение прекурсора гамма-вспышки) затем начало новой активности внутри звезды перед гамма-вспышкой – не более 250 секунд.
3. Выход релятивистского джета за пределы звездной поверхности (гамма-вспышка) – не более 150 секунд.

Поиск совпадений

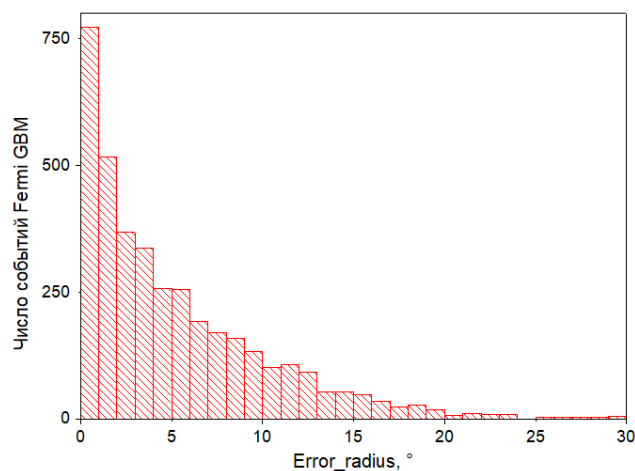
	± 500 с	± 1 ч	± 12 ч	± 24 ч
По времени	7	59	748	1477
По времени + координатам	0	0	5	10

GRB151129333

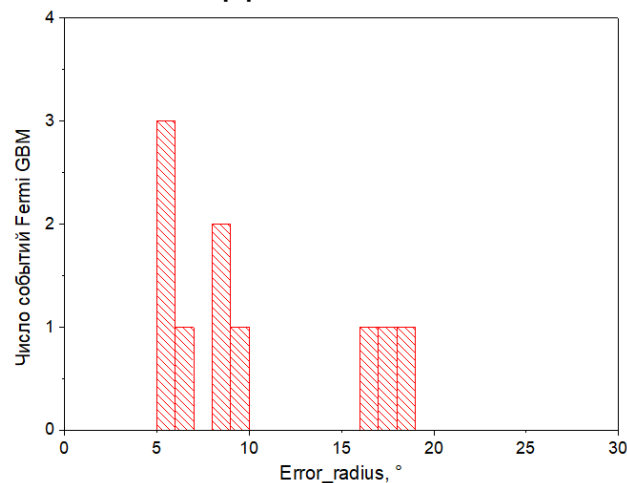
Ошибка определения координат	Время между нейтрино и GRB	Угловое расстояние между нейтрино и GRB
5.67°	4595 с	9.1°

Распределения ошибок локализации событий Fermi GBM

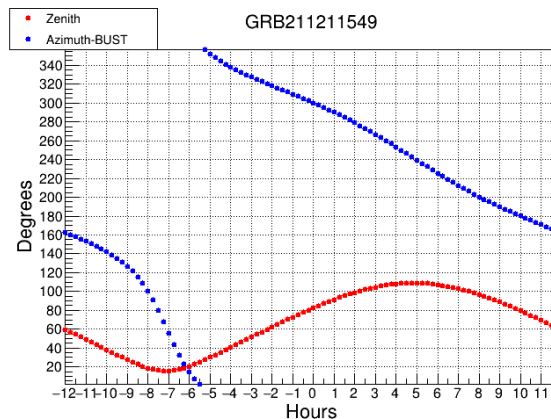
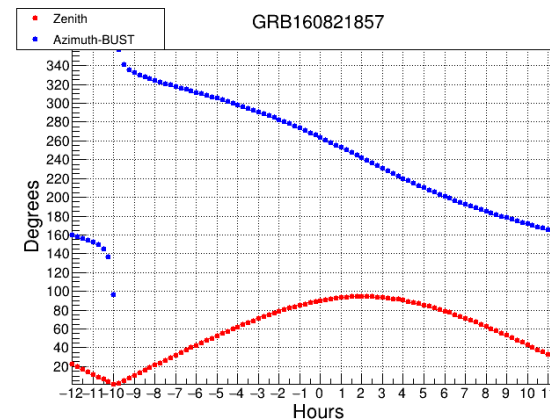
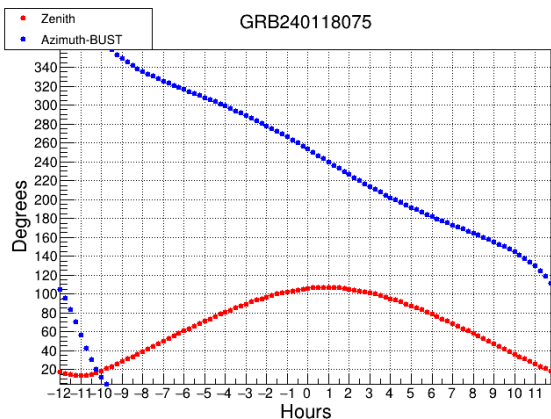
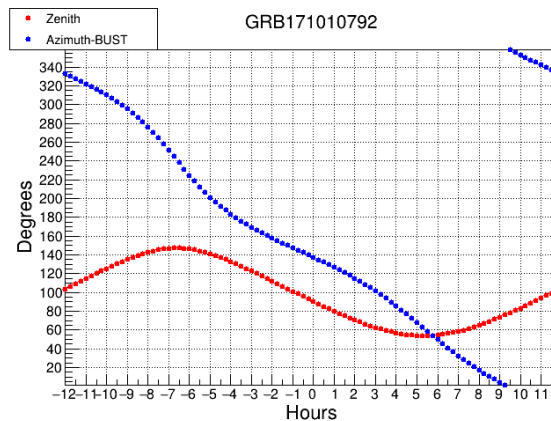
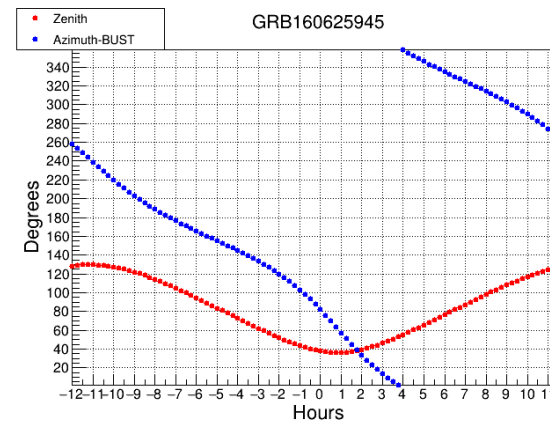
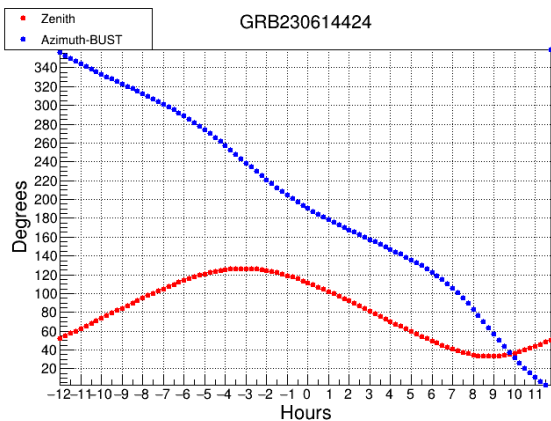
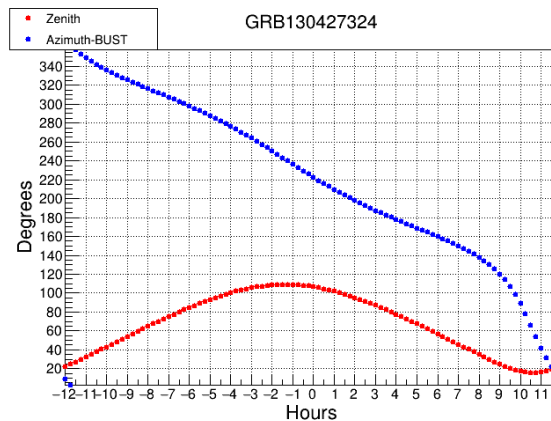
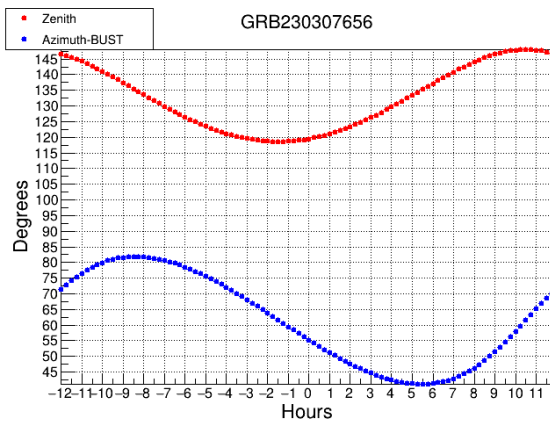
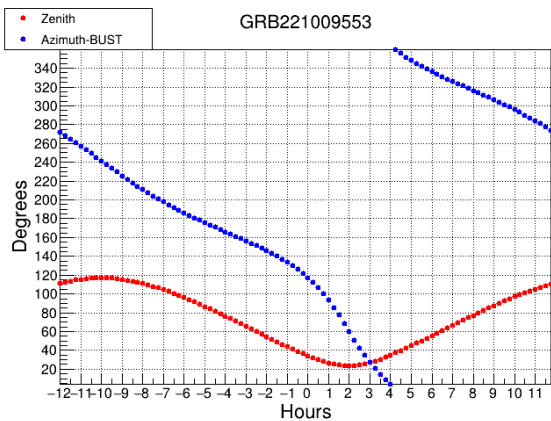
Все события



Совпадения ± 24 ч



События с наибольшими потоками энергии



Эффективная площадь БПСТ

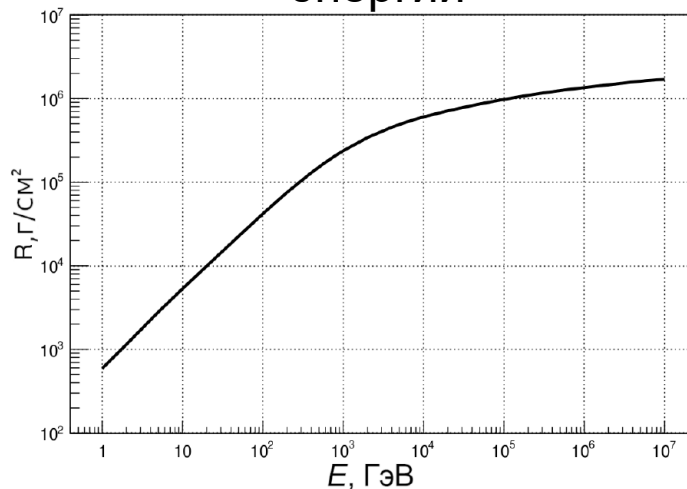
$$\Phi_{\mu}(> E_{\mu}^{min}) = \int_{E_{\mu}^{min}}^{E_{\mu}^{max}} dE_{\nu} P(E_{\nu}, E_{\mu}^{min}) L(h, E_{\nu}) \frac{d\Phi_{\nu}}{dE_{\nu}}$$

$$N = \int_{E_{\mu}^{min}}^{E_{\mu}^{max}} dE_{\nu} P(E_{\nu}, E_{\mu}^{min}) L(h, E_{\nu}) S_T \frac{d\Phi_{\nu}}{dE_{\nu}}$$

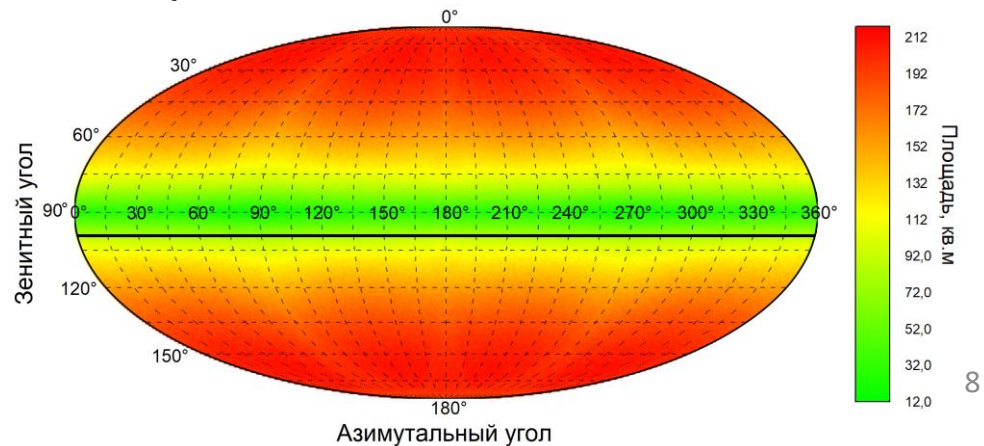
$$P(E_{\nu}, E_{\mu}^{min}) = N_A \sigma_{CC}(E_{\nu}) R(E_{\nu}, E_{\mu}^{min})$$

$$S_{eff}(E_{\nu}) = N_A \sigma_{CC}(E_{\nu}) R(E_{\nu}, E_{\mu}^{min}) L(h, E_{\nu}) S_T$$

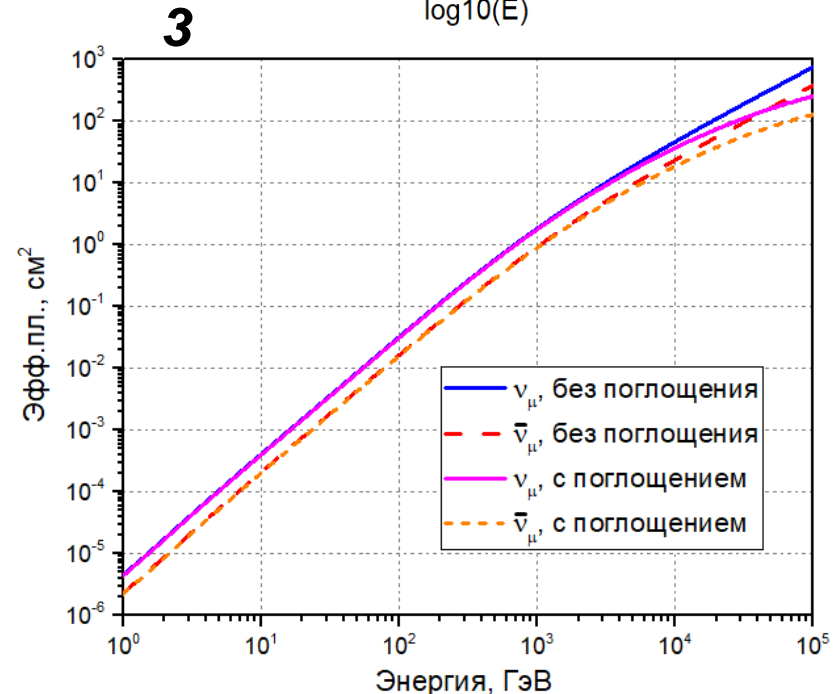
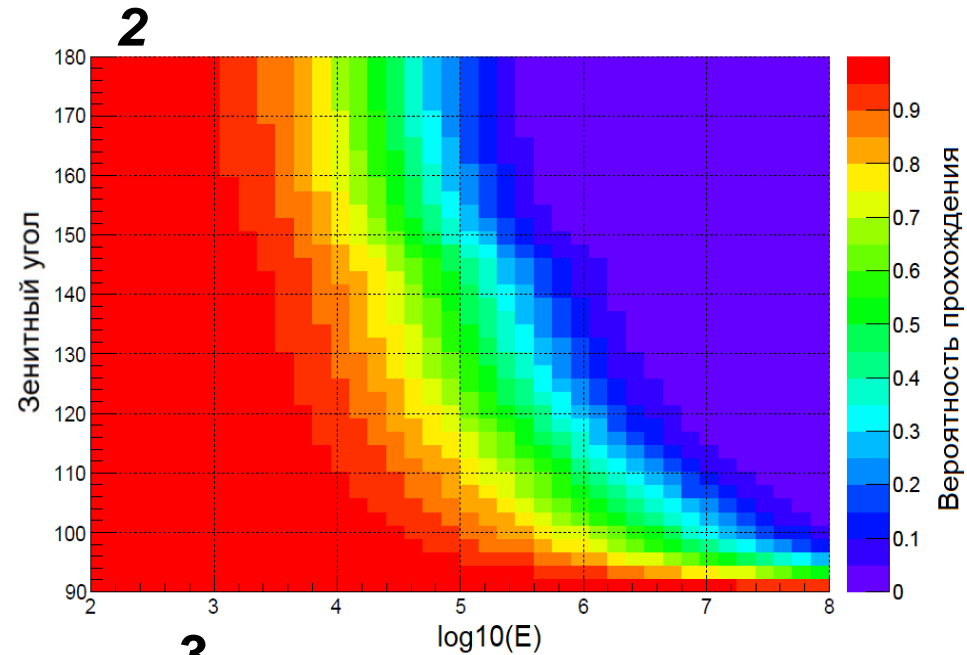
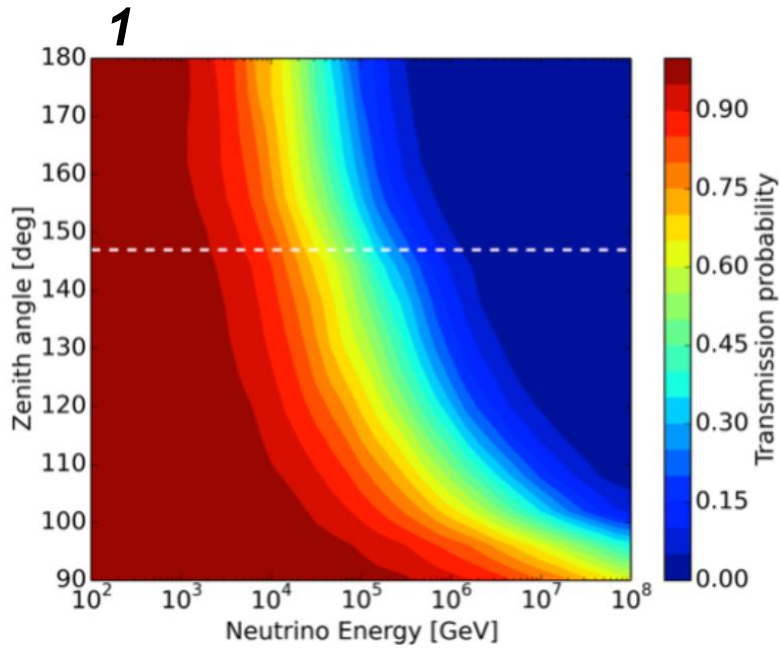
Зависимость эффективного пробега мюона в грунте БНО ИЯИ РАН от энергии



Площадь телескопа в зависимости от зенитного, азимутального углов, при пересечении 3 и более плоскостей



Поглощение нейтрино в Земле



1. Measurement of the multi-TeV neutrino cross section with IceCube using Earth absorption, 2017, arXiv:1711.08119v1. На основе 10,784 мюонов из нижней полусферы.
2. High-energy neutrino attenuation in the Earth and its associated uncertainties, 2017, arXiv:1706.09895v1. "NuFATE".
3. Зависимость эффективной площади БПСТ от энергии при зенитном угле 180° .

Ограничения на потоки

$$N = \int_{E_{\mu}^{min}}^{E_{\mu}^{max}} dE_{\nu} P(E_{\nu}, E_{\mu}^{min}) L(h, E_{\nu}) S_T \frac{d\Phi_{\nu}}{dE_{\nu}}$$

$$\frac{d\Phi_{\nu}}{dE_{\nu}} = \Phi_0 \left(\frac{E_{\nu}}{\Gamma \text{ЭВ}} \right)^{-\gamma} \quad [\Gamma \text{ЭВ}^{-1} \text{см}^{-2}]$$

$$N = \Phi_0 \int_{E_{\mu}^{min}}^{E_{\mu}^{max}} dE_{\nu} S_{eff}(E_{\nu}) E_{\nu}^{-2}$$

$$\Phi_0 = \frac{2.3}{\int_{E_{\mu}^{min}}^{E_{\mu}^{max}} dE_{\nu} S_{eff}(E_{\nu}) E_{\nu}^{-2}}$$



Событие	Φ_0 (м.нейтр), ГЭВ*см ⁻²	Φ_0 (м.антинейтр), ГЭВ*см ⁻²
GRB230307656	137.07	269.987
...

Спасибо за внимание!