

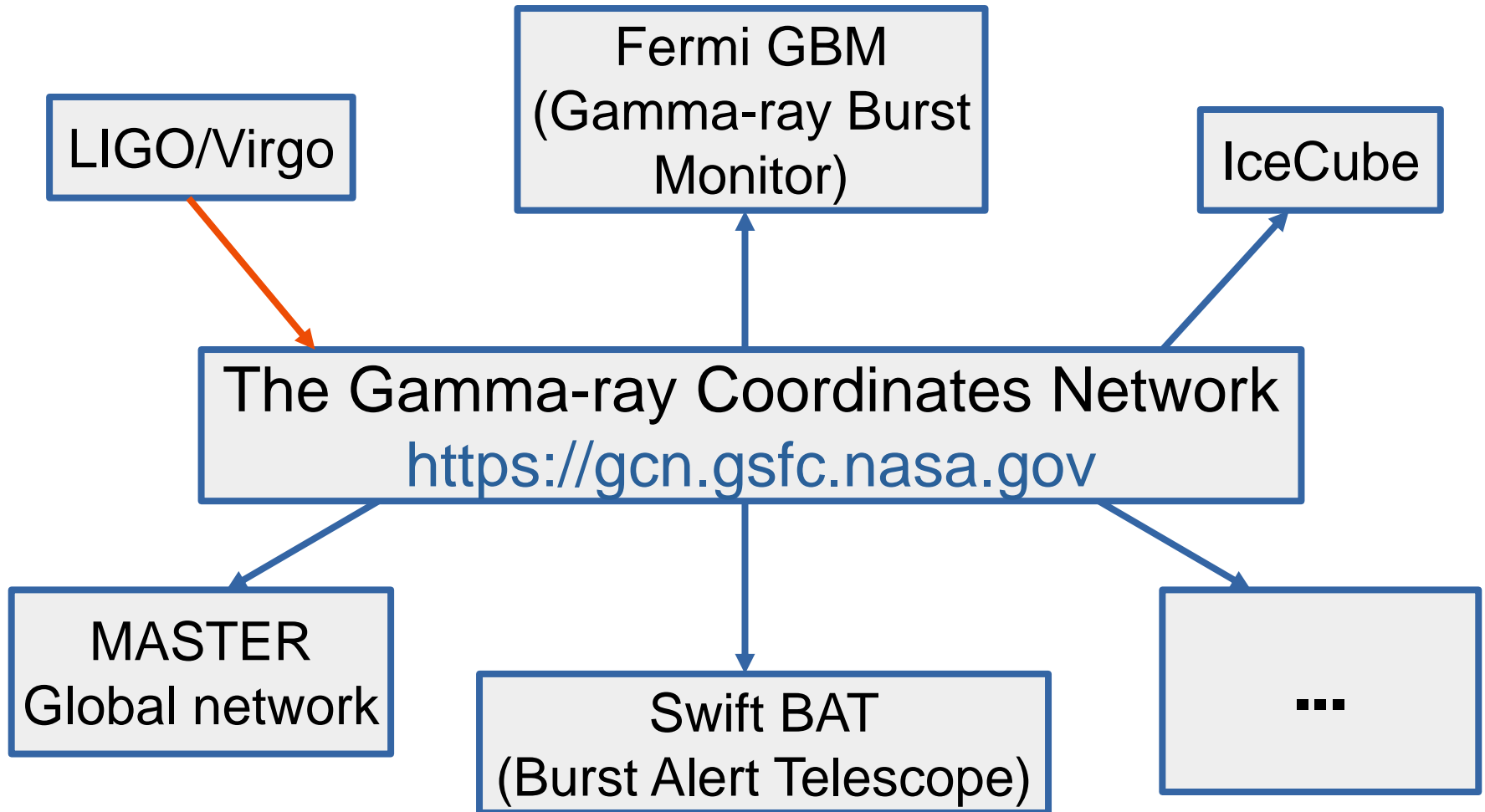
Поиск мюонных нейтрино на БПСТ по алертам от LIGO/Virgo

И.Б. Унатлоков и коллаборация БПСТ

Институт ядерных исследований РАН

Алерты LIGO/Virgo

The Gamma-ray Coordinates Network (GCN) — портал для получения, распространения информации о гамма-всплесках, транзиентах.



Типы алертов

GCN Notices
(machine-readable)

GCN Circulars
(human-readable)

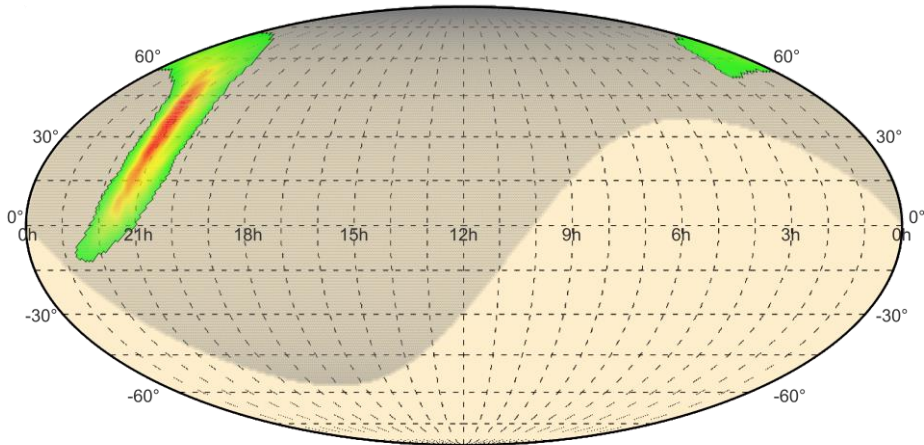
Содержание алерта

- Тип (наблюдение, тест)
- Дата создания алерта
- **Установка**
- **Время события**
- **GraceID**
- GCN Notice type (Preliminary, Initial, Update, Retraction)
- False alarm rate [Hz]
- **Sky Map localization file**
- Group (Compact binary coalescence, Burst)
- Central frequency, Burst [Hz]
- Duration, Burst [s]
- Probability of: BNS, NSBH, BBH, MassGap, Noise
- Probability of: HasNS, HasRemnant

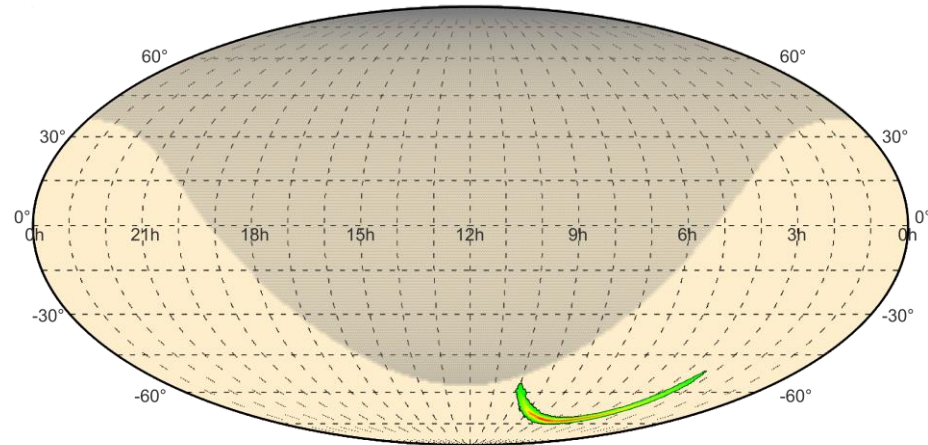
Область обзора установки БПСТ

Информация из алерта о распределении вероятности расположения на небесной сфере сверяется с «полем зрения» БПСТ

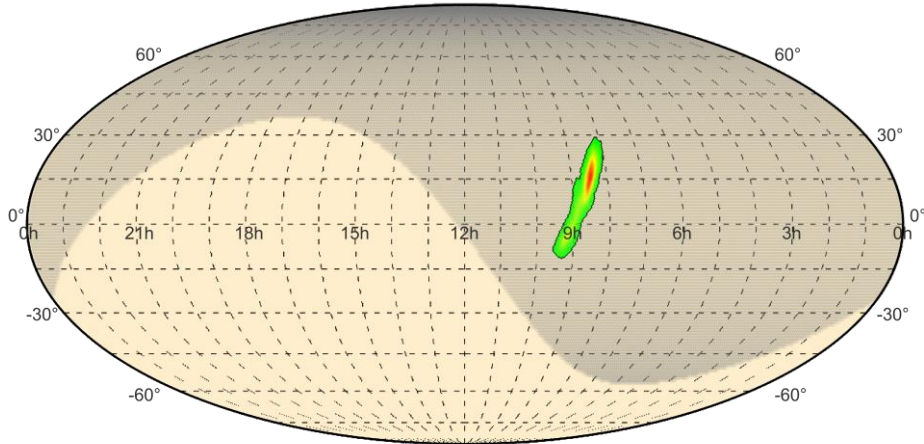
S190930s



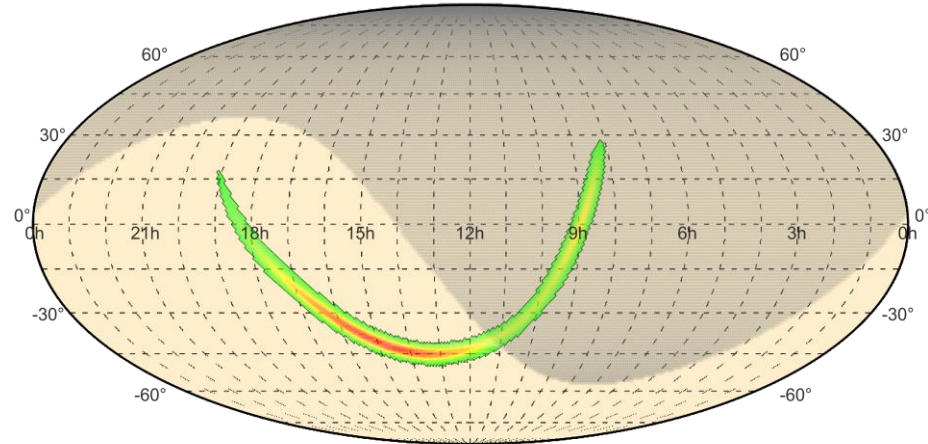
GW150914



S190924h



S191109d



Анализ алерта в реальном времени

LIGO/Virgo-алерт - время события, распределение вероятности расположения источника по небесной сфере

Поиск нейтринных событий в пределах ± 500 с момента возникновения события

Событие есть

Сверка области обзора ПСТ в момент события с областью 90%-вероятности расположения источника

Есть совпадение

Нет совпадения

Сверка направления прихода нейтрино с областью 90%-вероятности расположения источника

Есть совпадение

Нет совпадения

Рассылка оповещений с координатами прихода нейтрино

Событие отсутствует

Сверка области обзора ПСТ в момент события с областью 90%-вероятности расположения источника

Есть совпадение

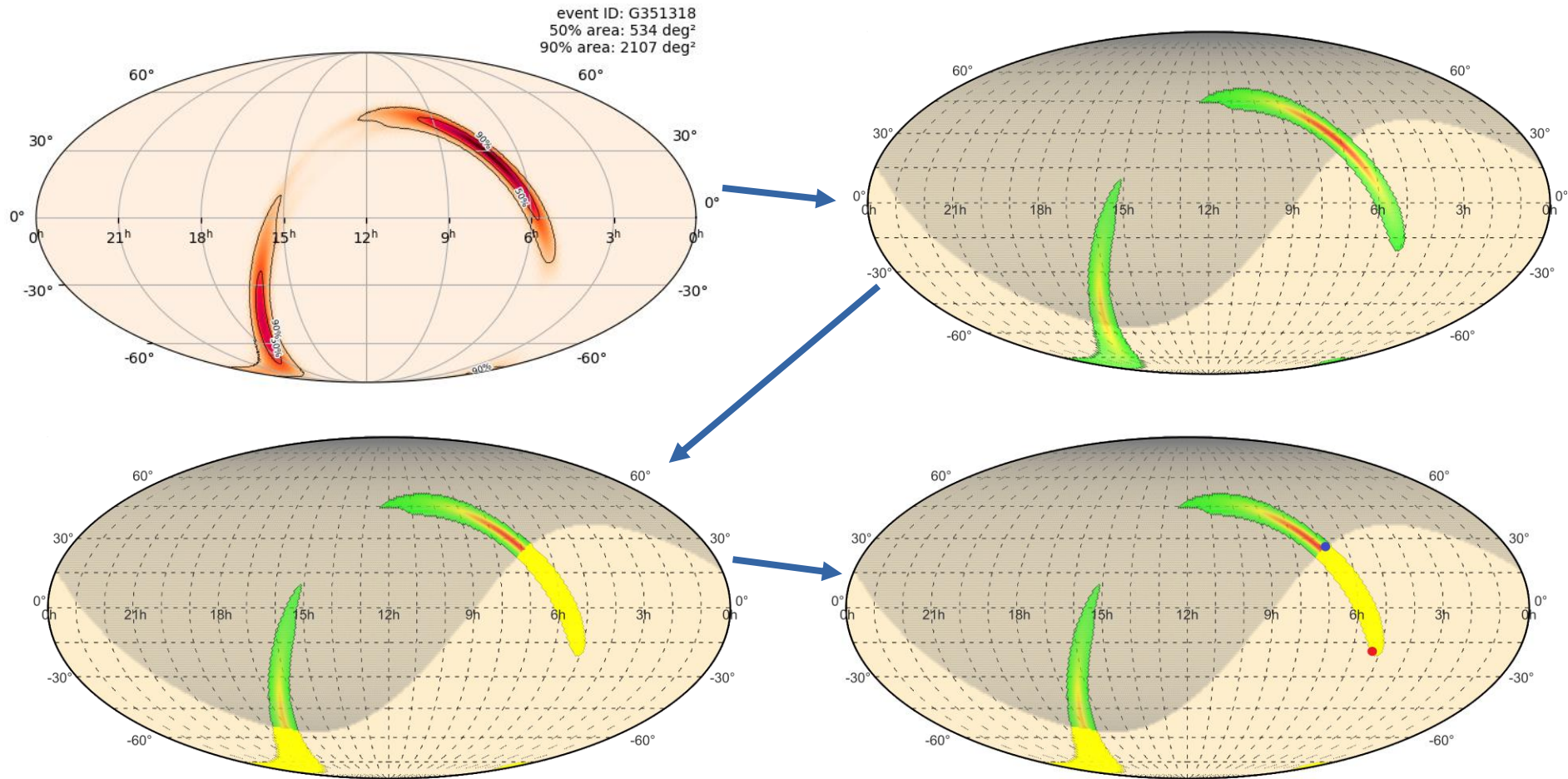
Нет совпадения

Расчет площади телескопа для двух точек — максимума и минимума площади ПСТ в пределах области 90%-вероятности расположения источника

Ограничения на потоки

Обработка данных

Локализация источника (Событие [S190923y](#), $S_{\min} = 74.63 \text{ м}^2$, $S_{\max} = 204.4 \text{ м}^2$)



Обработка данных

Ограничения на потоки

$$S_{eff}(E_\nu, \theta, \phi) = \sigma_{\nu N}(E_\nu) \cdot N_N$$
$$N_N = S_T(\theta, \phi) \cdot L_{eff}(E_\nu) \cdot \rho \cdot N_A$$

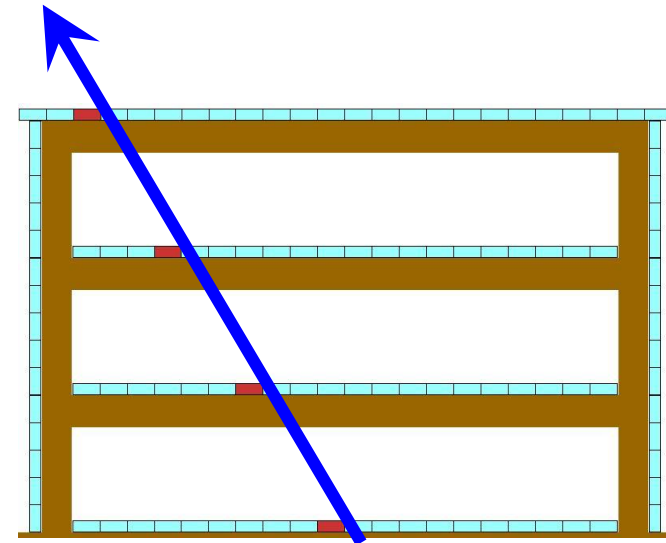
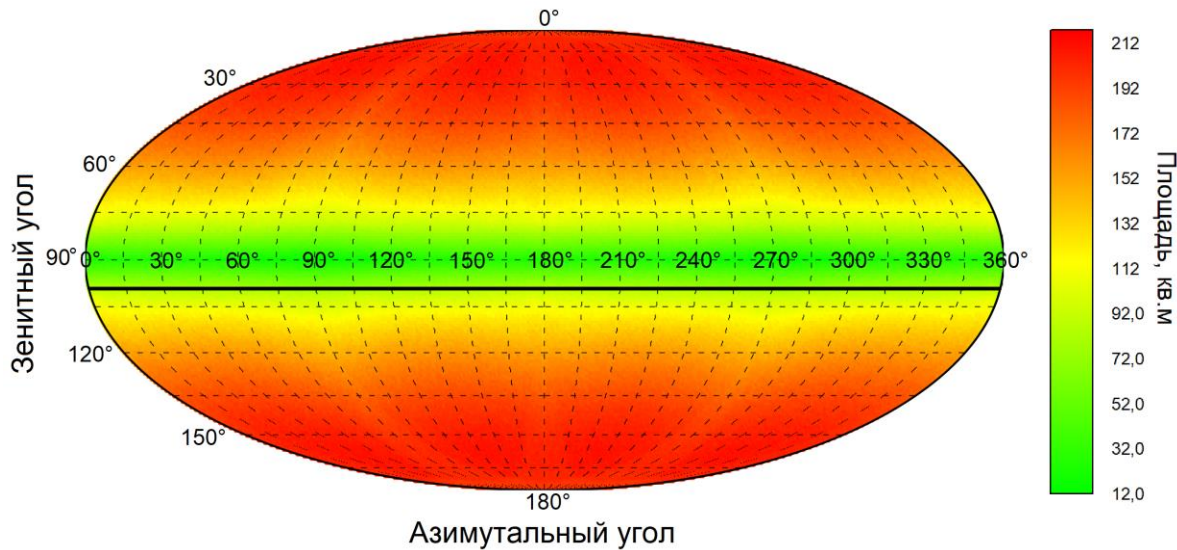
$$I(E_\nu, \theta, \phi) = \frac{n_{90}}{\varepsilon \cdot S_{eff}(E_\nu, \theta, \phi)}$$

$$n_{90} = 2.3, \varepsilon = 0.84$$

$$I_{lim} = \frac{n_{90}}{\int_{E_{min}}^{E_{max}} I(E_\nu) \varepsilon \cdot S_{eff}(E_\nu) dE_\nu}$$

$$F_{lim} = \frac{n_{90} \int_{E_2}^{E_1} I(E_\nu) E_\nu dE_\nu}{\int_{E_{min}}^{E_{max}} I(E_\nu) \varepsilon \cdot S_{eff}(E_\nu) dE_\nu}$$

Площадь телескопа в зависимости от зенитного, азимутального углов, для условий отбора нейтрино - пересечения 3 и более плоскостей



$$S_{Tmin} = 72 \text{ м}^2$$
$$S_{Tmax} = 217 \text{ м}^2$$

Сеансы работы гравитационно-волновых детекторов

Run O1

12.09.2015 — 19.01.2016

GW150914

GW151012

GW151226

Run O2

30.11.2016 — 25.08.2017

GW170104

GW170608

GW170729

GW170809

GW170814

GW170817

GW170818

GW170823

Run O3

01.04.2019 — 30.09.2019,
01.11.2019 — 27.03.2020

S200316bj	S191215w	S190720a
S200311bg	S191213g	S190718y
S200302c	S191205ah	S190707q
S200225q	S191204r	S190706ai
S200224ca	S191129u	S190701ah
S200219ac	S191109d	S190630ag
S200213t	S191105e	S190602aq
S200208q	S190930t	S190521r
S200129m	S190930s	GW190521
S200128d	S190924h	S190519bj
S200115j	S190923y	S190517h
S200114f	S190915ak	S190513bm
S200112r	S190910h	S190512at
S200105ae	S190910d	S190510g
S191222n	S190901ap	S190503bf
S191216ap	S190828l	S190426c
	S190828j	GW190425
	GW190814	S190421ar
	S190728q	GW190412
	S190727h	S190408an

В интервале ± 500 с от моментов GW-событий не найдено ни одного нейтринного события на БПСТ

Заключение

- Осуществляется регистрация алертов
- Регистрируются нейтринные события в реальном времени
- Идет отладка online-программы
- Идет offline-обработка 56 событий сеанса «Run O3»
- Идет подготовка к очередному сеансу «Run O4»

Спасибо за внимание!