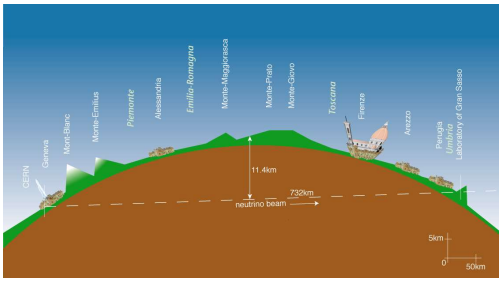
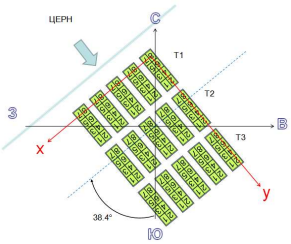
Реанализ мюонных событий, инициированных нейтринным пучком из ЦЕРНа, на детекторе LVD.

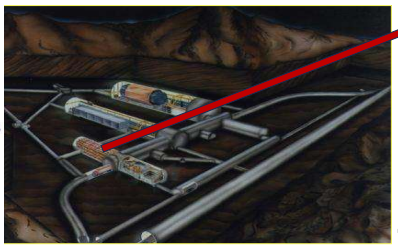
И.Р. Шакирьянова от имени коллаборации LVD
ИЯИ РАН

В рамках проекта CNGS (CERN neutrino to Gran Sasso) пучок мюонных нейтрино с ускорителя в ЦЕРНе со средней энергией 17 ГэВ проходил под землей расстояние порядка 732 км, и под углом -3,2° достигал подземной лаборатории Гран Сассо. Мюоны, которые образовались в результате взаимодействия нейтрино с грунтом Лаборатории или структурой установки, регистрировались различными детекторами, в том числе и LVD. В работе представлен анализ мюонных событий, инициированных нейтринным пучком из ЦЕРНа и зарегистрированных детектором LVD в период с 2006 по 2012 гг.

Проект CNGS (CERN neutrinos to Gran Sasso)

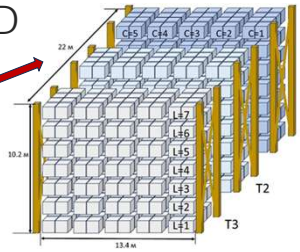






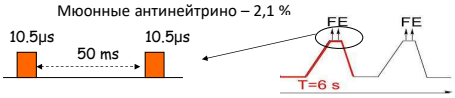
Подземные залы и коммуникации Лаборатории Гран Сассо

Детектор LVD



Детектор LVD состоит из трех башен, имеющих модульную структуру по 35 модулей в каждой башне, сгруппированных в 5 колонн. Модуль содержит 8 сцинтилляционных счетчиков. Каждый счетчик (1м×1,5м×1м), изготовленный из нержавеющей стали, содержит около 1.2 тонны жидкого сцинтиллятора на основе уайт-спирита

Мюонные нейтрино – более 96, 9 %
Электронные нейтрино и электронные антинейтрино – менее 1 %
Мюонные антинейтрино – 2,1 %



Отбор событий

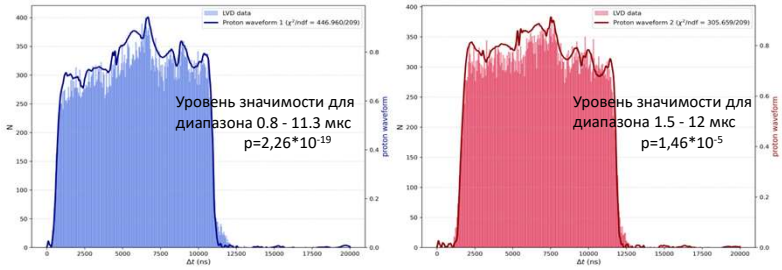
- Каждый мюонный файл должен быть длительностью не менее 2 часов (норма – 8 часов)
- Мюонным событием считается как минимум 2 сигнала в 2 разных счетчиках с энерговыделениями в одном минимум 50 МэВ, а в другом – минимум 5 МэВ во временном окне 250 нс.
- Время события на детекторе LVD было сначала приведено к часовому поясу UTC, после откорректировано следующим образом: $t_{LVD} = t_{clock} + \delta t_{fiber}(i) + \delta t_{elec}$, где t_{clock} - время события в данных детектора LVD, $\delta t_{fiber}(1) = 42116{,}5$ нс (1 башня), $\delta t_{fiber}(2) = 42063{,}8$ нс (2 башня), $\delta t_{fiber}(3) = 42040{,}6$ нс, $\delta t_{elec} = -(350 + 5 + 3 + 32)$ нс. Эти корректировки учитывают время прохождения сигнала от детектора до сверхточных часов GPS лаборатории Гран Сассо, расположенных в наземной части Лаборатории.
- Время запуска пучка протонов t_{CERN} откорректировали с учетом временных задержек до часов GPS в ЦЕРНе и с учетом времени пролета со скоростью света до Лаборатории Гран Сассо:

$t_{CERN} = t_{CERN}$ +2439280,9+2,2+10085+30-580-2,3+6,5 нс.

Результаты

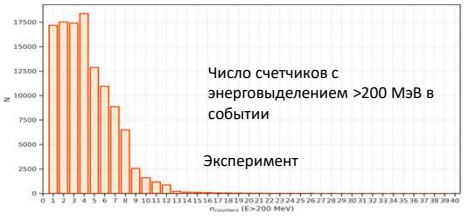
Год	Ожидаемое расчетное число мюонов (Nμ_calc)*	Число зарегистрированных мюонов (Nμ)
2006	597	233
2007	597	606
2008	13290	12888
2009	26283	26451
2010	30165	25945
2011	36139	34658
2012	25909	28426
ИТОГО	**132980**	**129207**

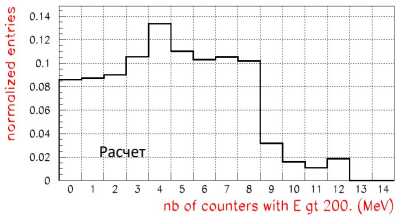
*33600 для Npot/year = 4,5 x 10^{19} *pot/year (M. Aglietta et al.* ***CNGS beam monitor with the LVD detector.*** *Nuclear Inst. And Meth. In Phys. A 516, (2004), 96 – 103;)*

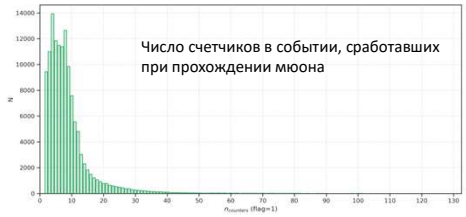


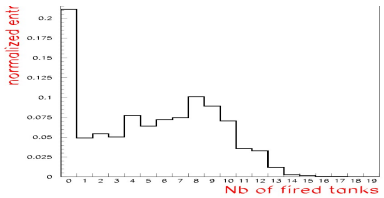
Всего таких событий 64486 для первой экстракции и 64721 для второй экстракции в диапазоне от 0 до 20 мкс

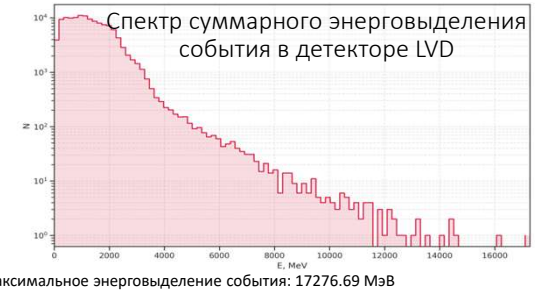
Максимум спектра для энергий выше 50 МэВ приходится на ионизационные потери, соответствующие прохождению мюоном 1,5 метров в сцинтилляторе



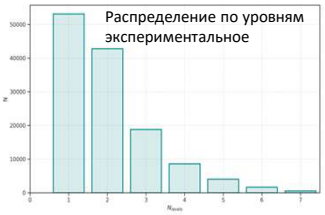


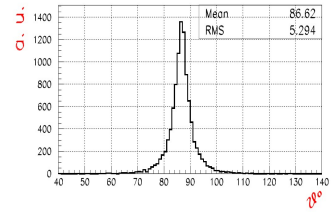


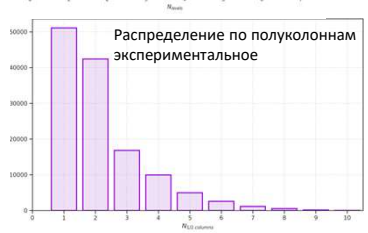


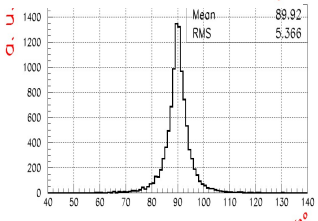
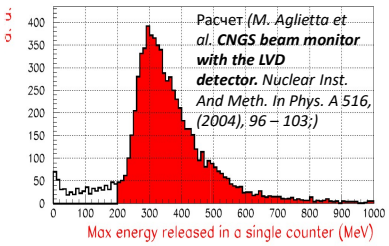


Максимальное энерговыделение события: 17276.69 МэВ









Экспериментальные результаты