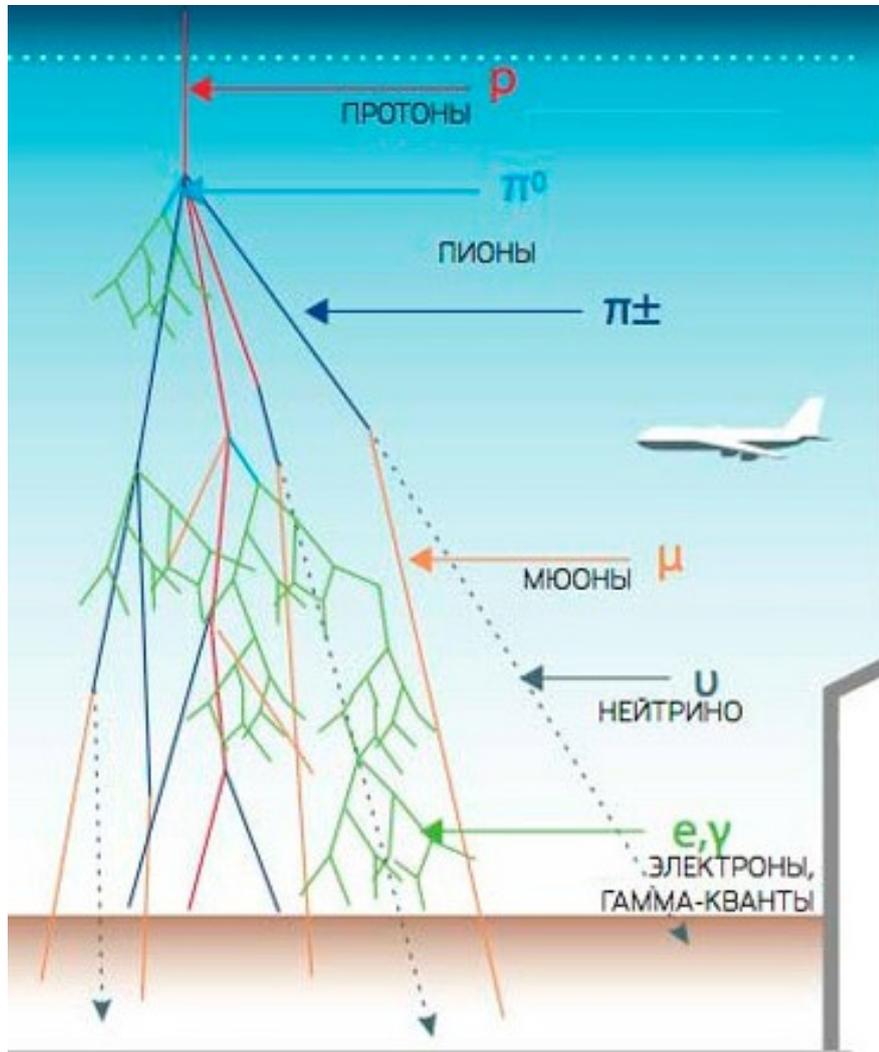


# Измерение угловых распределений остаточных мюонных потоков в условиях подземной лаборатории LSC.

Докладывает студент 5 курса  
Фазлиахметов Алмаз

# Мюон



- лептон
- заряжен отрицательно
- 207 раз тяжелее электрона
- время жизни 2.2 микросекунды
- рождаются в результате распада заряженных пионов
- движутся с околосветовой скоростью
- поток на уровне моря примерно  $1 \frac{\mu}{\text{cm}^2 * \text{min}}$

# Зачем нужно измерять потоки космических мюонов?

Для планирования подземных низкофоновых экспериментов необходимо знать фоновые условия. Хотя и мюоны не дают основного вклада в фон, но от них гораздо труднее защитится.



Низкофоновая физика - изучение редких явлений в условиях специальных подземных лабораторий для экранирования от фонового излучения.

Расположение низкофоновых лабораторий в Европе и России

# Измерения потоков мюонов



«Коттедж» для оборудования, Centre for Underground Physics in Pyhäsalmi (CUPP), Finland



Установка «MuMonitor», Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC), Spain.

# Международное сотрудничество

## MEMORANDUM OF UNDERSTANDING

regarding

## ACADEMIC COOPERATION

between

**University of Oulu, Finland**

and

**Moscow Institute of Physics and Technology  
(State University), Russia**

## MEMORANDUM OF UNDERSTANDING CONCERNING SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL COOPERATION

between

**Canfranc Underground Laboratory (Canfranc, Spain),**

**Nuclear and Astroparticle Physics Group of the Zaragoza University,  
as LSC Associated Scientific Unit (Zaragoza, Spain)**

and

**Moscow Institute of Physics and Technology (Dolgoprudny, Russia)**

### Article 1

The **Canfranc Underground Laboratory (LSC)**, the **Nuclear and Astroparticle Physics Group of the Zaragoza University (GIFNA)** and the **Moscow Institute of Physics and Technology (MIPT)**, hereafter referred as the Parties, have defined this Memorandum of Understanding (MoU) to identify a framework for cooperation and partnership between them to develop mutual and coordinated scientific and educational activity, according to the LSC Consortium Convention (CONVENIO DE

In accordance with their mutual interest in a program of cooperation and exchange focused on education and research in the field of physics, mathematics, engineering, computing, and adjacent disciplines of the University of Oulu in Finland and Moscow

Согласовано:

For the **Canfranc Underground Laboratory**

Director

**Alessandro Bettini**

"5" October 2011

For the **Nuclear and Astroparticle Physics Group (Zaragoza University)**

Director

**José Angel Villar Rivacoba**

"20" October 2011

For the **Moscow Institute of Physics and Technology**

Rector

**Nikolay Kudryavtsev**

"5" 2011

Йоко Ниинимакки  
Ректор Университета Оулу

Николай Кудрявцев  
Ректор Московского  
физико-технического института

Есси Киуру  
Исполнительный директор  
Университета Оулу



# Международное сотрудничество



# Участники проекта

## **CUPP (Finland)**

*T. Enqvist*  
*J. Joutsenvaara*  
*P. Kuusiniemi*  
*M. Slupecki (Poland)*  
*W. Trzaska*

## **ИЯИ РАН (Россия)**

*Л. Безруков*  
*А. Нозик*  
*Ю. Куденко*  
*Б. Лубсандоржиев*

## **LSC (Spain)**

*I. Bandac*  
*A. Bayo*  
*A. Bettini (Italy)*  
*A. Iann (Italy)*

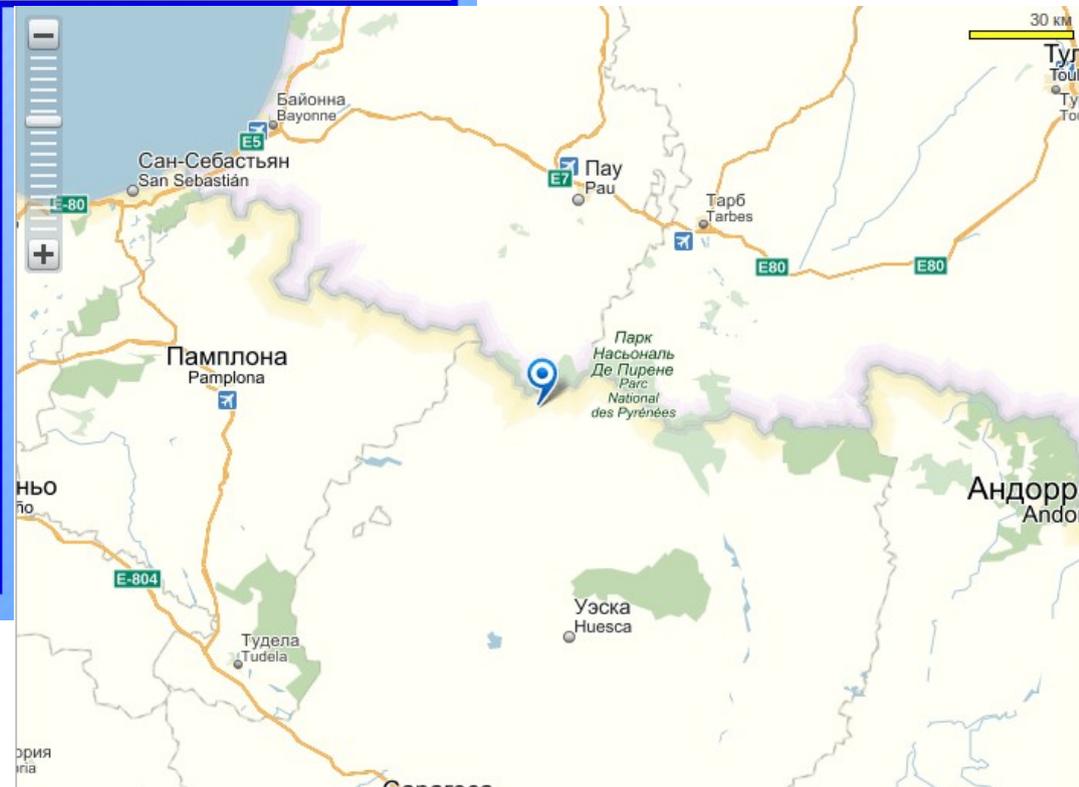
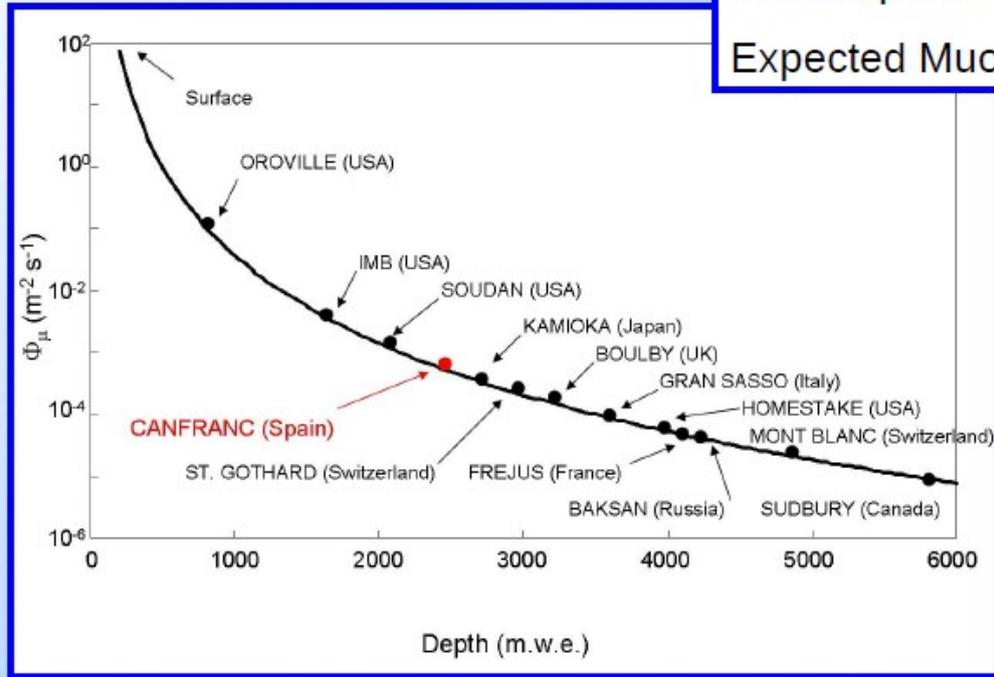
## **МФТИ (Россия)**

*Т. Глухих*  
*Л. Инжечик*  
*Г. Коротеев*  
*О. Матвеева*  
*М. Нелюбина*  
*А. Нозик*  
*А. Фазлиахметов*  
*М. Зеленый*

# Laboratorio Subterráneo de Canfranc

LSC Depth: 2450 mwe

Expected Muon Flux:  $\sim 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$



# LSC — наземное здание



06.10.16

Семинар кафедры общей физики МФТИ

by Pegenaute Studio

# LSC — один из подземных залов

# Схема монитора мюонов

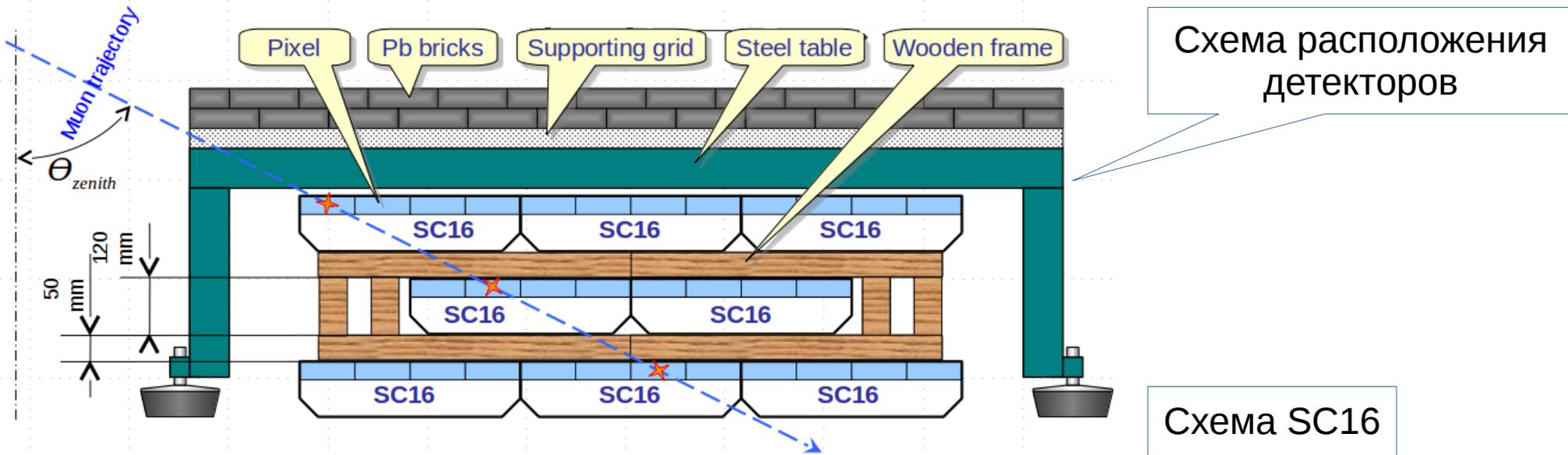
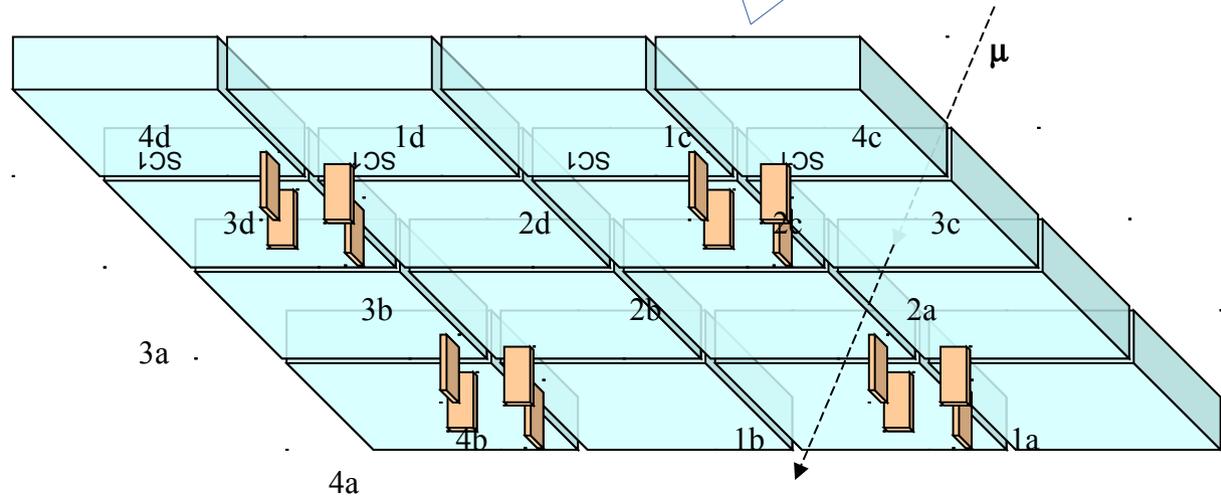


Схема SC16



# Статистика событий

**Total number of hits 71220555**

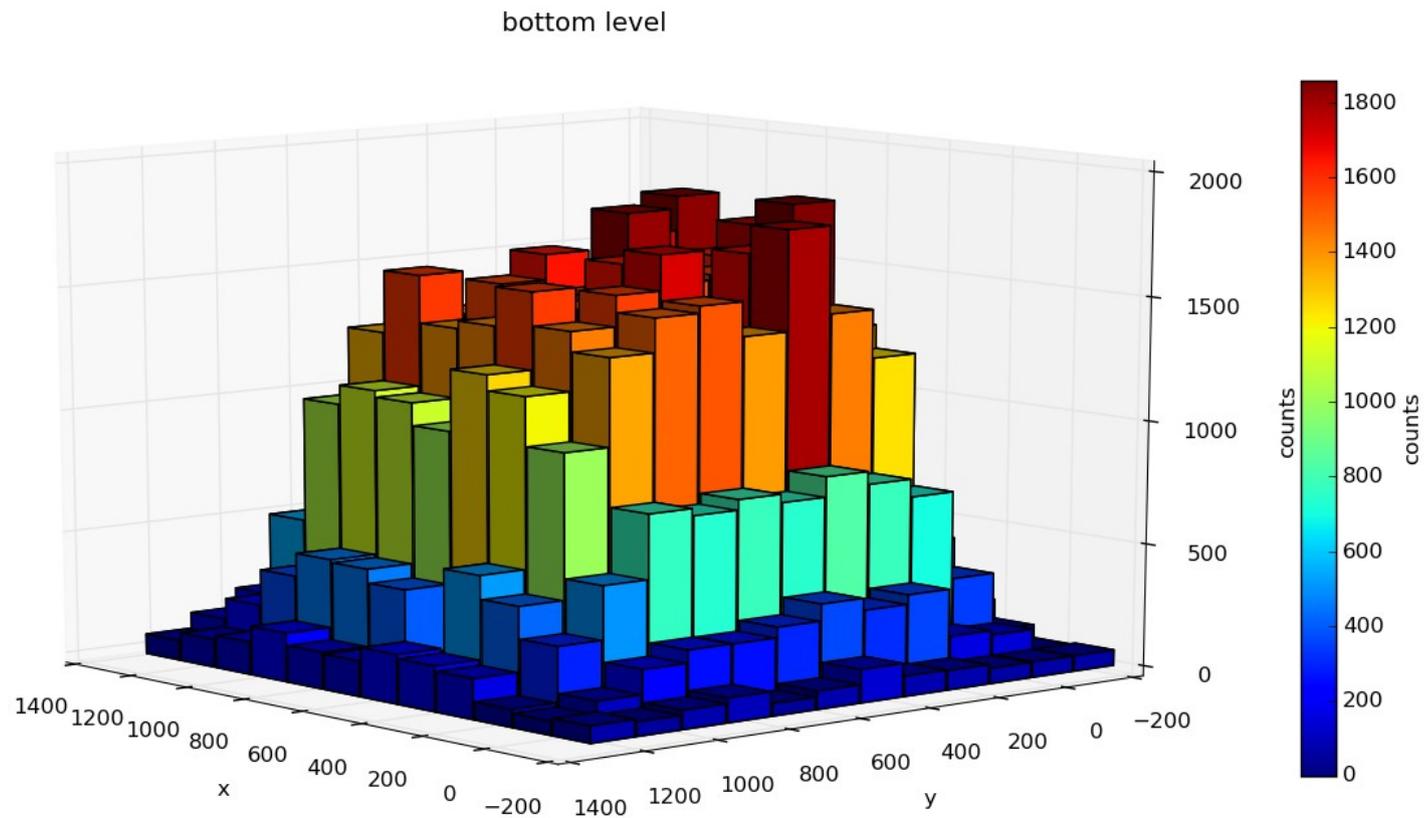
**Number of events containing 2 hits 31735252**

**Number of events containing summ hits  
251001 #more than 2 hits**

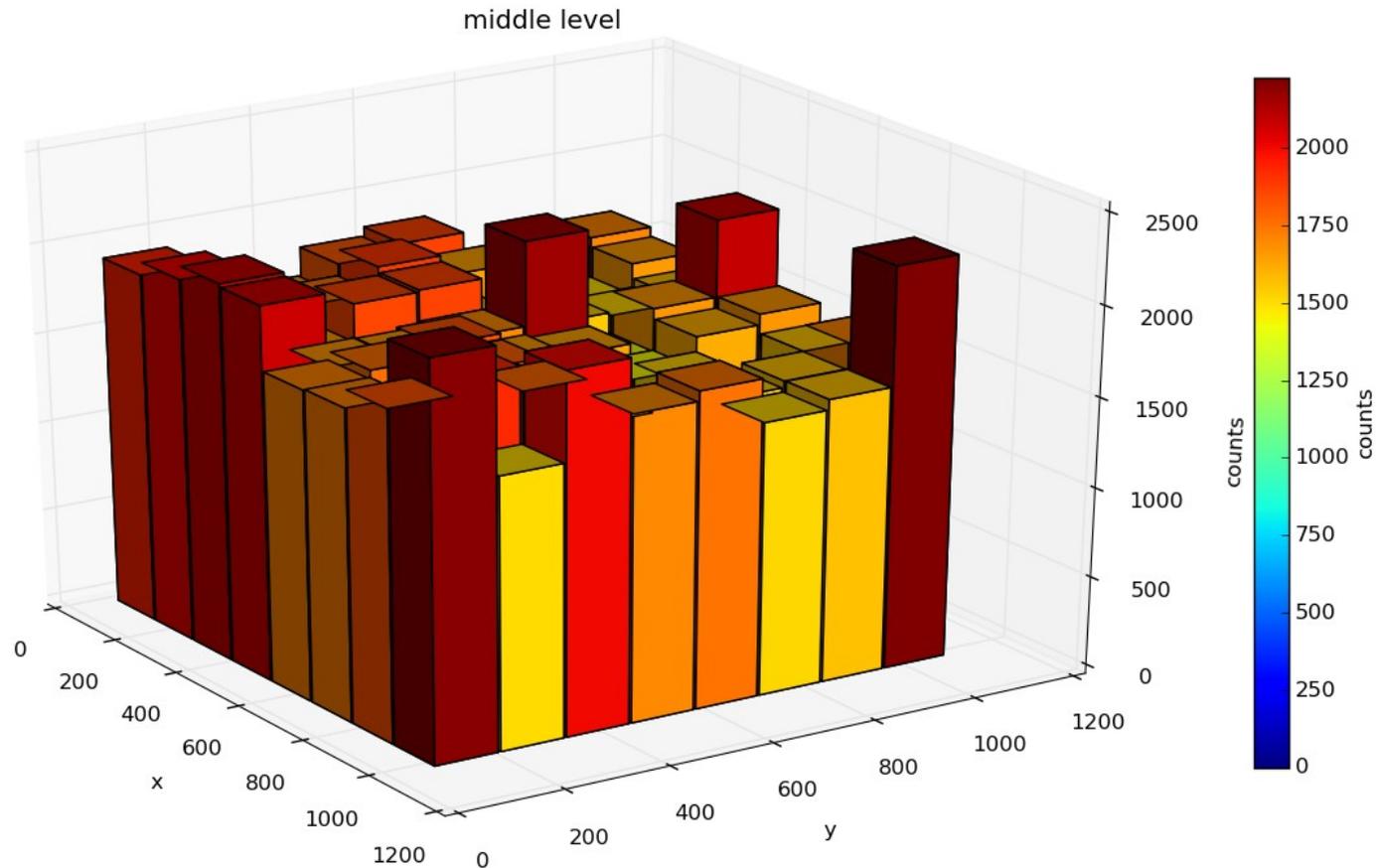
**Number of events containing 3 hits 109083**

**Number of events containing 4 hits 64177**

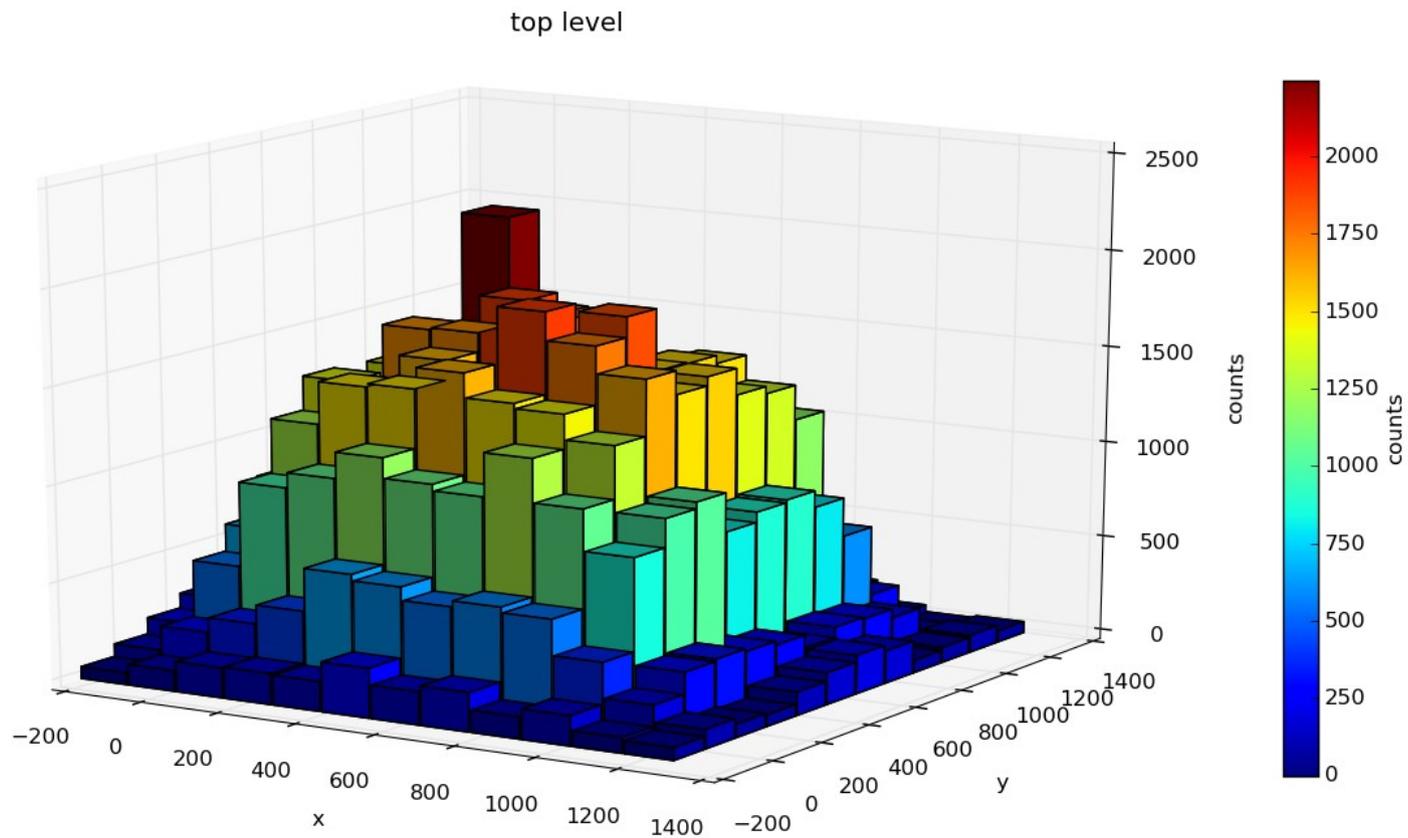
# Частота срабатываний пикселей — НИЖНИЙ СЛОЙ



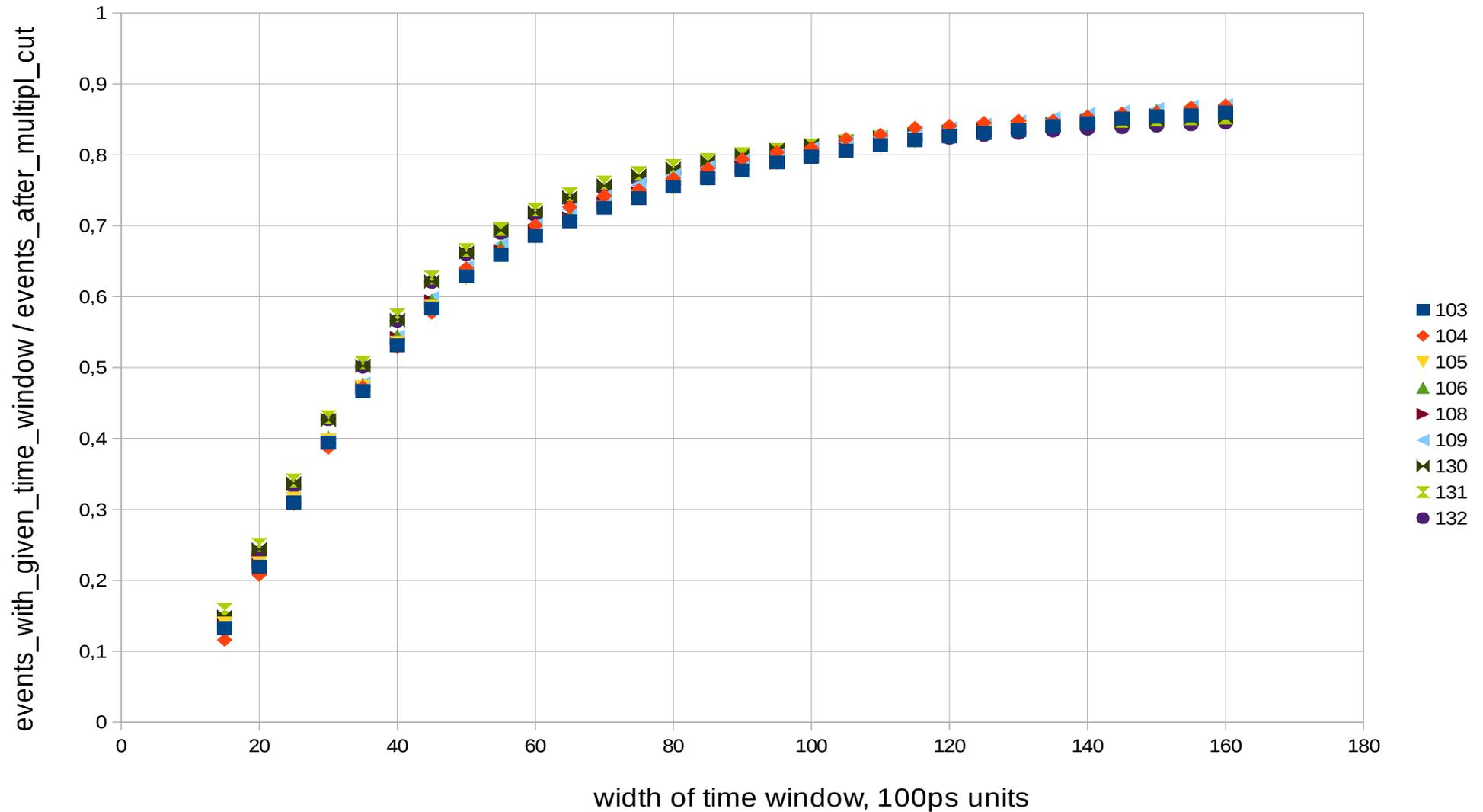
# Частота срабатываний пикселей — средний слой



# Частота срабатываний пикселей — верхний слой



# Отбор по time\_cut



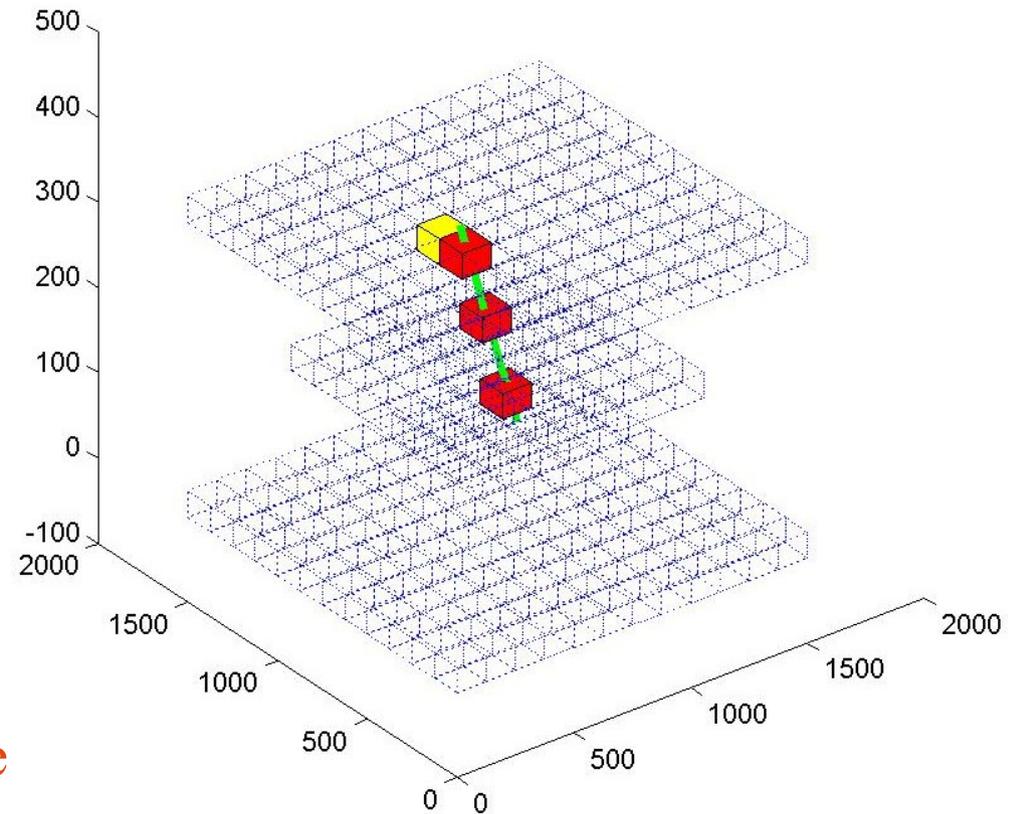
# Восстановление направления мюона

**Задача:** восстановить траекторию мюона по координатам сработавших пикселей.

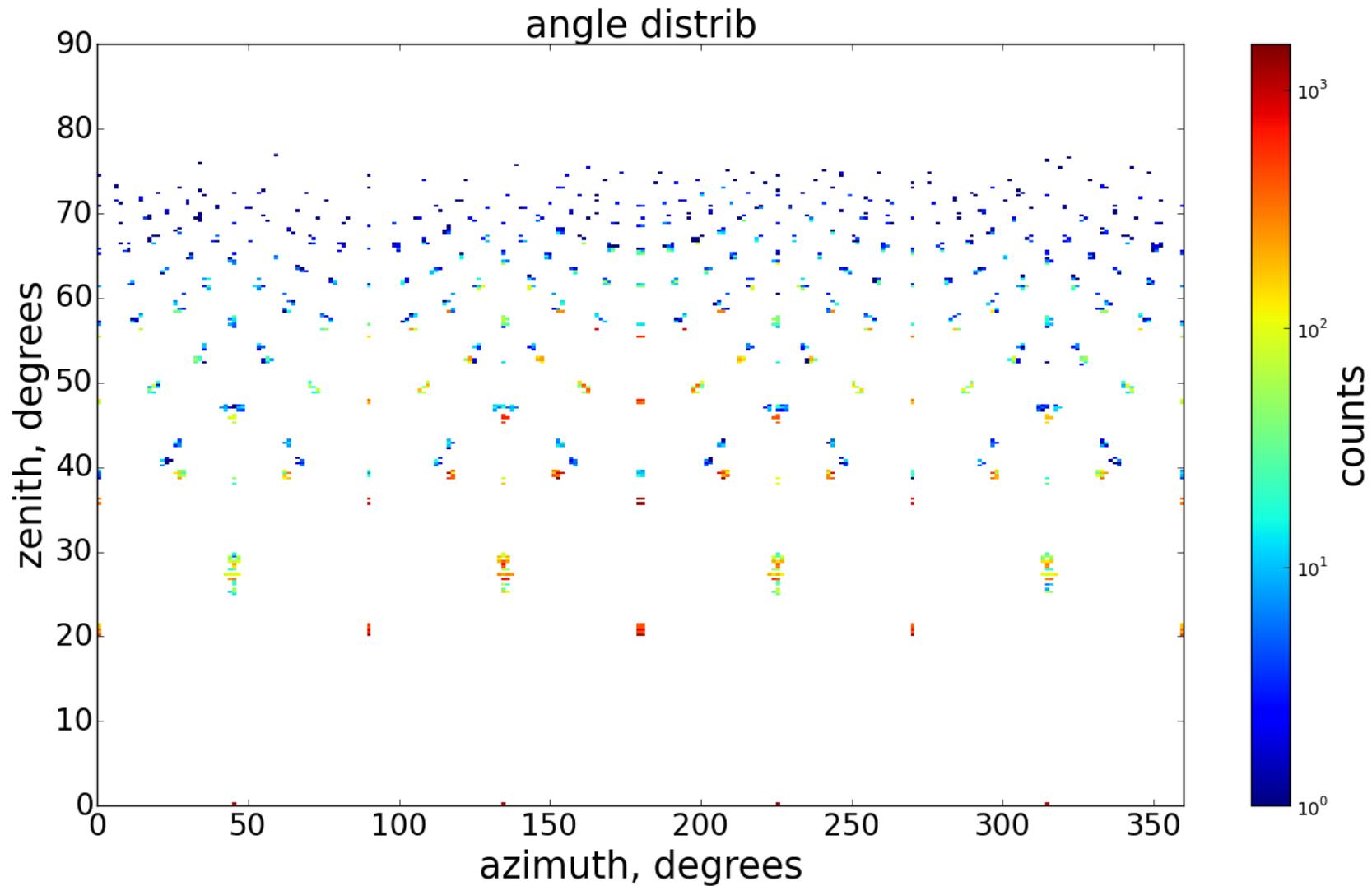
**Решение:** использовать МНК.

**Алгоритм:**  
REGRESSIONS et TRAJECTOIRES en 3D.  
Jean Jacquelin

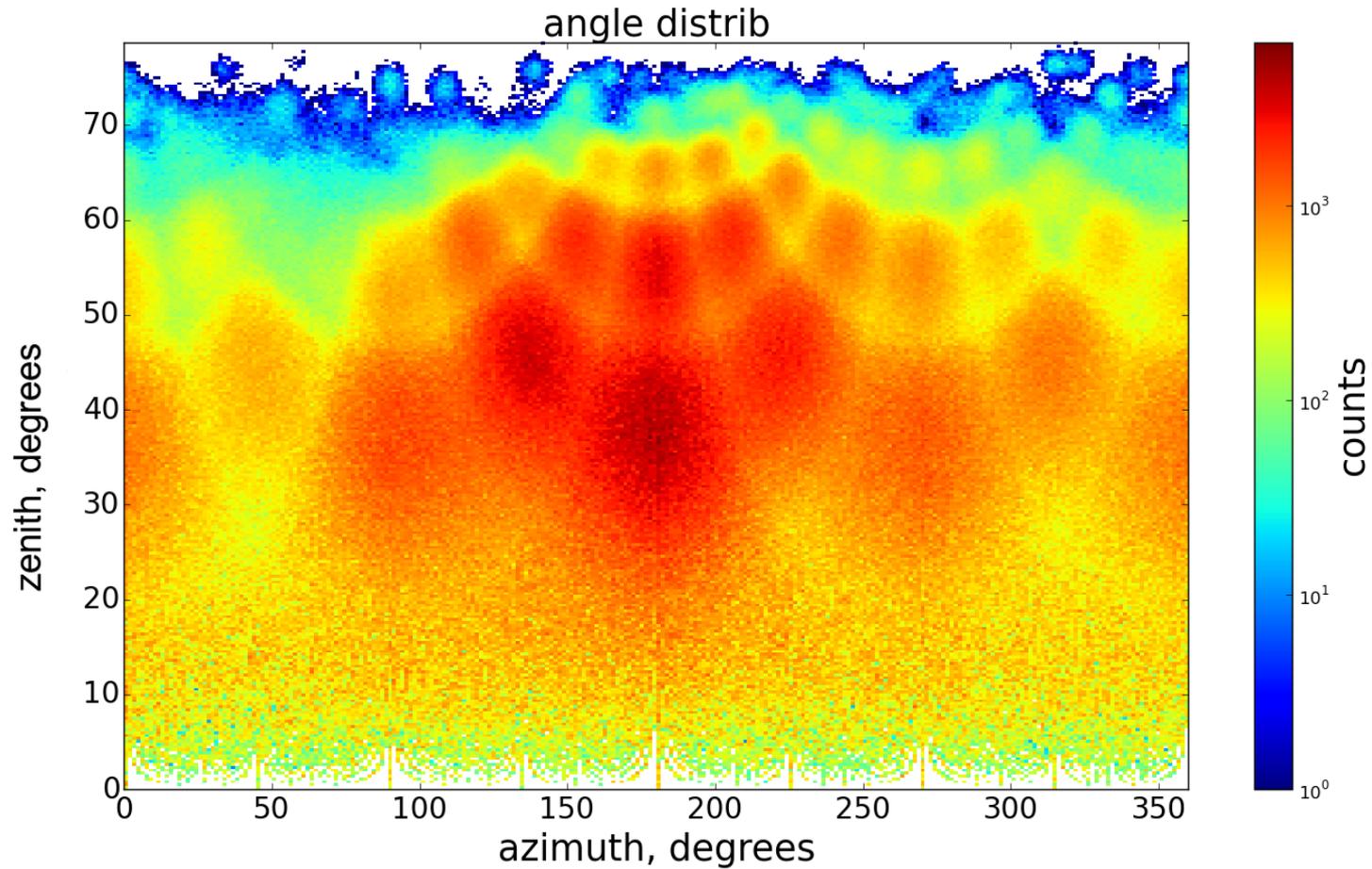
<https://www.scribd.com/doc/31477970/Regressions-et-trajectoires-3D>



# Results histograms

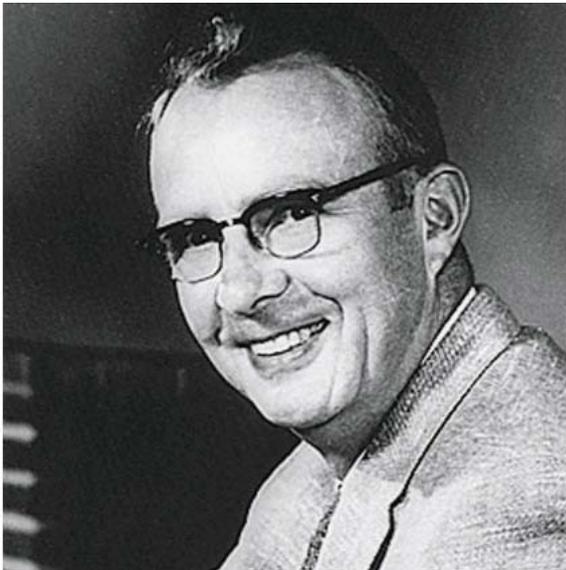


# Muon angular distribution map

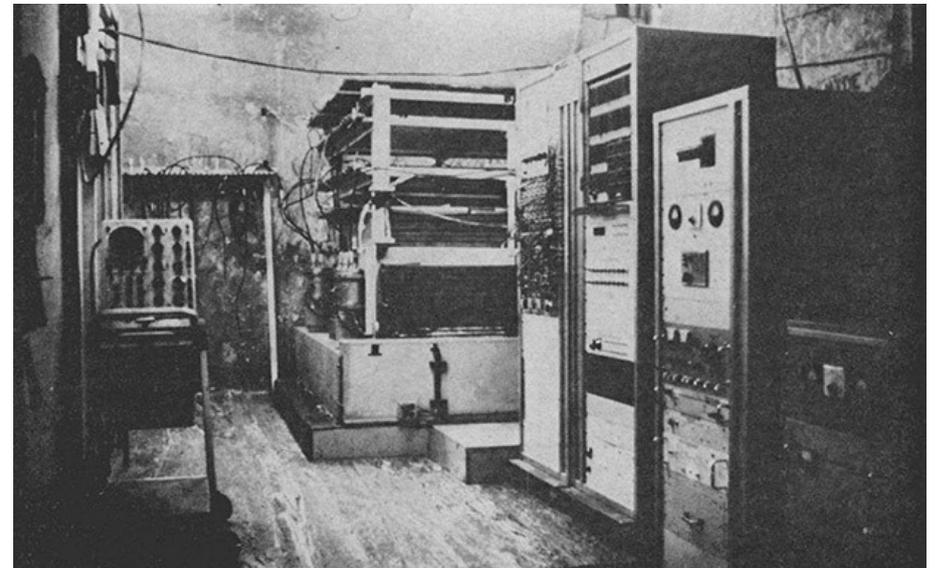


# Мюонная томография

Первые попытки: 1968 год, поиск скрытых помещений в Пирамиде Хефрена.



Луис Альварес, лауреат  
Нобелевской премии  
1968 года

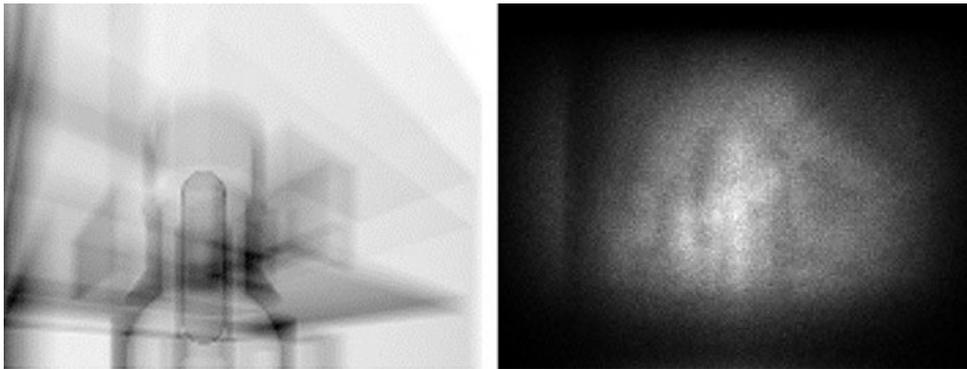


Искровая камера и обслуживающая  
аппаратура, установленные в  
Погребальной камере Пирамиды  
Хефрена.

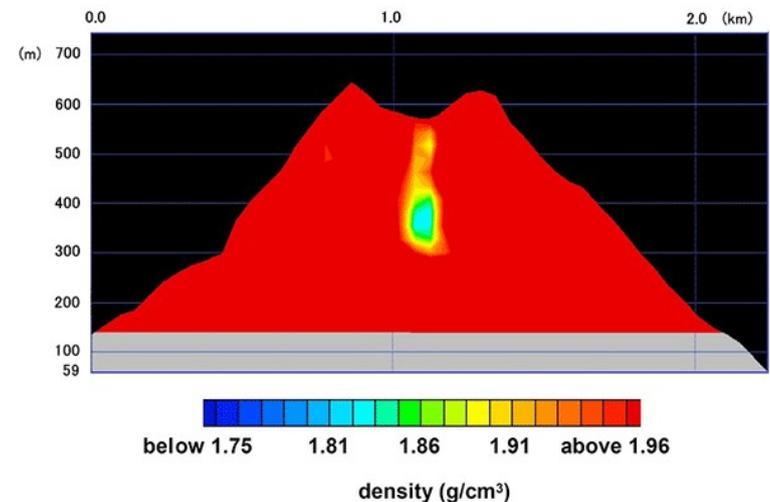
# Мюонная томография

Современное состояние:

- Поиск ядерной контрабанды
- Неразрушающие методы для оценки степени деградации бетона
- Использование в зонах техногенных катастроф
- Мюонный мониторинг за вулканами



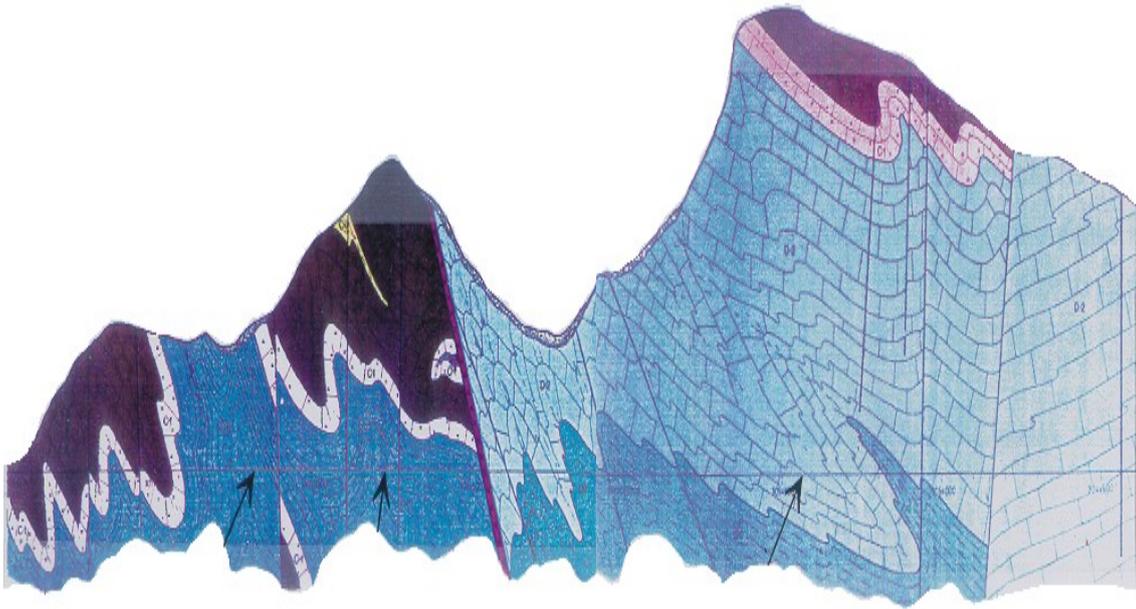
Мюонная радиография первого энергоблока АЭС Фукусима: моделирование (слева) и реальный снимок (справа) после 26-дневной экспозиции.



Мюограмма вулкана на острове Сацума-Иводзима.

# Мюонная томография

- Возможность использования установки MuMonitor.



Разрез горного массива над лабораторией LSC

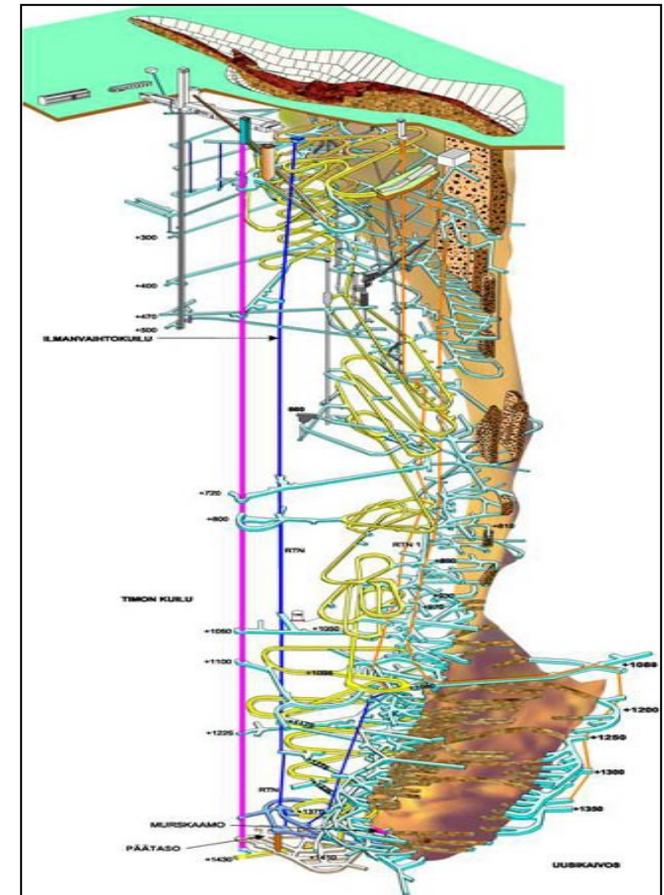


Схема шахты в CUPP

Спасибо за внимание!