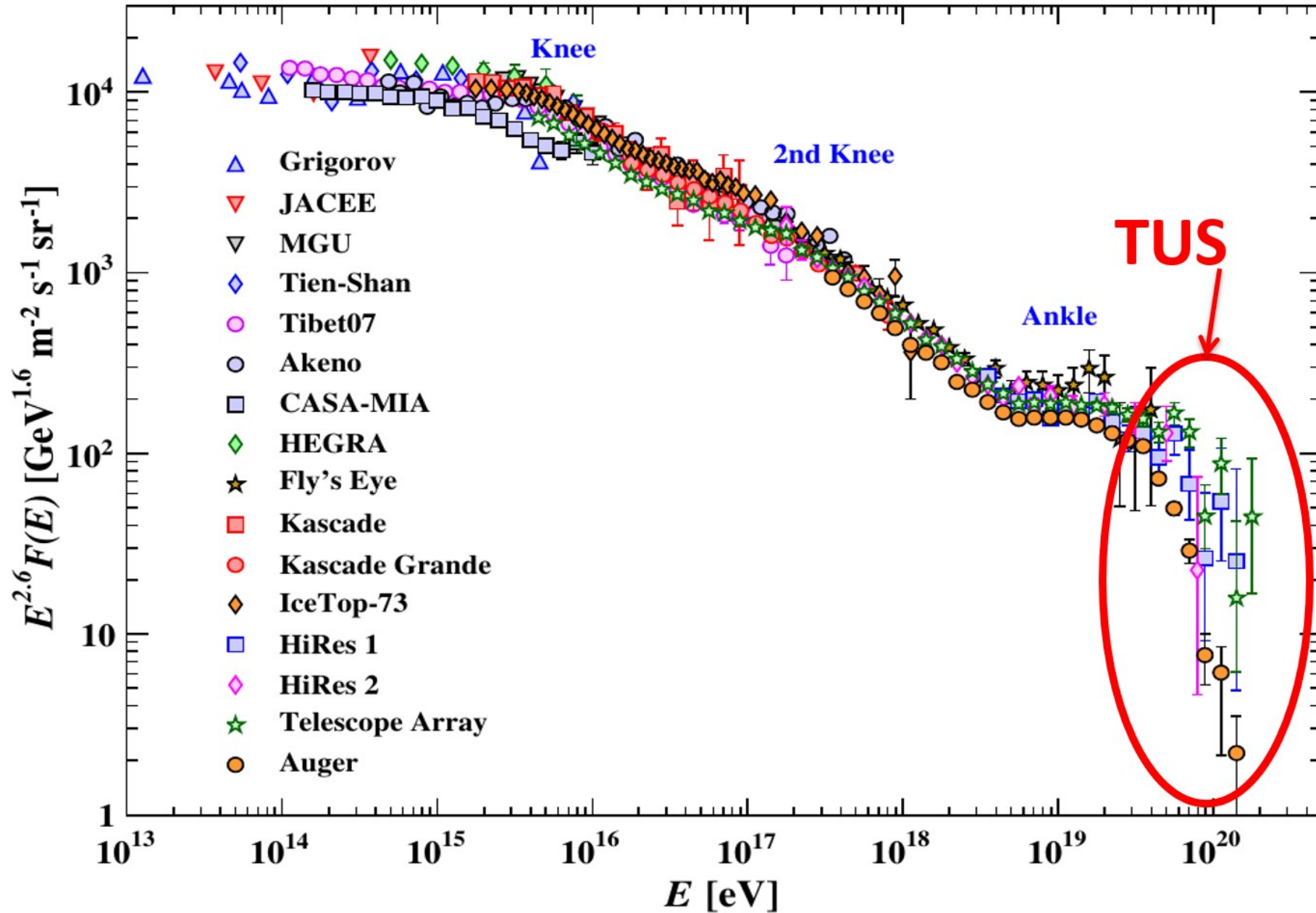


Аномальные события в данных орбитального детектора "ГУС"

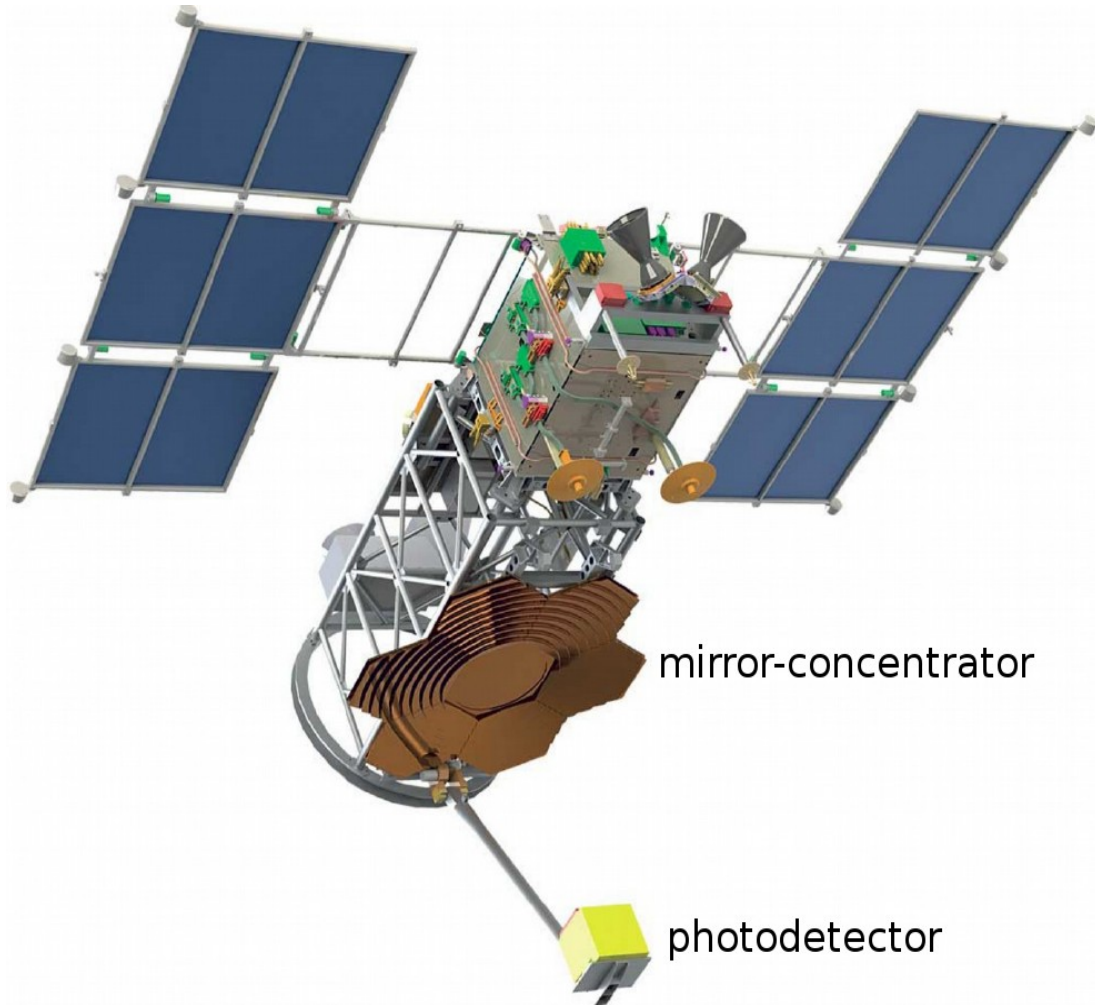
Мария Лаврова, ОИЯИ

38 Всероссийская конференция по космическим лучам
1-5 июля 2024

Cosmic rays spectrum

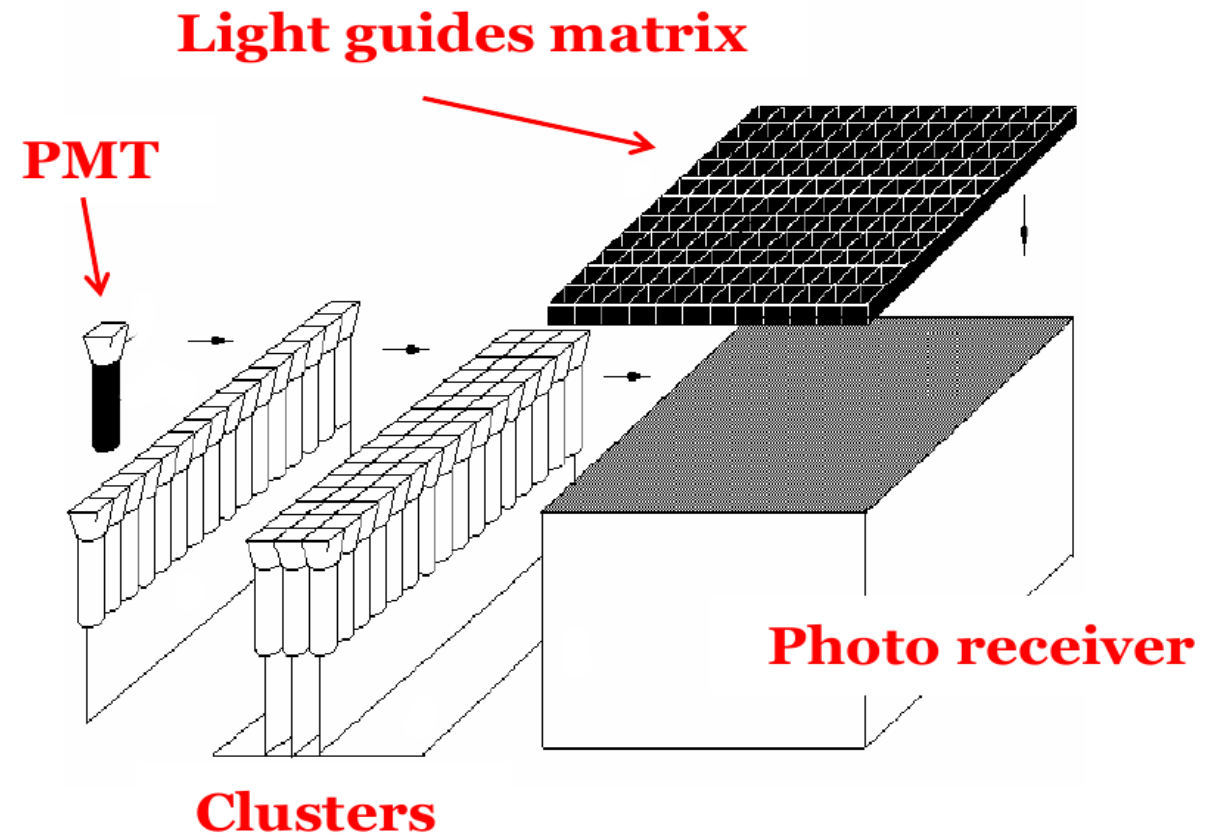
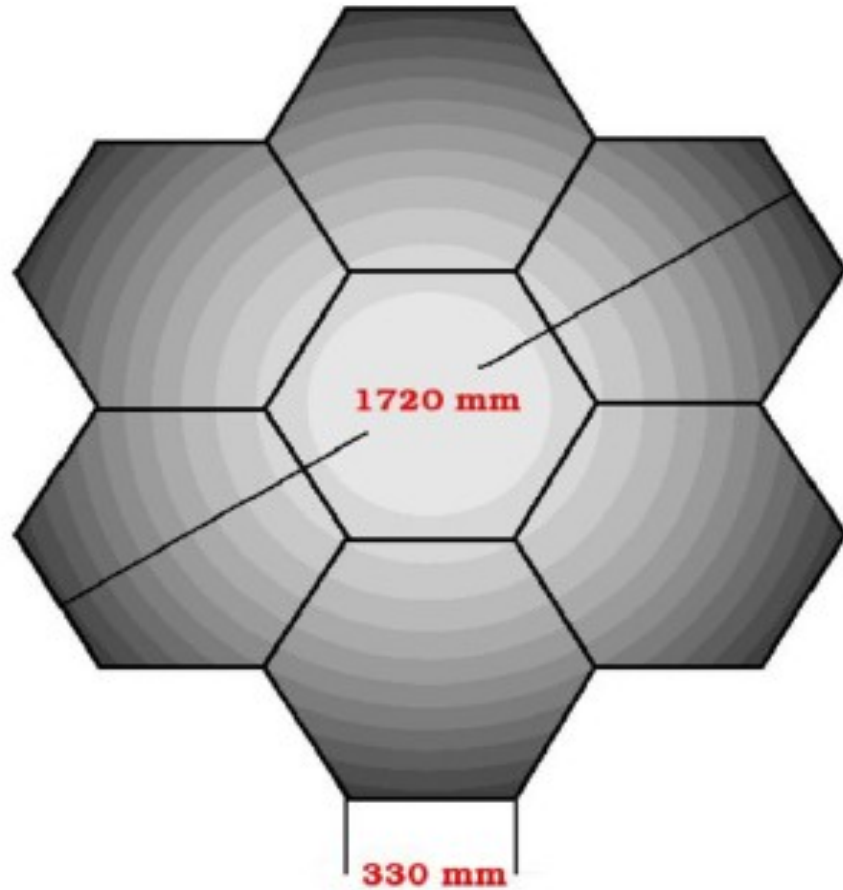


Схематический вид детектора ТУС на борту спутника «Ломоносов»

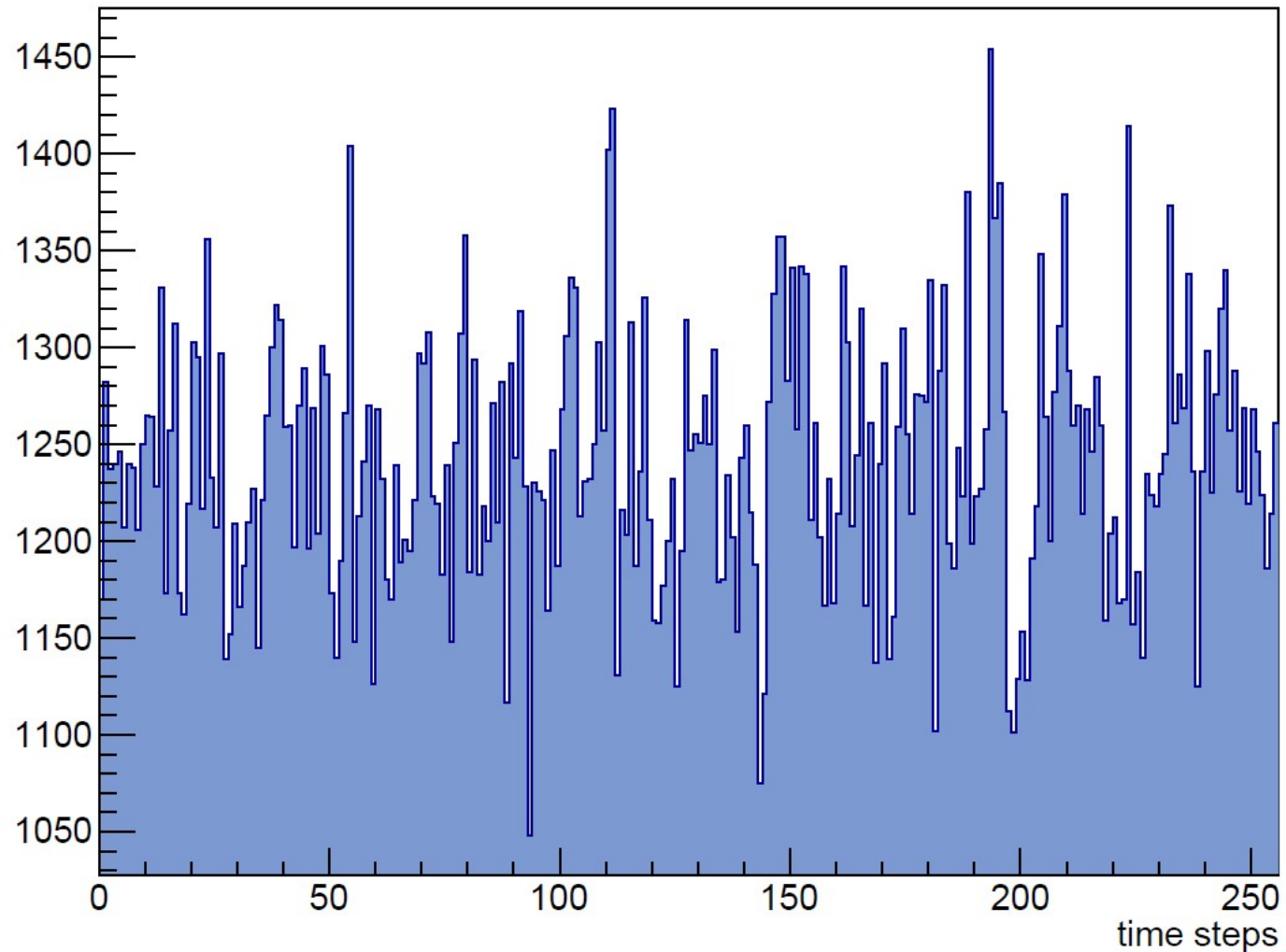


Mass	< 60 kg.
Power	65 W.
Data rate	200 Mbytes/day
Number of pixels	16x16 PMTs
FOV	$\pm 4,5$ degree.
Duty cycle	30%
Altitude	500 km
Pixel:	10 mrad(5x5 km)
Mirror area	1,8 m ² .
Focal distance	1,5 m
Period	94 min

ТУС состоит из двух основных частей: фокусирующего зеркала-концентратора френелевского типа и фотоприемника

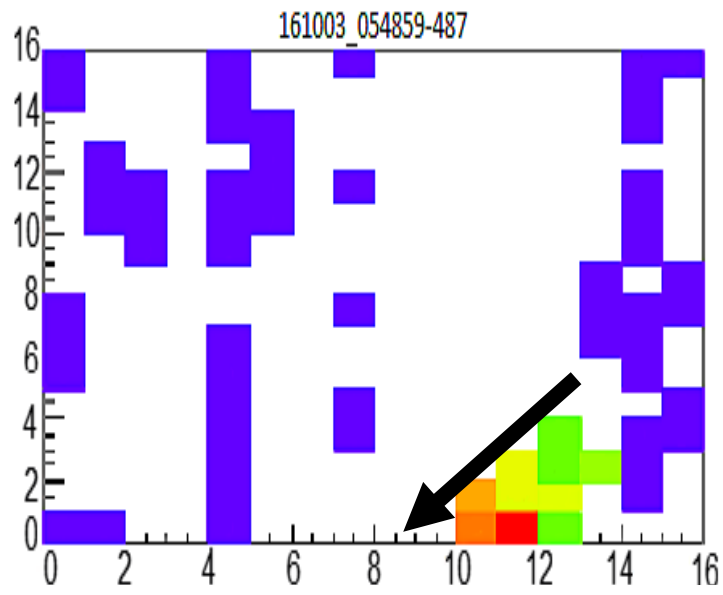


За два года работы на орбите ТУС зарегистрировал около 200000 событий. Основная часть из них имеет шумоподобный сигнал.

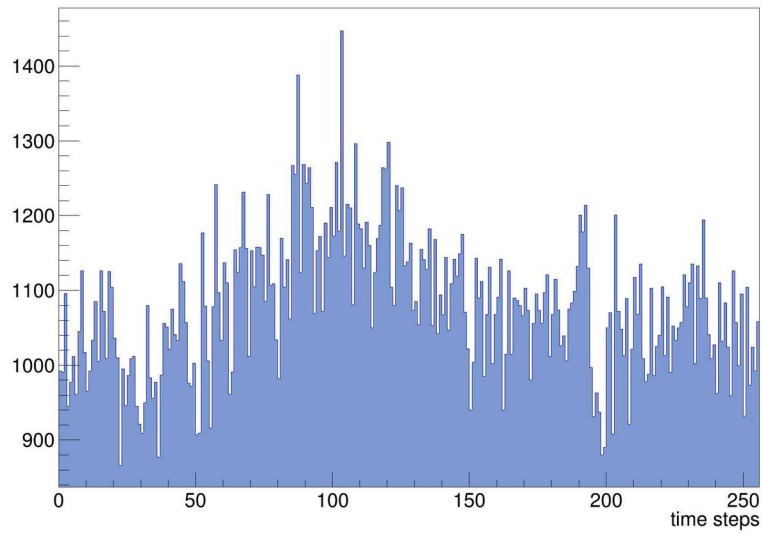


Зависимость от времени суммарной амплитуды сигнала
фонового события

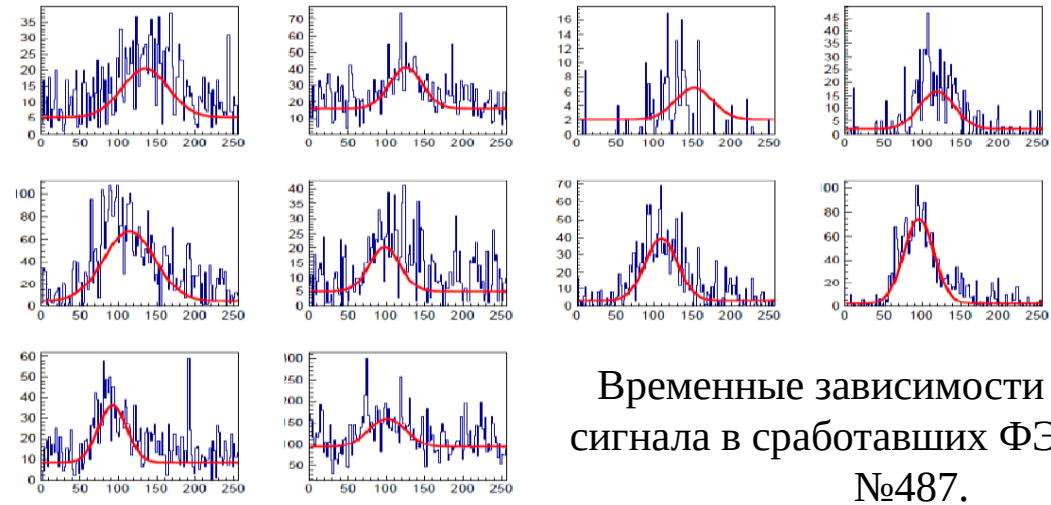
Событие-кандидат в ШАЛ в данных ТУС



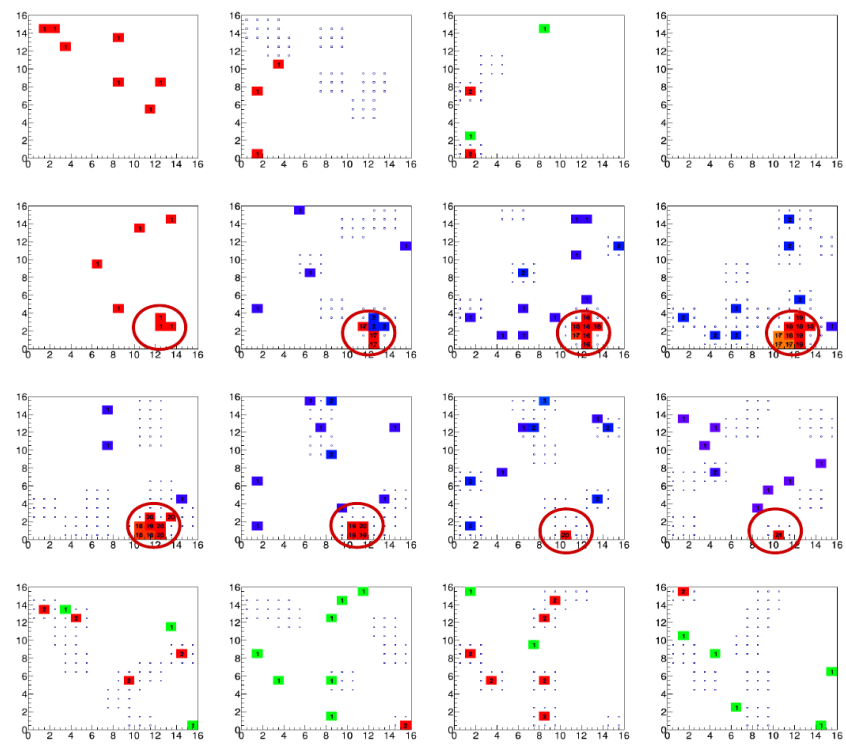
Изображение матрицы фотодетектора с активными пикселями.



Зависимость от времени суммарной амплитуды сигнала

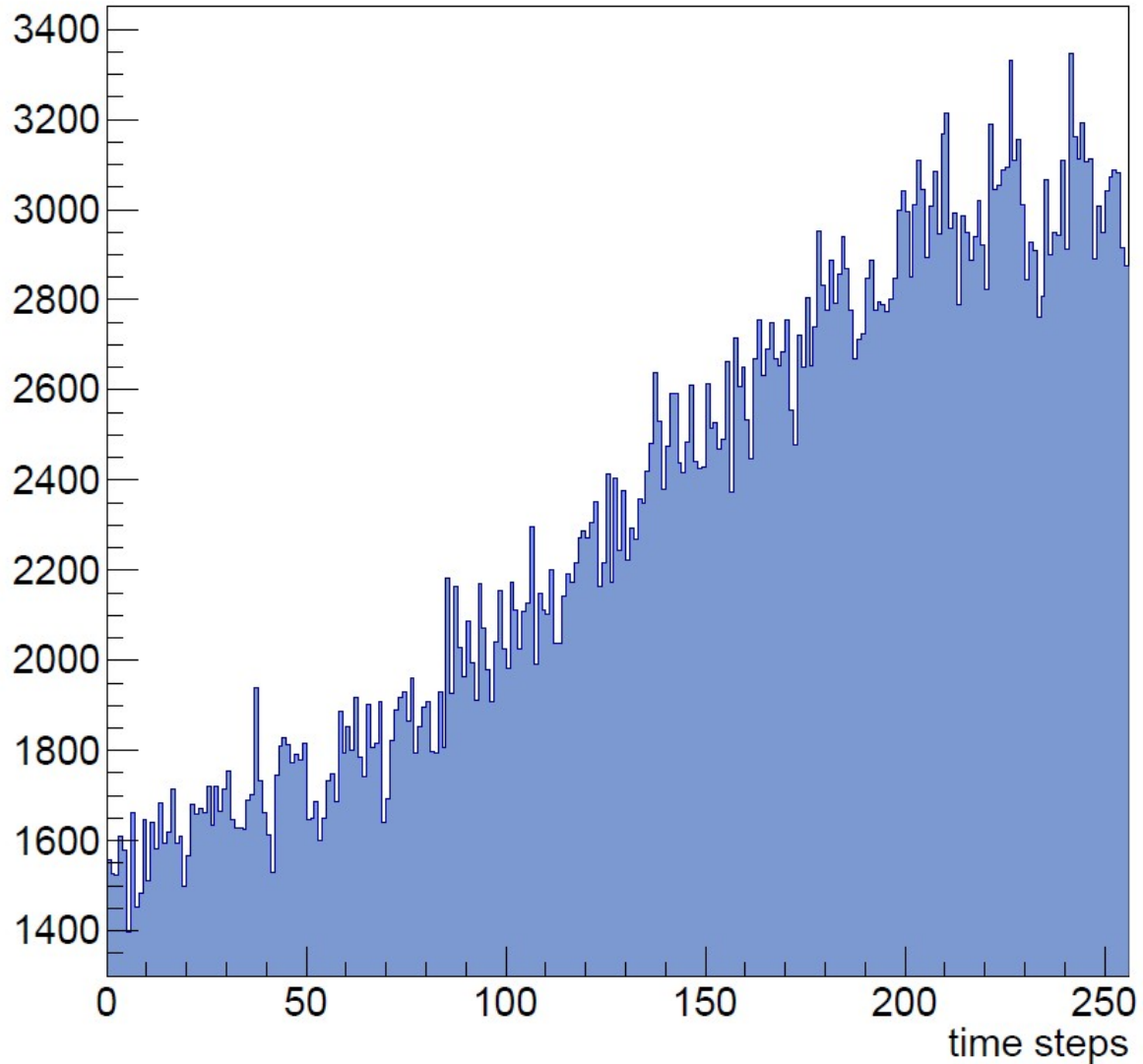


Временные зависимости амплитуд сигнала в работавших ФЭУ события №487.

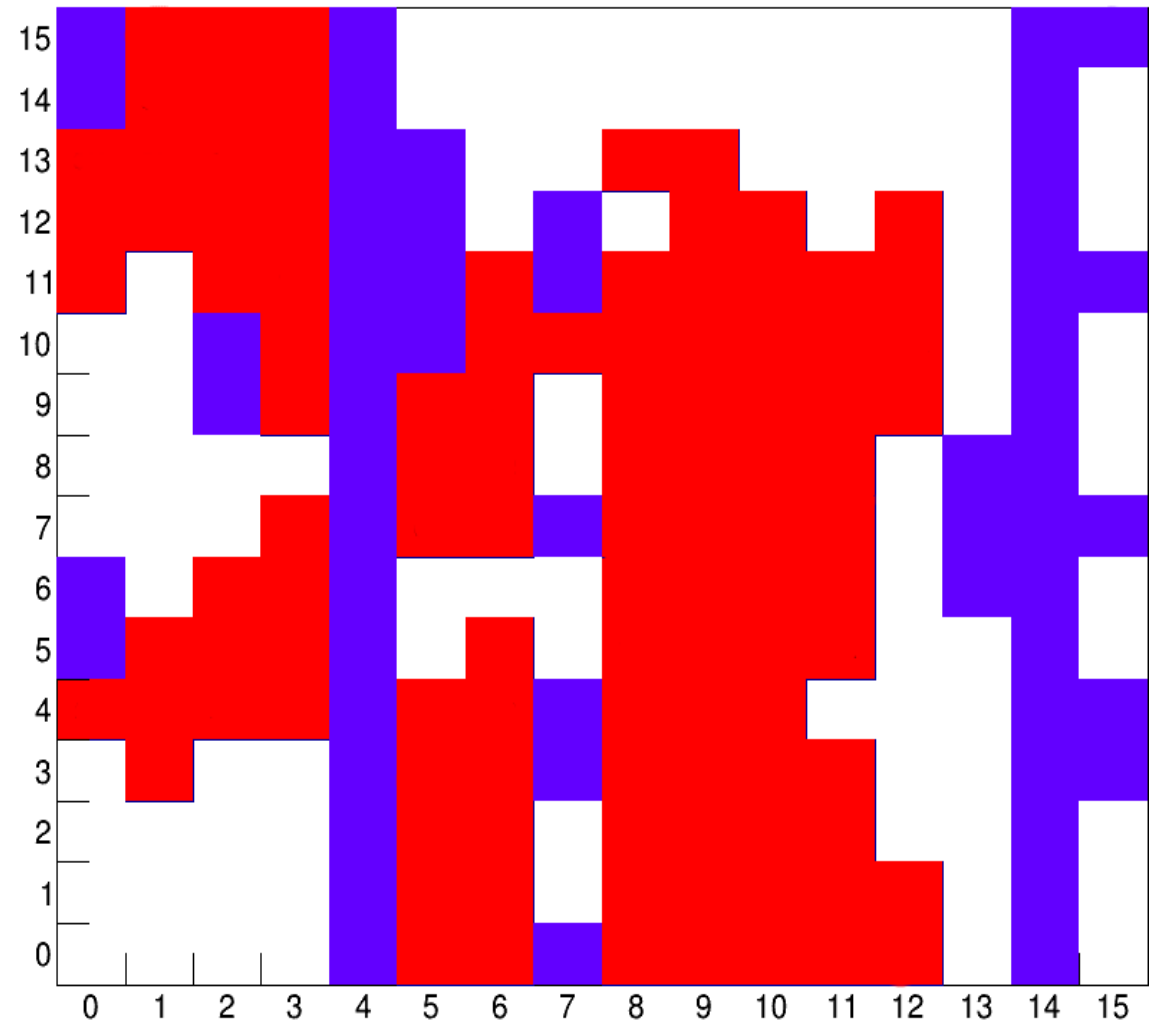


Изображение работавших пикселей на покадровой развертке с шагом 16x0,8 мкс.

События грозовой природы



Зависимость от времени суммарной амплитуды сигнала

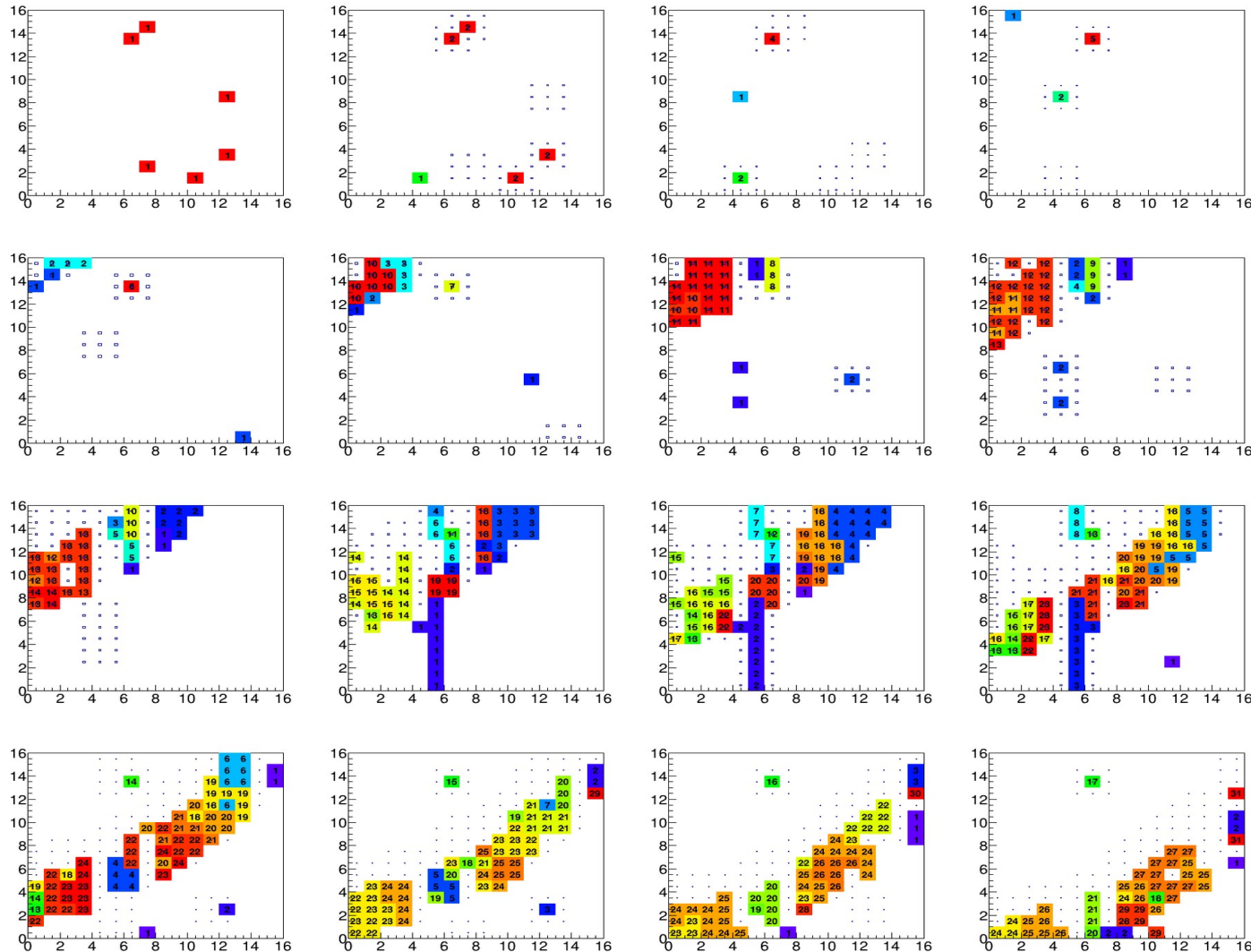


Матрица фотодетектора с неработающими ФЭУ (синий цвет) и ФЭУ, отвечающими сигналу (красный цвет)

ЭЛЬВ

(Emission of Light and Very-low frequency perturbation from an Electromagnetic pulse sources)

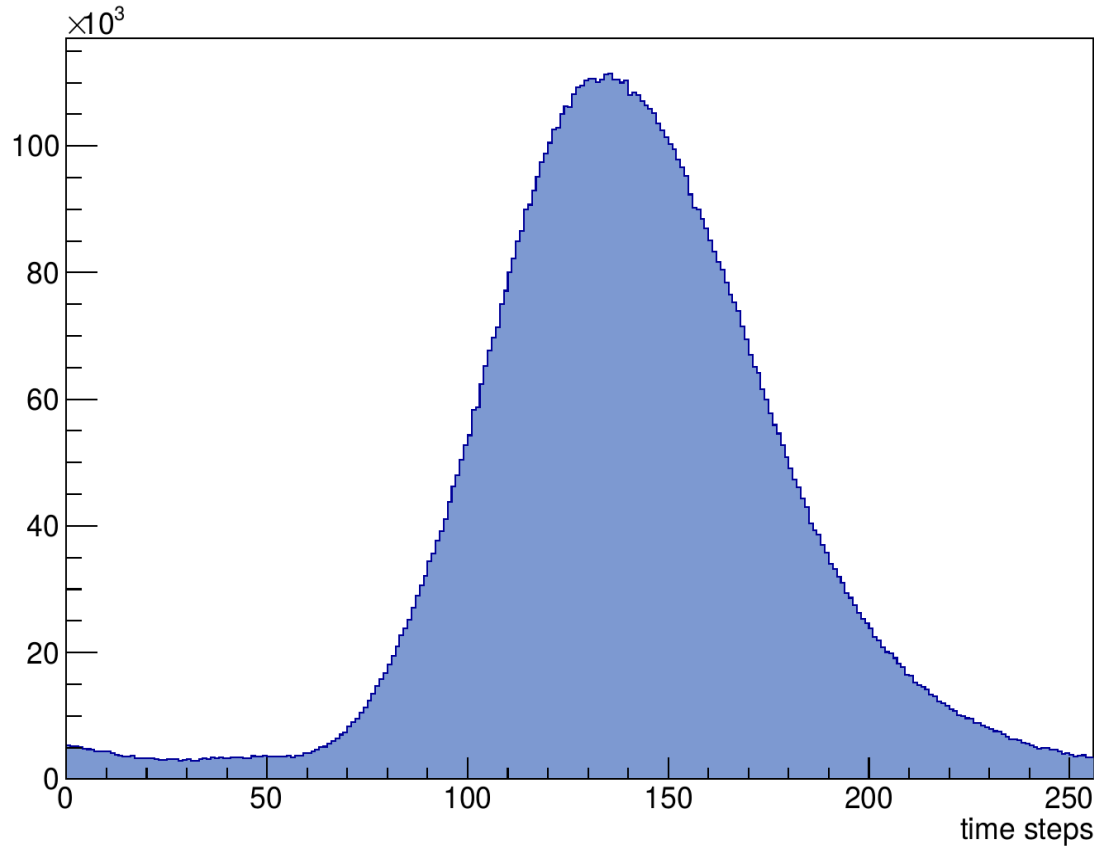
Эльвы представляют собой один из типов транзиентных атмосферных явлений, который выглядит как расширяющееся светящееся кольцо, распространяющееся в ионосфере на высоте 80-90 км.



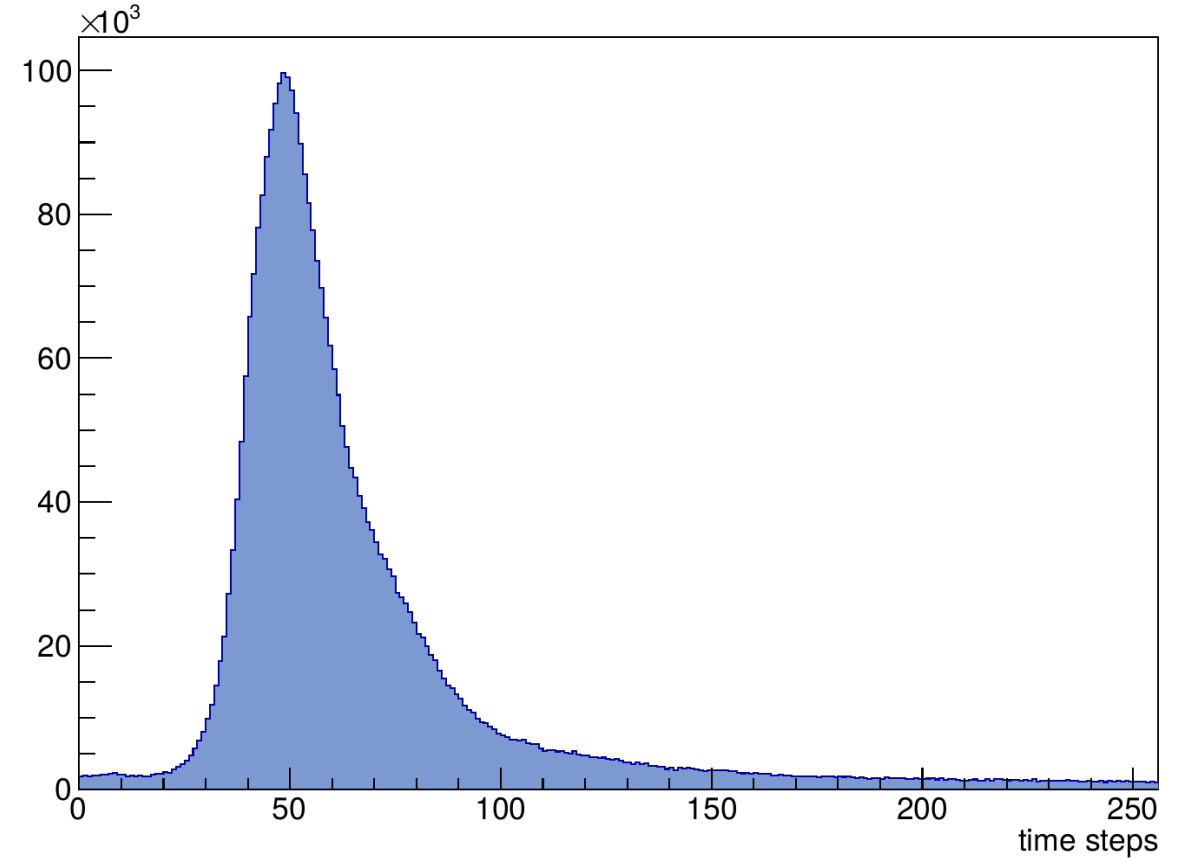
Покадровая развертка
события типа «ЭЛЬВ» над Африкой.
18-09-2016 22:06:48

Аномальные события

Событие №170818_101809-072

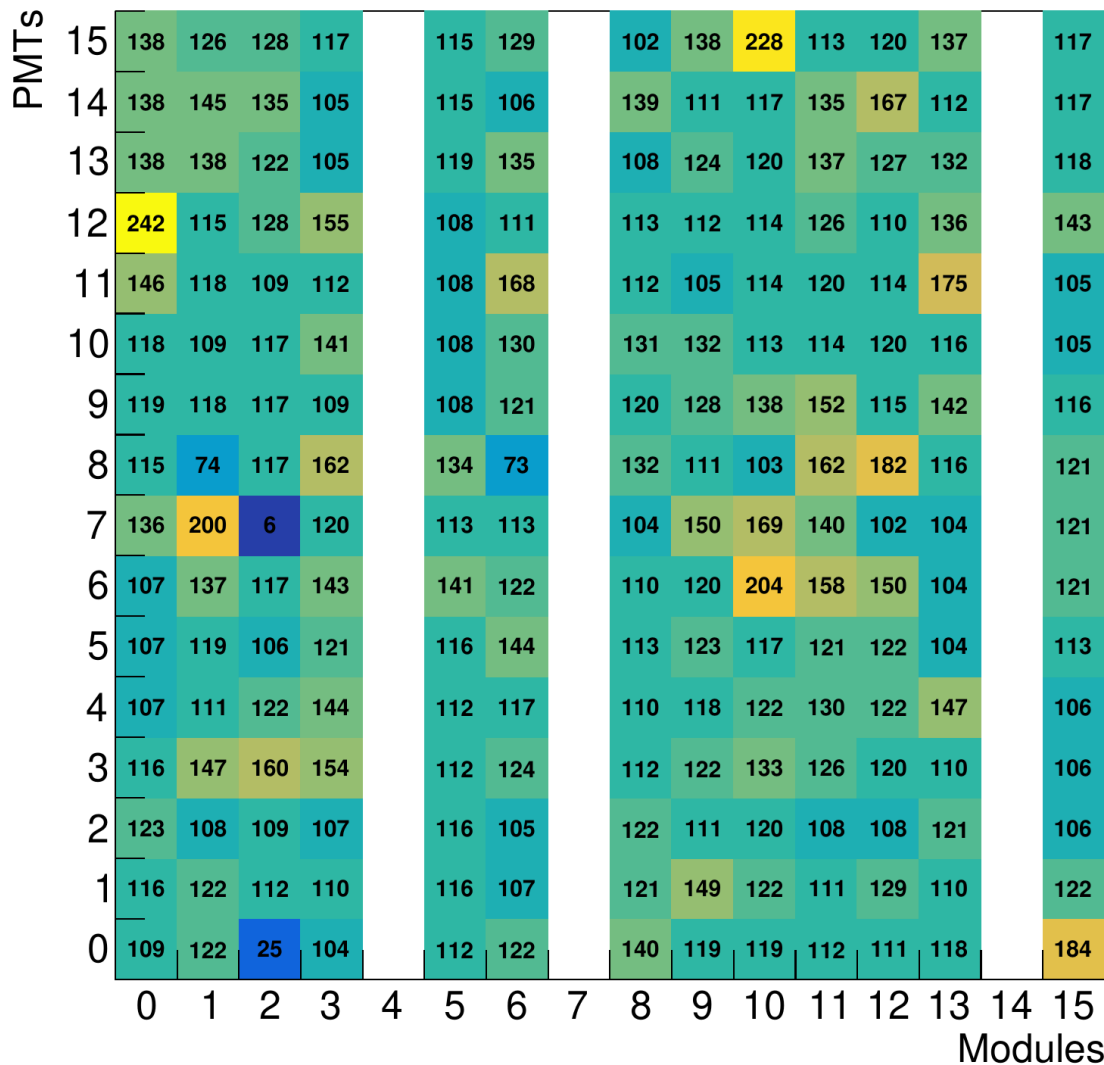


Событие №170530_233152-128

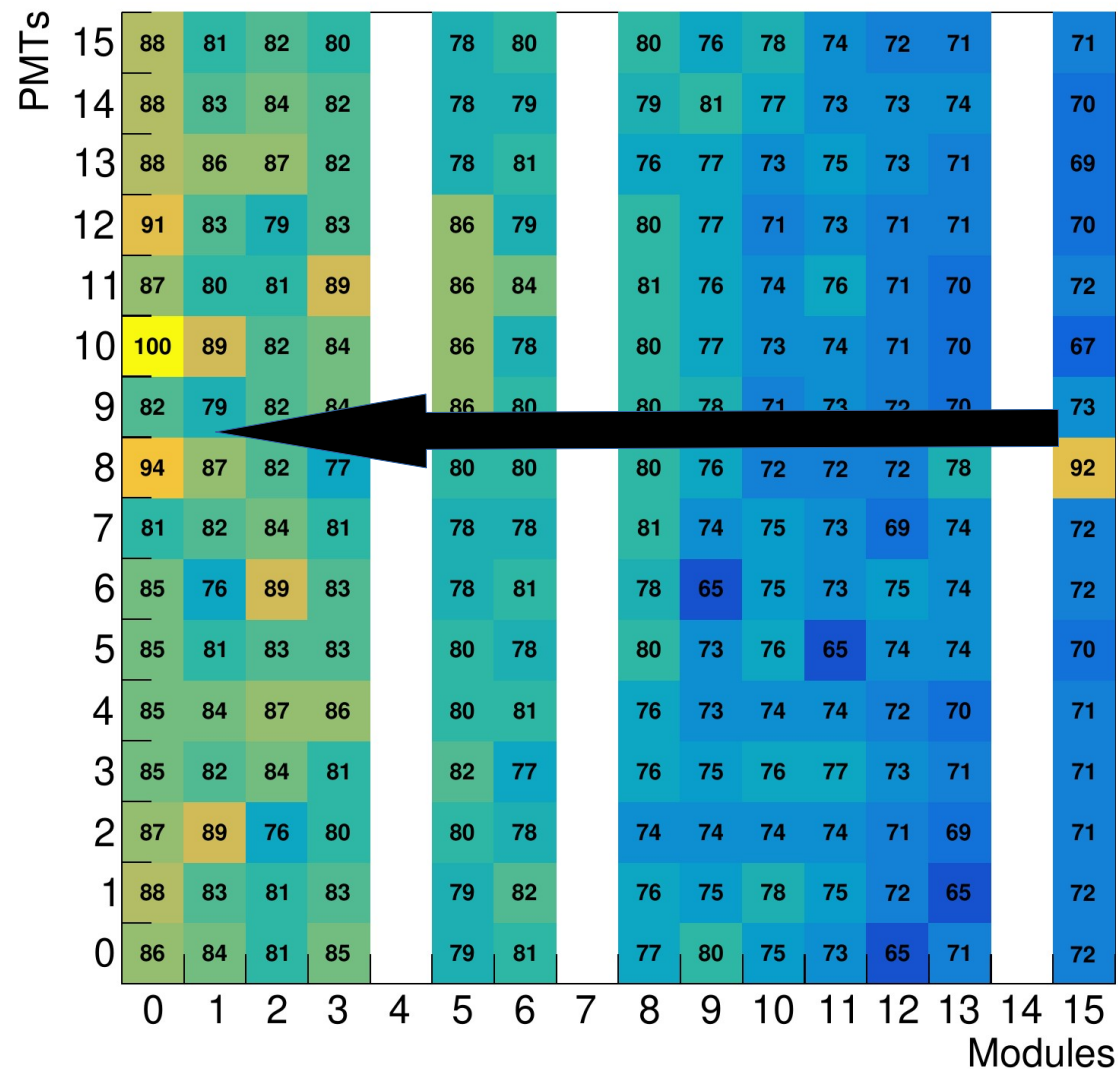


Зависимость от времени суммарной амплитуды сигнала

События без движения по матрице фотодетектора



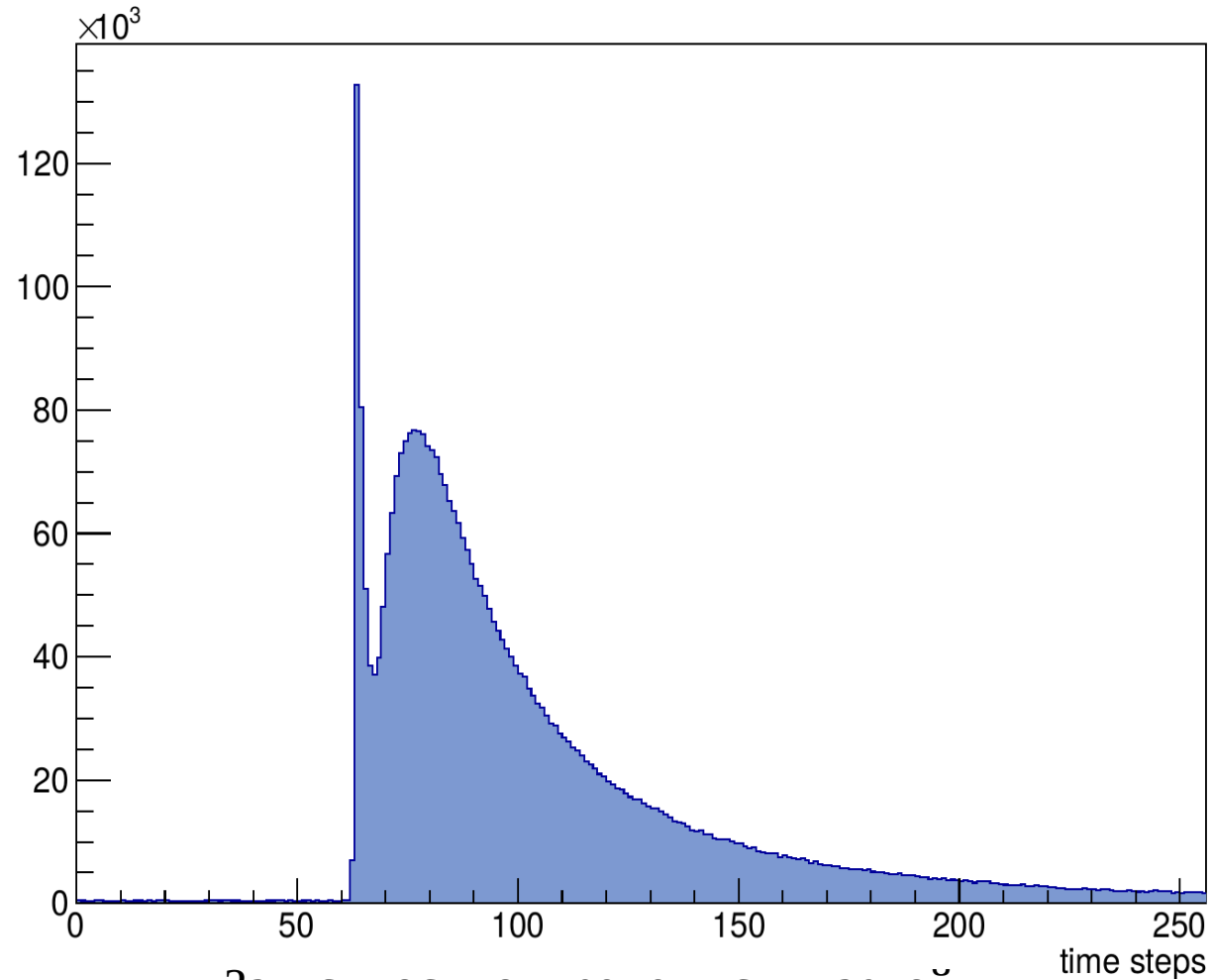
События с движением по матрице фотодетектора



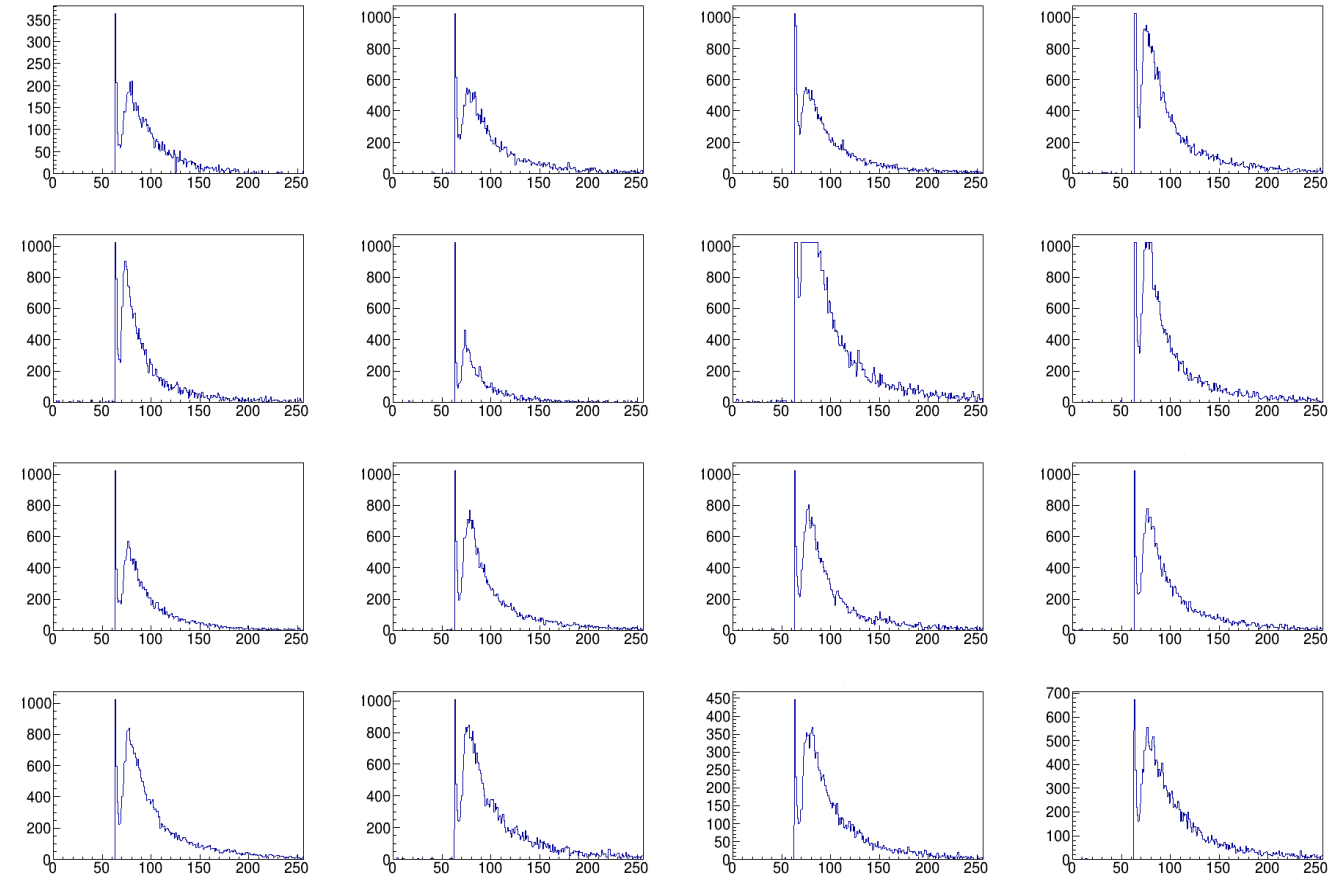
2D Распределение времен прохождения максимумов амплитуд сигналов на матрице фотодетектора. Стрелка указывает направление перемещения сигнала

“Гибридные” события

Событие №170728_004707-234



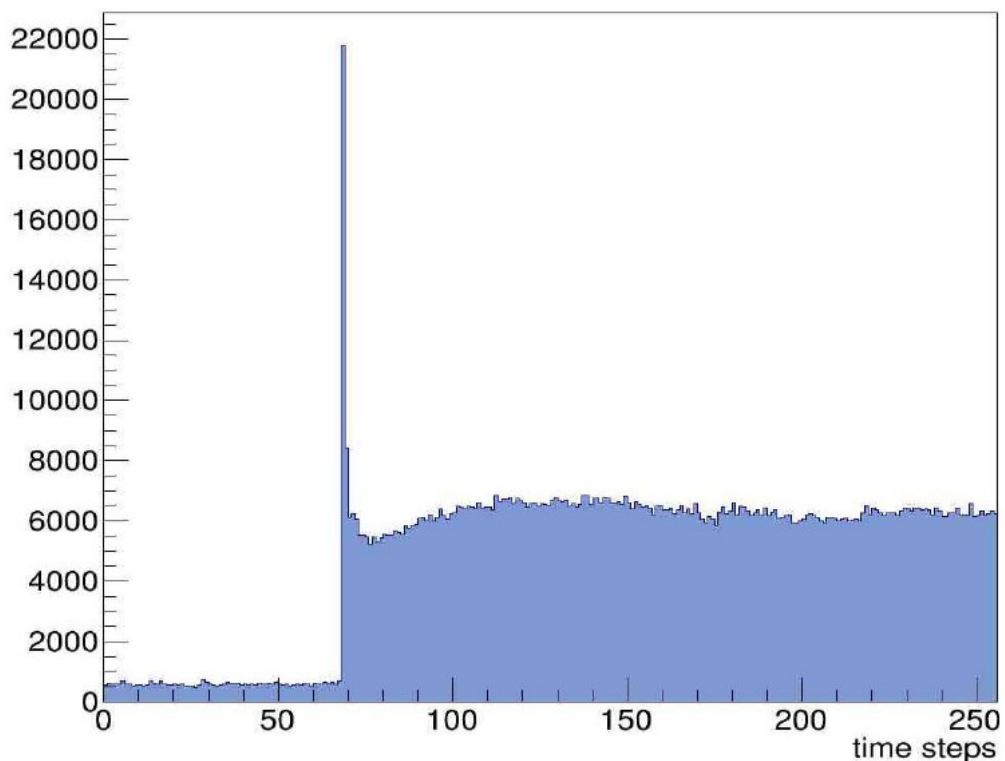
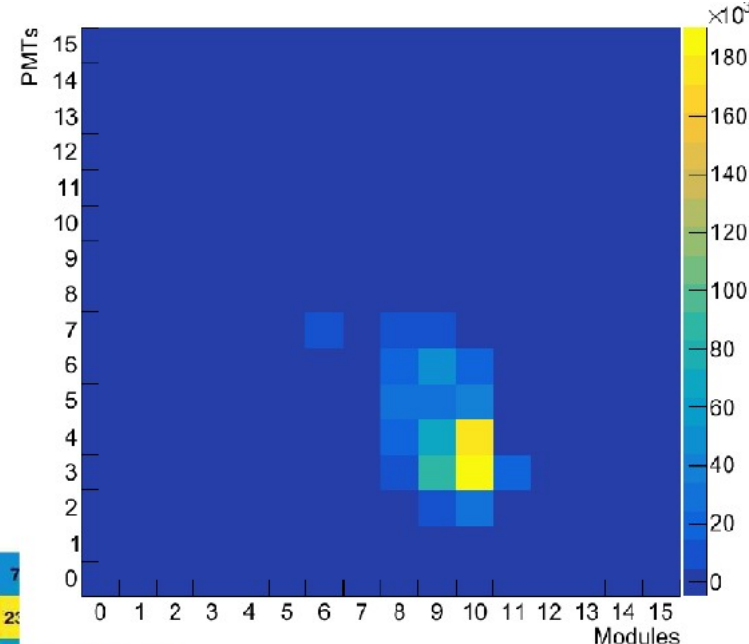
Зависимость от времени суммарной амплитуды сигнала



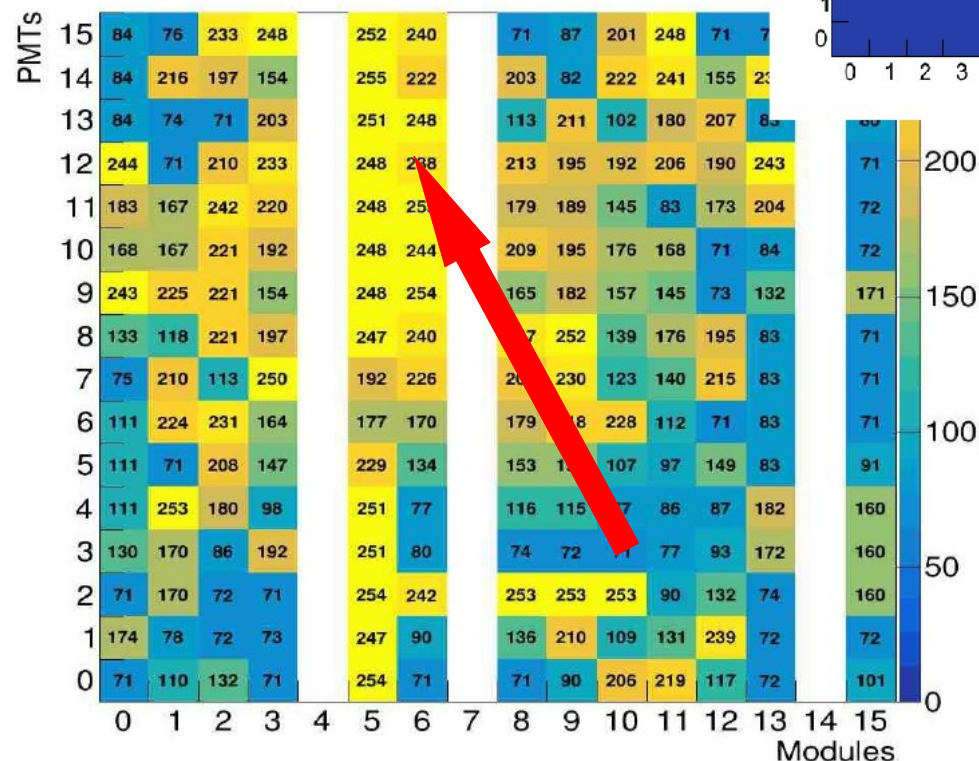
Временные зависимости амплитуд сигнала в пикселях модуля 10

Комбинированные события

Событие №160905_230528-129



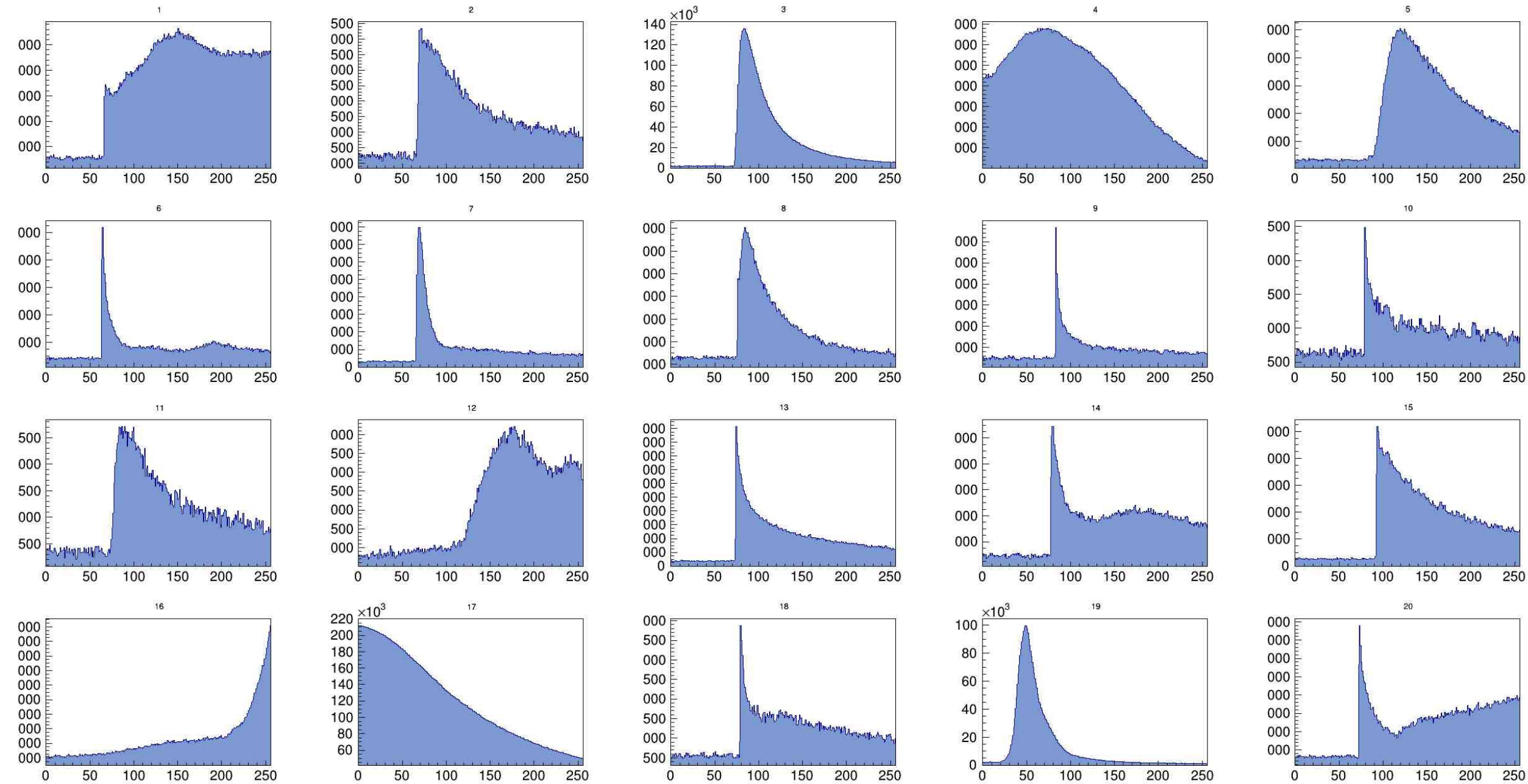
Зависимость от времени суммарной амплитуды сигнала



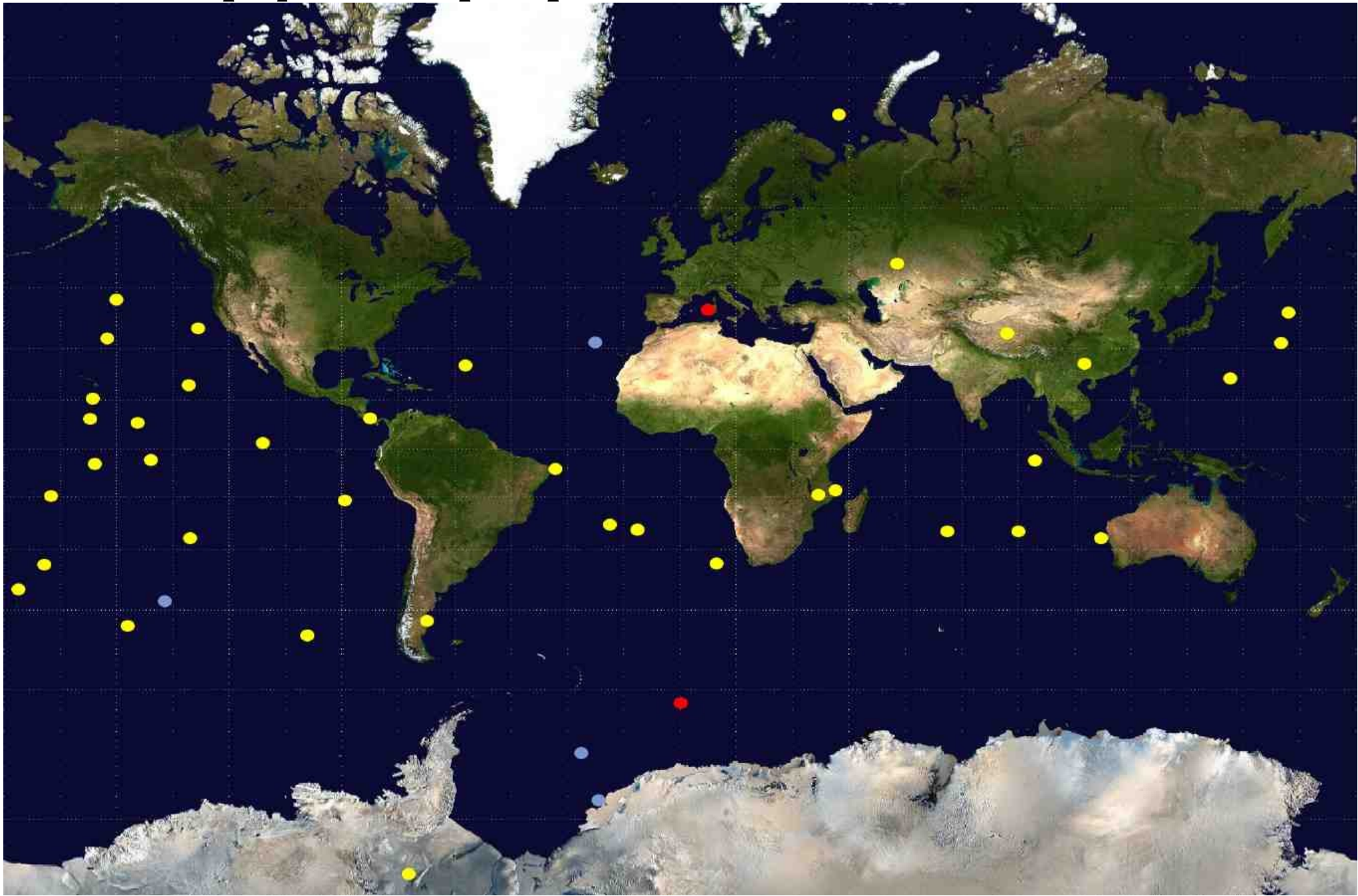
Перемещение максимума сигнала по матрице фотодетектора после обрезания острого пика t > 70

ху-проекция
интегральных
амплитуд с порогом
3RMS

Временная зависимость суммарной по всем пикселям амплитуды сигнала для 20 аномальных событий

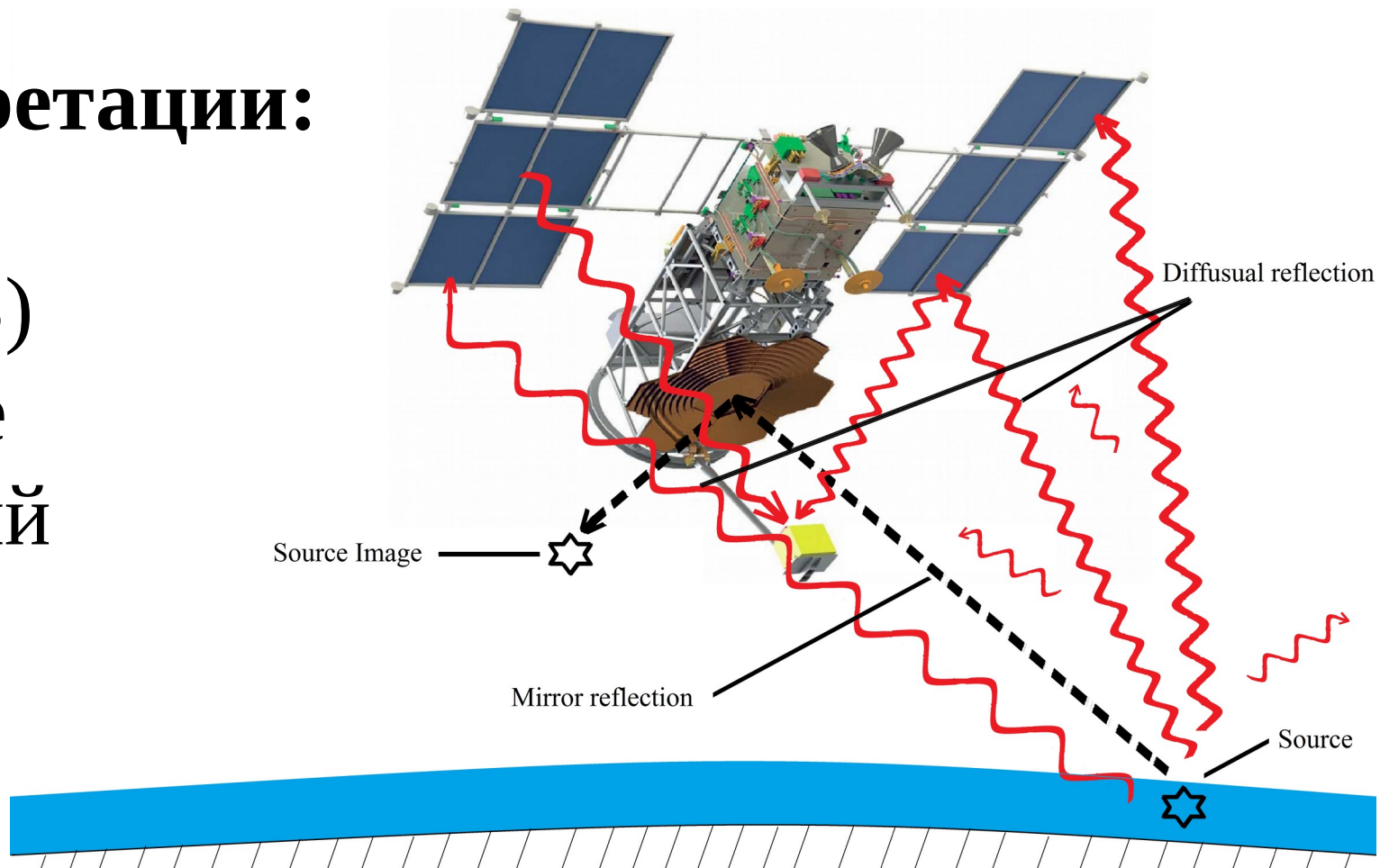


Географическое распределение аномальных событий



Возможные интерпретации:

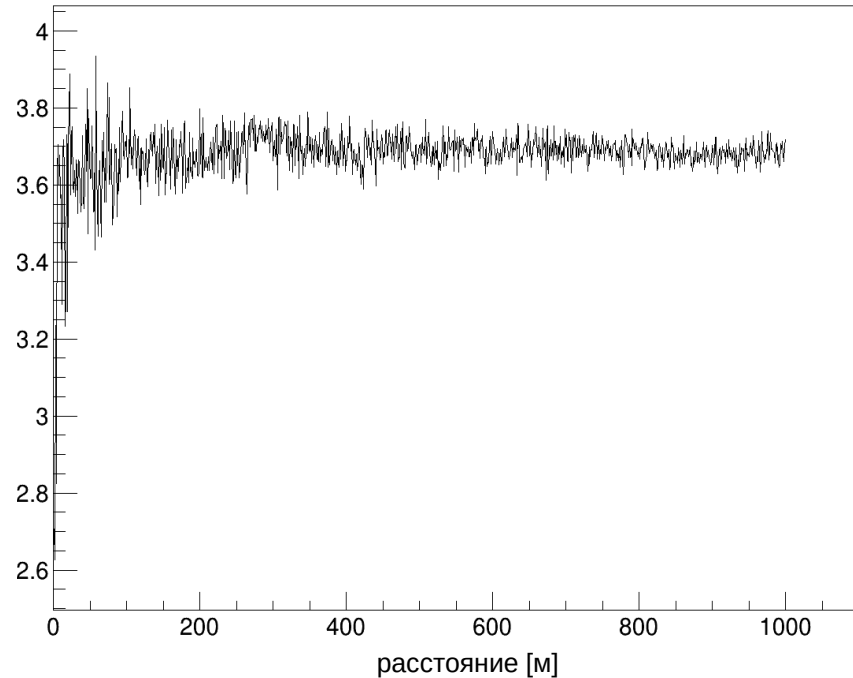
- гамма-вспышки (GRB)
- диффузное отражение внеапертурных молний



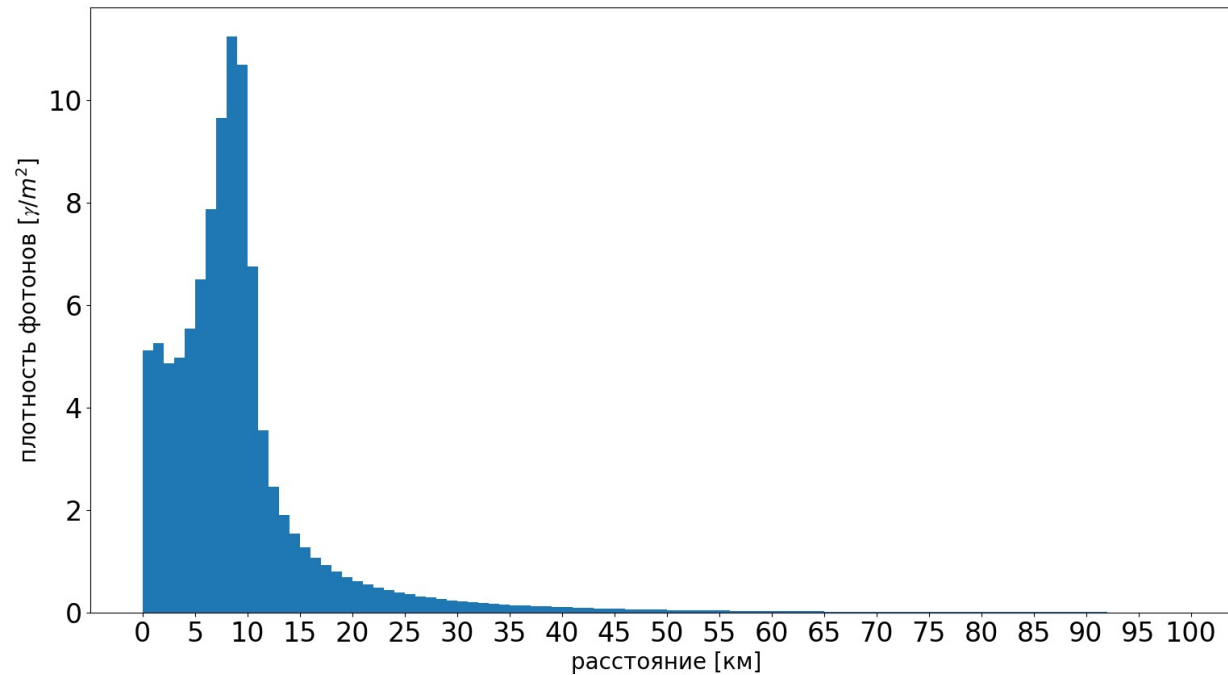
Монте-Карло моделирование

Предполагаемой причиной появления восходящих ШАЛ могут быть прошедшие сквозь Землю нейтрино высоких энергий, породившие во взаимодействии с ядрами вещества лептоны, которые, в свою очередь, непосредственно перед выходом в атмосферу или в ее нижнем слое рождают ШАЛ.

Geant4, QGSP_Bert

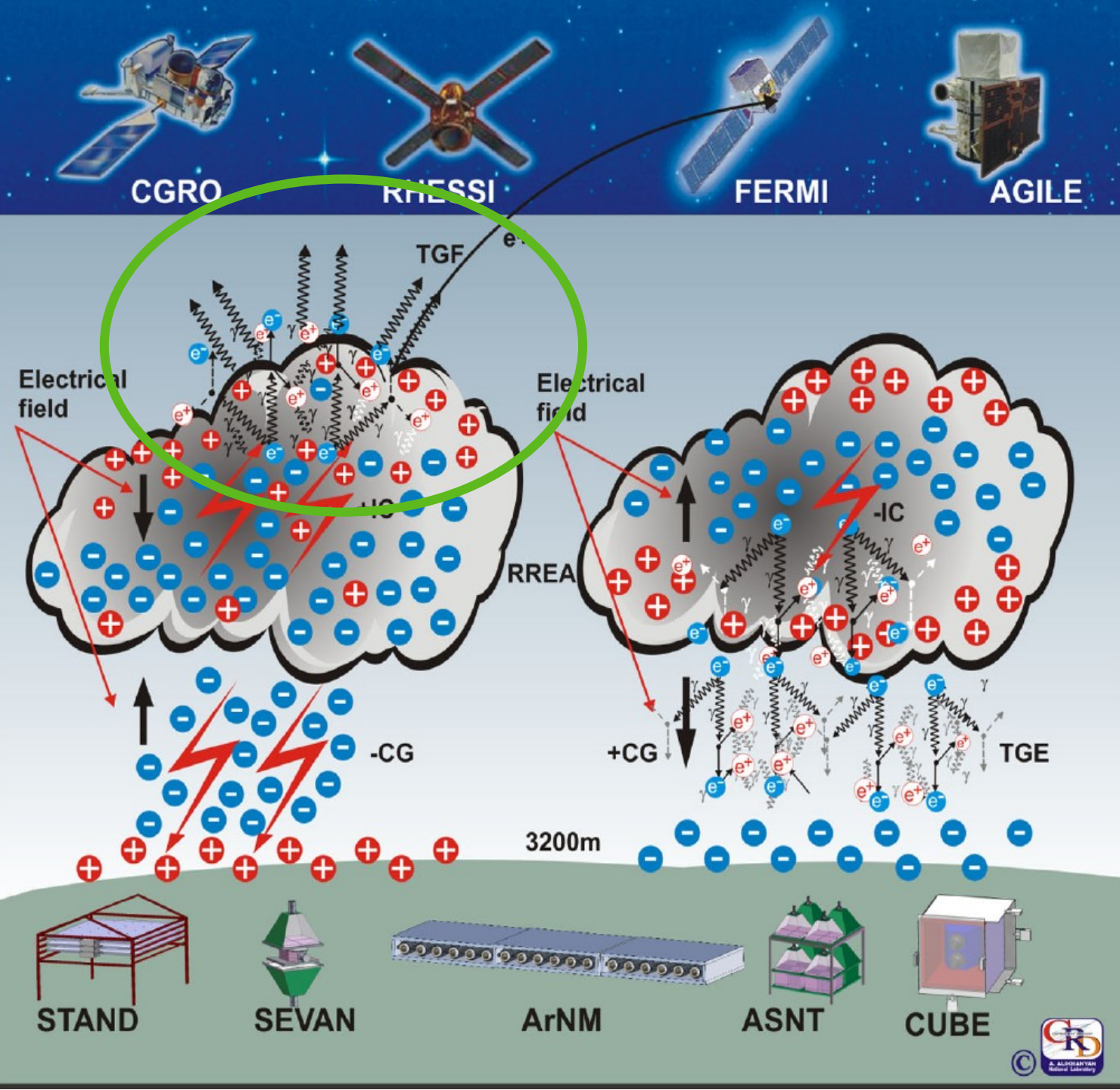


CONEX



Протон
 $E=100 \text{ TeV}$

Пространственный профиль черенковских фотонов на высоте детектора ТУС



Terrestrial gamma-ray flashes (TGFs)— атмосферные гамма-всплески, представляющие собой субмиллисекундные ливни фотонов с энергией до нескольких десятков МэВ, образующихся в атмосфере в процессе развития релятивистской лавины убегающих электронов RREA (Relativistic Runaway Electron Avalanche).

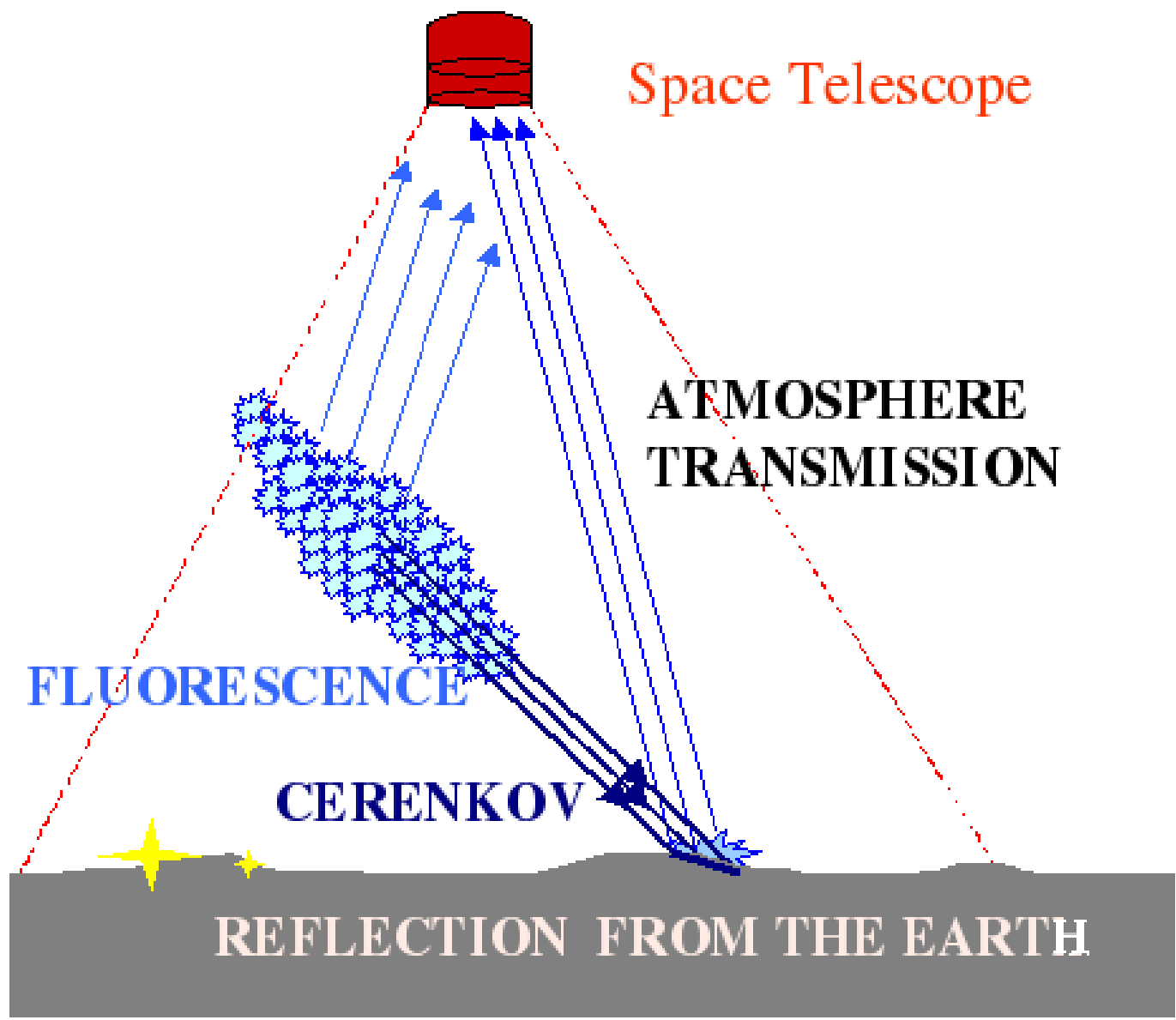
PHYSICAL REVIEW D 83, 062001 (2011)
Particle bursts from thunderclouds: Natural particle accelerators above our heads
 Ashot Chilingarian, Gagik Hovsepyan, and Armen Hovhannisyann

Выводы:

- За время работы детектор ТУС зарегистрировал около 200000 событий.
- Было обнаружено 46 аномальных события, 5 из которых являются гибридными.
- Вероятной природой таких атмосферных событий являются внеапертурные грозовые разряды, диффузное отражение света которых от солнечных панелей спутника попадает на матрицу фотодетектора.
- Планируется эксперимент по изучению корреляции TGF и ШАЛ в горах Тянь-Шань на высоте 3,5 км.

Спасибо за внимание!

Backup slides



Space Telescope

ATMOSPHERE
TRANSMISSION

FLUORESCENCE

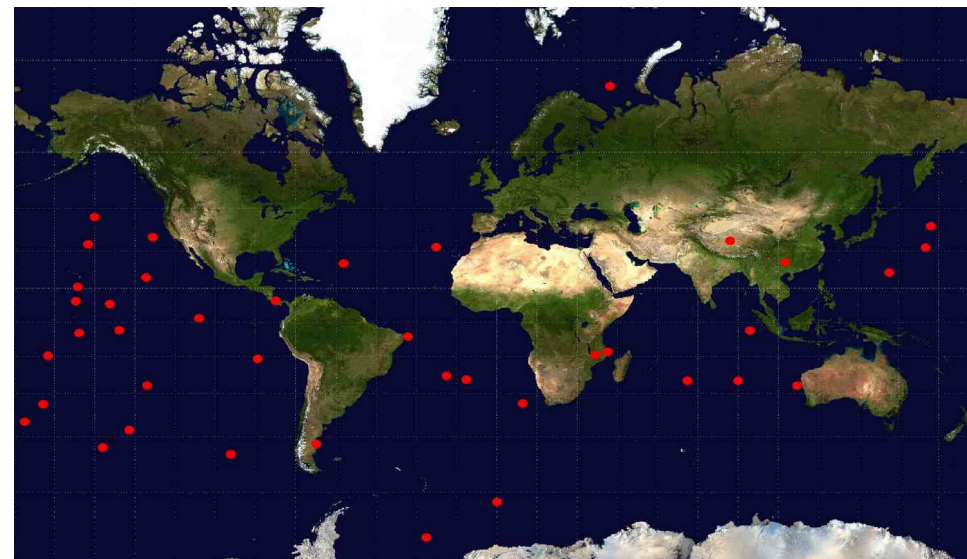
CERENKOV

REFLECTION FROM THE EARTH

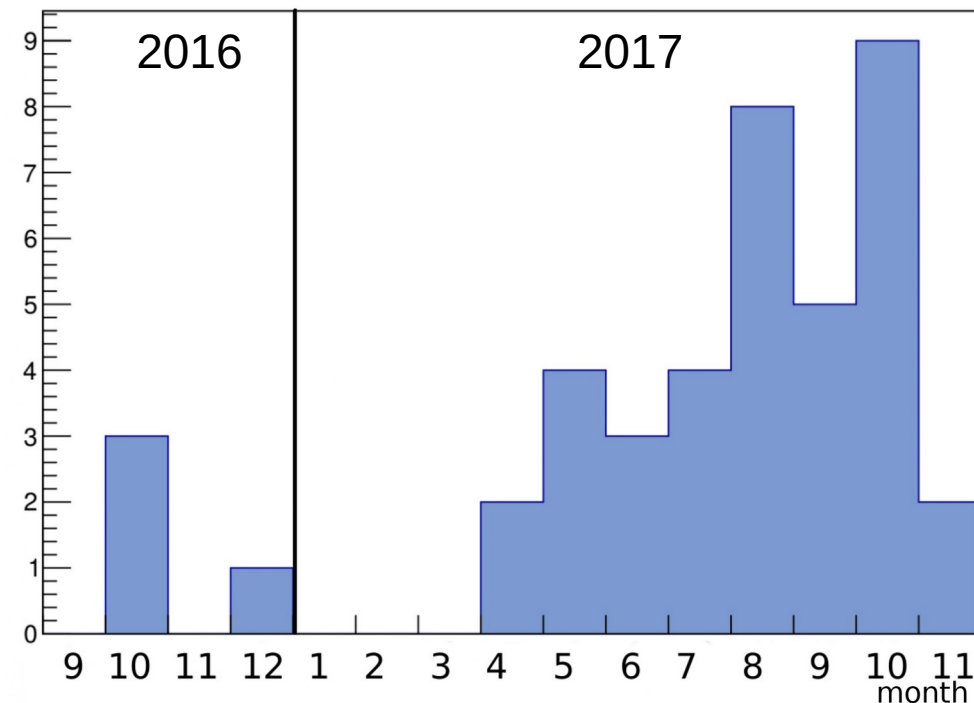
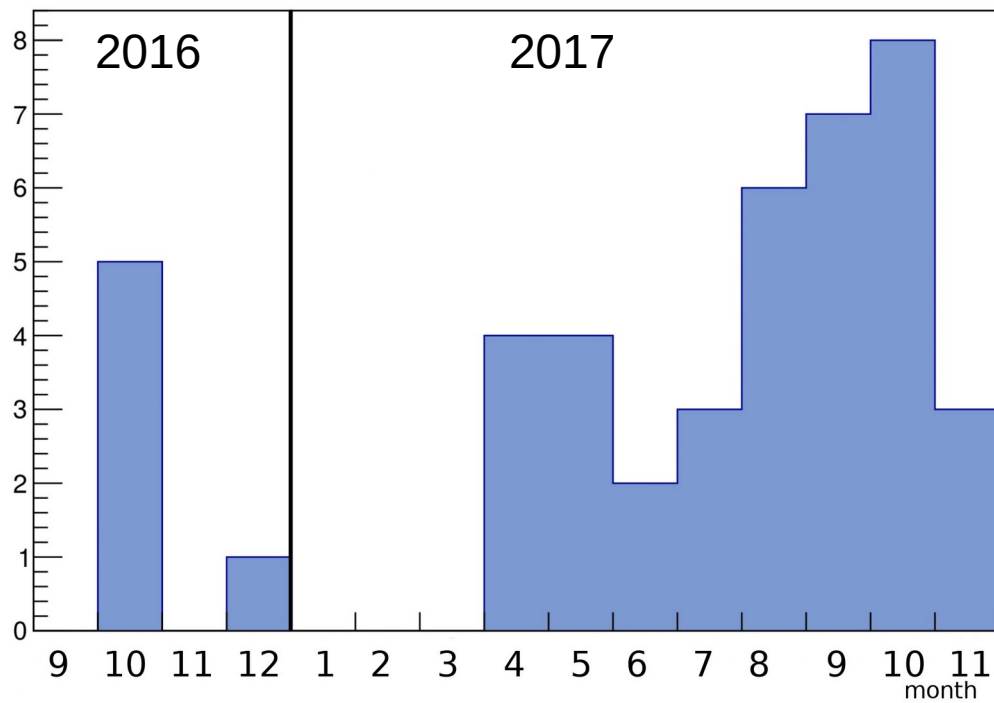
Сравнение ШАЛ-подобных аномальных событий



EAS-like events



Anomalous events



Калибровка

НИИЯФ МГУ

