

# **ПЗС ФОТОМЕТР ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ ВСПЫШЕК В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ**

Ткачев И.Д., Васильев Р.В., Михалев А.В.,  
Подлесный С.В., Сетов А.Г.

ИСЗФ СО РАН

МЕЖДУНАРОДНАЯ БАЙКАЛЬСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА ПО  
ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ 2017

# Введение

- Быстрые (~1сек) вспышки оптического излучения в атмосфере земли:  
Атмосферное электричество  
Метеоры и искусственные спутники земли  
Вторжение частиц в атмосферу

## Дополнительный источник сведений о состоянии атмосферы.

- Первые наблюдения быстрых оптических вспышек с помощью многоканального зенитного фотометра и анализ полученных результатов проводился в 2000 году (Михалев, Белетцкий 2000) в геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН. На рисунке внизу показаны три телевизионных кадра во время возникновения вспышки и осциллограмма, отражающая временную динамику вспышки в различных спектральных диапазонах. Устройства зарегистрировали оптическую вспышку 28.02.98 в 02:50:38 по местному времени.

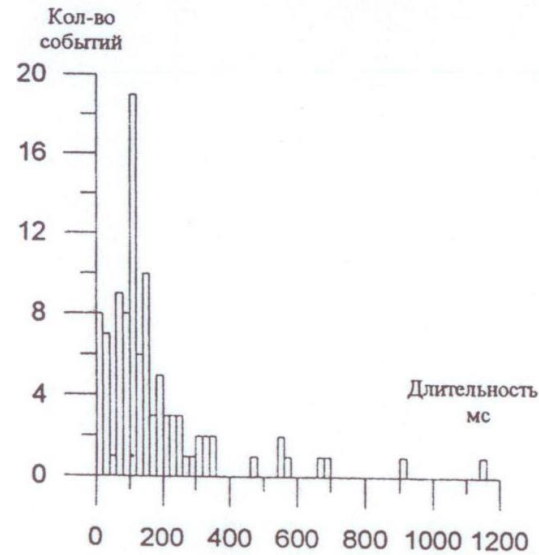
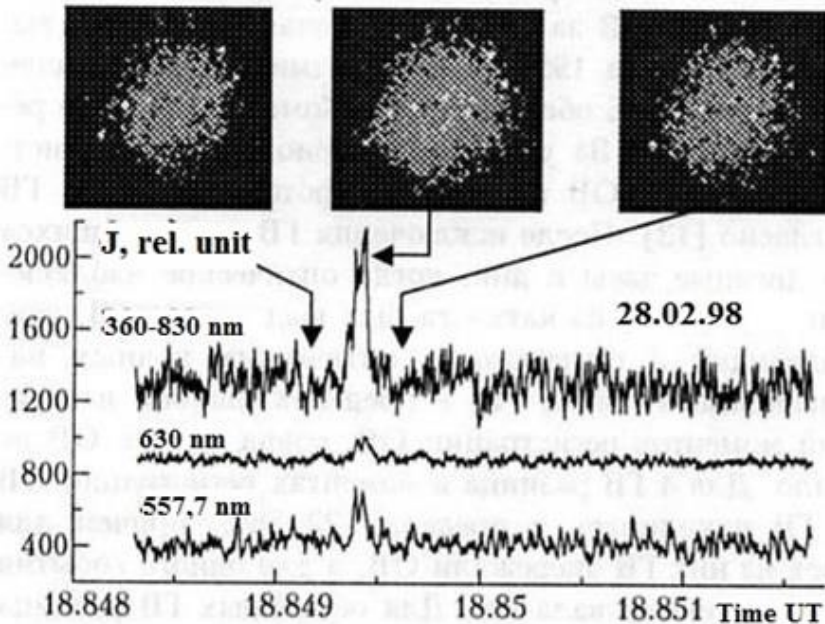


Рис 2. Гистограмма длительностей вспышек канала 360 – 410 нм.

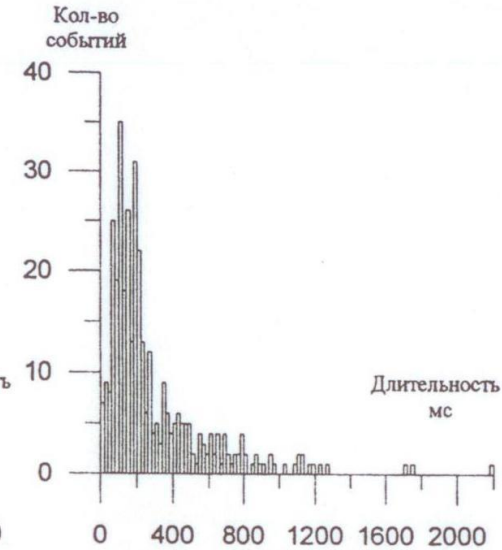


Рис 3. Гистограмма длительностей вспышек канала 360 – 480 нм.

# Инструменты

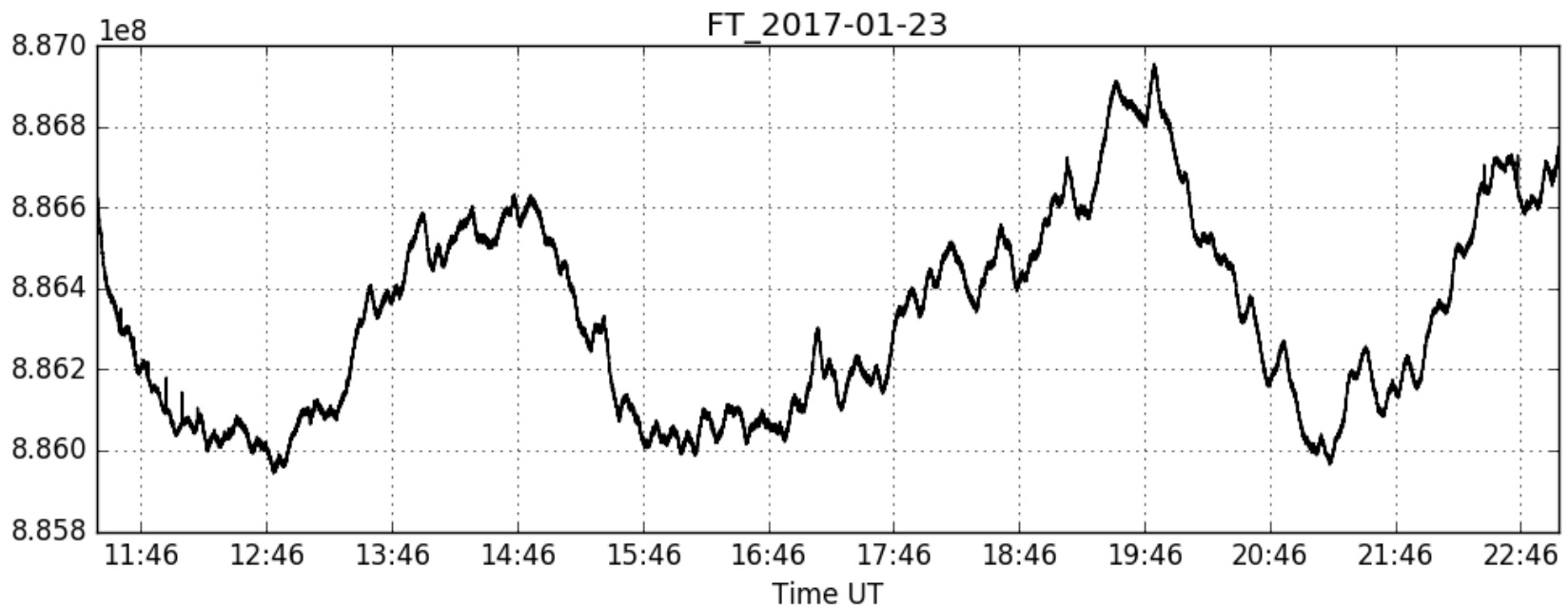
- Фотометр, собранный на базе ПЗС матрицы SONY ICX285AL (video camera-285 / P-USB, разработка VIDEOSKAN, <http://videoscan.ru/>).
- Как входной объектив используется Юпитер 3. Разрешение (пиксели) 1392x1040. Размер матрицы (дюйм / мм) 2/3 (8.77 x 6.6) Время Экспозиции от 3.5 микросекунд до 110 секунд. Частота кадров (Гц) от 7.7 до 19.5. Рабочий спектральный диапазон 400-800 нм.



- Фотометр, собранный на основе фотоэлектронного умножителя «ФЭУ - 84», работающем в режиме счета фотонов.
- Спектральный диапазон 300-850 нм.
- Одноэлектронный импульс с ФЭУ усиливается на каскаде из двух операционных усилителей в 100 раз.
- Формирование цифрового сигнала осуществляет быстрый компаратор.
- Цифровой сигнал с компаратора поступает на формирователь длительности импульса.
- После, сигнал поступает на счётчик импульсов (частотомер).



- Данные с ПЗС фотометра записываются в формате fit.
- Время экспозиции: Декабрь 2016 - Март 2017, 2 секунды. С Апреля 2017 установлено на 1 секунду.
- Биннинг 4x4.



Изменение интегральной интенсивности за ночь.

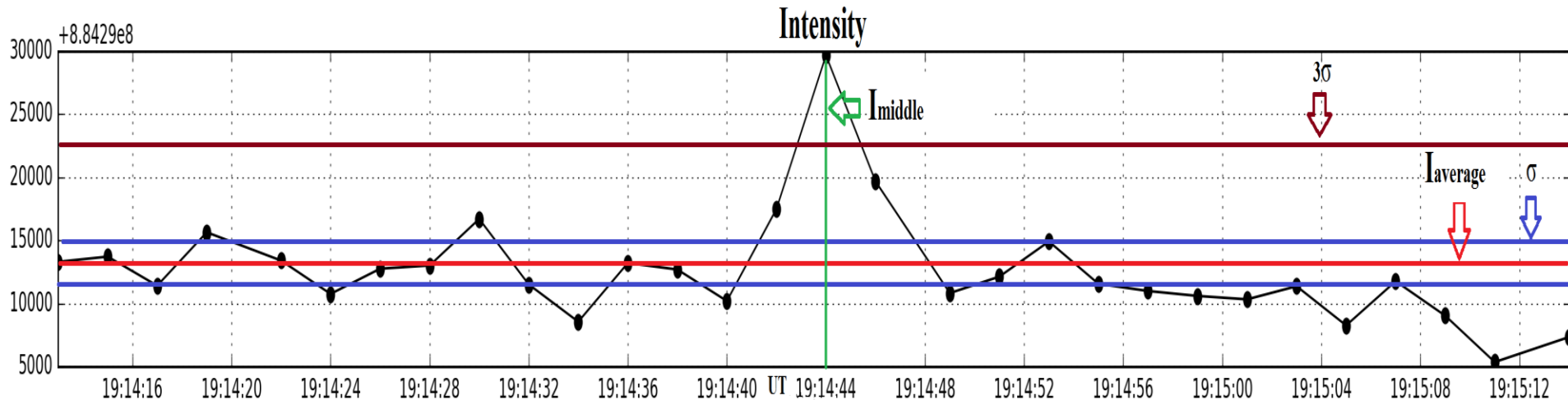
# Алгоритм поиска вспышек

- 1) Выбирается сканирующее окно, определенной длительности
- 2) С шагом в один кадр, производится поиск по данным за всю ночь
- 3) На каждом шаге проверяется условие:

$$( I_{\text{middle}} - I_{\text{mean}} ) > 3\sigma$$

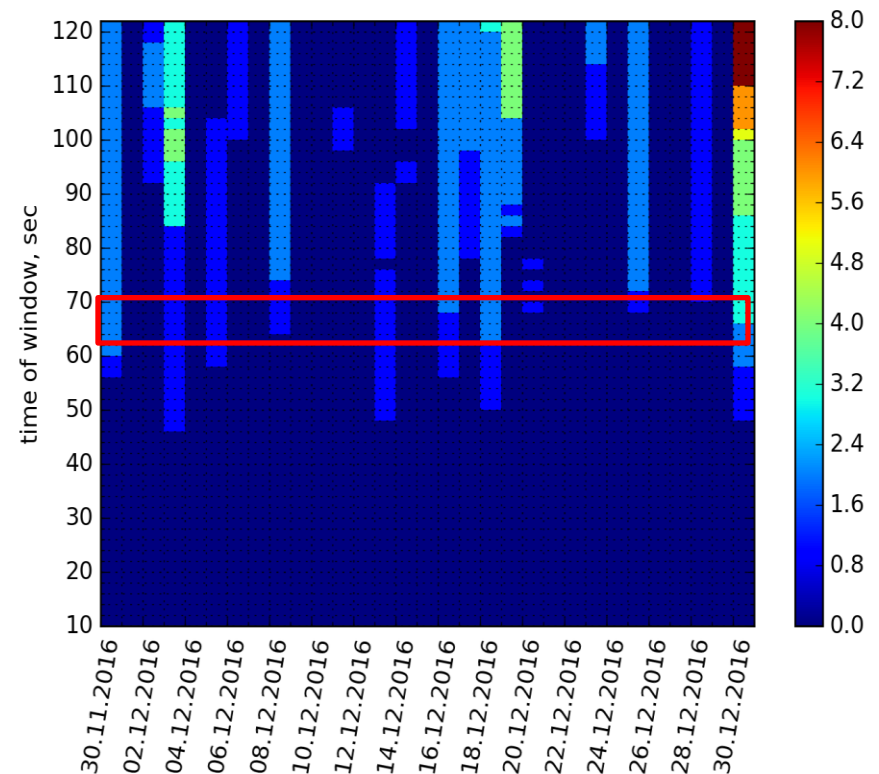
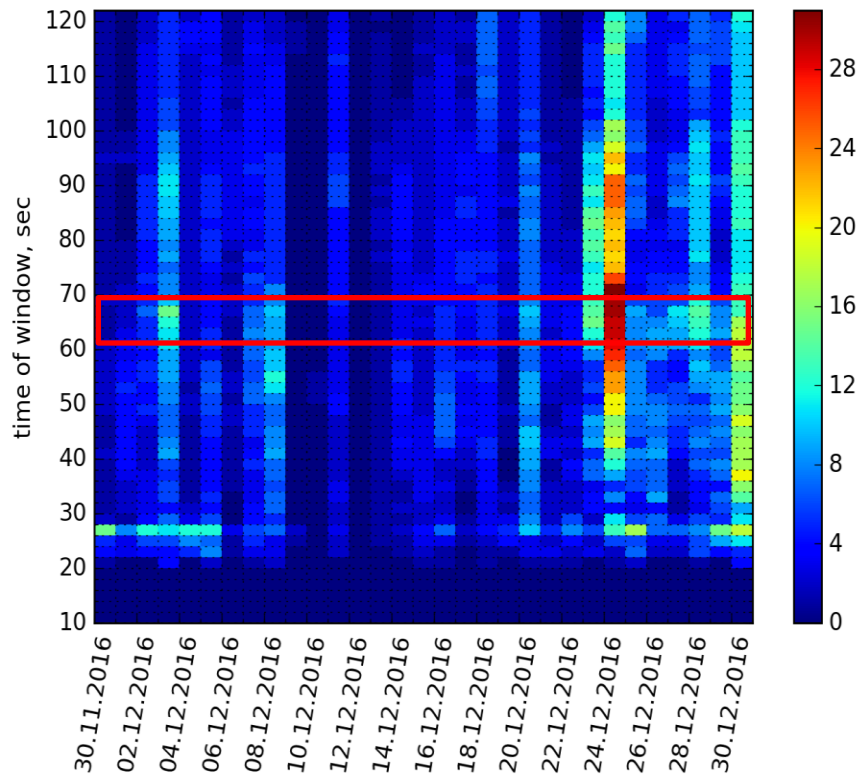
Где  $I_{\text{middle}}$  - значение интенсивности в середине окна,  $I_{\text{mean}}$  - среднее значение интенсивности в окне,  $\sigma$  - среднеквадратичное отклонение интенсивности внутри сканирующего окна.

- 4) Всё, что выше порога  $3\sigma$  регистрируется как событие.



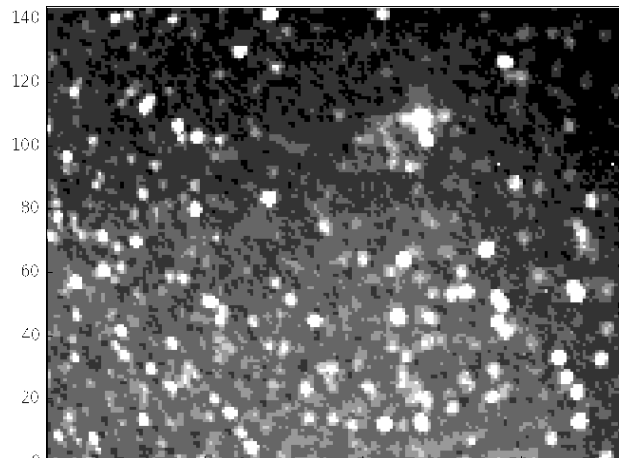
# Выбор длительности сканирующего окна

- Длительность сканирующего окна подбирается таким образом, чтобы количество регистрируемых событий было максимально, а количество регистрируемых спутников минимально.
- Оптимальная длительность находится в диапазоне 60 – 70 секунд.

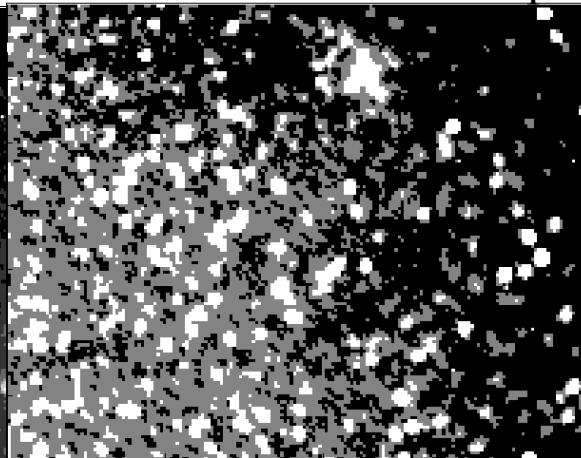


Количество зарегистрированных событий в зависимости от длительности сканирующего окна для Декабря 2016 года. Справа, количество регистрируемых спутников.

2017-01-02 22:26:25

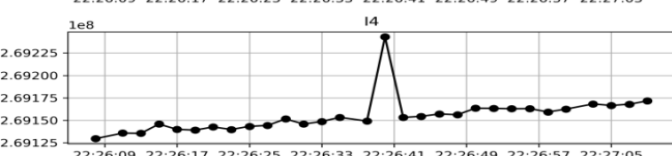
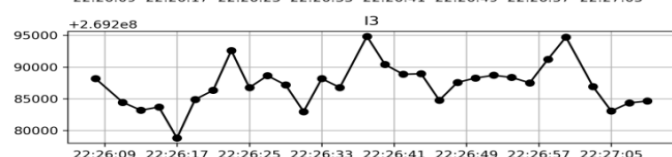
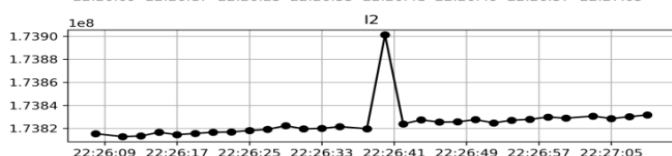
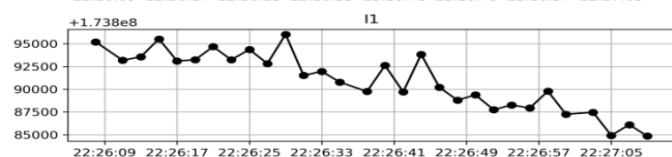
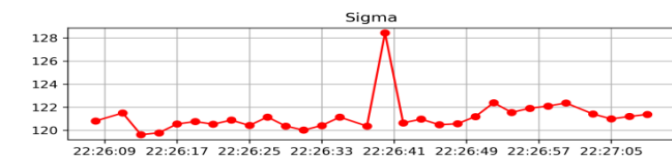
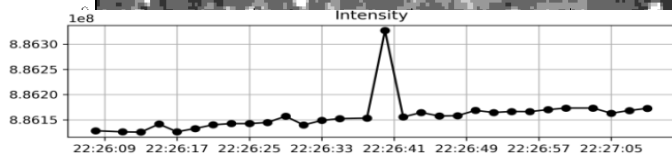


2017-01-01 18:08:25

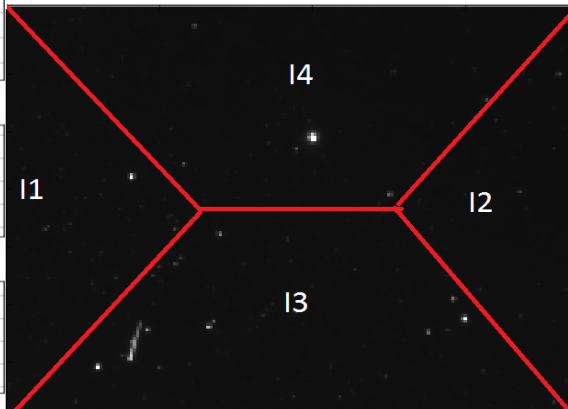


Фильтрация спутников и метеоров

2017-01-27 14:03:24

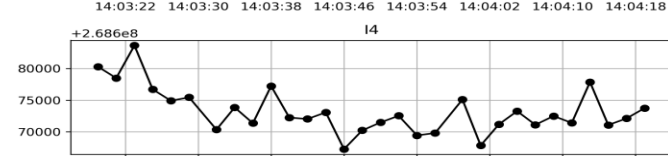
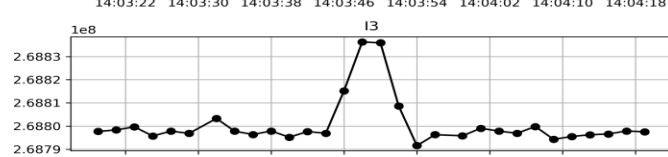
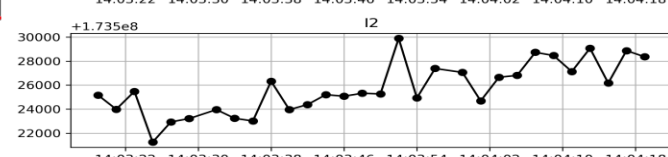
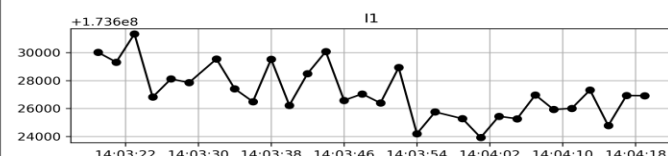
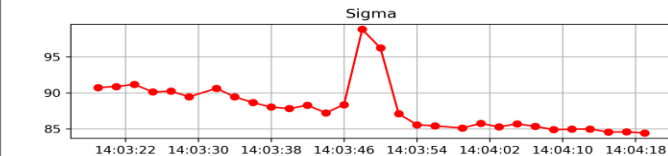
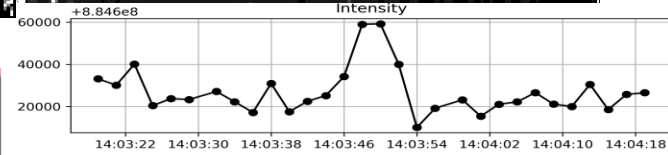


2017-02-27 14:03:48



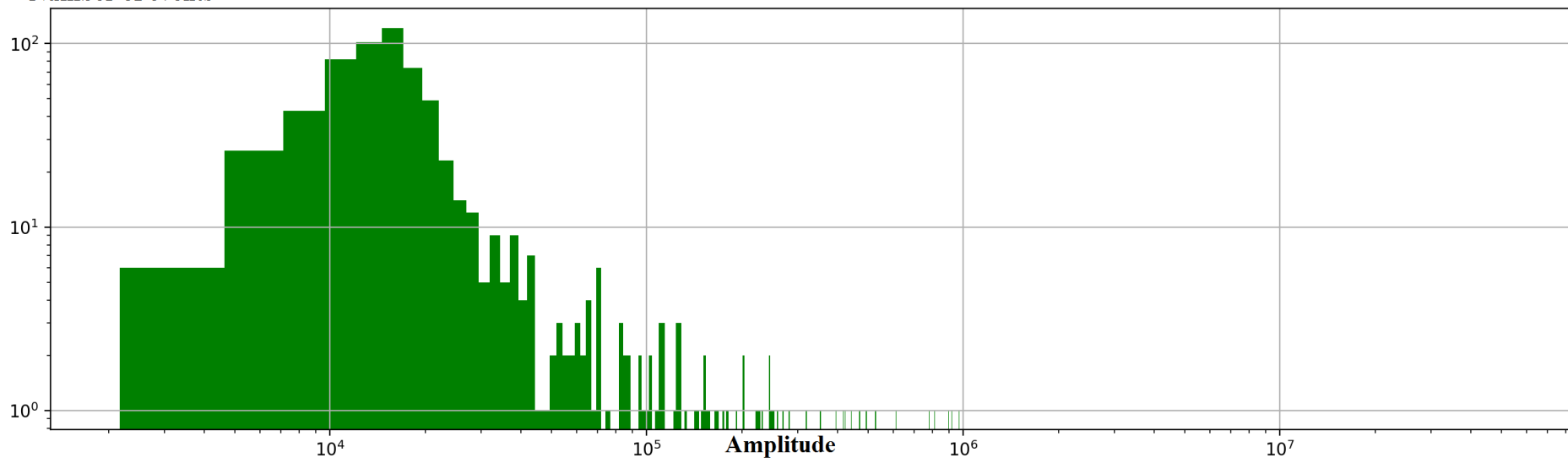
Для фильтрации спутников и метеоров используются два алгоритма:

- *Комбинаторный алгоритм*: при движении спутника, изменяется уровень интенсивности пикселей в разных частях кадра. Поэтому кадр делится на 4 части.
- *Статистический алгоритм* используется для фильтрации метеоров. Вычисляется изменение дисперсии интенсивности по кадру. Когда регистрируется метеор, происходит скачок в изменении дисперсии.

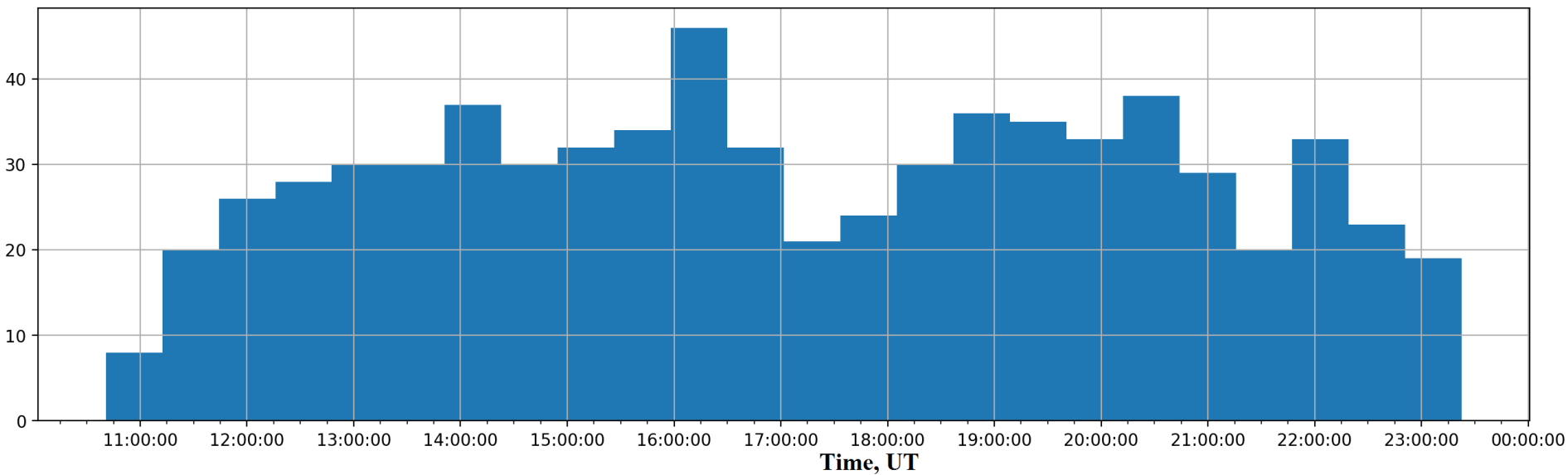


Number of events

Data 12.16 - 03.17



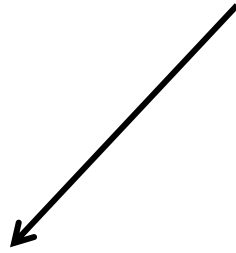
Number of events



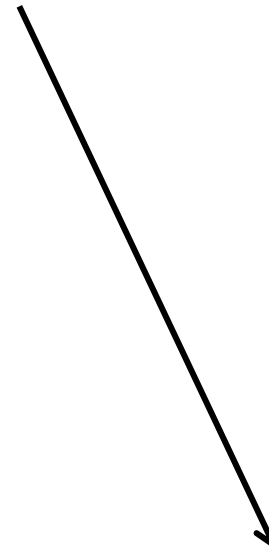
Создана база данных зарегистрированных событий и проведена их классификация (метеоры, спутники, вспышки и т.п.)



# Верификация наблюдаемых событий



Включение дополнительных устройств для измерений (быстрые фотометры, Электронно-оптические преобразователи, ПЗС камеры и т.д.)



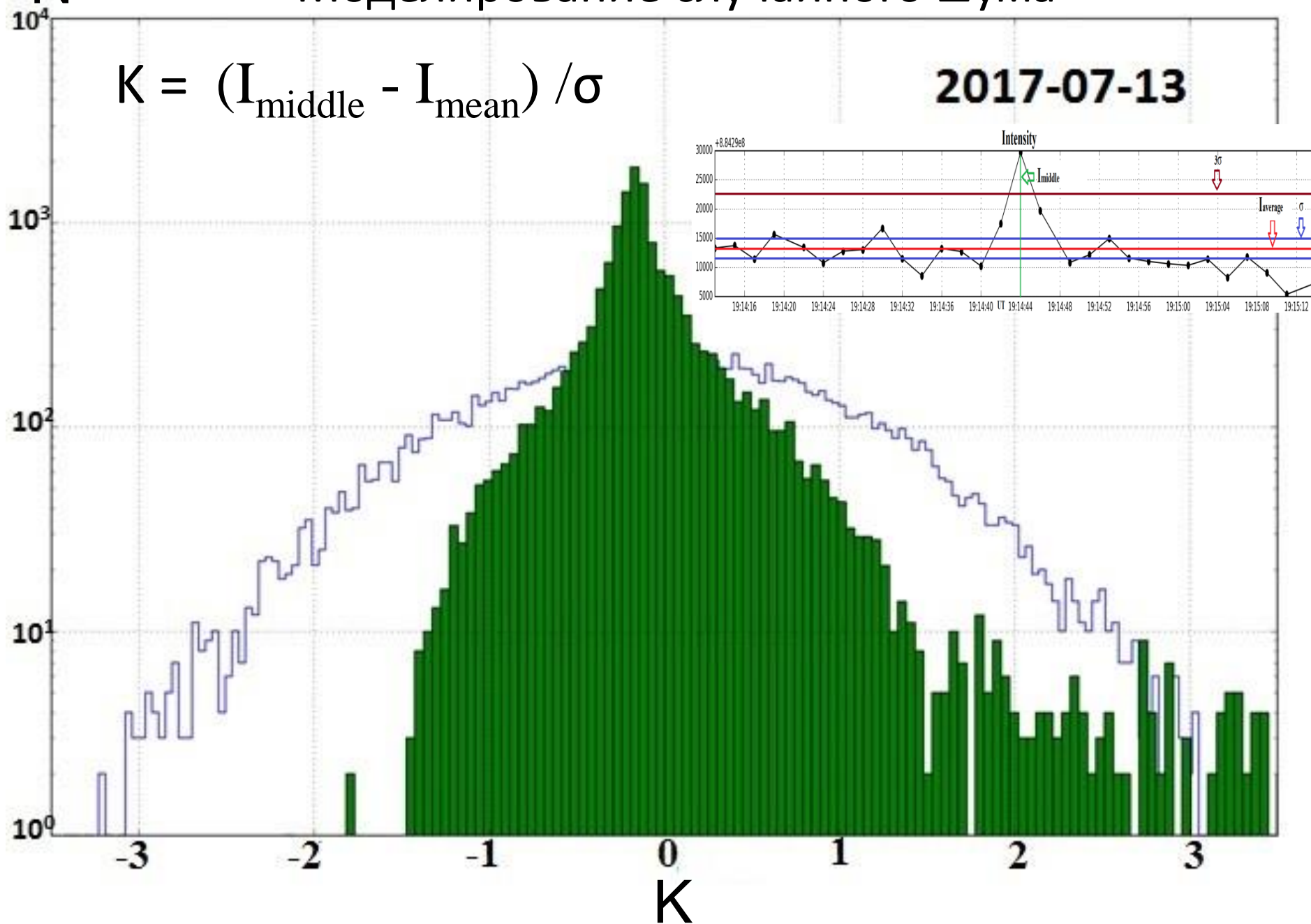
Статистический анализ данных (моделирование шума)

# N

## Моделирование случайного шума

$$K = (I_{\text{middle}} - I_{\text{mean}}) / \sigma$$

2017-07-13



# Заключение

- Возобновлена регистрация быстрых оптических вспышек в геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН (ПЗС фотометр)
- Разработан алгоритм по выделению вспышек, алгоритм для фильтрации спутников и метеоров, алгоритм вырезания звёзд
- Сформирована база данных регистрируемых событий. Построено распределение по амплитудам и по времени суток для полученных событий
- Предложен метод моделирования шума

Спасибо за внимание!

# Алгоритм вырезания звёзд

- 1) Определяется количество кадров для усреднения (при условии, что звёзды не формируют длинных треков на усредненном изображении)
- 2) Увеличивается контраст усредненного изображения
- 3) Из усредненного изображения формируется маска для исключения звёзд.
- 4) Центральное изображение в интервале умножается на маску.

