



Лаборатория космических лучей
предельно высоких энергий НИИЯФ МГУ

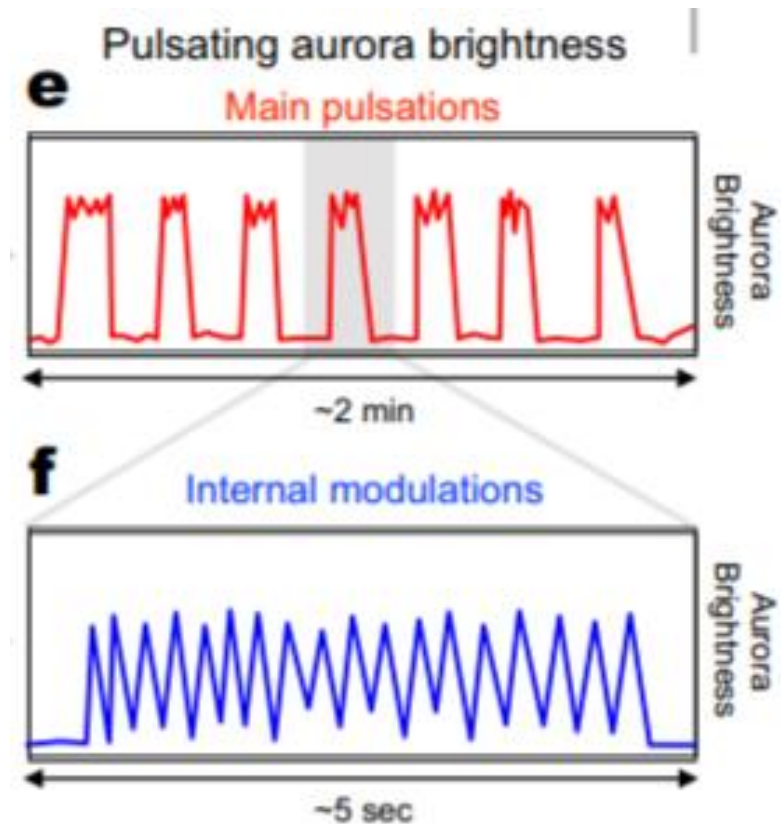


Моделирование определения высот в эксперименте PAIPS

Сигаева Ксения

Пульсирующие полярные сияния

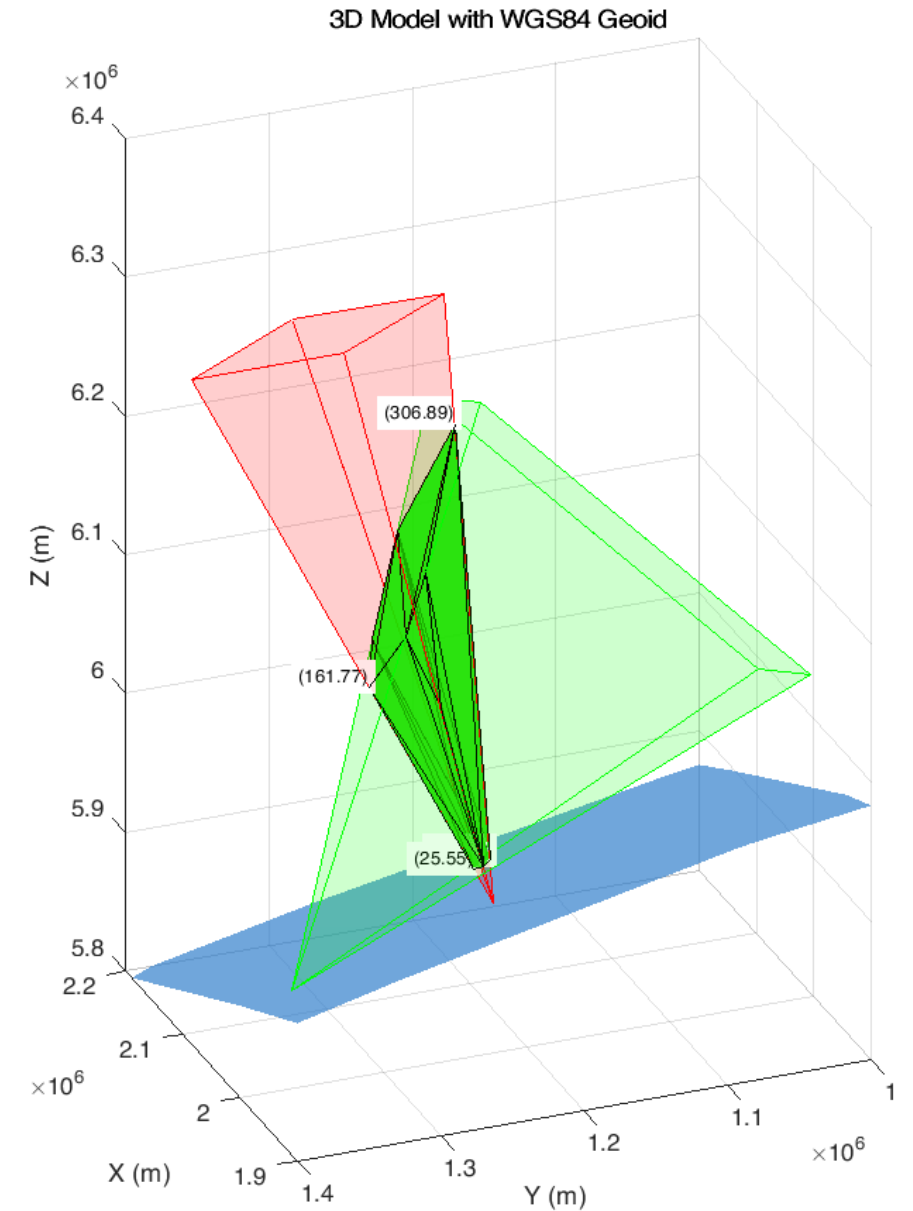
- Для этого типа свечения характерны небольшие модуляции яркости свечения (около 10%) с частотой от 1 до 10 Герц при общем усилении свечения.
- Основная пульсация: 0.01-0.1 Гц
- Внутренняя пульсация: 1-10 Гц



Hosokawa, K., Miyoshi, Y., Ozaki, M. et al. Multiple time-scale beats in aurora: precise orchestration via magnetospheric chorus waves. *Sci Rep* 10, 3380 (2020).
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-59642-8>

Проблемы и решения

Проблемы	Решения
Большая погрешность, зависящая от высоты	Работа с отдельными пикселями или их небольшими группами с учетом положения на матрице обоих детекторов и пересечения полей зрения
Неподтвержденность метода	<ol style="list-style-type: none">1. Сравнение с результатами оценки высот методом Б.В. Козелова для одного-двух событий2. Апробация с помощью модельных событий



Методы определения высот

```
graph TD; A[Методы определения высот] --> B[1D корреляция]; A --> C[2D корреляция];
```

1D корреляция

Фильтрация от шума медианным фильтром

+ Ищет временную сдвигку

- Медианный фильтр не всегда справляется с шумом, нужно подбирать шаг отдельно для каждого события

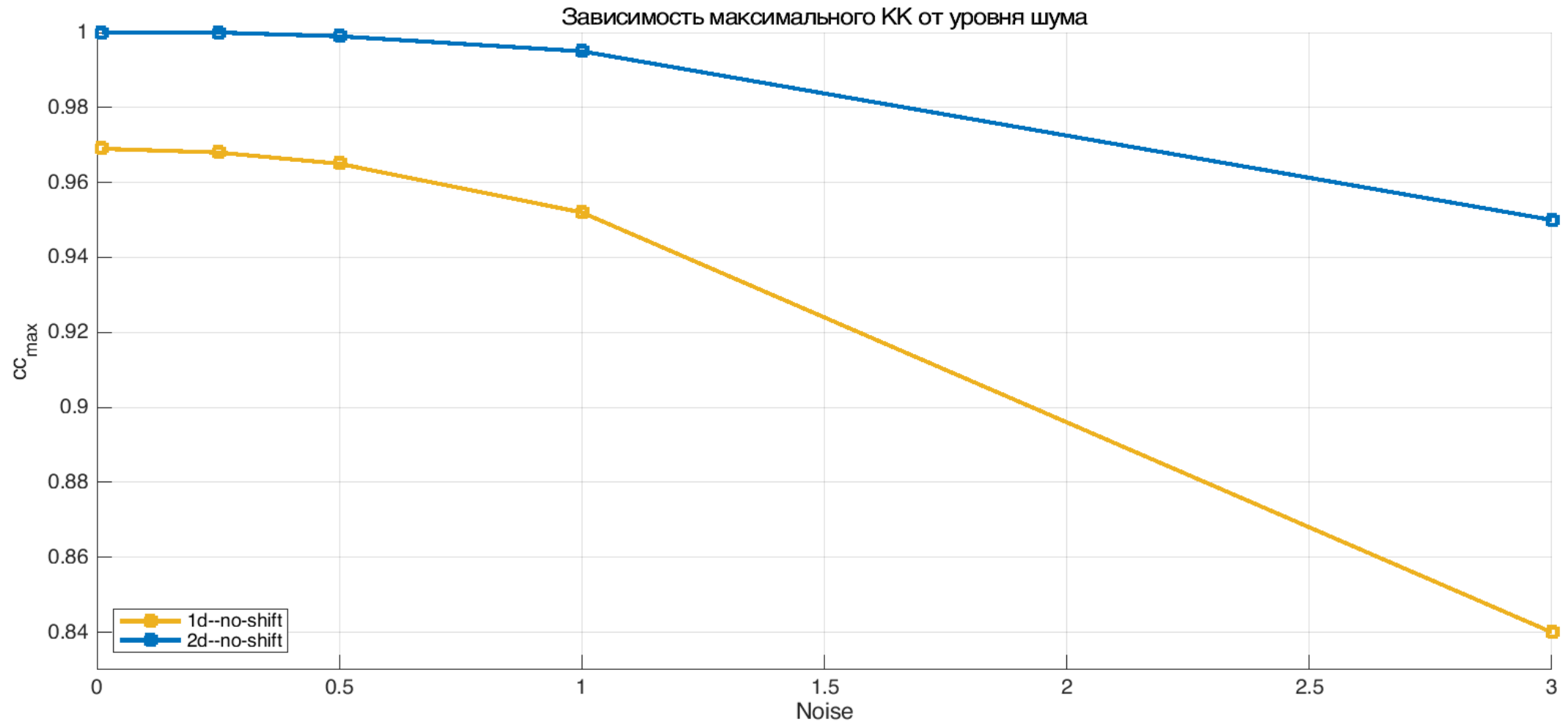
2D корреляция

Фильтрация от шума при помощи вейвлет-преобразования и сравнения скалограмм

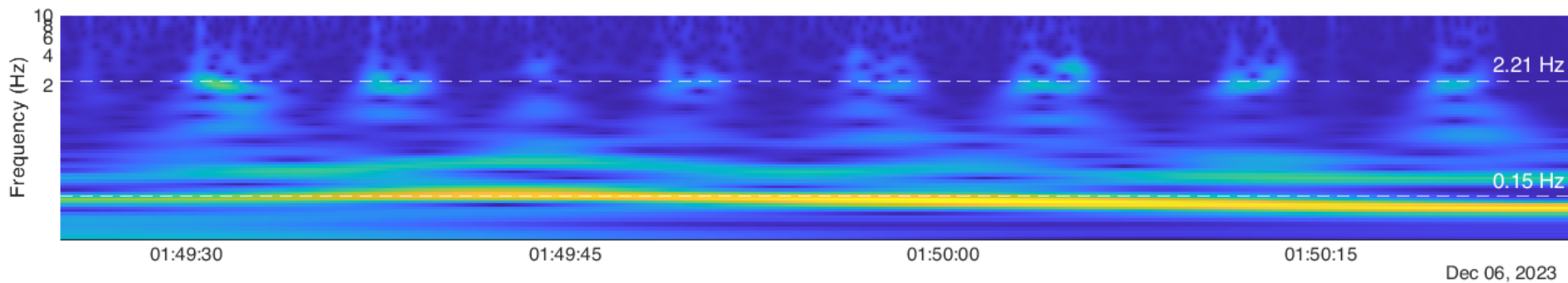
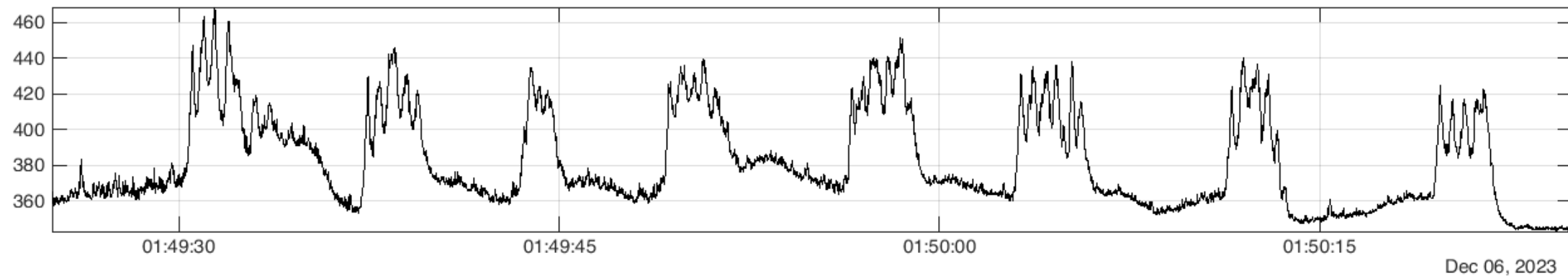
+ Устойчиво фильтрует полезный сигнал

- Временная сдвигка ломает результат

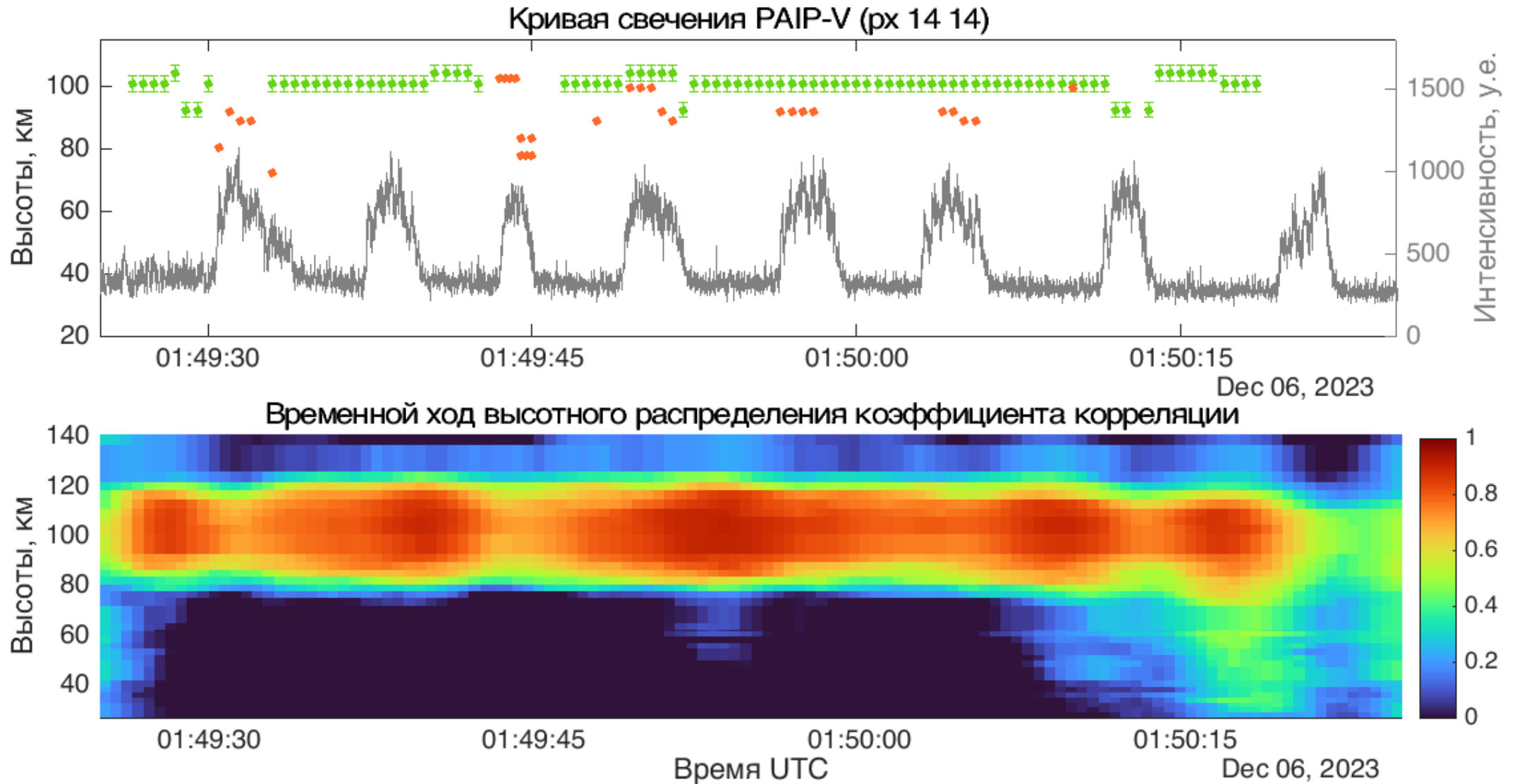
Сравнение 1D и 2D методов

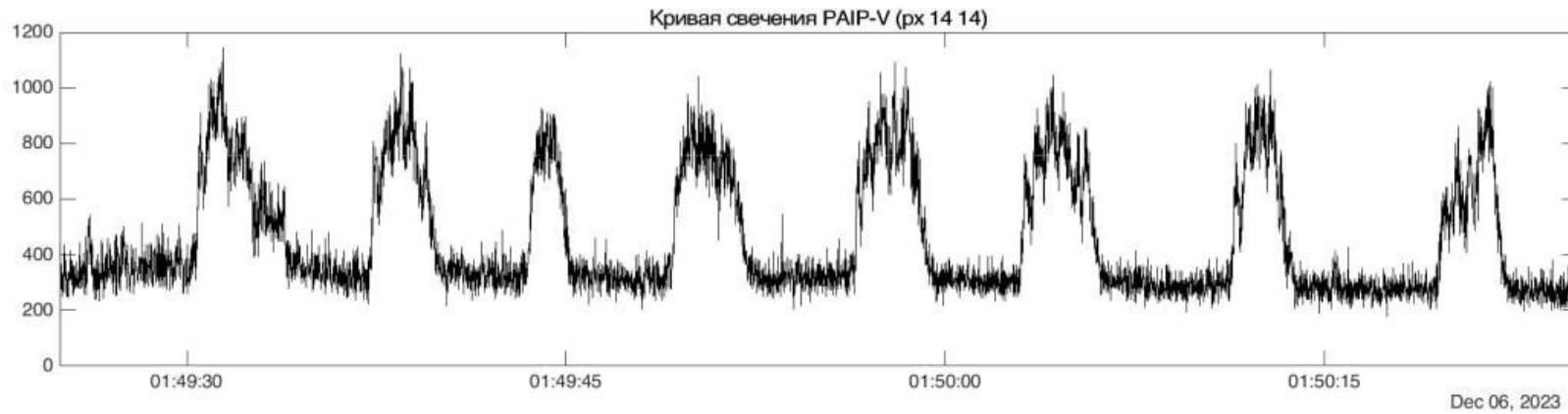


Пример ППС (6.12.23)

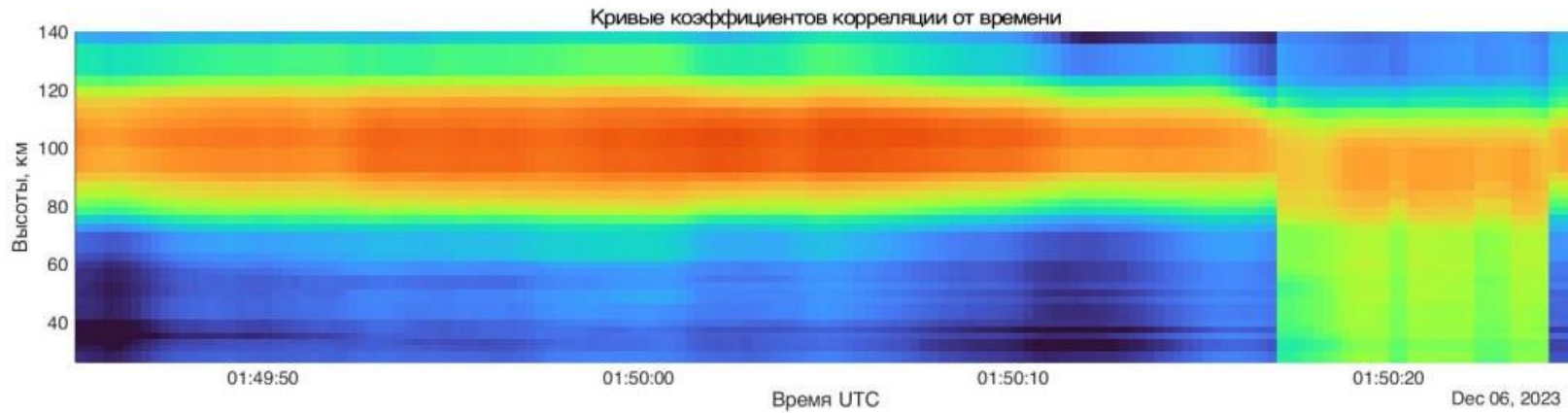


Расчеты при помощи метода с 2D корреляцией

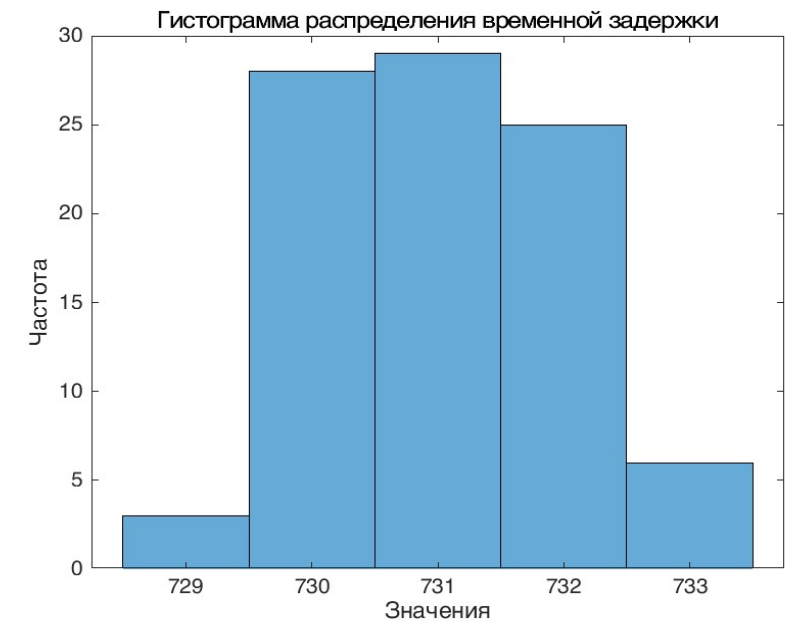


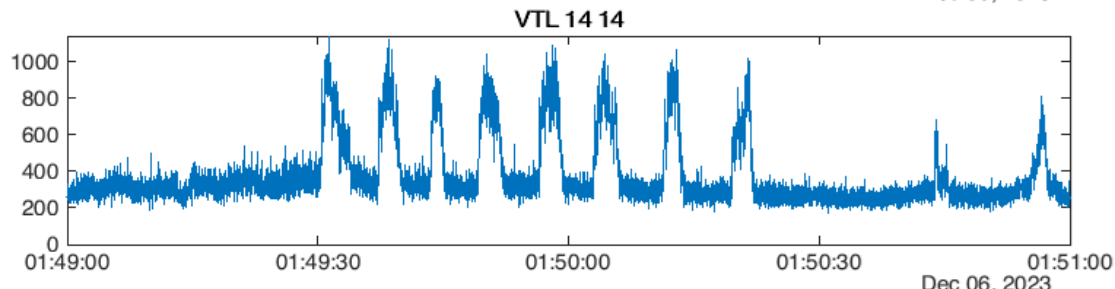
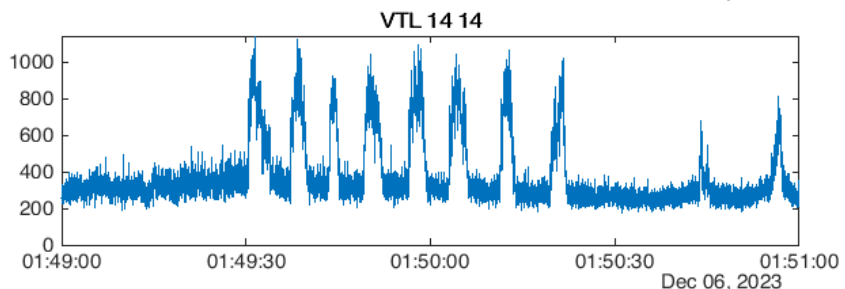
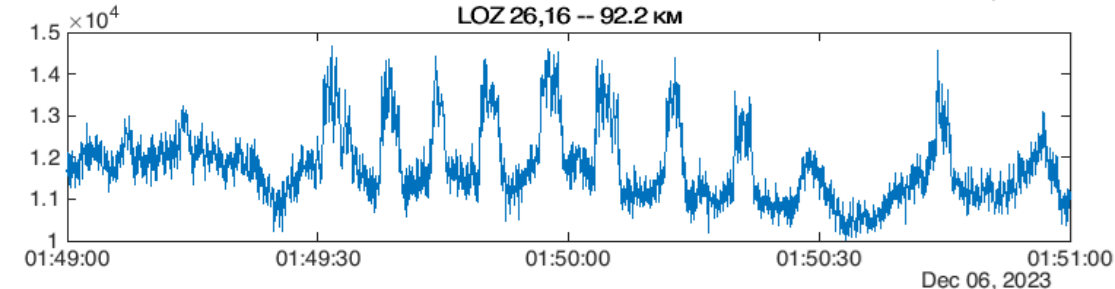
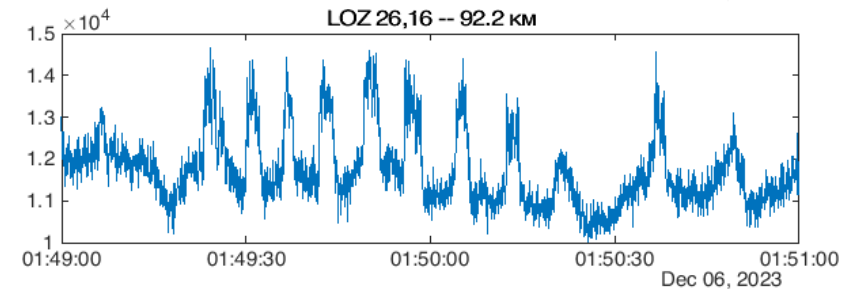
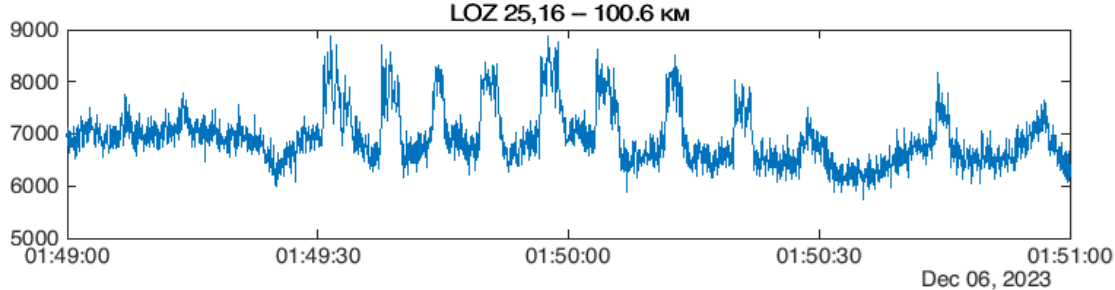
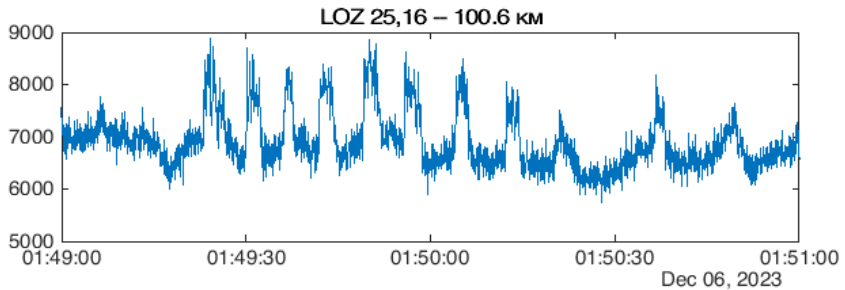
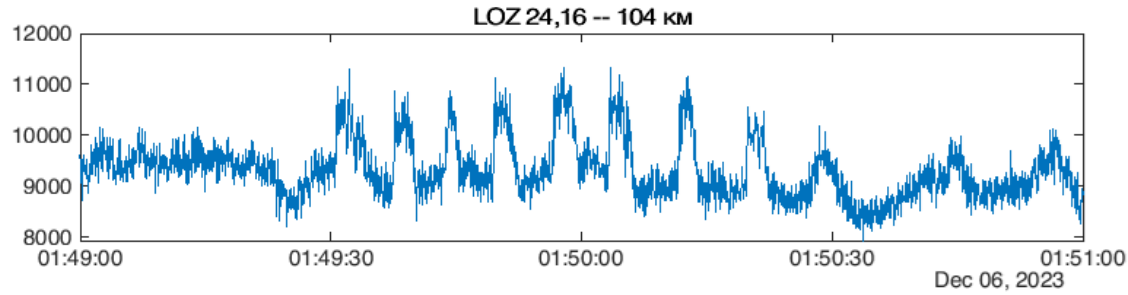
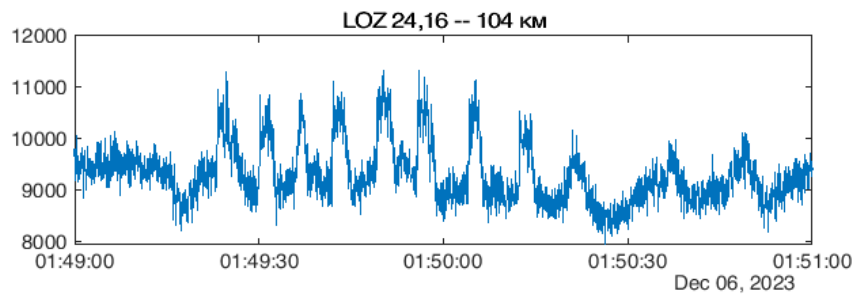


Расчеты при помощи метода с 1D корреляцией



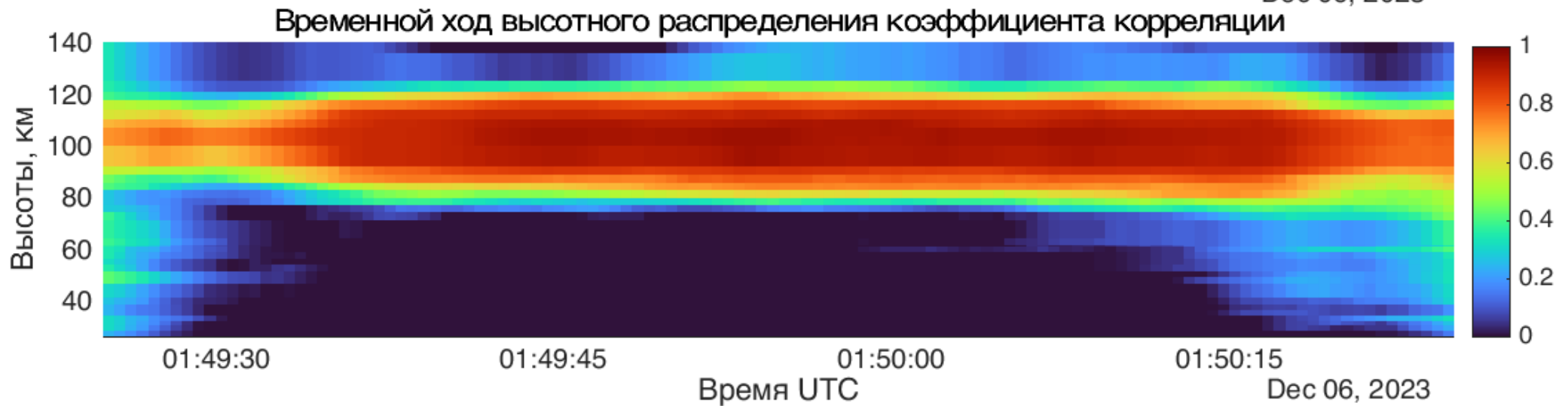
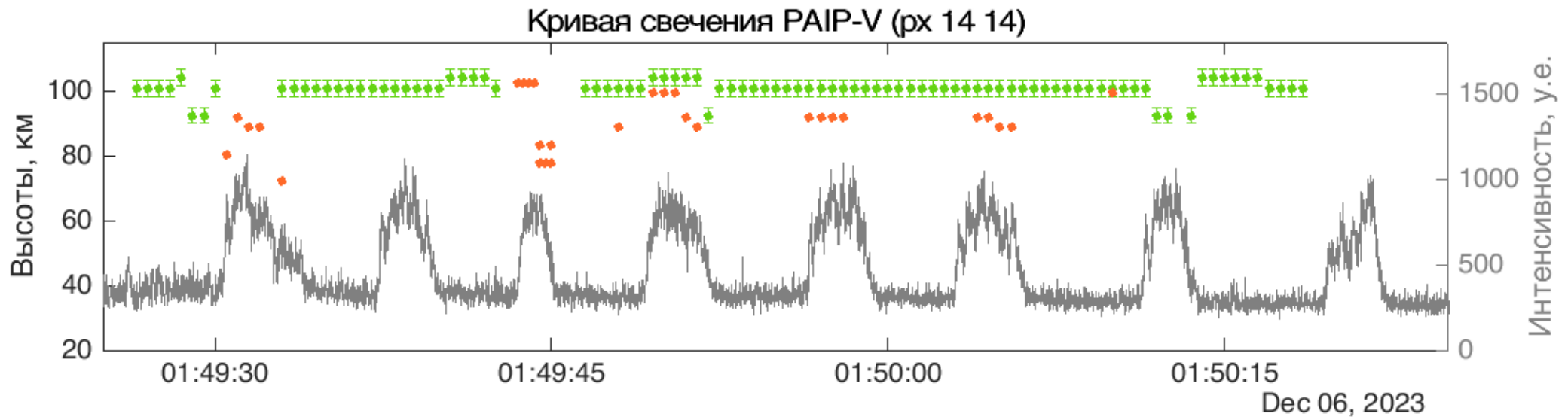
Среднее значение сдвижки
731 такт (такт – 0,01 сек)
Сдвигка 7,5 секунд





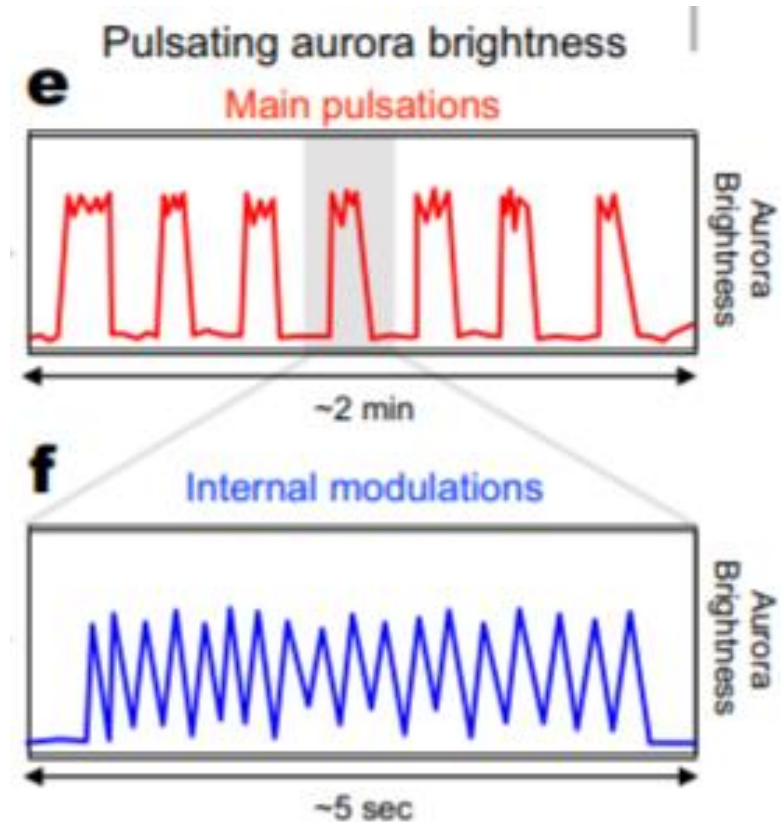
Сдвижка 7,5 секунд

Расчеты при помощи метода с 2D корреляцией при устраненной сдвигке



Пульсирующие полярные сияния

- Для этого типа свечения характерны небольшие модуляции яркости свечения (около 10%) с частотой от 1 до 10 Герц при общем усилении свечения.
- Основная пульсация: 0.01-0.1 Гц
- Внутренняя пульсация: 1-10 Гц



Hosokawa, K., Miyoshi, Y., Ozaki, M. et al. Multiple time-scale beats in aurora: precise orchestration via magnetospheric chorus waves. *Sci Rep* 10, 3380 (2020).
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-59642-8>

Модельные события

140 модельных событий

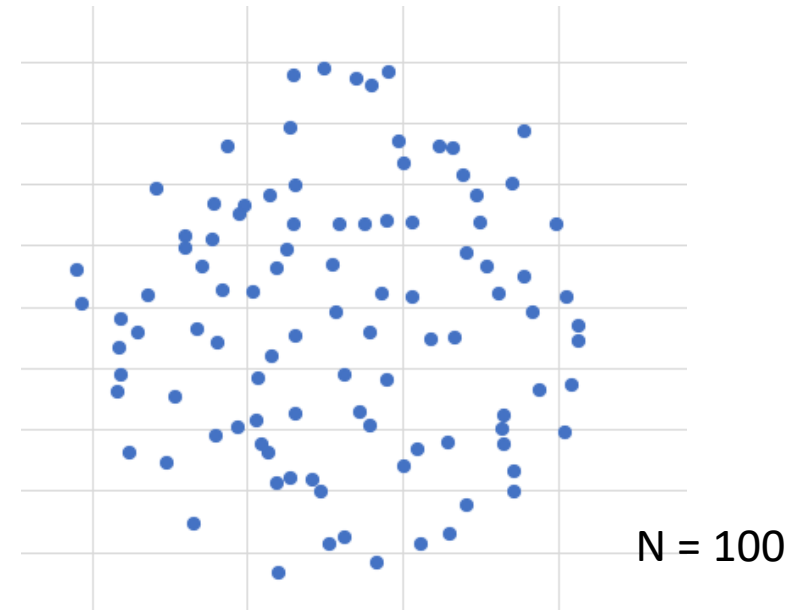
- Диск
- Радиус диска от 2 до 20 км
- Разброс шума от чистого сигнала = 0.01, 0.25, 0.5, 1, 3
- Временная сдвигка – 2,5 сек
- Высота – 93.35 км

Выходные данные после обработки для анализа

- Максимальный КК
- Рассчитанная временная задержка
- *Ширина пика КК в км (FWHM)*

Как моделируется диск

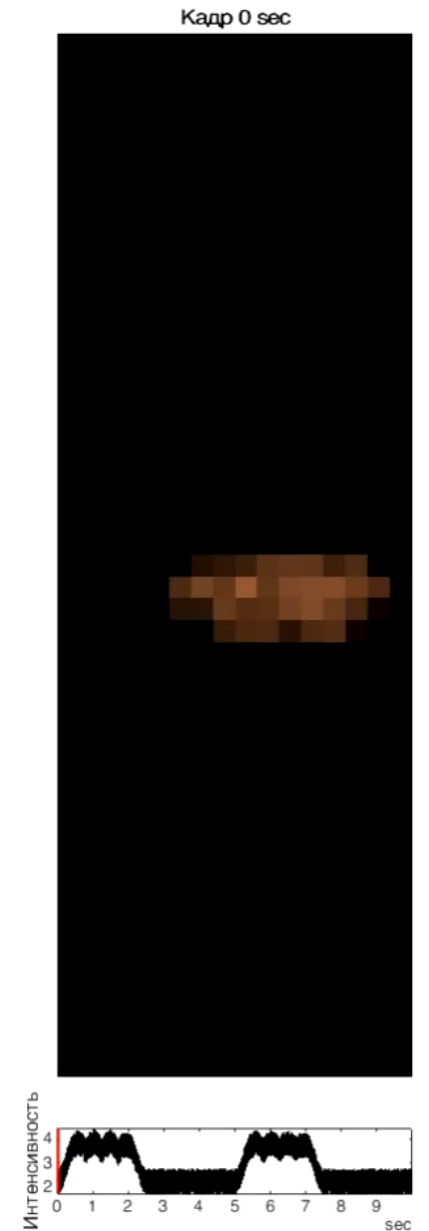
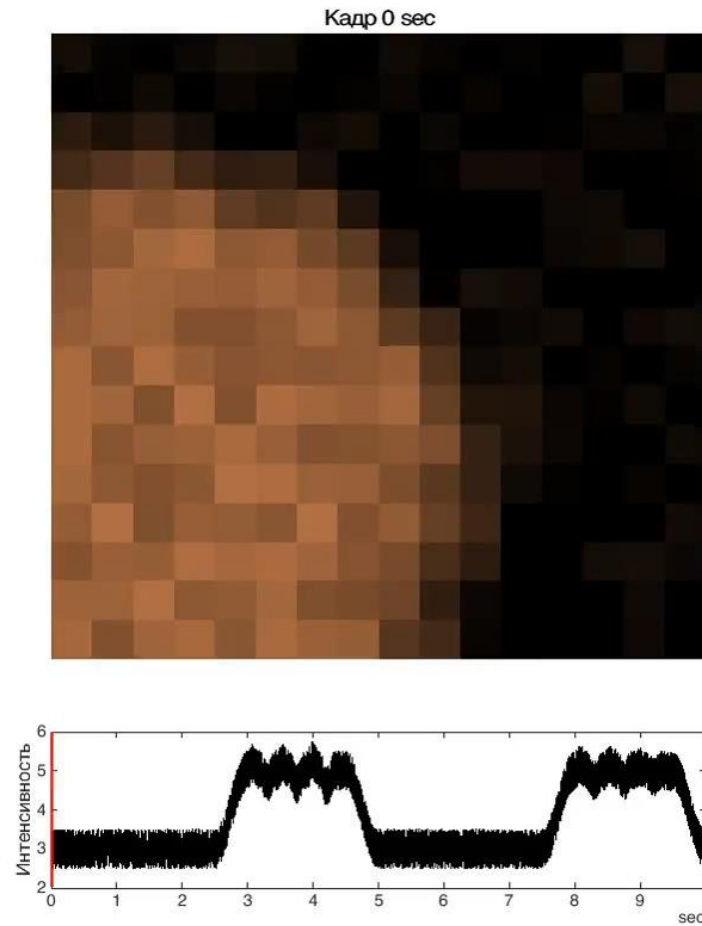
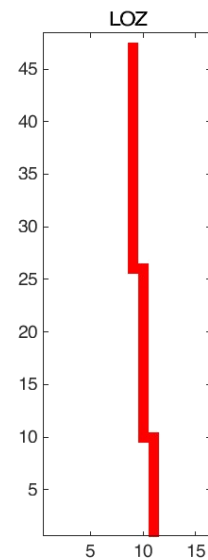
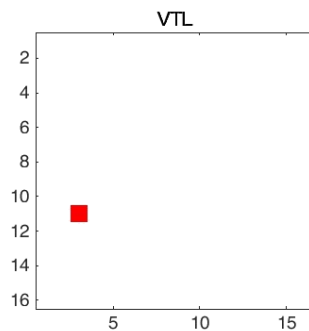
- Выбирается положение центра диска в пространстве
- Накидываются точки ($N=5000$) в случайном порядке по площади диска с выбранным радиусом
- Для каждой точки рассчитывается положение на матрицах обоих детекторов
- Размывается по Гауссу сигнал на матрице
- Собирается все вместе: на полученные изображения диска накладывается кривая свечения и шум



Пример данных анимация

Параметры

- Радиус диска – 14 км
- Разброс шума от чистого сигнала – 0.5
- Высота – 93.35 км



Методы определения высот

```
graph TD; A[Методы определения высот] --> B[1D корреляция]; A --> C[2D корреляция];
```

1D корреляция

Фильтрация от шума медианным фильтром

+ Ищет временную сдвигку

- Медианный фильтр не всегда справляется с шумом, нужно подбирать шаг отдельно для каждого события

2D корреляция

Фильтрация от шума при помощи вейвлет-преобразования и сравнения скалограмм

+ Устойчиво фильтрует полезный сигнал

- Временная сдвигка ломает результат

Методы определения высот

```
graph TD; A[Методы определения высот] --> B[1D корреляция]; A --> C[2D корреляция]; B --> D[1D корреляция с вейвлет-подавлением шума]; C --> D;
```

1D корреляция

Фильтрация от шума медианным фильтром

+ Ищет временную сдвигку

- Медианный фильтр не всегда справляется с шумом, нужно подбирать шаг отдельно для каждого события

2D корреляция

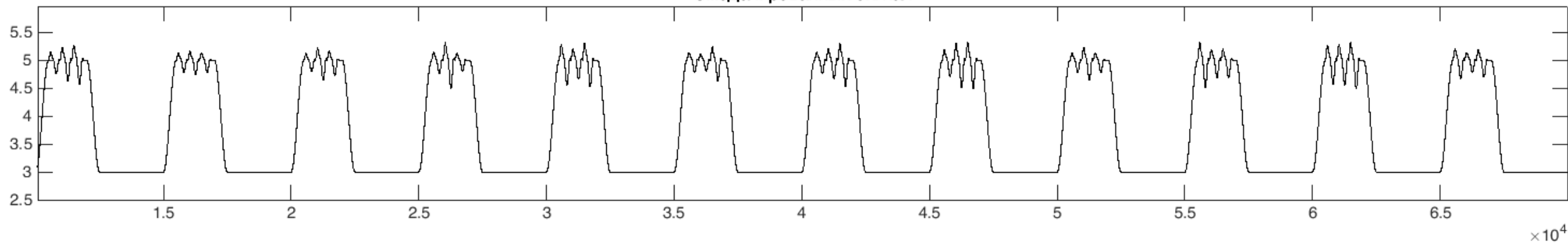
Фильтрация от шума при помощи вейвлет-преобразования и сравнения скалограмм

+ Устойчиво фильтрует полезный сигнал

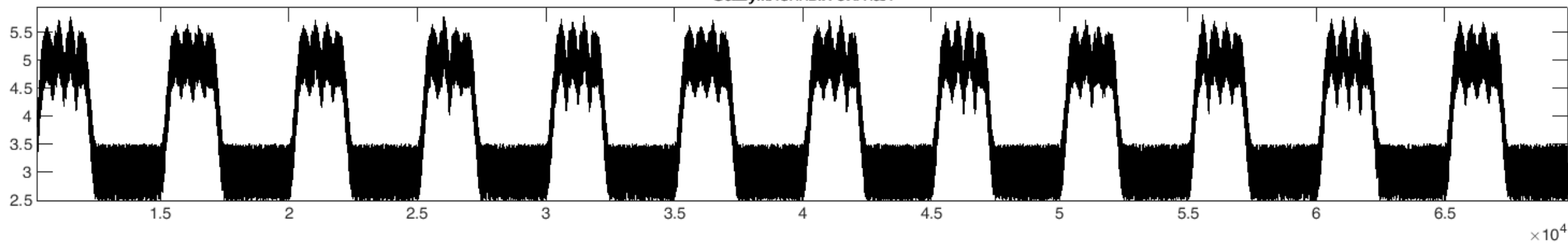
- Временная сдвигка ломает результат

1D корреляция с вейвлет-подавлением шума

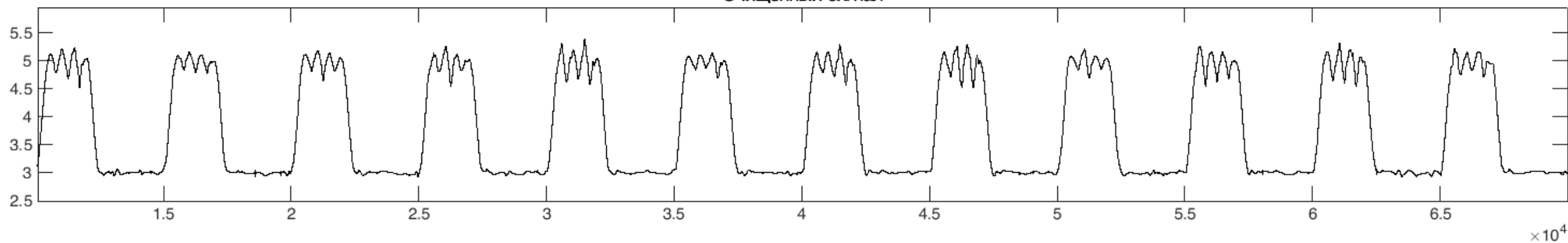
Смоделированный сигнал



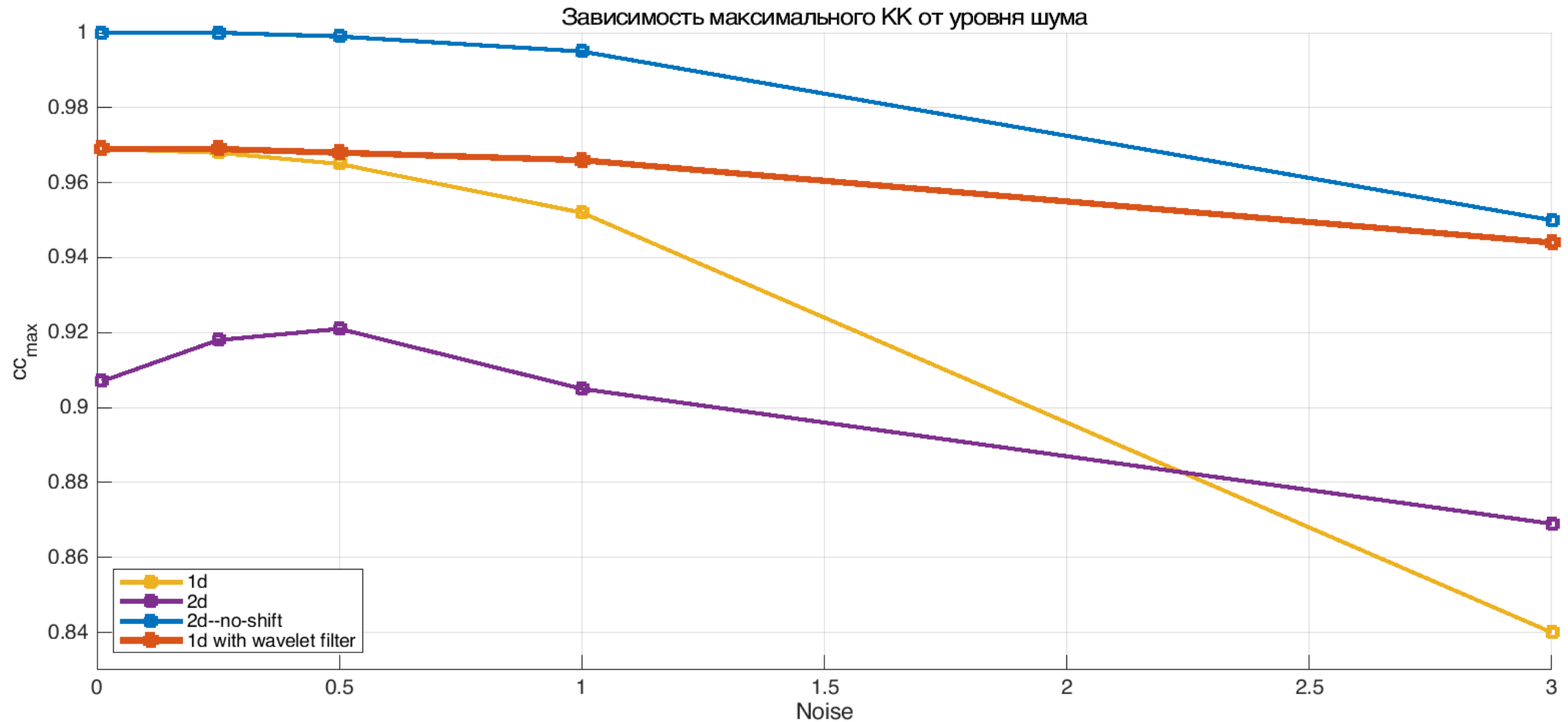
Зашумленный сигнал



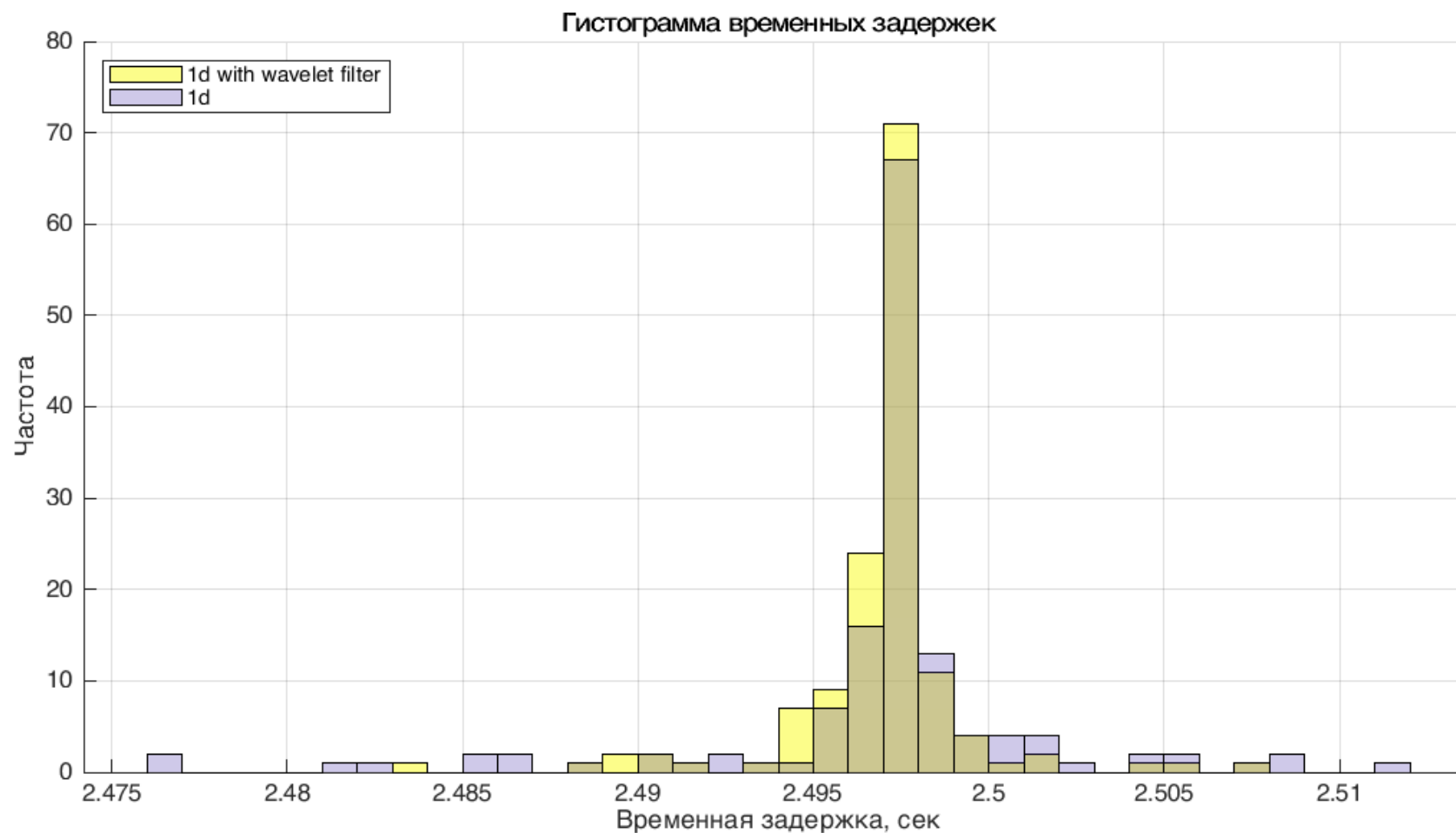
Очищенный сигнал



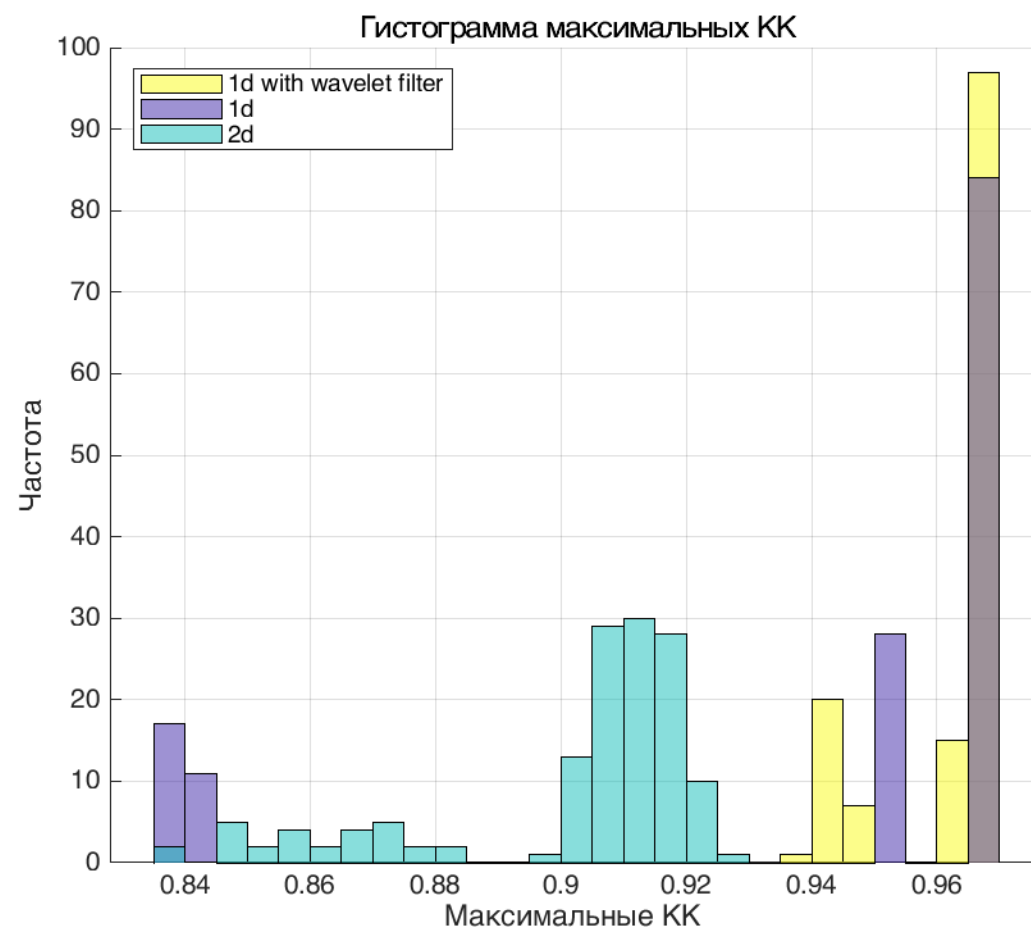
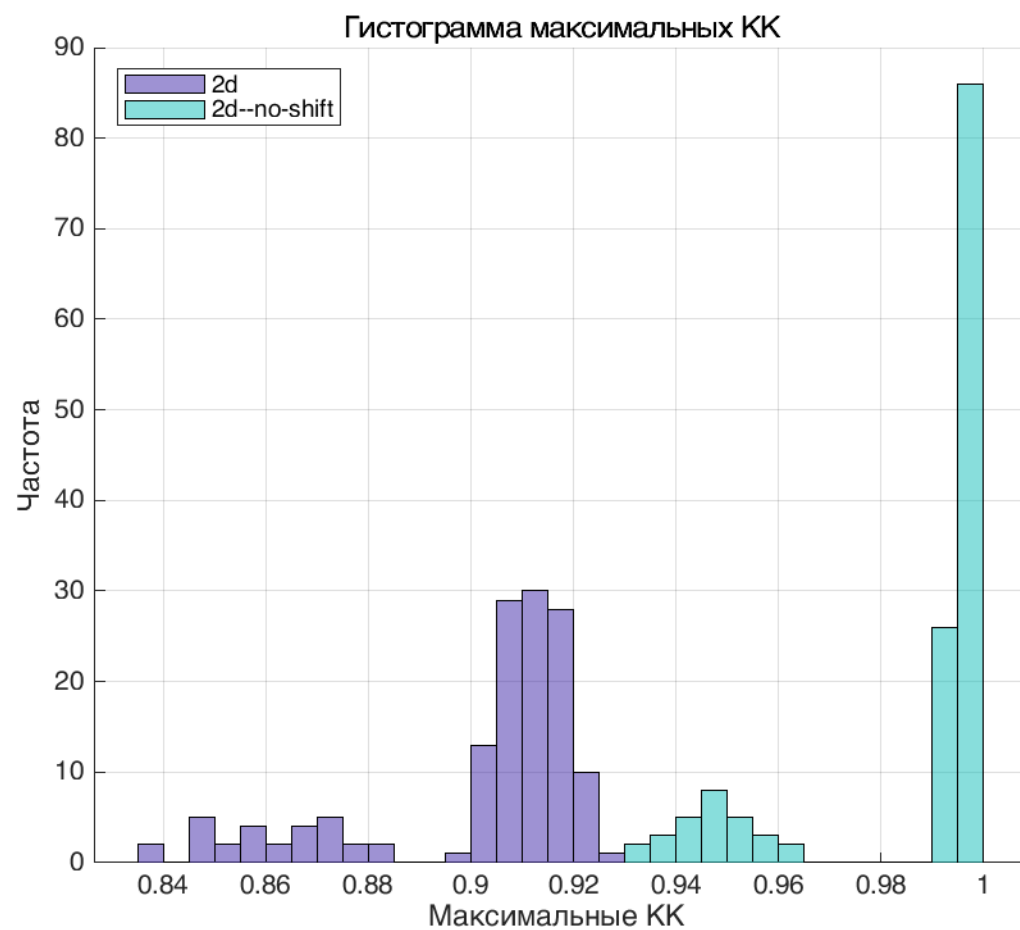
Сравнительный анализ



Сравнительный анализ



Сравнительный анализ



Спасибо за внимание!
