



Наблюдение эффектов солнечных вспышек на НЭС «Северный полюс»

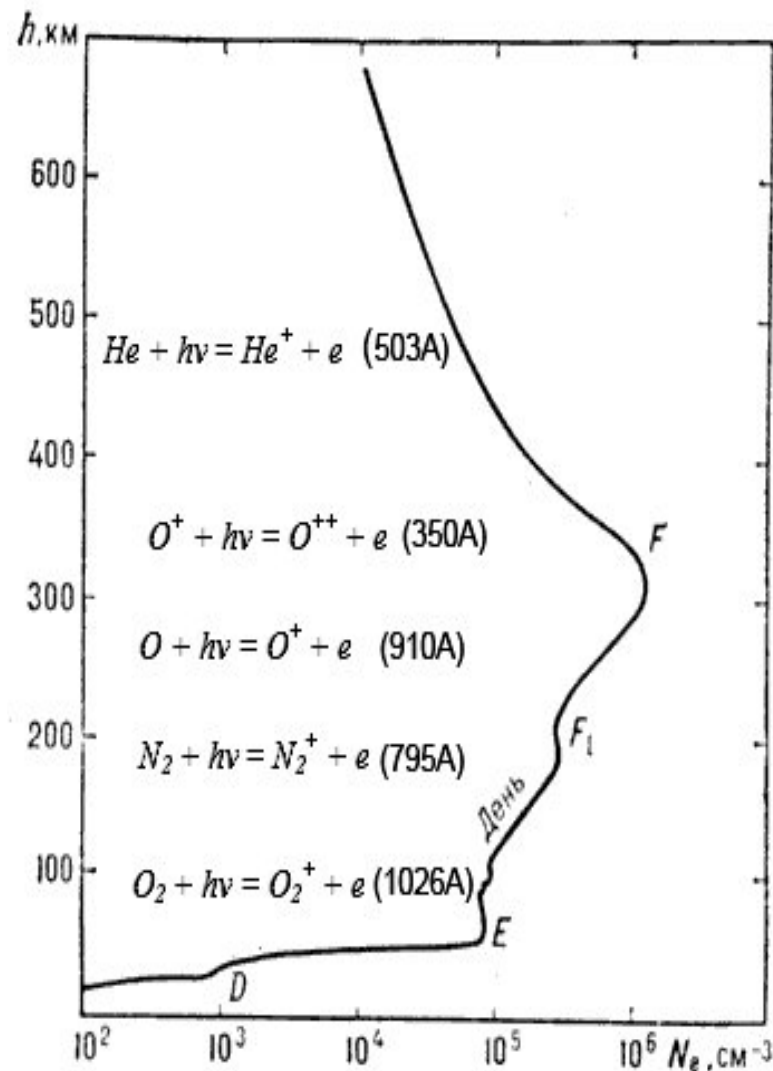
И.С. Байшев, А.С. Калишин, Н.Ф. Благовещенская, Т.Д. Борисова, И.М. Егоров,
Г.А. Загорский, О.Ю. Стрибный.

Внезапные ионосферные возмущения

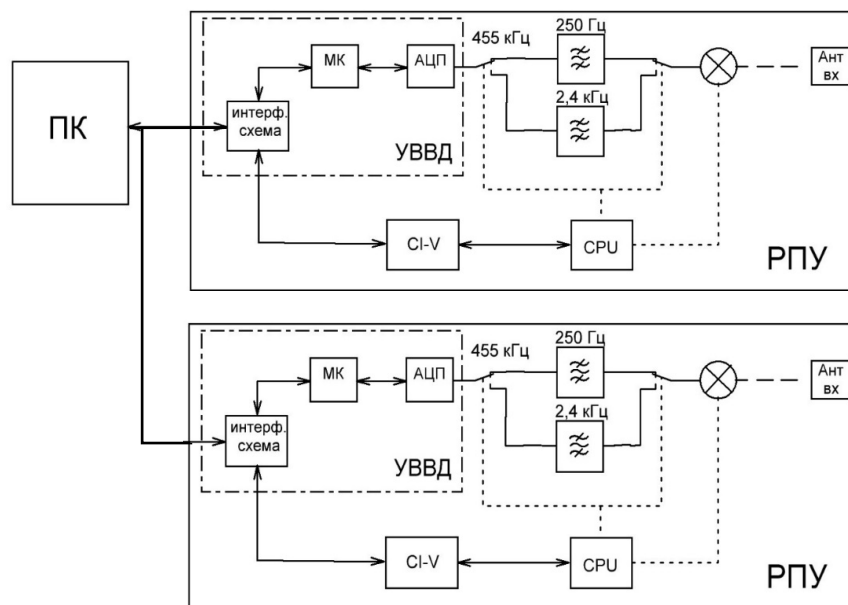


Импульсное УФ-излучение производит кратковременное увеличение скоростей фотоионизации в E- и F-областях ионосферы. В E- области увеличение электронной концентрации составляет 50-200 %, а в F-области - от 10 до 30 %

Внезапные ионосферные возмущения (ВИБ или SID), обусловленные воздействием солнечного ветра, проявляются одновременно на всех освещенной полусфере.



Используемая аппаратура



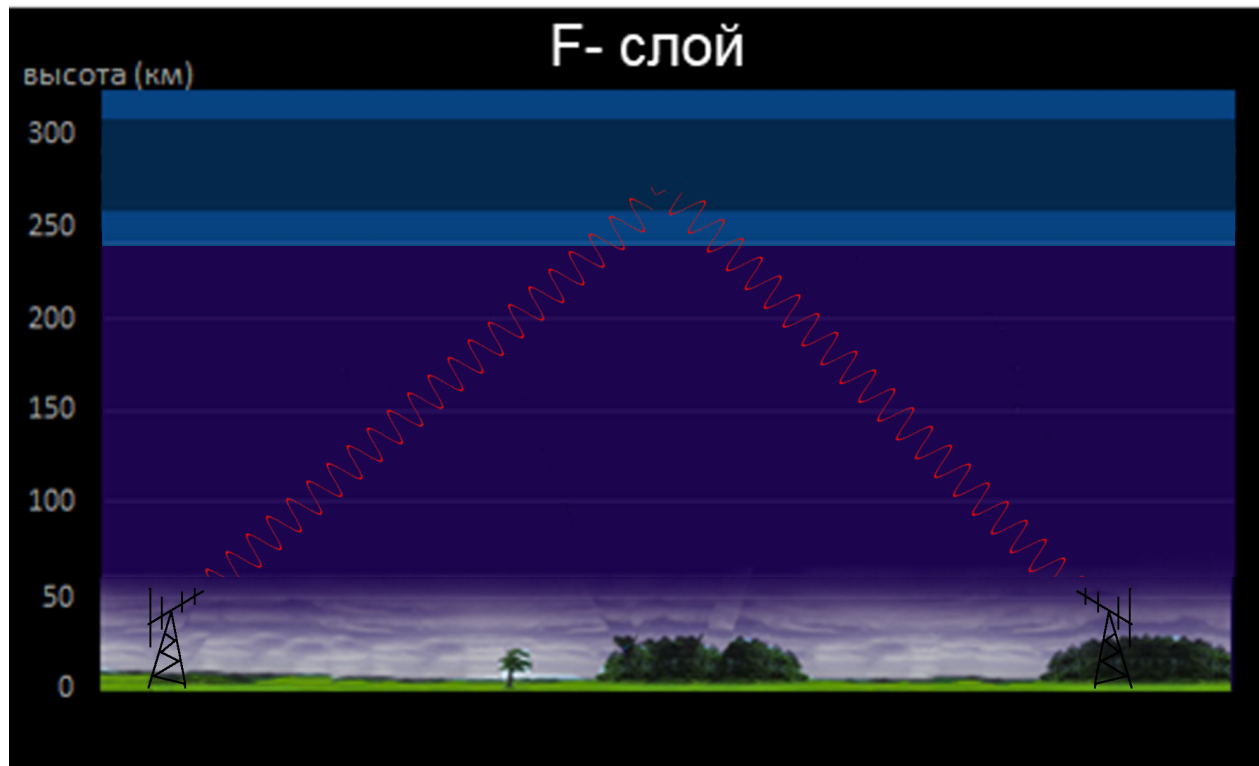
Двухканальный доплеровский комплекс установлен на борту научно-экспедиционного судна.

Комплекс предназначен для дистанционной диагностики естественных и искусственных ионосферных возмущений.

Наблюдения организованы методом бистатического радара. В качестве передающих устройств используются радиопередатчики мировой сети радиовещательных станций КВ радиодиапазона, работающих в режиме амплитудной модуляции.

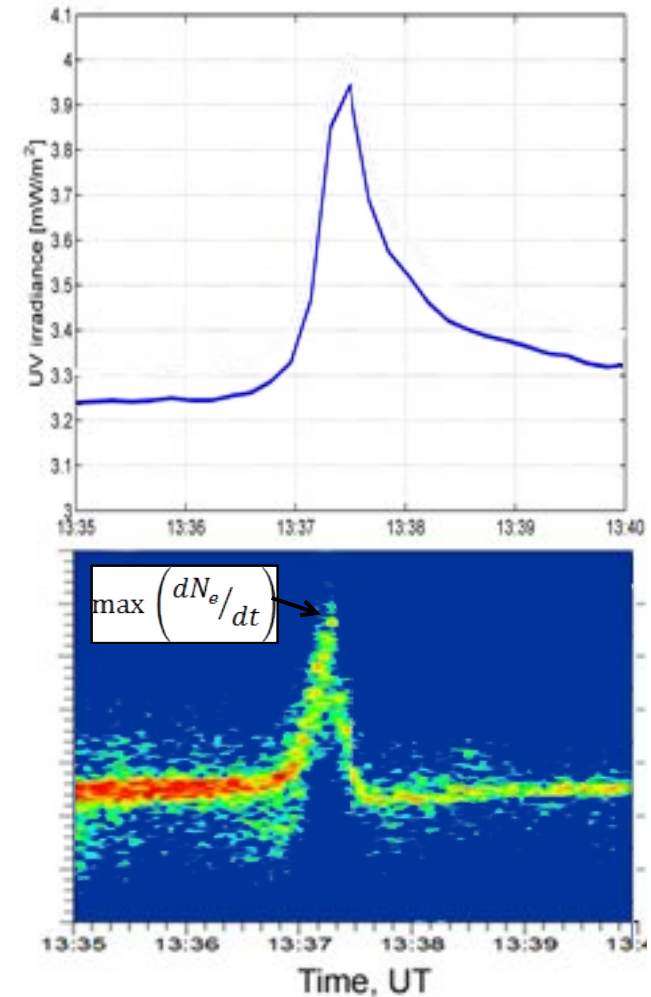
Комплекс реализован на радиоприемниках ICOM IC-R75. Программное обеспечение комплекса осуществляет синхронную спектральную обработку регистрируемых сигналов в полосе 250 Гц и трехмерное отображение результатов анализа в координатах частота – время - амплитуда,

Эффект Доплера



Эффект Доплера при ионосферном распространении радиоволн обусловлен временным изменением параметров ионосферы, dh/dt и/или dN/dt .

Всплески рентгеновского и УФ - излучений, сопровождающие вспышку, в зависимости от спектрального распределения энергии, могут вызвать заметные возрастания N_e на определенных высотах. Это приведет к изменениям условий отражения сигналов, т. е. к вариациям Δf на соответствующих частотах.



Статистика наблюдений

За время проведения экспедиций СП-41 и СП-42 (октябрь 2022 – апрель 2025г) было зарегистрировано 22 события типа SFD и 21 события SWF

Для мониторинга ВИБ использовались передатчики радиоцентров, расположенных в Китае и США

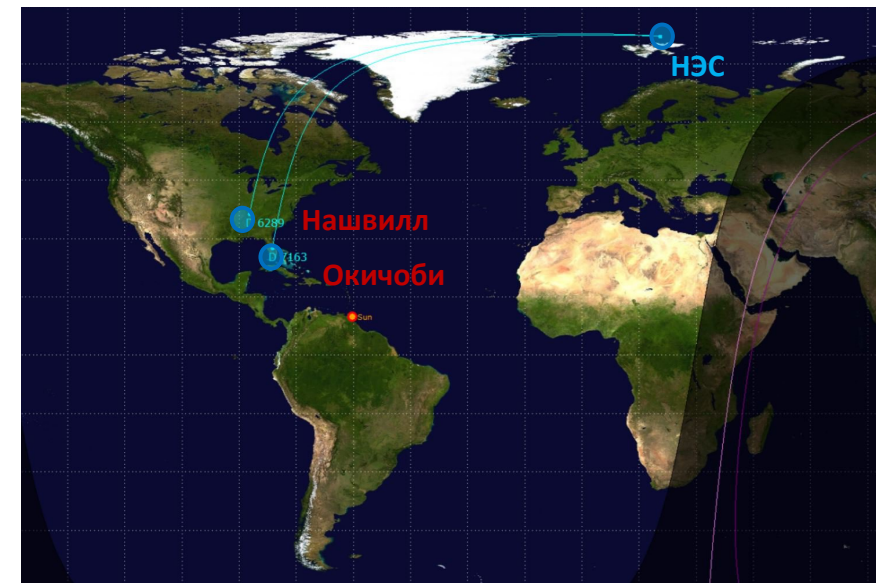
	SFD	SWF
2022	2	1
2023	6	4
2024	12	13
2025	2	3

Для анализа отклика ионосферы на импульсную компоненту солнечных вспышек используются данные :

- моделирования положения линий терминатора
- космических аппаратов GOES
- изображения солнечного диска



Примеры радиотрасс при регистрации ВИБ



Вспышка от 10 марта 2024

M7.43

RMI → SP-41

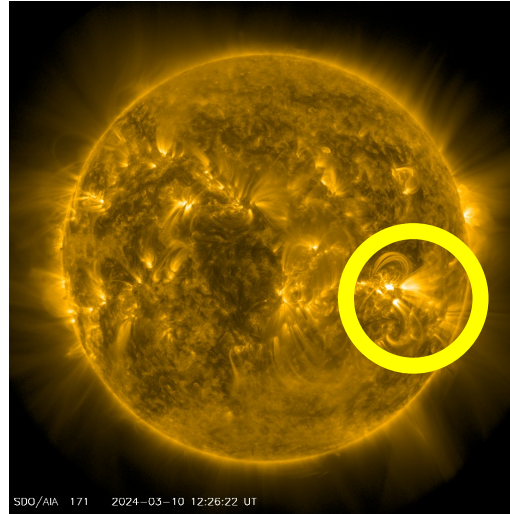
Трасса: Окичоби, Флорида, США → ЛСП

Частота: 15.770 МГц

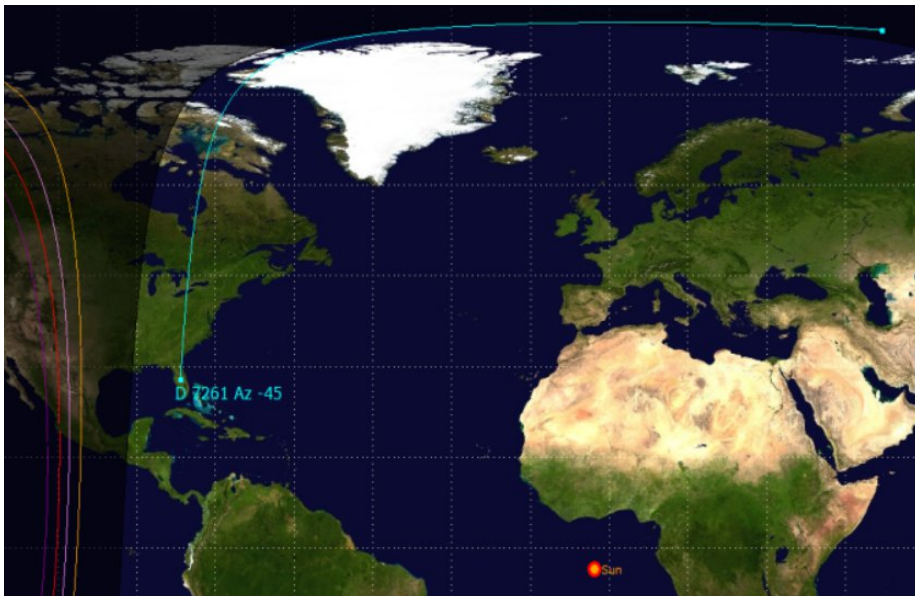
Протяженность трассы: 7260 км

Эффект: Девиация частоты
+ замирание сигнала

Девиация сигнала: 14 Гц

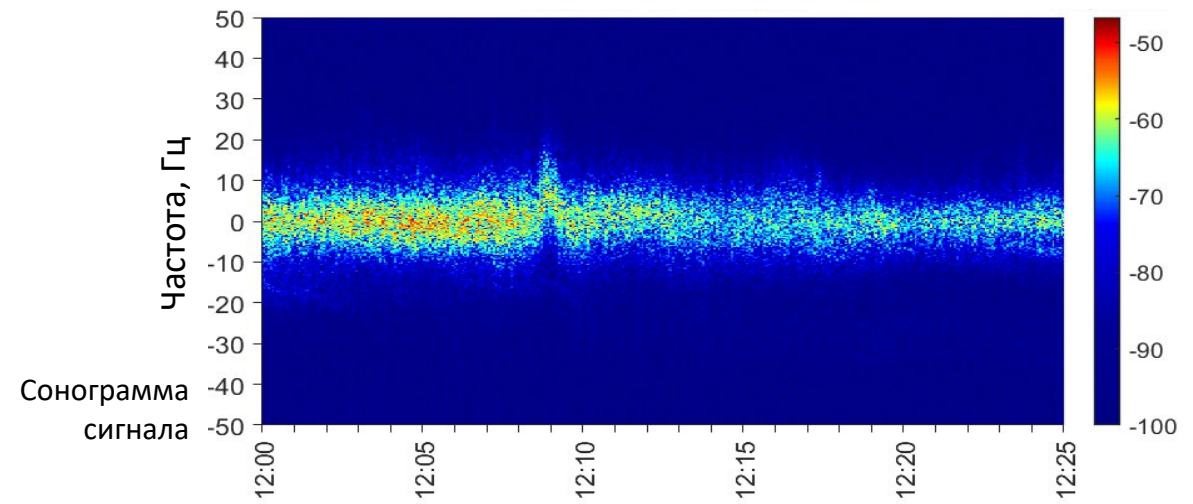
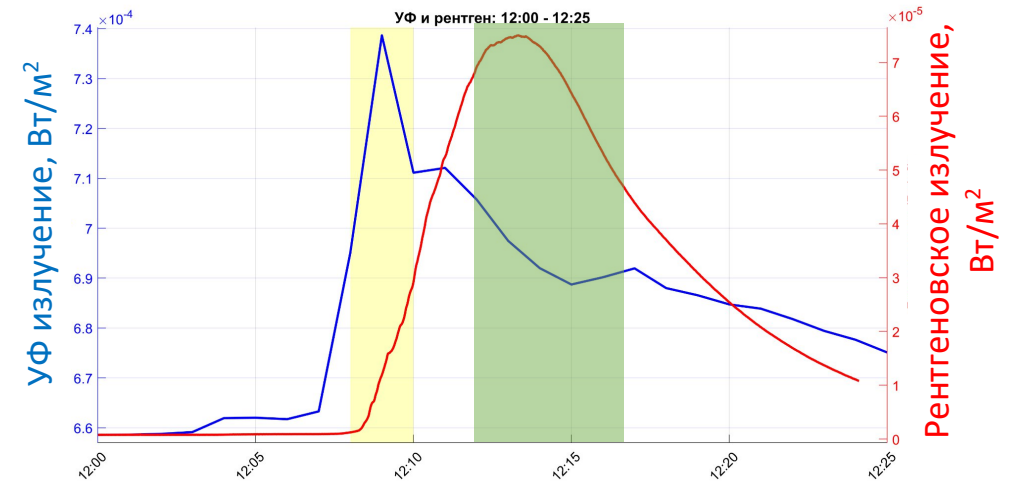


Положение пятна на
солнечном диске



Радиотрасса и
линии терминатора

Вспышка УФ и рентгеновского излучения



Рентгеновская вспышка 18 марта 2024

M6.77

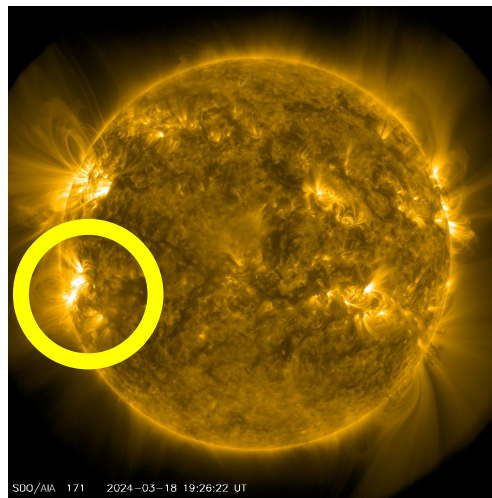
WCR → SP-41

Трасса: Нэшвилл, Теннесси, США → ЛСП

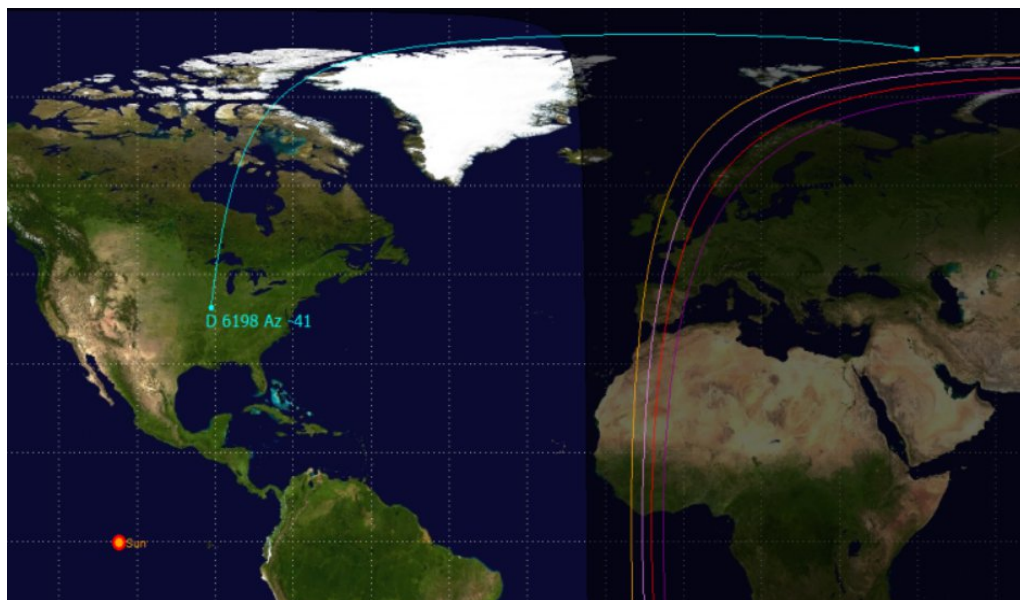
Частота: 15.825 МГц

Протяженность трассы: 6200 км

Эффект: Замирание КВ-сигнала (SWF)

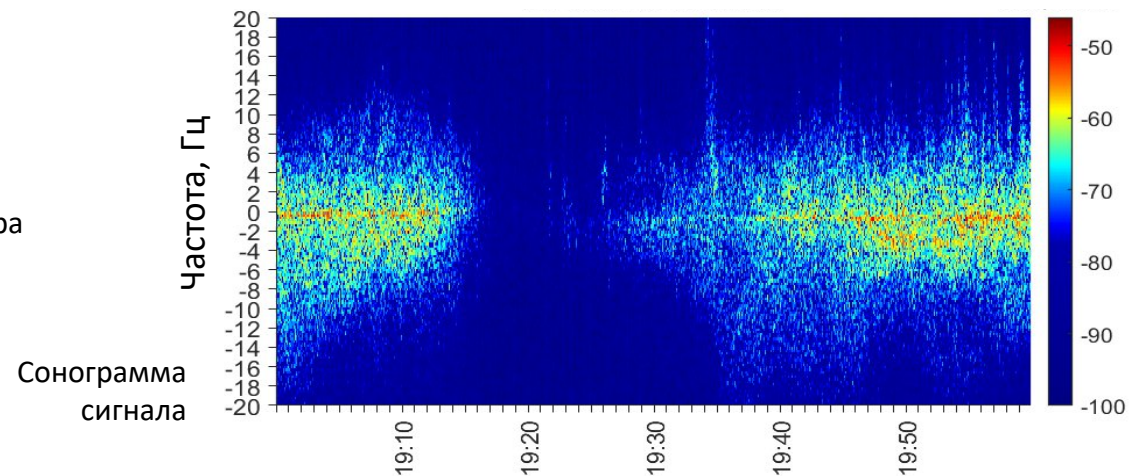
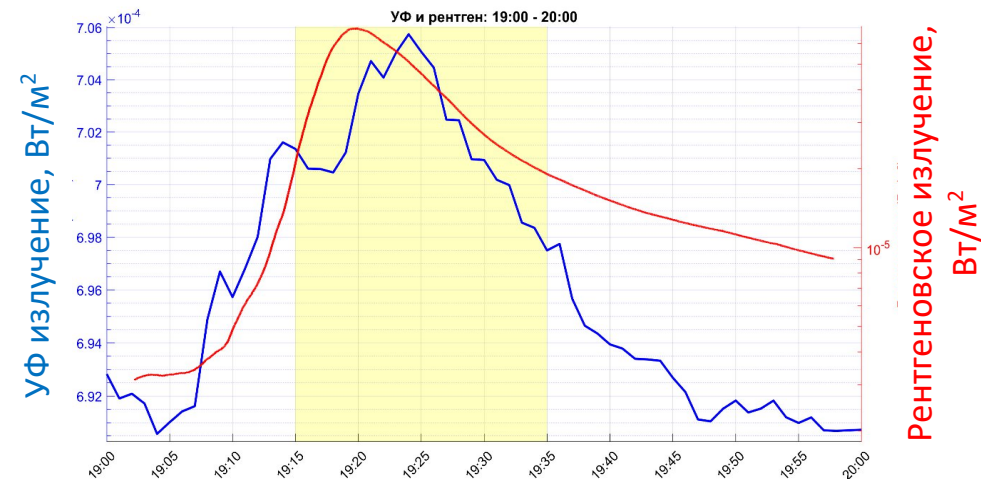


Положение пятна на солнечном диске



Радиотрасса и линии терминатора

Вспышка УФ и рентгеновского излучения



Комбинированная вспышка 16 февраля 2024

X2.56

KSH → SP-41

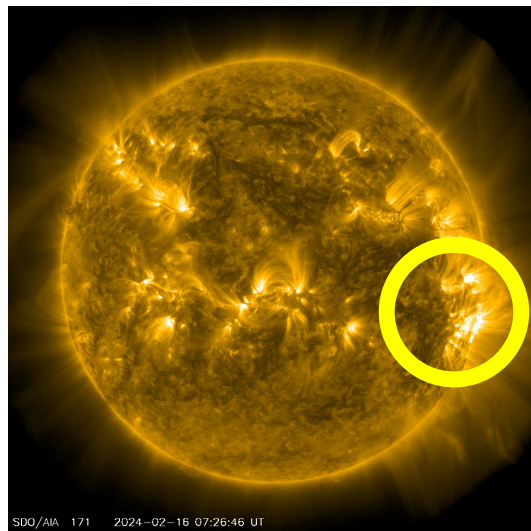
Трасса: Кашкар, Китай → ЛСП

Частота: 13.770 МГц

Протяженность трассы: 4950 км

Эффект: Девиация частоты
+ замирание сигнала

Девиация сигнала: 8 Гц

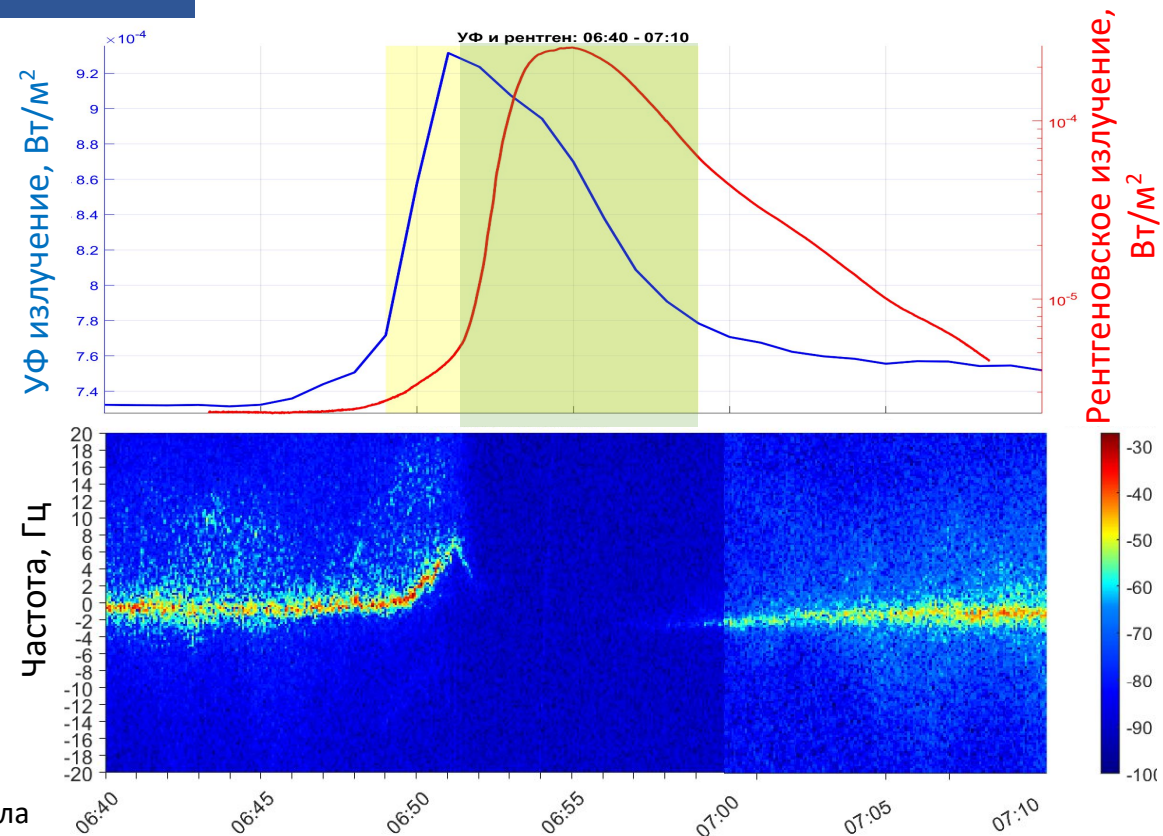


Положение пятна на солнечном диске

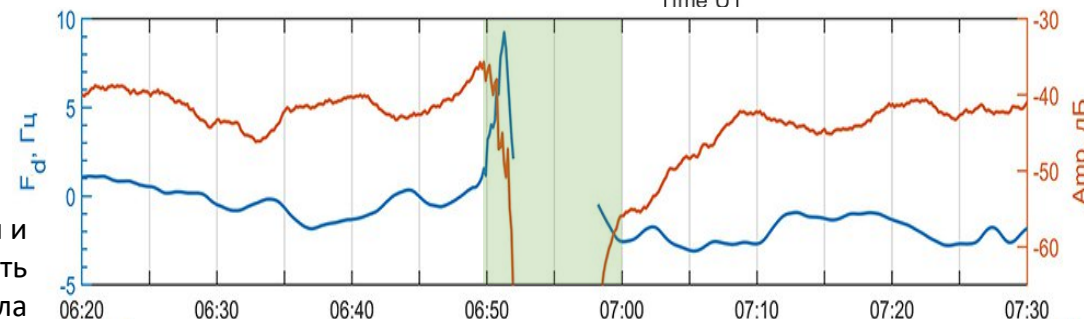
Радиотрасса и линии терминатора

Девиация частоты и интенсивность диагностического сигнала

Вспышка УФ и рентгеновского излучения



Сонограмма сигнала



Предварительные результаты

- ✓ Зарегистрировано 22 события типа SFD и 21 события SWF
- ✓ ВИБ регистрируются только на освещенных радиотрассах
- ✓ Интенсивность отклика ионосферы зависит от:
 - Частоты принимаемого сигнала
 - Протяженности радиотрассы
 - Зенитного угла Солнца
 - Расположения источника на диске Солнца
 - Интенсивности и скорости возрастания солнечного излучения