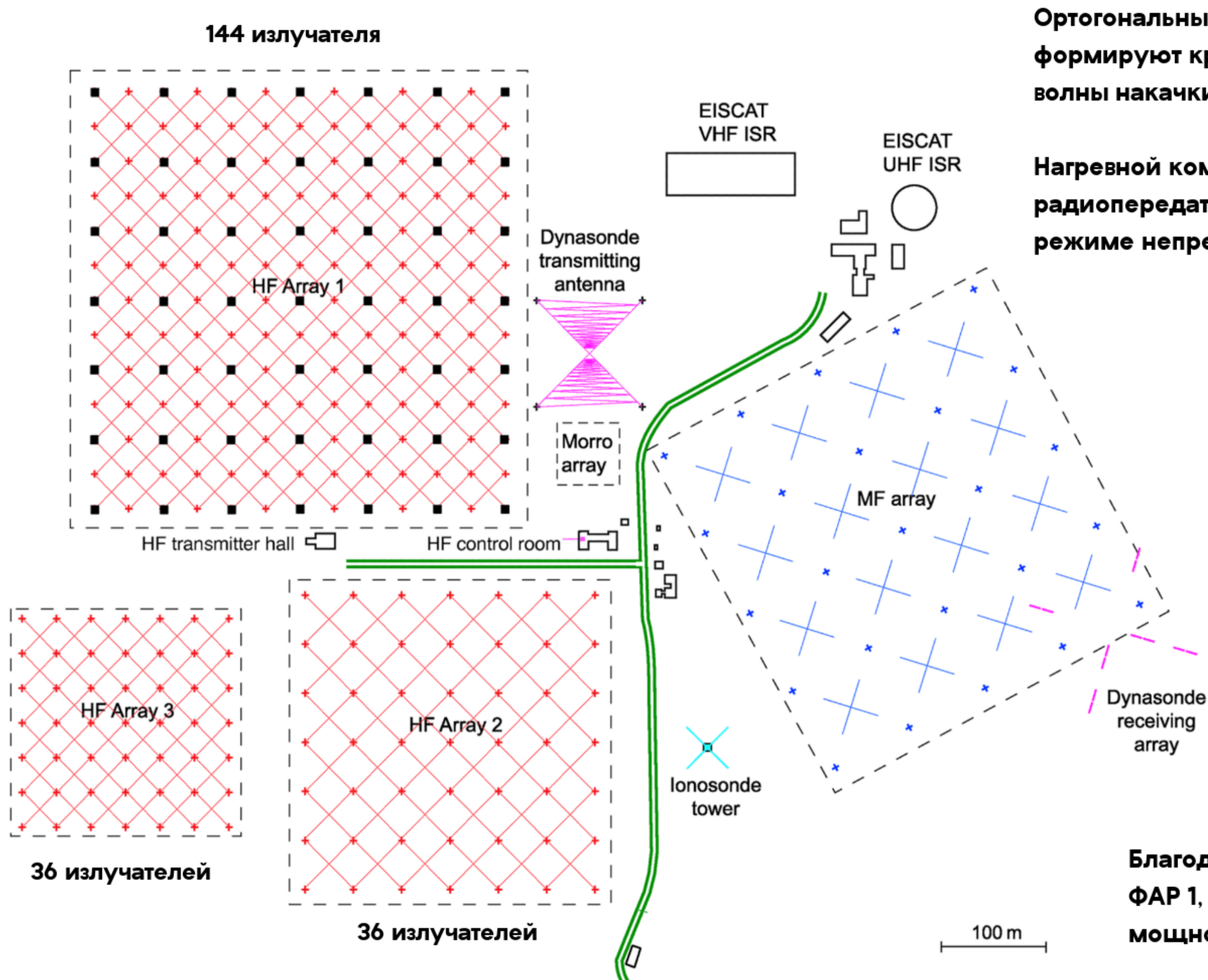


**ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ИОНОСФЕРНЫХ  
ВОЗМУЩЕНИЙ ВЫЗВАННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЕМ  
МОЩНЫХ КВ РАДИОВОЛН НАГРЕВНЫМ СТЕНДОМ  
EISCAT ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ  
ДИАГНОСТИКИ**

И.М. Егоров, А.С. Калишин, Н.Ф. Благовещенская, Т.Д. Борисова

# Нагревной стенд EISCAT/Heating



Ортогональные диполи антенных решеток формируют круговую поляризацию излучаемой волны накачки.

Нагревной комплекс имеет двенадцать радиопередатчиков номинальной мощностью в режиме непрерывного излучения 100 кВт.

Антенные системы имеют коэффициент усиления от 23 до 31 dBi в рабочем диапазоне частот от 3.85 до 8 МГц.

Ширина ДН ФАР 1 составляет  $7^\circ$ , ФАР 2 и ФАР 3 -  $14^\circ$ . ДН ФАР 2 и ФАР 3 отклоняется в плоскости север - юг на  $\pm 30^\circ$  от вертикали, ФАР 1 на  $\pm 20^\circ$ .

Благодаря большому коэффициенту усиления ФАР 1, комплекс может развивать эффективную мощность излучения до 1.2 ГВт.

# Многоканальный КВ доплеровский комплекс и аппаратура прямой регистрации радиоизлучения



Многоканальный доплеровский комплекс

Дистанционная диагностика позволяет исследовать:

1. условия возбуждения, поведения и характеристики мелкомасштабных искусственных ионосферных неоднородностей МИИН, возбуждаемых при нагреве F-области ионосферы мощными КВ радиоволнами обыкновенной и необыкновенной поляризации
2. явления в ионосферной плазме при нагреве на частотах вблизи гирагармоник электронов
3. условия генерации и характеристики узкополосного искусственного радиоизлучения ионосферы



Аппаратура прямой регистрации

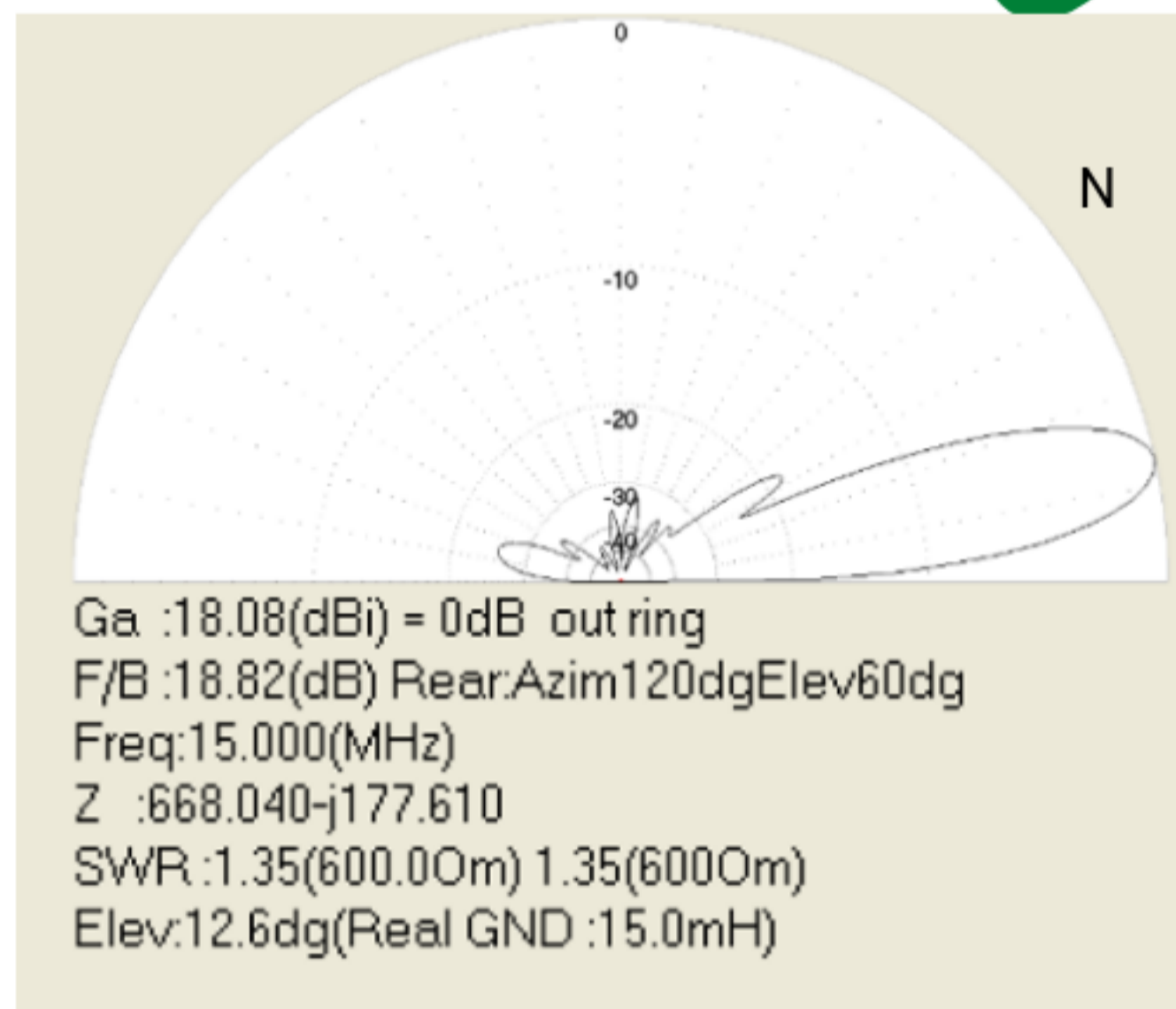
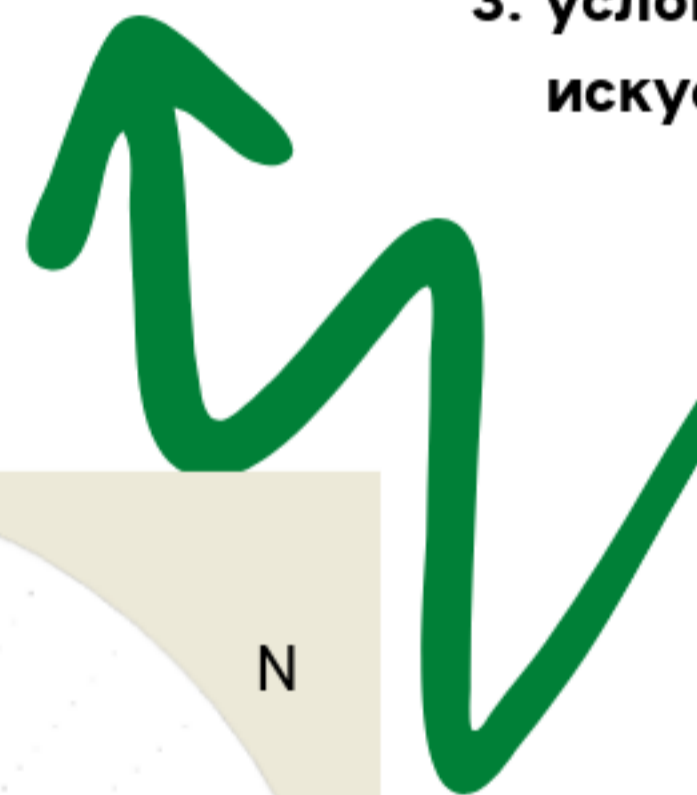
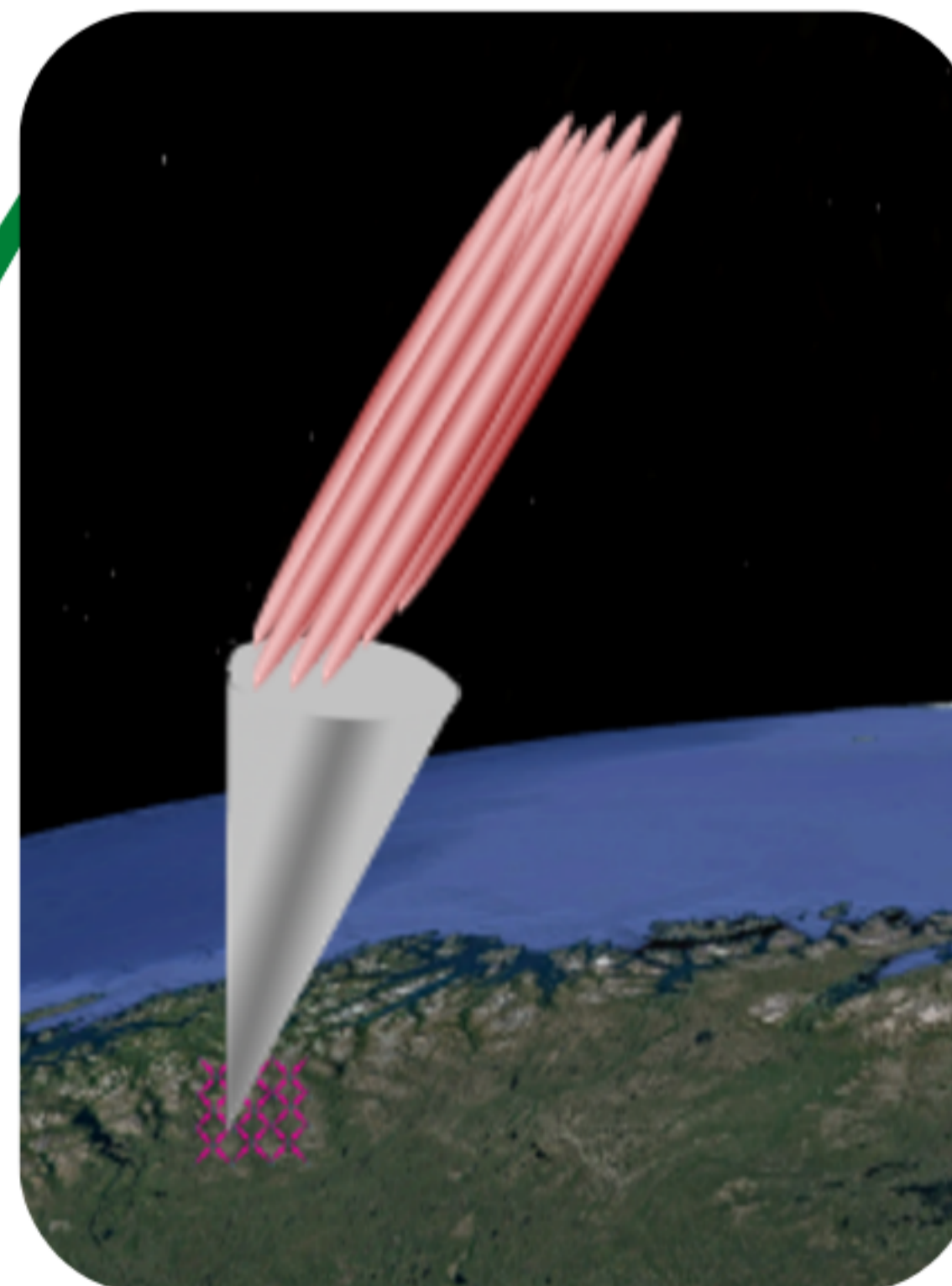
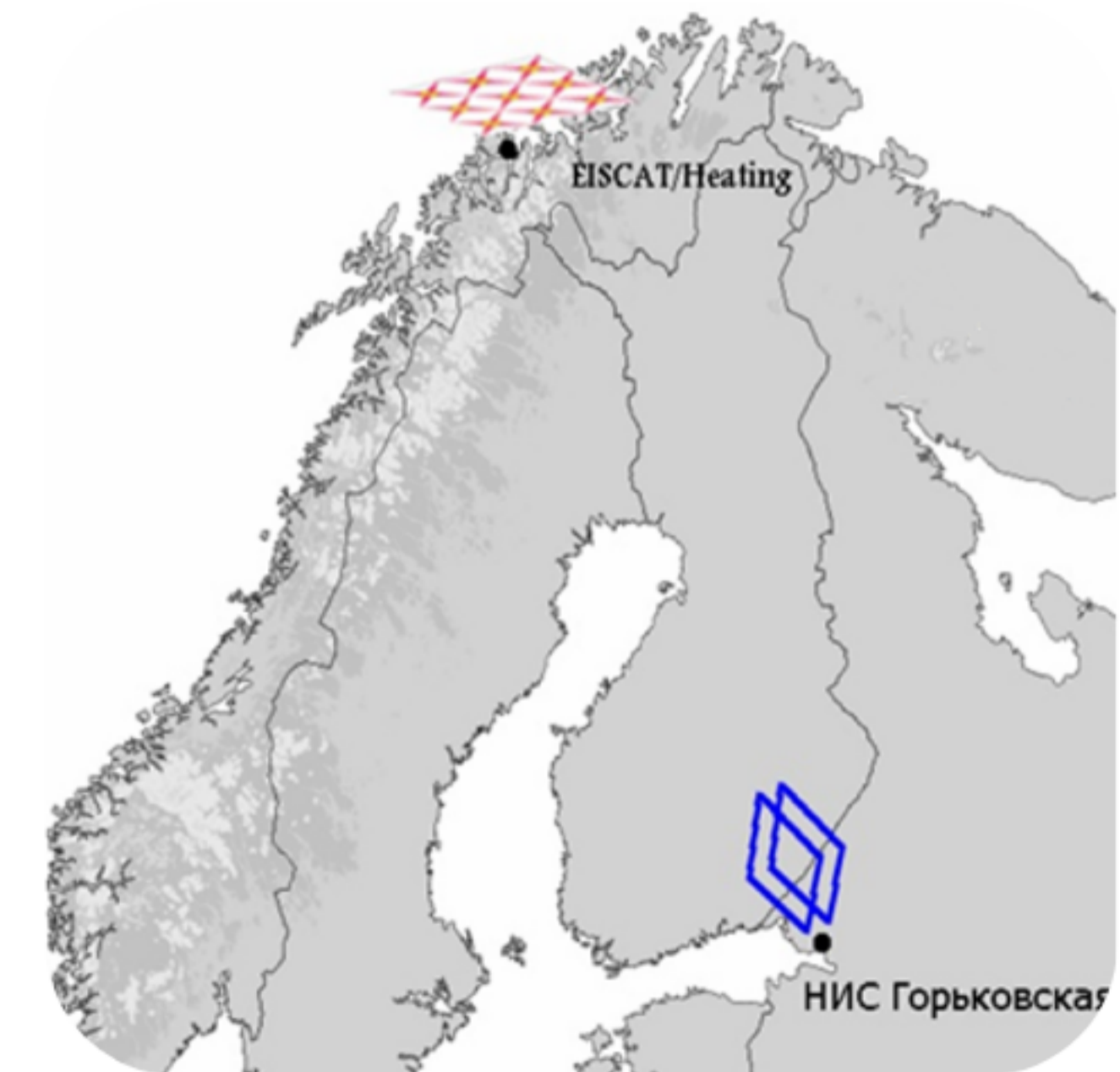


Диаграмма направленности приемной антенны типа "двойной ромб" на станции ГРК



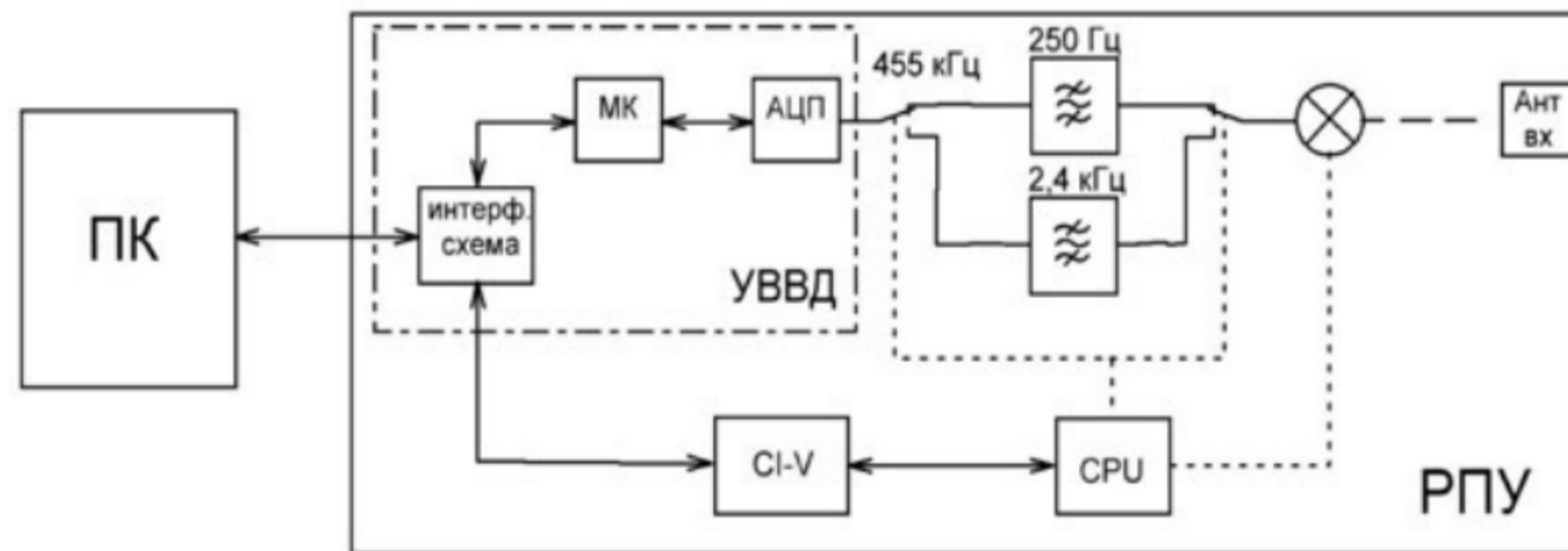
Вытянутые вдоль силовых линий магнитного поля Земли МИИН



Расположение и ориентация приемной антенны типа "двойной ромб" на станции ГРК

# Многоканальный КВ доплеровский комплекс и аппаратура прямой регистрации радиоизлучения

**Многоканальный доплеровский комплекс осуществляет регистрацию рассеянных диагностических сигналов**



Диапазон рабочих частот, МГц	0.03 – 60
Минимальный шаг подстройки частоты, Гц	1
Количество приемных каналов	1 - 8
Чувствительность при С/Ш = 10 дБ в диапазоне 1.8 – 54 МГц не хуже, мкВ	0.16
Относительная нестабильность частоты опорного генератора	$5 \times 10^{-7}$
Динамический диапазон не хуже, дБ	102
Разрядность АЦП, бит	18
Ширина полосы анализа, Гц	250
Частота дискретизации при полосе 250 Гц, Гц	1000
Цифровой интерфейс для связи с ПК	USB 2.0
Диапазон рабочих температур, °С	0...+50
Входное сопротивление антенны, Ом	50
Гнездо антенны	UHF
Напряжение питания РПУ, В	13.8±15
Максимальный ток потребления одного канала, А	1.1

# Многоканальный КВ доплеровский комплекс и аппаратура прямой регистрации радиоизлучения

Аппаратура прямой регистрации осуществляет регистрацию излучения нагревного комплекса

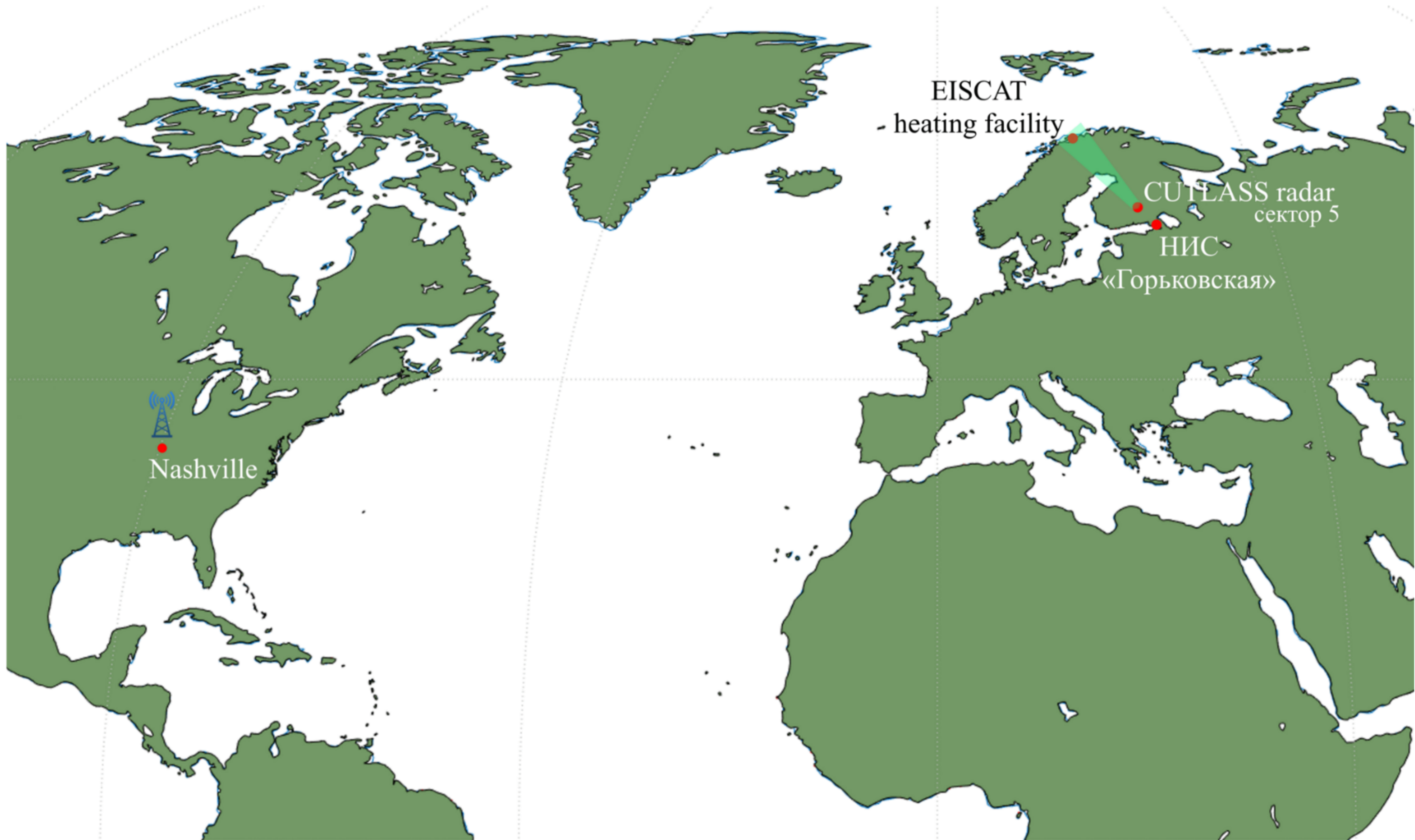
Технические характеристики	SDR Perseus	IC-R75
Диапазон принимаемых частот, МГц	0.01 - 30	0.03 - 60
Напряжение питания, В	5	13.8
Потребляемый ток, А	0.7	0.9
Виды модуляции	SSB, CW, AM, FM	SSB, CW, AM, FM
Чувствительность в режимах CW/SSB при полосе пропускания 2.4 кГц и 10 дБ (S+N)/N, мкВ	0.39	0.18
Динамический диапазон	115	102
Максимальная глубина режекторного фильтра, дБ	> 70	-
Подавление зеркального канала, дБ	90	>70
Подавление соседнего канала в режиме CW, дБ	при разносе 20 кГц, 79	при разносе 2.0 кГц 60



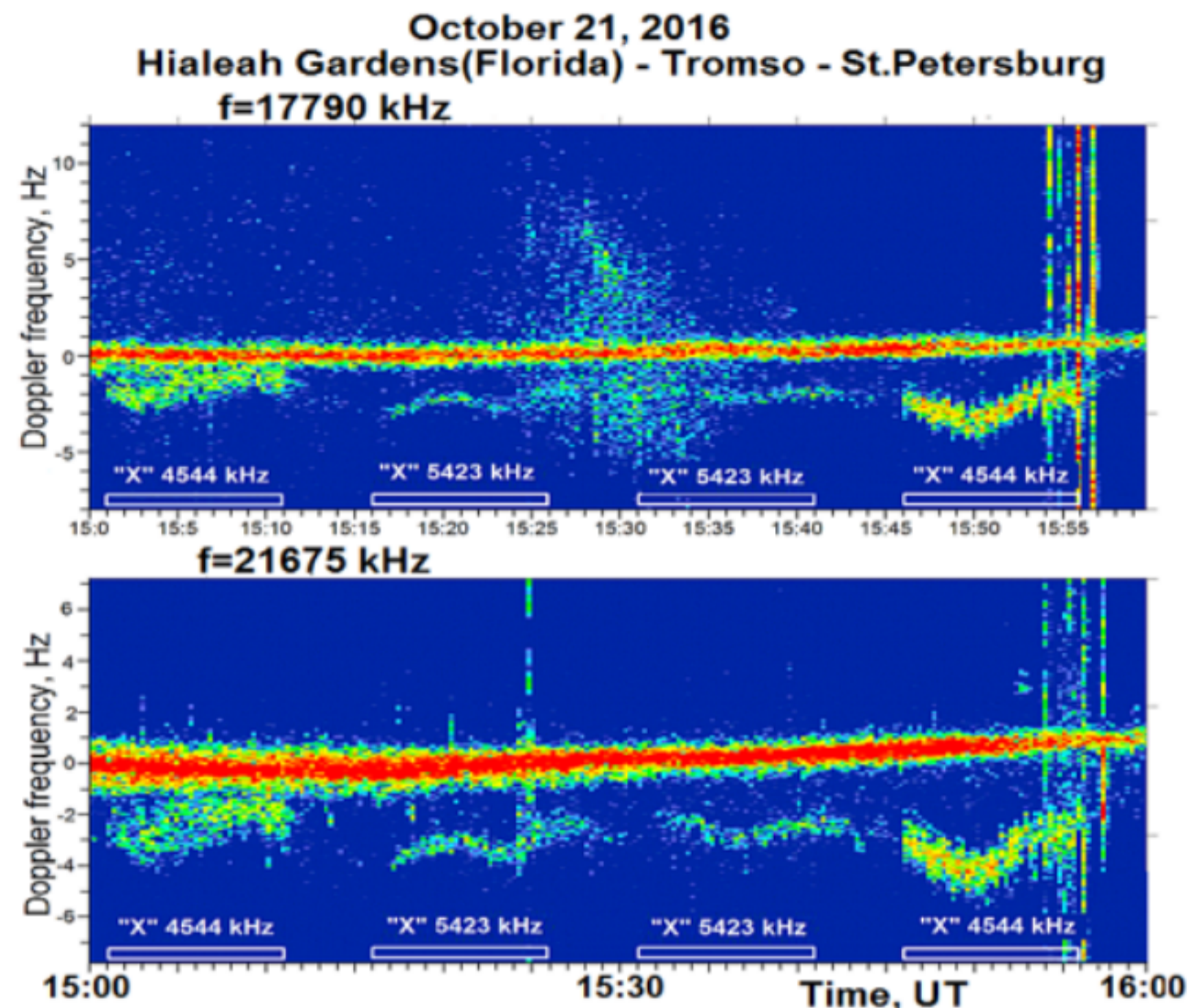
ААНИИ

Арктический  
и антарктический  
научно-исследовательский  
институт

# Схемы экспериментов



# Эксперимент 20 октября 2016 года



$f_H = 4544$  и  $5423$  кГц,

X-мода поляризации в магнитный зенит.

Радиотрасса трасса: город Hialeah Gardens, FL, США - НИС «Горьковская».

Допплеровские сдвигами частоты 1 – 5 Гц.

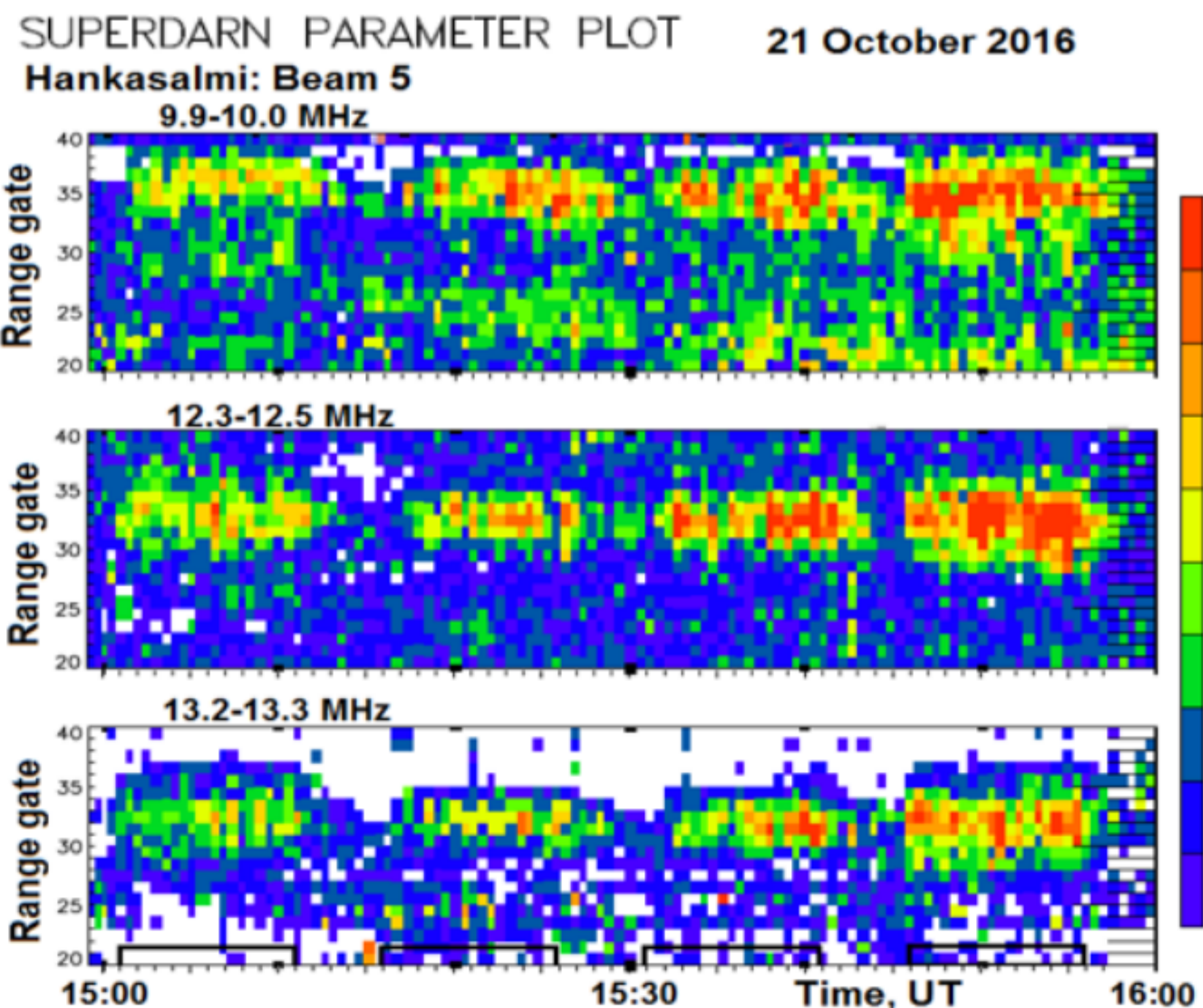
Частоты принимаемых диагностических сигналов составляли 17790 МГц и 21675 МГц.

Когерентный коротковолновый доплеровский радар CUTLASS, расположенный в Hankasalmi, Финляндия,

Радар излучал на трех частотах 10,0, 12,4 и 13,2 МГц в направлении комплекса EISCAT/Heating (луч 5).

В каждом цикле нагрева наблюдались сигналы, рассеянные на неоднородностях с поперечными масштабами  $\perp \sim 9.2 - 11$  м.

Наблюдается длительное время релаксации, до 3-х минут.



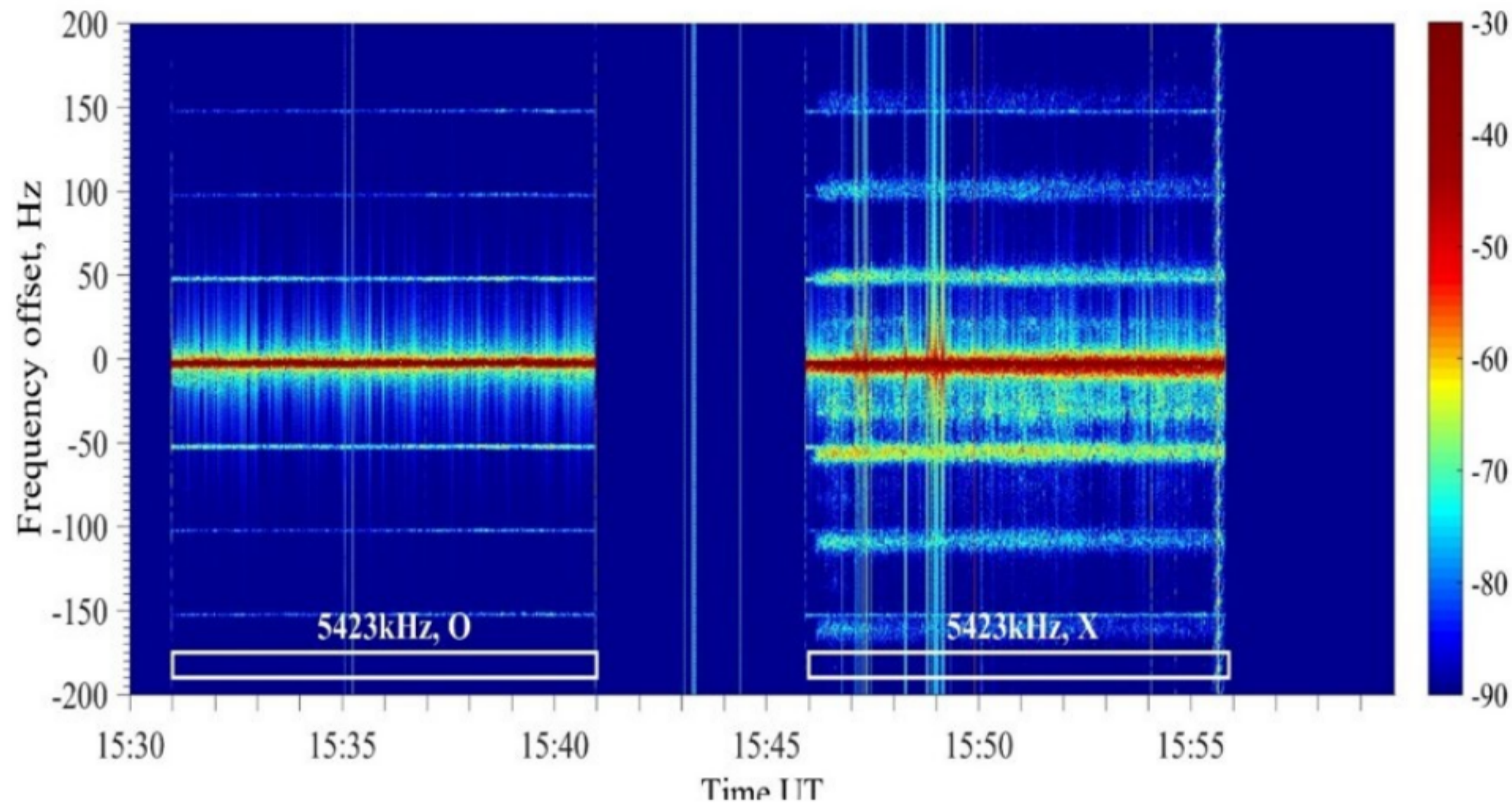
# Узкополосное искусственное радиоизлучение ионосферы

Серии экспериментов, проведенные на нагревном стенде EISCAT, показали, что при нагреве ионосферной плазмы мощными КВ радиоволнами необыкновенной (Х-мода) поляризации на частотах нагрева как ниже, так и выше критической частоты слоя F2 ( $F_h < f_{OF2}$  и  $F_h > f_{OF2}$ ), возможно возбуждение различных спектральных компонент УИРИ и их регистрация на значительном (более 1000 км) удалении от КВ нагревного комплекса.





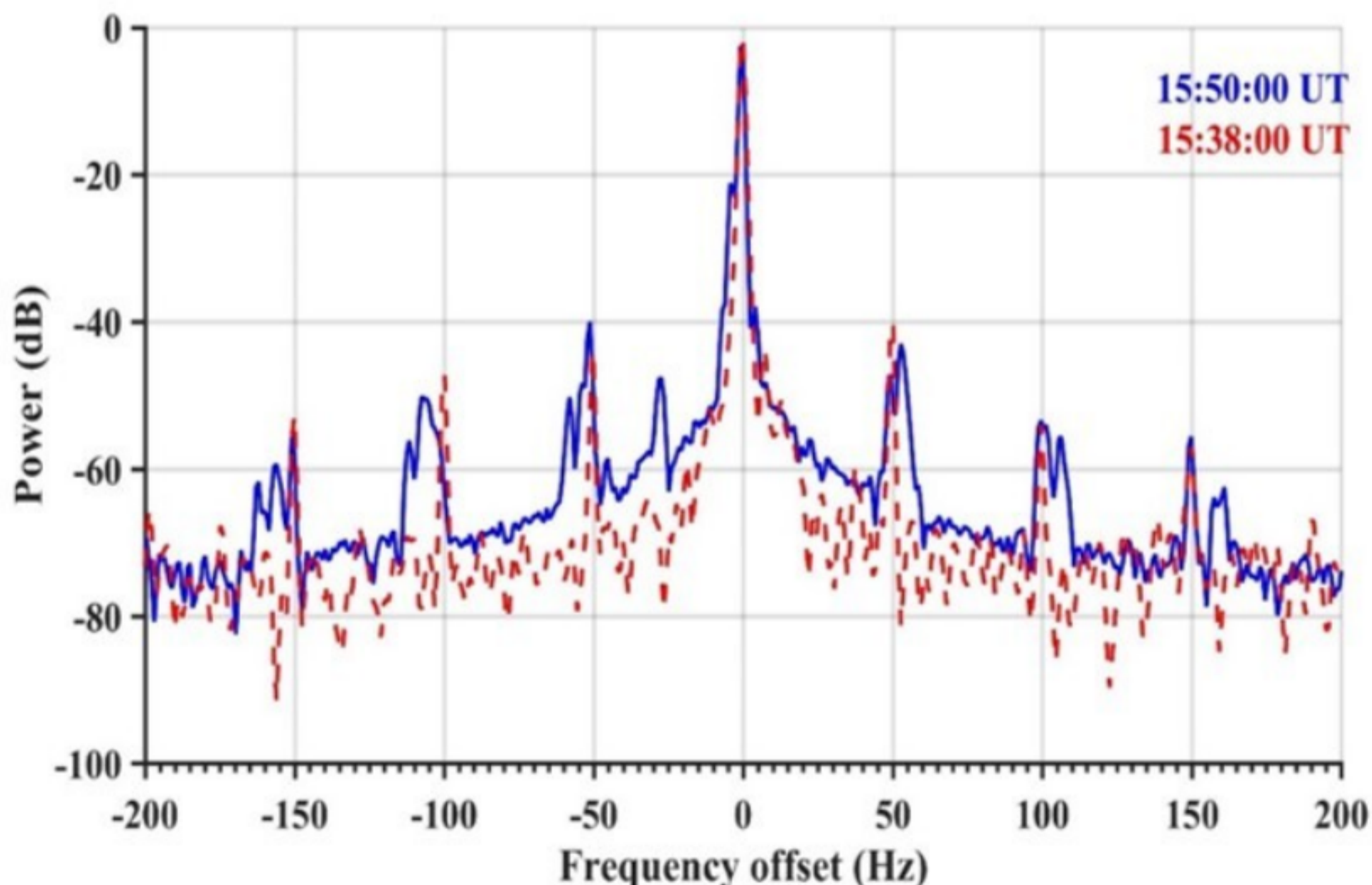
# Эксперимент 28 октября 2015 года



**Fh = 5423 кГц в первом цикле  
15:31 – 15:41 UT O-поляризации  
Во втором цикле 15:46 – 15:56 UT  
X-поляризации.**

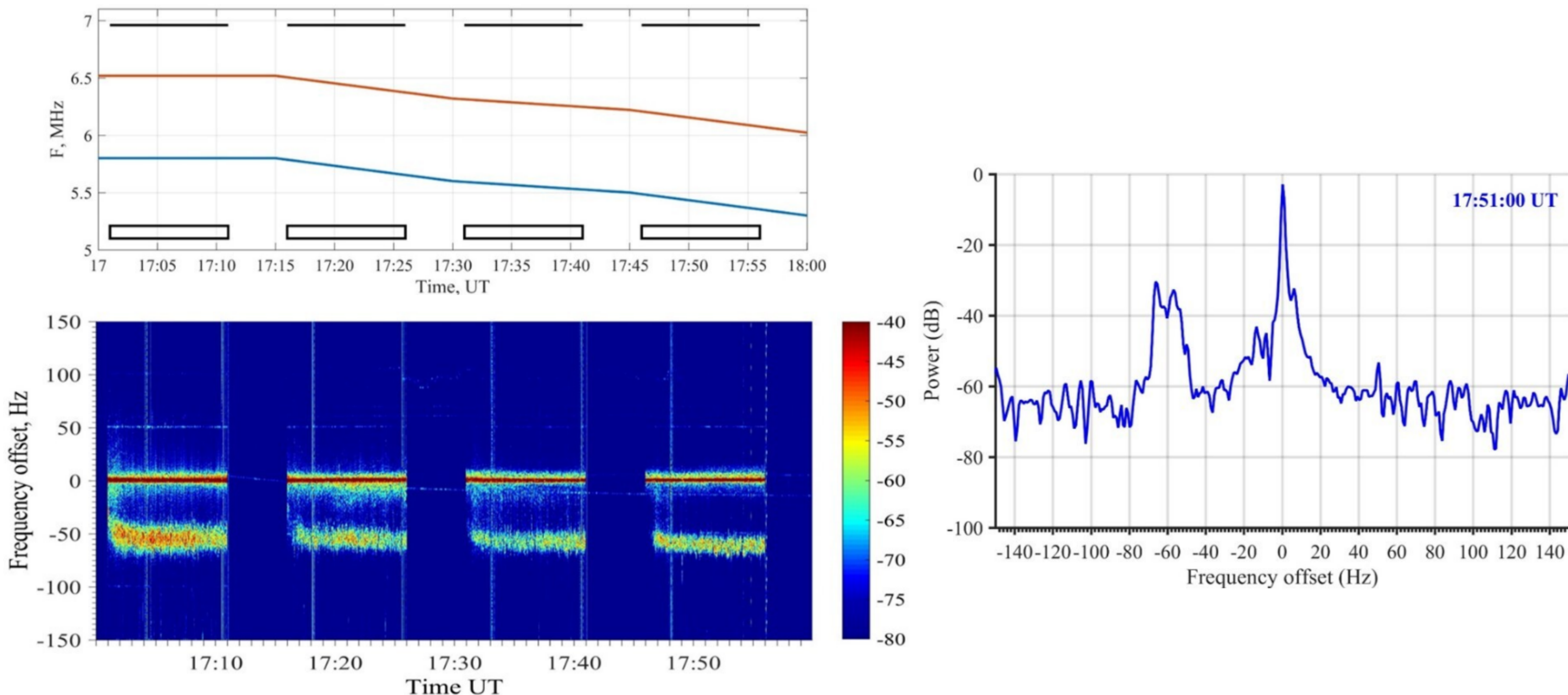
**Частота нагрева была меньше  
критической  
частоты F2 слоя ионосферы  $F_h < f_{OF2}$ .**

**Приведены результаты спектральной  
обработки сигналов принятых во время  
данного эксперимента на АПР.**



**Видно, что при работе нагревного стенда  
на X-моду поляризации происходит  
генерация УИРИ с выраженными  
спектральными максимумами на  
частотах около -170 Гц, -100 Гц, -57 Гц,  
-30 Гц, +57 Гц, + 110 Гц, + 170 Гц.**

# Эксперимент 28 октября 2013 года



**Частота нагрева  $F_h = 6960$  кГц на X-моду поляризации. Циклы 10 мин нагрев / 5 мин пауза в магнитный зенит.**

**Частота нагрева была выше критической частоты F2 слоя ионосферы  $f_h > f_{OF2}$ .**

**УИРИ генерировалось в отрицательной области частот относительно частоты нагрева.**

**Сдвиг частоты спектральной компоненты УИРИ при этом от цикла к циклу нагрева медленно увеличивался от -50 до -60 Гц.**

**Критические частоты F2 области ионосферы в период излучения плавно уменьшались.**

# Заключение

**Воздействие волны накачки необыкновенной поляризации в магнитный зенит вызывает МИИН с длительным временем релаксации и генерацию узкополосного искусственного радиоизлучения ионосферы.**

**Комплексные результаты экспериментов на КВ нагревном комплексе EISCAT/Heating свидетельствуют о регулярности и повторяемости эффектов воздействия мощных КВ радиоволн на высокоширотную ионосферу.**

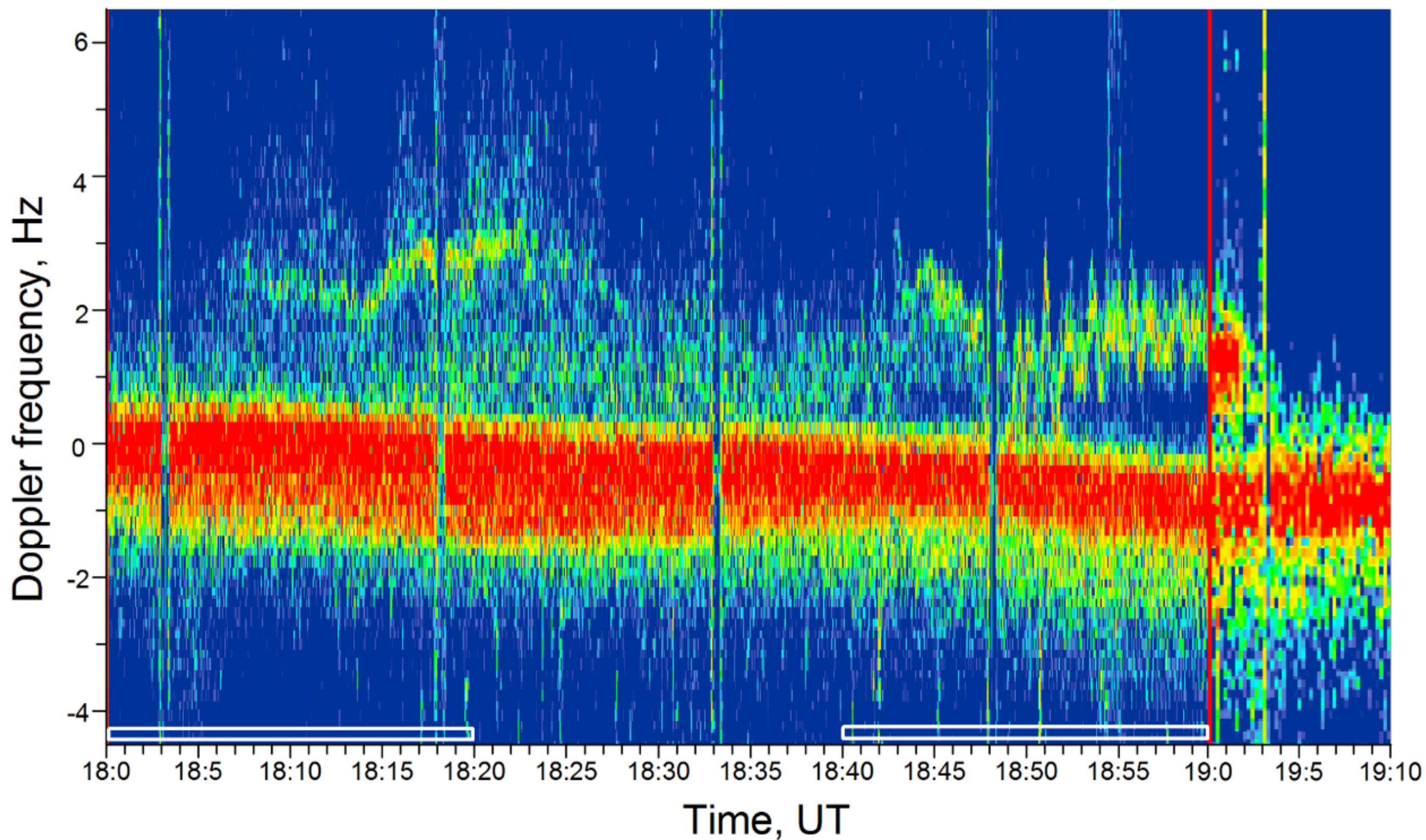
**В поле мощной КВ радиоволны необыкновенной поляризации (X-мода) происходит сильная модификация F-области высокоширотной ионосферы.**

**Впервые обнаружены и исследованы характеристики и условия генерации спектральных компоненты в спектре УИРИ, наблюдавшиеся на расстоянии около 1200 км от нагревного комплекса.**

**Узкополосные спектральные линии могут быть ассоциированы с генерацией электростатических ионных циклотронных волн (для ионов кислорода O+) и их гармоник.**

# Ракурсно-рассеянные от МИИН, вызванных нагревом ионосферы КВ волнами X-поляризации

September 28, 2011  
Kishinev - Sura - St.Petersburg  
 $f = 11635$  kHz



# Ракурсно-рассеянные от МИИН, вызванных нагревом ионосферы КВ волнами X-поляризации

March 31, 2015

Kuwait - Sura - St.Petersburg

$f = 13650$  kHz

