



Абсолютные измерения мощности на Иркутском радаре некогерентного рассеяния

А.Г. Сетов, А.В. Медведев, В.П. Лебедев, Д.С. Кушнарев

Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск

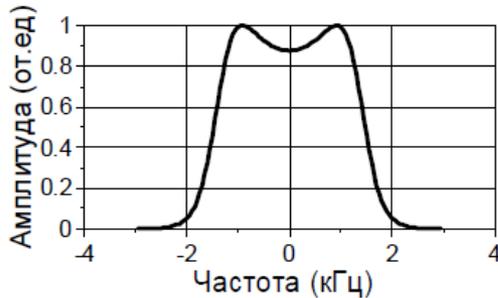
Метод некогерентного рассеяния

Высотные профили:

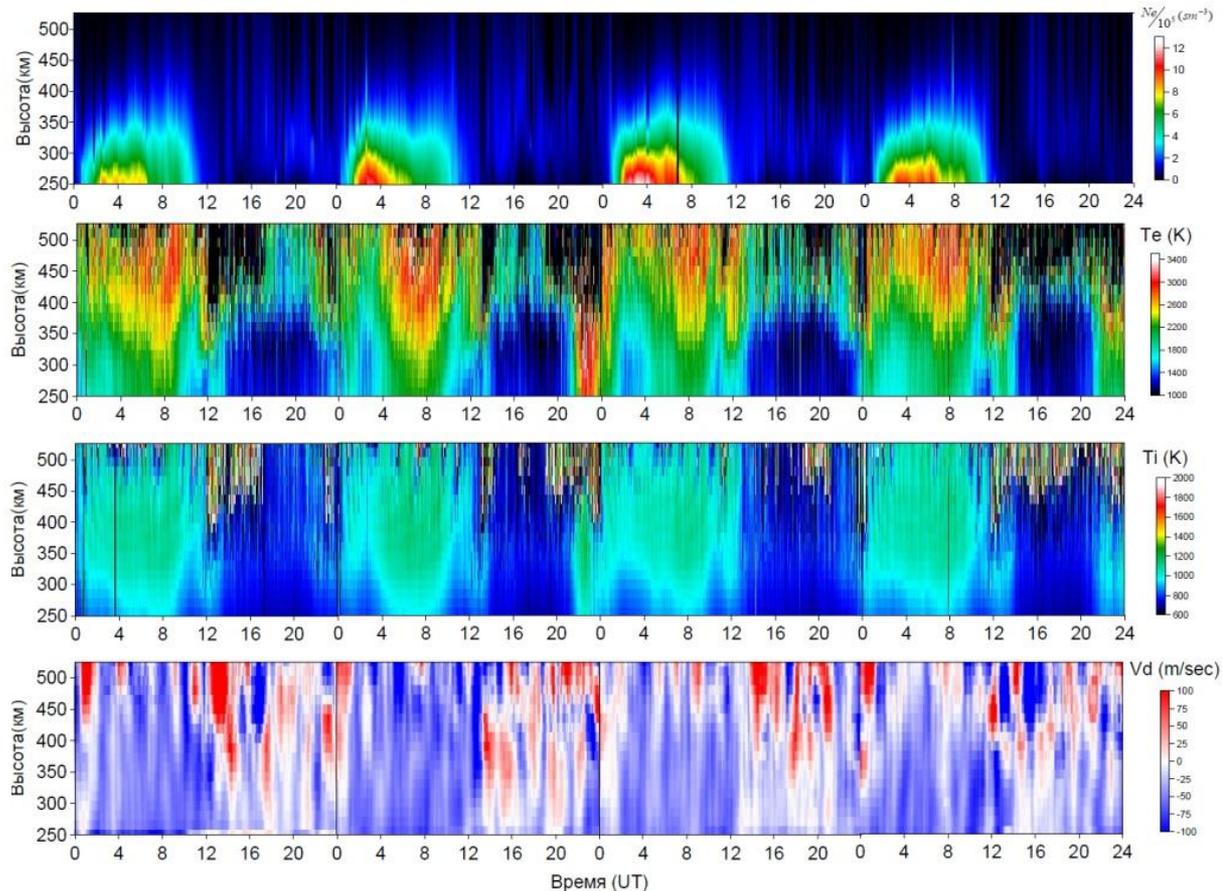
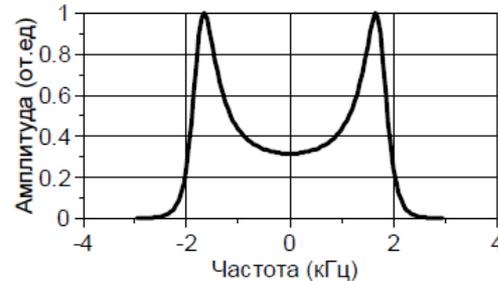
- электронной концентрации N_e
- температуры электронов T_e и ионов T_i
- скорости дрейфа плазмы v_d
- массы ионов m_i

Спектр НР сигнала

$$\frac{T_e}{T_i} = 1$$

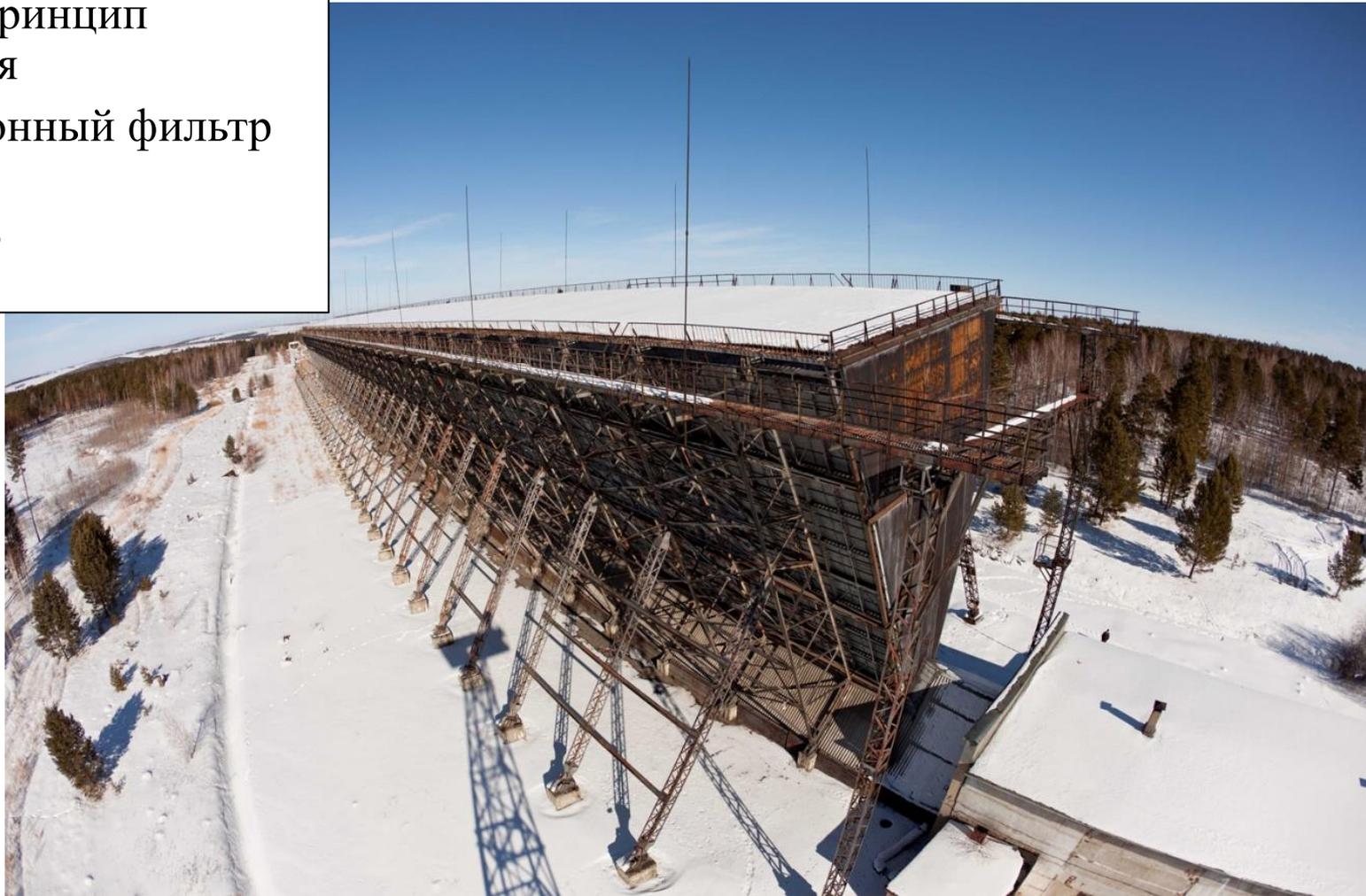


$$\frac{T_e}{T_i} = 3$$



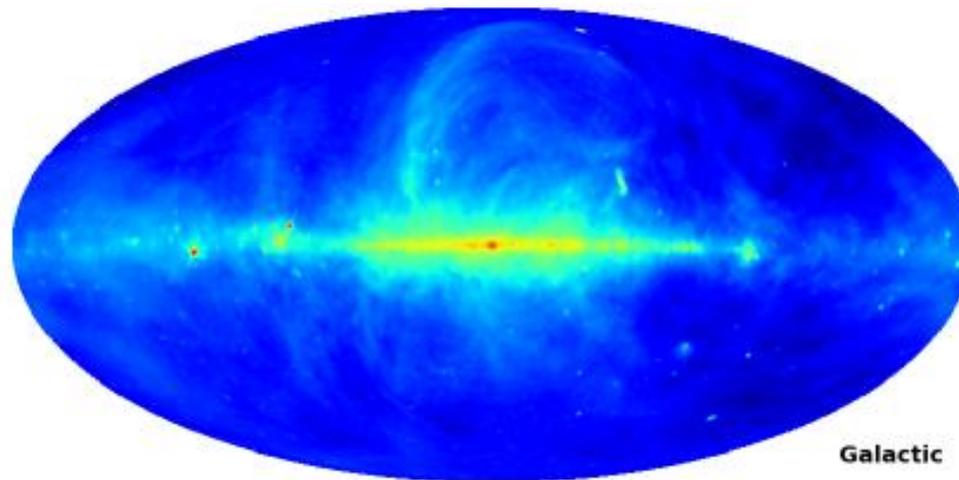
Иркутский радар некогерентного рассеяния (ИРНР)

- Рупорная антенна 246×12 м
- 2 полурупора
- $f = 154\text{-}162$ МГц
- Частотный принцип сканирования
- Поляризационный фильтр
- $P_t \leq 3$ МВт
- Луч $0.5^\circ \times 10^\circ$



Global Sky Model (GSM)

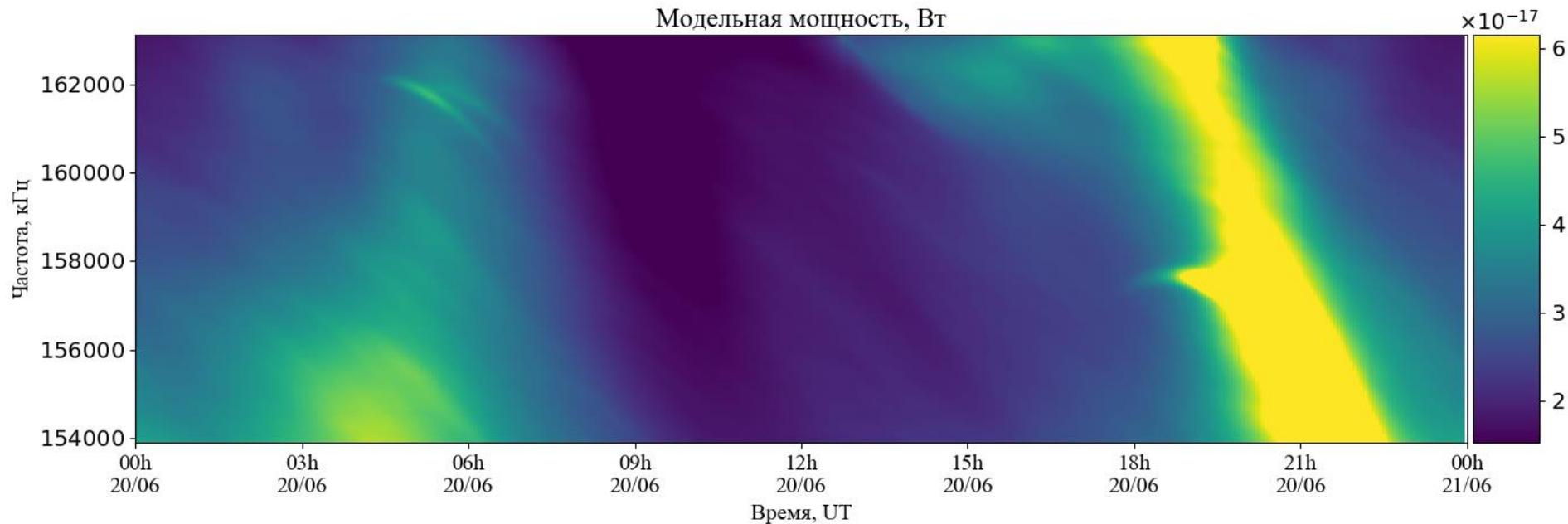
- Значительный вклад в принятый шум на частоте ~ 158 МГц вносит шум неба
- GSM – это интерполяция более 20 шумовых карт неба (10 МГц - 100 ГГц)



Принятая мощность шума:
$$P_{\text{н}} = \eta_r \frac{kBD}{4\pi} \iint_{\Omega} F_r^2(\theta, \varphi) T_{\text{я}}(\theta, \varphi) \sin \theta d\theta d\varphi$$

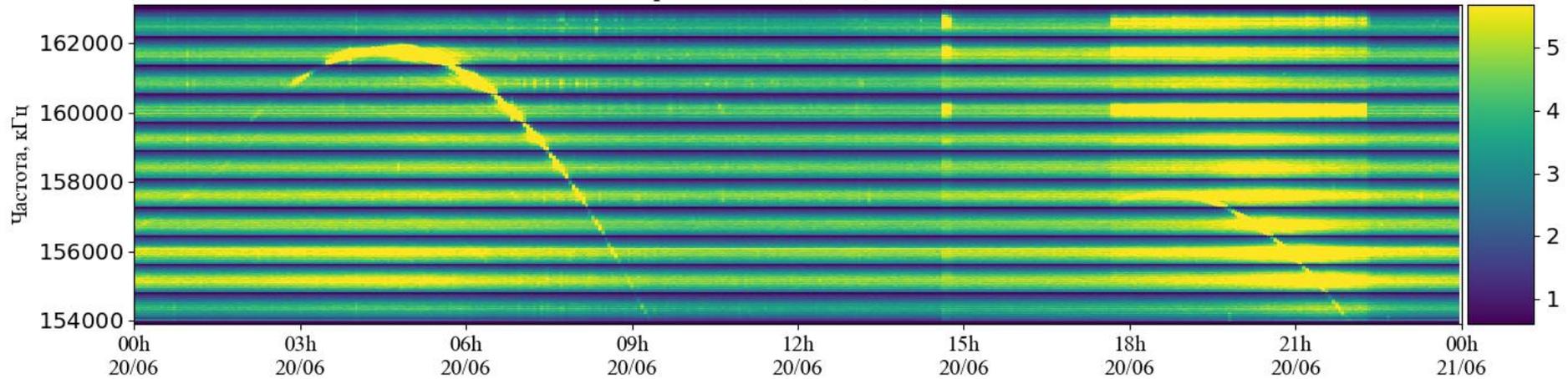
Частотно-временное распределение мощности шума

- Положение диаграммы направленности определяется частотой
- Каждый день распределение будет смещаться

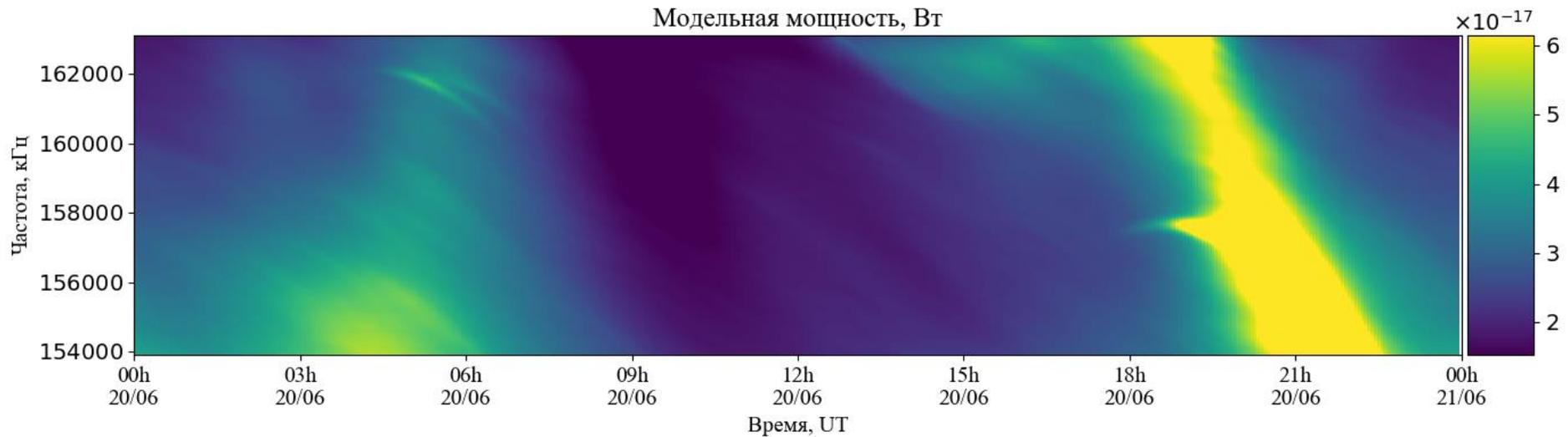


Пассивный режим наблюдений

Принятая мощность, отн. ед.

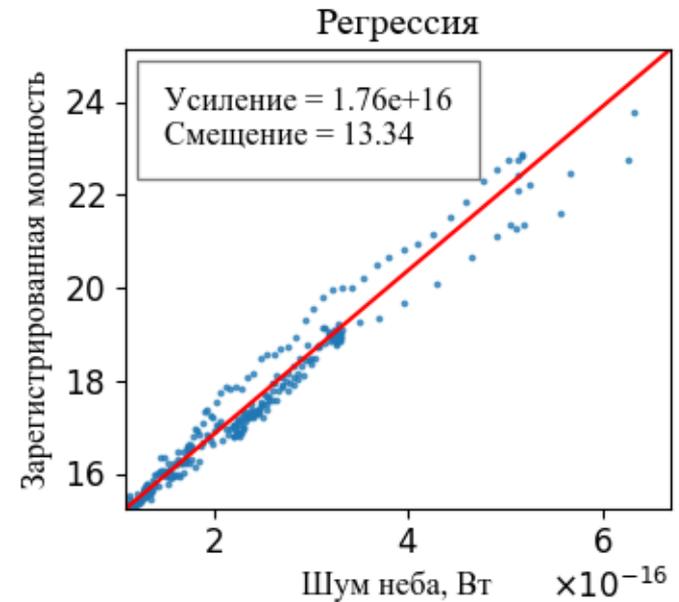
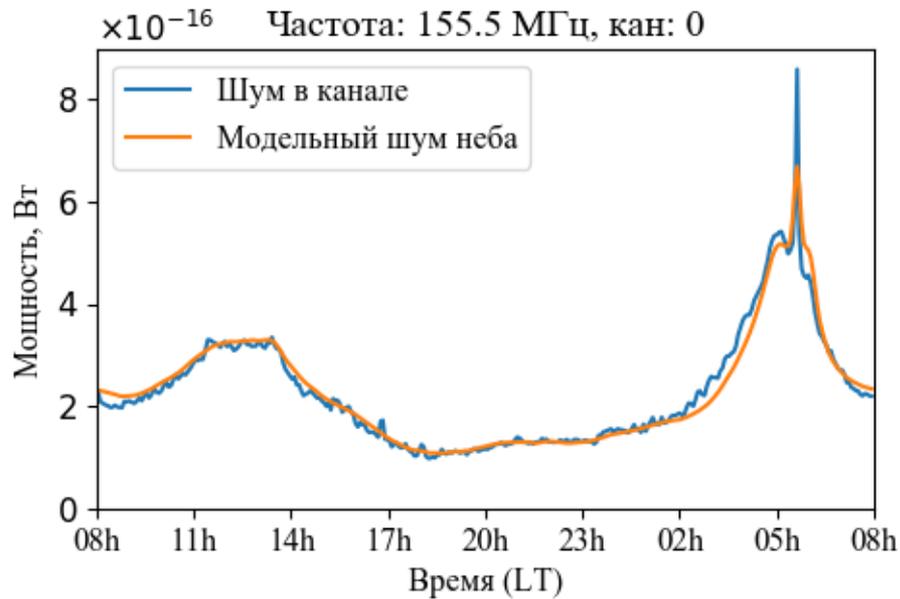


Модельная мощность, Вт



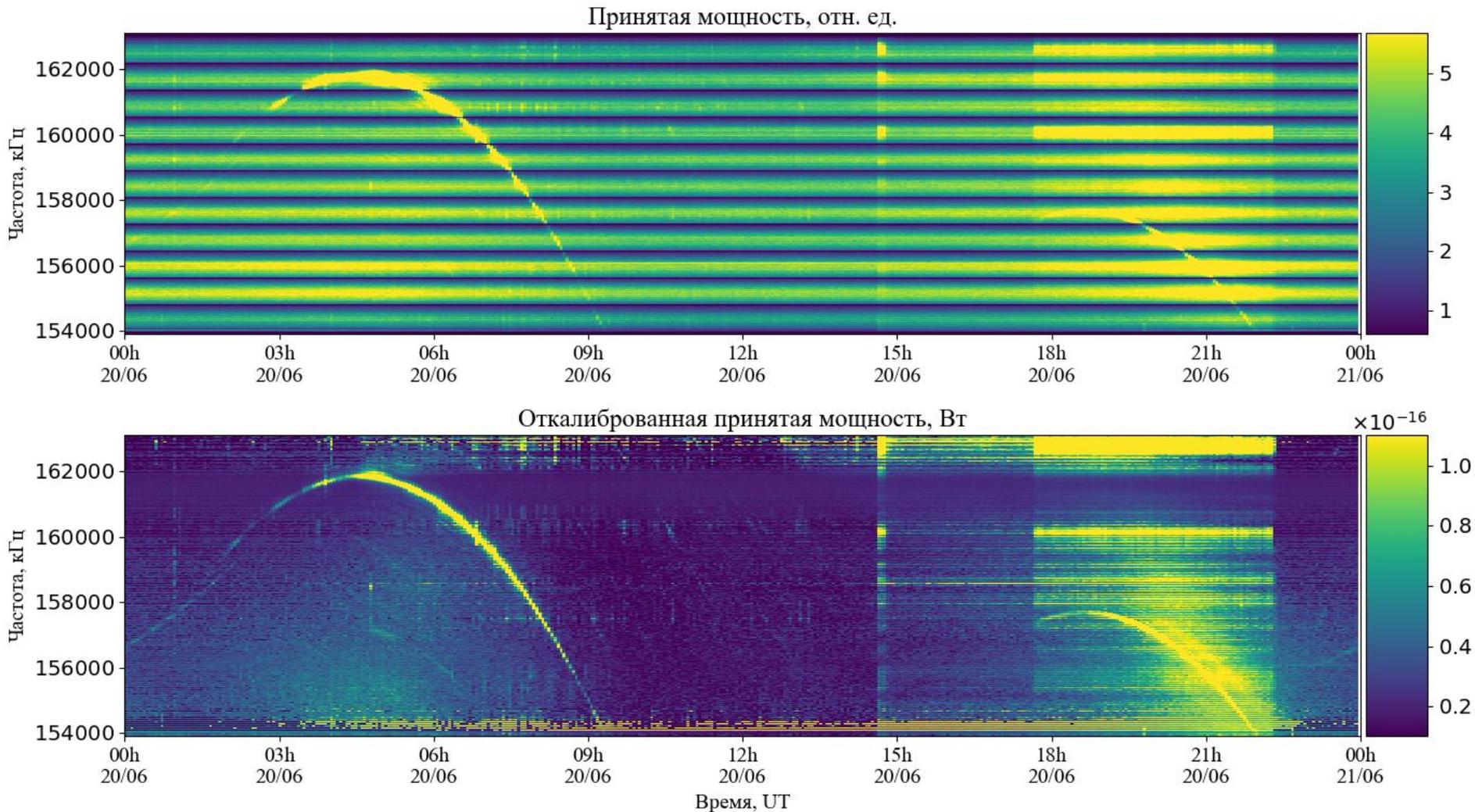
20 июня 2015

Дневной ход шума



- Не учитывается поглощение в ионосфере
- Температурный ход антенны вносит дополнительные искажения

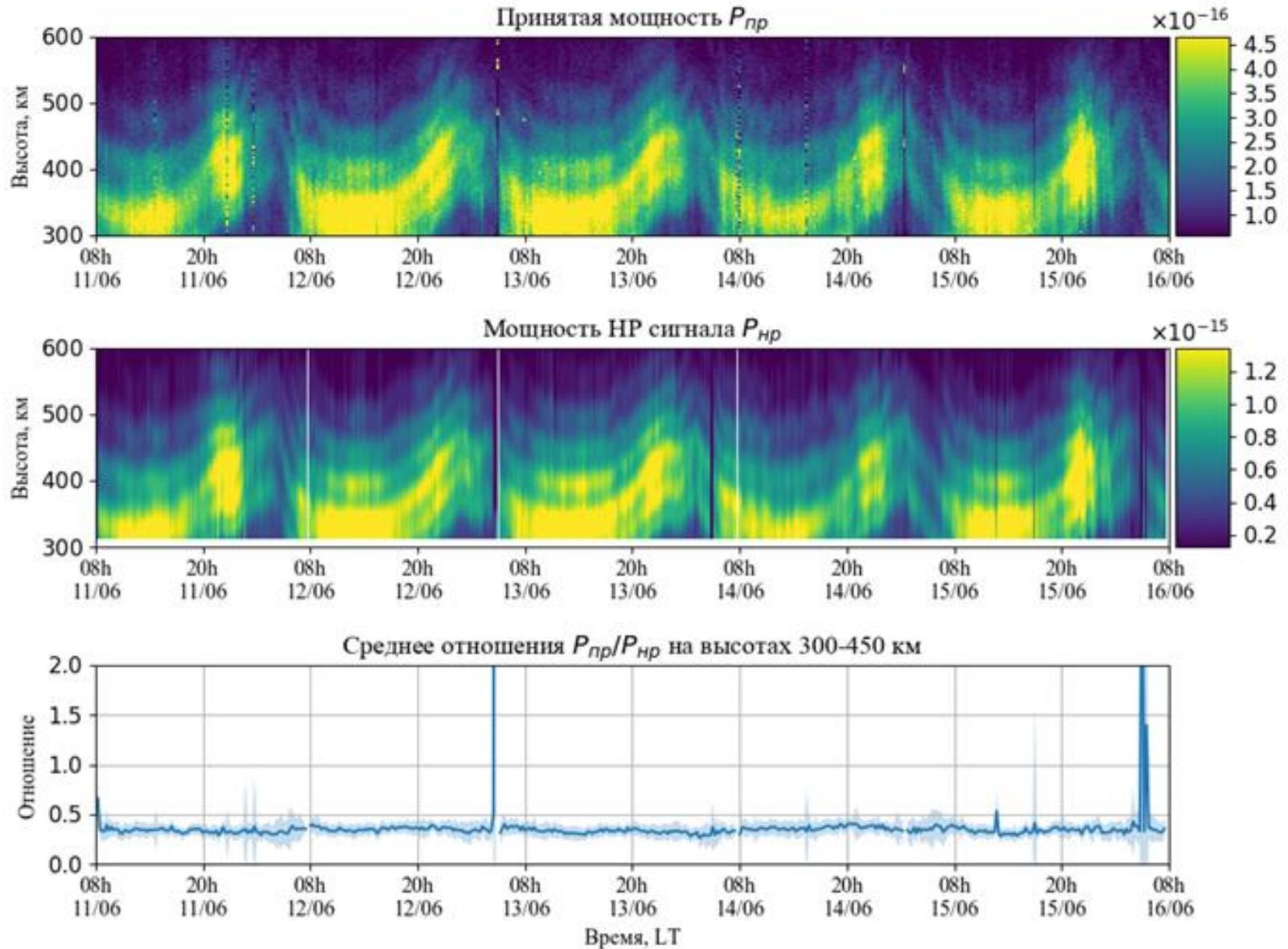
Частотно-временное распределение мощности



20 июня 2015

Активный режим наблюдений

Июнь
2015



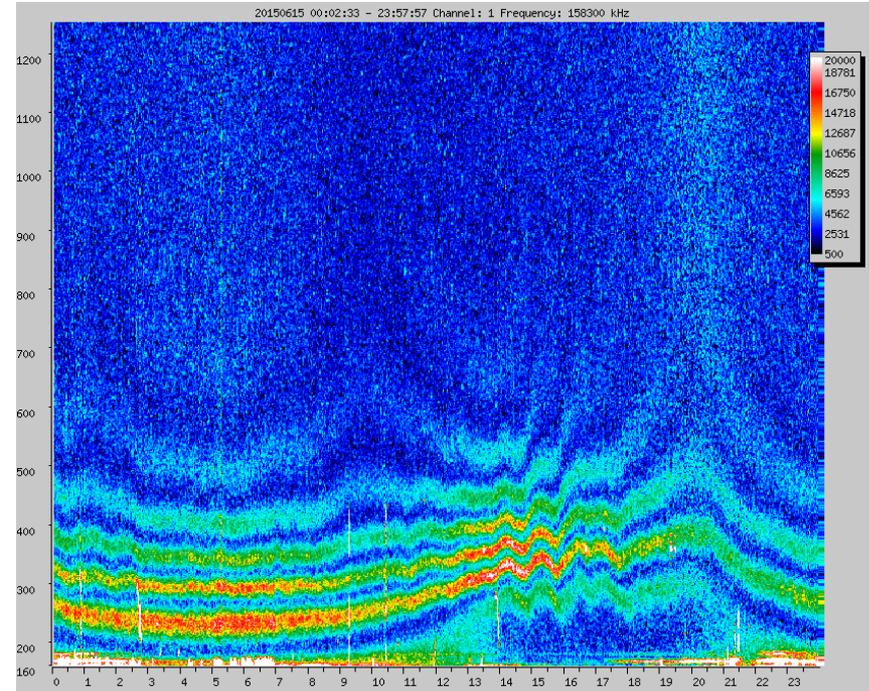
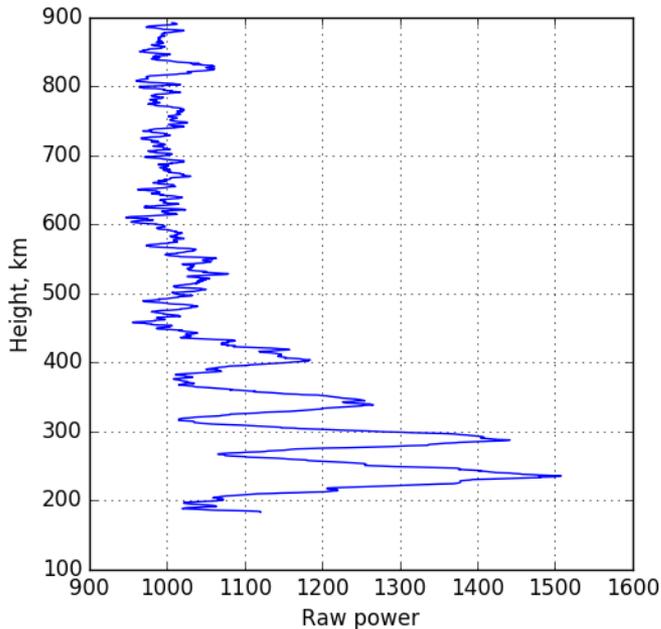
Выводы

- Разработан метод калибровки приемного тракта радара ИРНР по шумовым картам неба модели GSM
- Калибровка осуществляется для каждого дня наблюдений, что компенсирует изменение шума приемника и усиления в канале с течением времени
- Сравнение с мощностью некогерентного рассеяния, полученной по параметрической подгонке слоя Чепмена, показало наличие дополнительных неучтенных потерь $\sim 0.25-0.5$

Спасибо за внимание!

Активный режим наблюдений

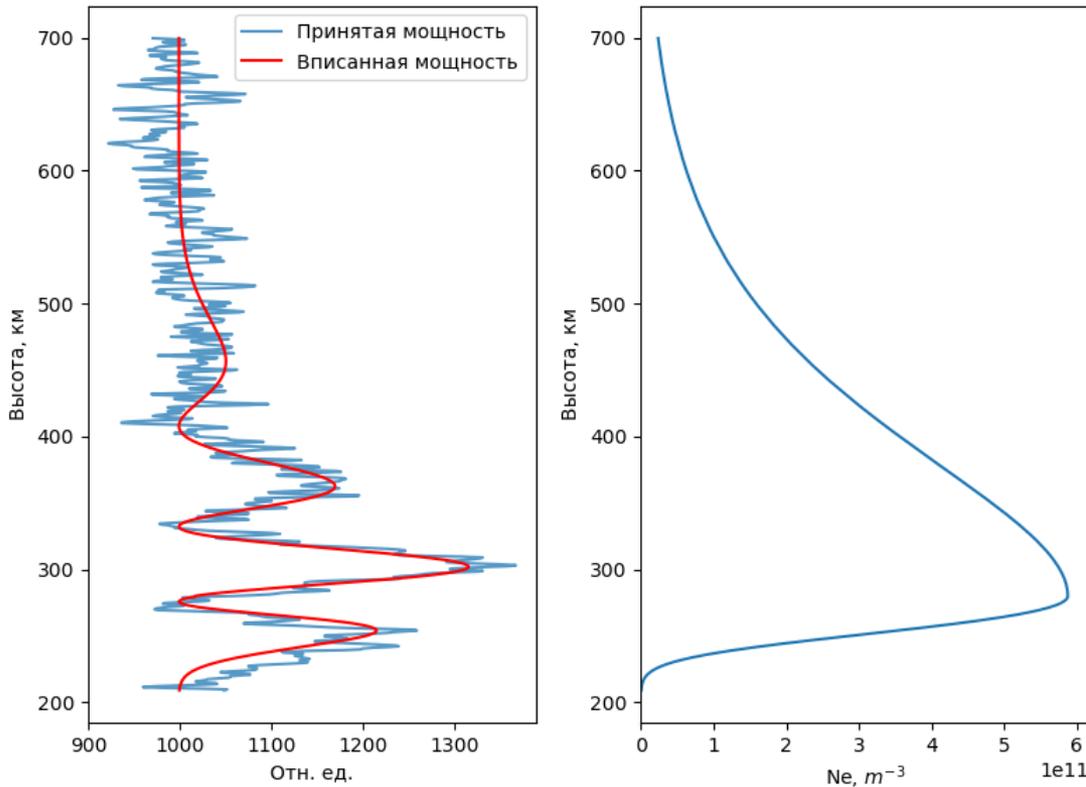
- Плоскость поляризации вращается при распространении в ионосфере (эффект Фарадея)
- ИРНР принимает только одну поляризацию



$$P_{\text{HP}}(t) = \frac{\eta P_t \lambda^2 \sigma_e}{64\pi^3} \int_0^{\infty} \frac{N_e(r) \overbrace{\cos^2(\chi(r))}^{\text{red bracket}} |a(t - 2r/c)|^2}{1 + T_e(r)/T_i(r)} \frac{dr}{r^2} \iint_{\text{beam}} G_t^2 G_r^2 d\Omega$$

χ - угол поворота плоскости поляризации

Измерение профиля N_e на ИРНР



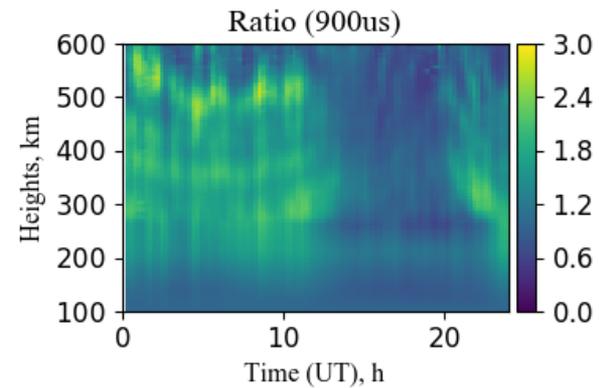
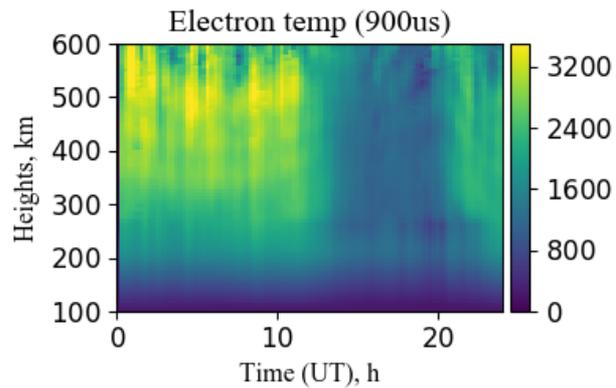
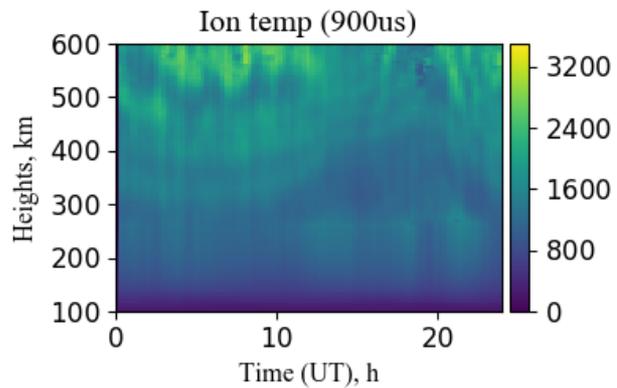
- Слой Чепмена

$$N_e(z) = N_m F_2 \exp(1 - x - \exp(-x))$$

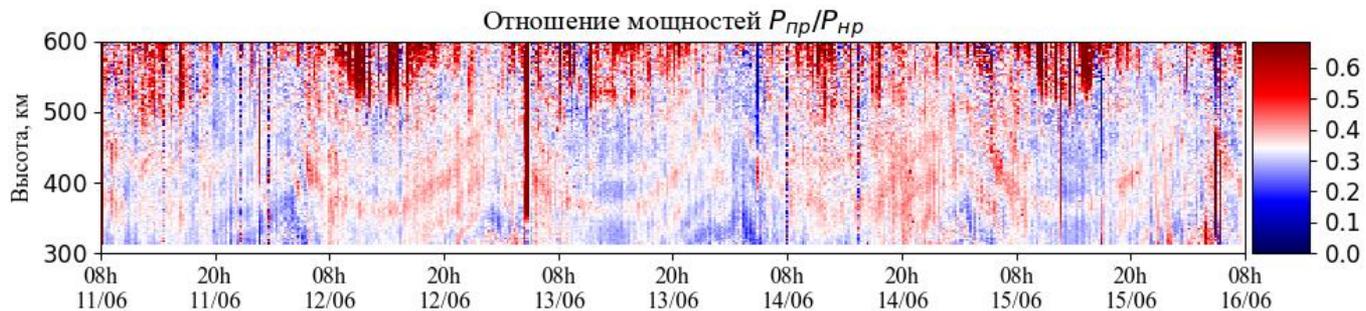
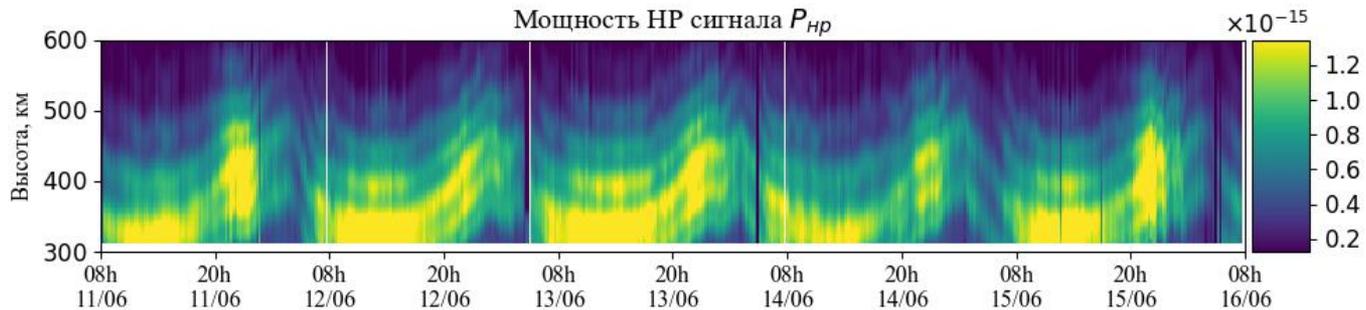
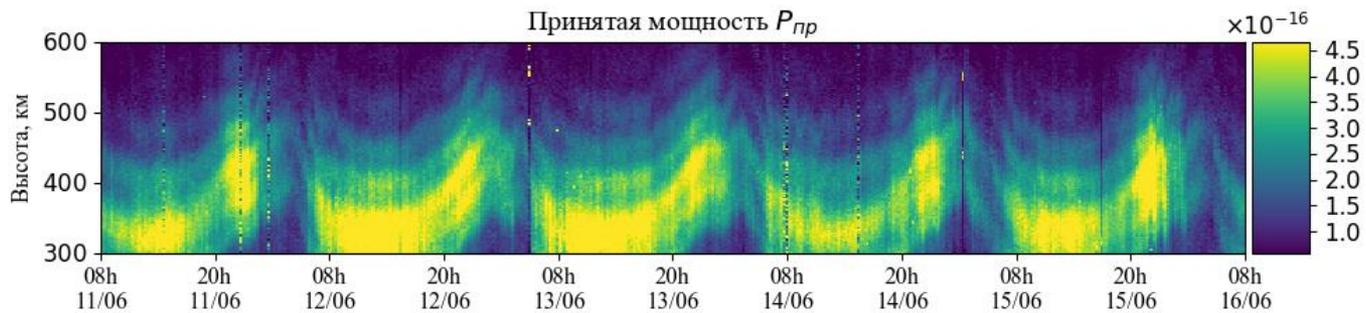
$$x = \frac{z - h_m F_2}{H}$$

$$P(z) = \frac{N_e(z)}{z^2} \cos^2 \left(\alpha \int_0^z N_e(z') dz' \right)$$

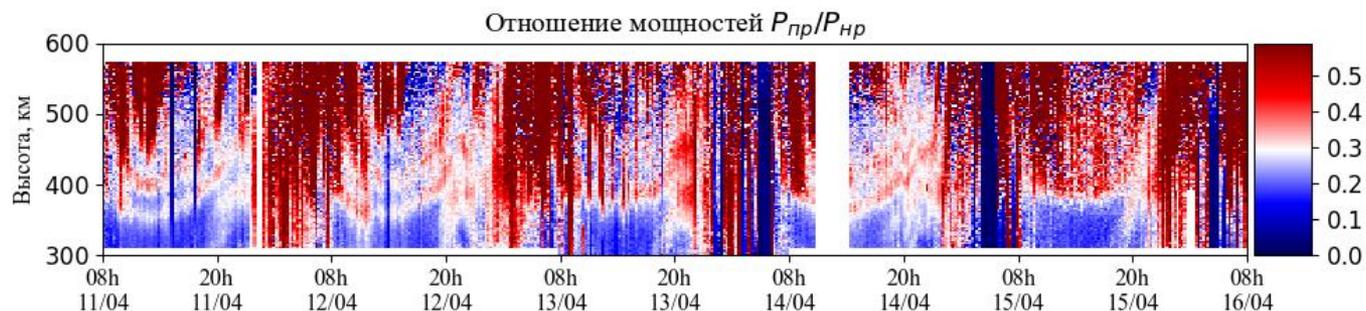
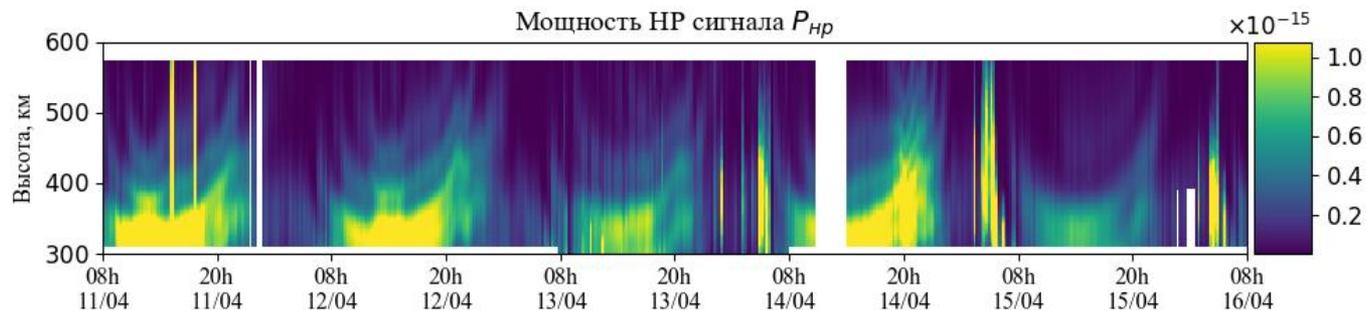
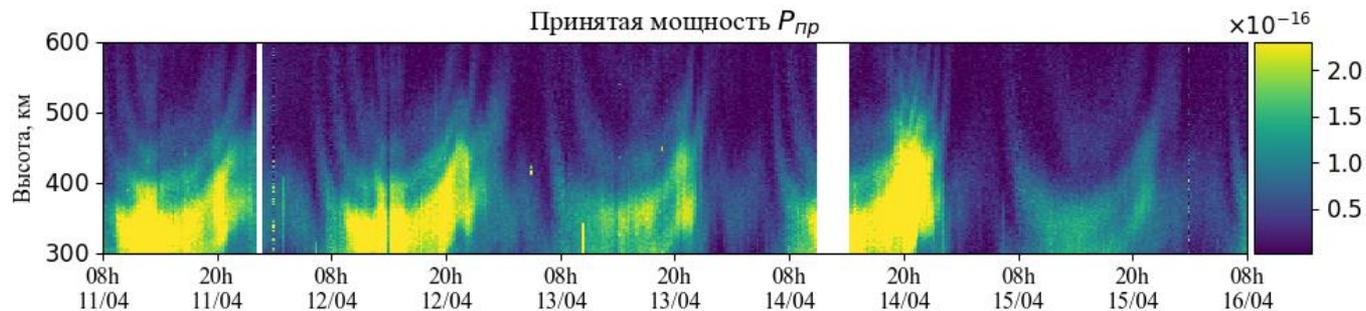
11.06.2015



Июнь
2015



Апрель
2016



Цель калибровки приемного тракта

- Исследование источников рассеяния помимо некогерентного рассеяния
- Определение плотности потока излучения в абсолютных единицах
- Компенсация АЧХ тракта
- Дополнительный метод обработки