

**Зоны влияния ПИВ различных
масштабов на ионограммы
наклонного зондирования ионосферы**

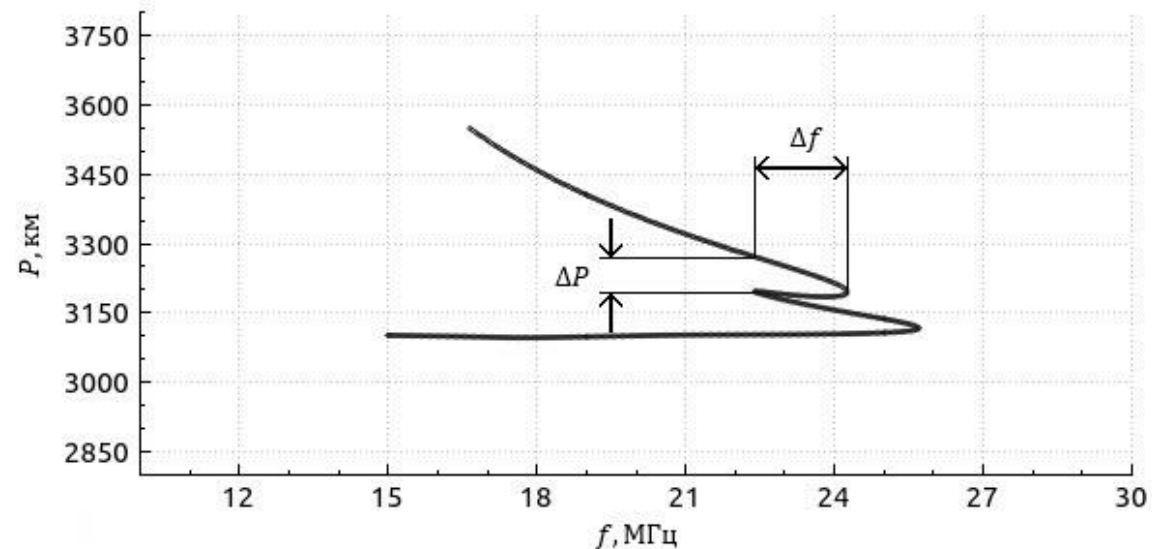
**Докладчик: аспирант ИСЗФ СО РАН Софьин Алексей
Вячеславович**

ВВЕДЕНИЕ

Искажения ионограмм наклонного зондирования (НЗ) ионосферы в виде характерных образований Z-типа, вызванные влиянием перемещающихся ионосферных возмущений (ПИВ) на траекторные характеристики коротковолнового радиосигнала, известны давно. С использованием различных аналитических моделей пространственной структуры ионосферных неоднородностей объяснены качественные особенности формы образований Z-типа на ионограммах в зависимости от параметров ПИВ.

Целью данной работы является определение предельных пространственных масштабов ПИВ, амплитуд возмущения и пространственных областей, в которых ПИВ оказывает заметное воздействие на ионограммы односкачковых трасс.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПИВ РАЛИЧНЫХ МАСШТАБОВ НА ИОНОГРАММЫ НАКЛОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ НЕПРЕРЫВНЫМИ ЛЧМ СИГНАЛАМИ



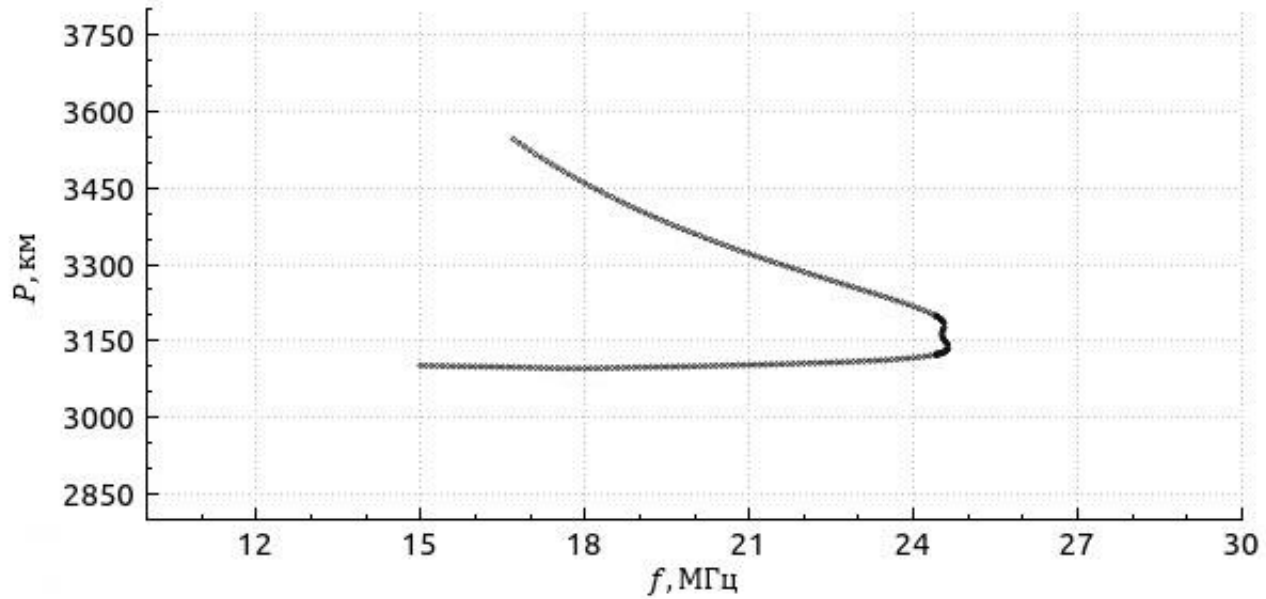
Смоделированное ДЧХ радиотрассы Магадан – п.Торы

Профиль электронной концентрации рассчитывался по модели IRI-2012. Ионосферные возмущения при моделировании задавались зависимостью от пространственных координат в виде закона Гаусса:

$$N_e(\theta, r) = N_0(r - R) \left(1 + \delta \cdot \exp \left[- \left\{ \frac{R \cdot \theta - x_c}{a_x} \right\}^2 - \left\{ \frac{r - R - z_c}{a_z} \right\}^2 \right] \right),$$

где $N_e(\theta, r)$ – электронная концентрация в точке с полярными координатами (θ, r) ; $N_0(r - R)$ – электронная концентрация в невозмущённой ионосфере, заданная согласно модели IRI-2012, R – радиус Земли, δ – относительная амплитуда ПИВ, $x_c = R \cdot \theta_c$ и $z_c = r_c - R$ – координаты центра неоднородности, a_x и a_z – пространственные масштабы возмущения в двух взаимно ортогональных направлениях.

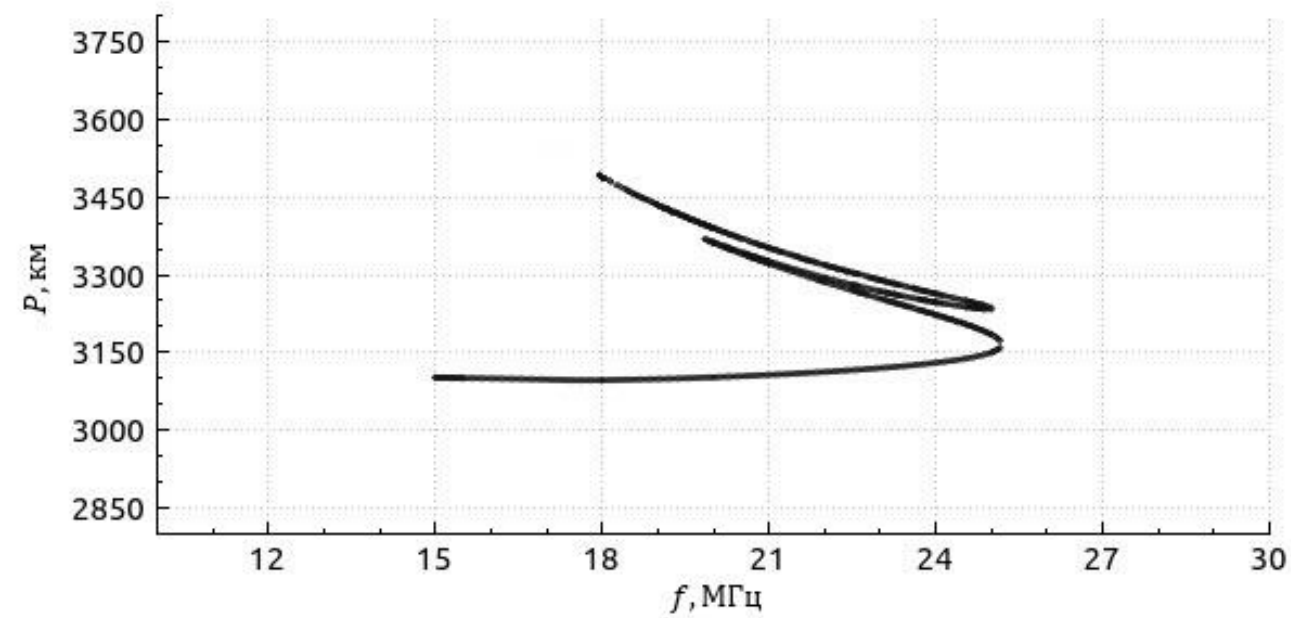
ВАРИАЦИИ ПРОДОЛЬНОГО МАСШТАБА ПИВ (a_x)



Переход образования Z-типа в «ступеньку»

Норильск – п. Торы: $60 \text{ км} \leq a_x \leq 400 \text{ км}$
Магадан – п. Торы: $120 \text{ км} \leq a_x \leq 400 \text{ км}$

ВАРИАЦИИ ВЕРТИКАЛЬНОГО МАСШТАБА ПИВ (a_z)

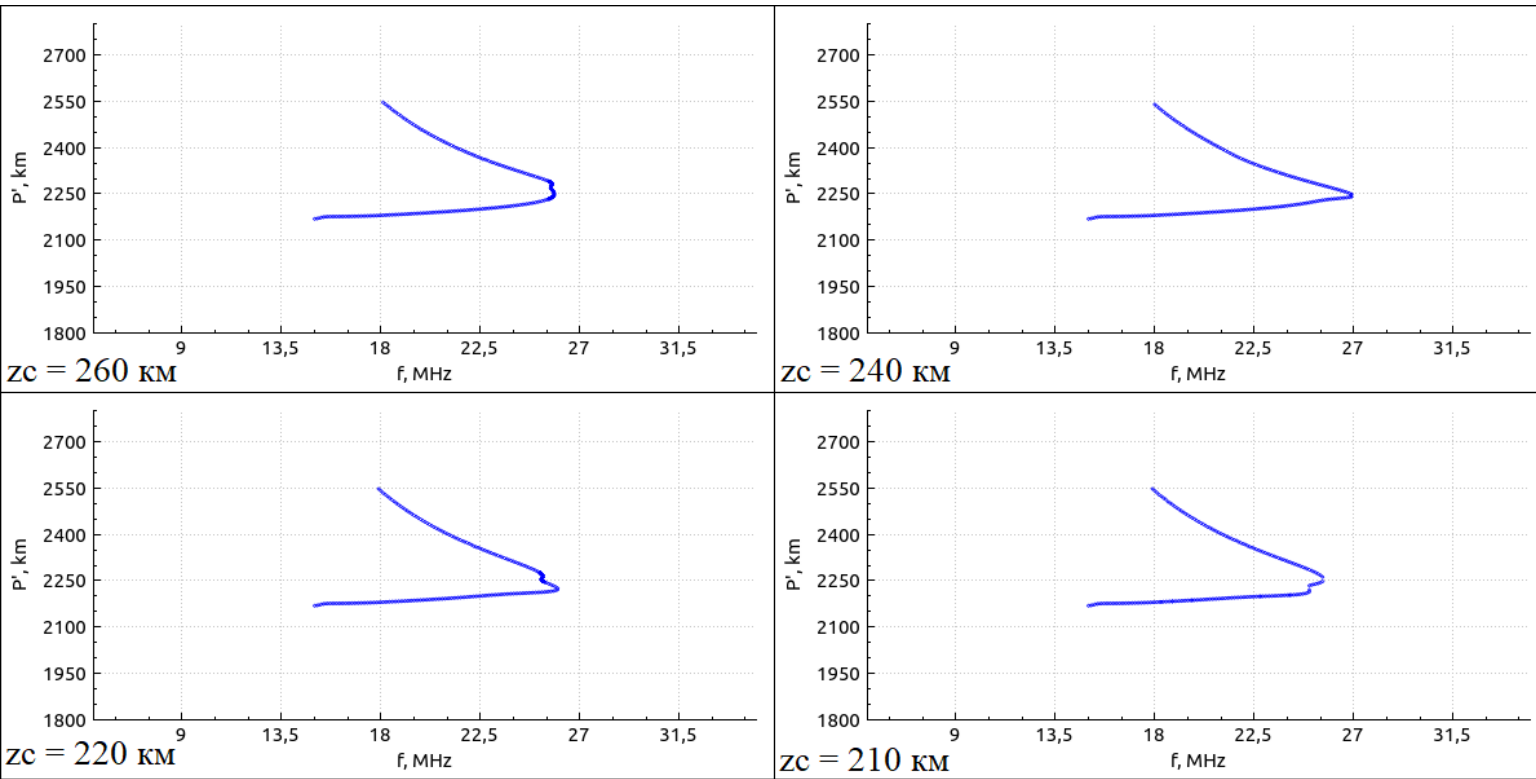


Норильск – п. Торы: $20 \text{ км} \leq a_x \leq 30 \text{ км}$

Магадан – п. Торы: $20 \text{ км} \leq a_x \leq 30 \text{ км}$

Пример перехода возмущения на ДЧХ в
расщепление для наклонного зондирования

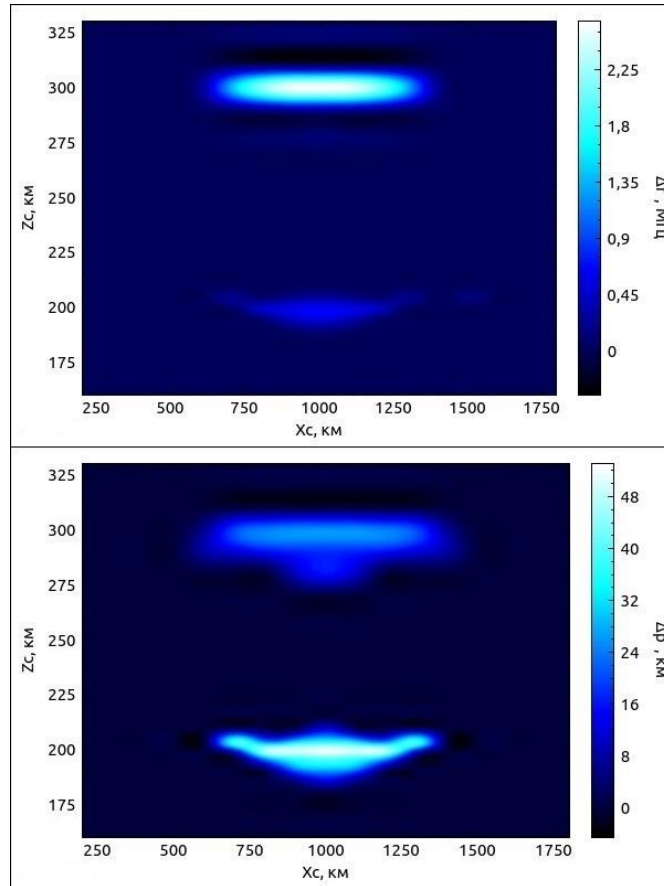
ВАРИАЦИИ ОНТНОСИТЕЛЬНОЙ АМПЛИТУДЫ ПИВ (δ)



Норильск – п. Торы: $0.05 \leq \delta$
Магадан – п. Торы: $0.05 \leq \delta$

Вид ДЧХ при минимальных значениях параметра δ
для наклонного зондирования

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ ВЛИЯНИЯ ПИВ НА ИОНОГРАММЫ НАКЛОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ



Зависимость Δf (а) и ΔP (б) от пространственных координат центра неоднородности

На рисунке изображены результаты расчетов областей, в которых ПИВ вызывает искажения на ДЧХ в виде образований Z-типа, а также цветом указаны значения параметров Δf и ΔP , соответственно. Для Δf высоты наибольшего воздействия неоднородности располагаются в районе от 290 км до 310 км (Δf меняется от 2 МГц до 2.7 МГц что составляет от 7.75% до 10.27% от $f_{МПЧ}$), а для ΔP в пределах 190 км – 210 км (ΔP меняется от 40 км до 53 км что составляет от 1.57% до 2.04% от P_{max}). Также на данных графиках видна область высот ($z_c = 220 \div 280$ км), где вне зависимости от значения параметра x_c на ДЧХ отсутствует возмущение Z-типа, а лишь увеличивается значение МПЧ до 10% от невозмущенного значения для данной трассы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При рассмотрении трасс Норильск–Торы и Магадан–Торы выяснилось, что в рамках использованного приближения изменение амплитуды ПИВ оказывает влияние при значениях амплитуды δ от 0.05 и выше. Пространственные масштабы возмущений, оказывающих существенное влияние на ионограммы, принимают значения a_x от 60 до 400 км, a_z до 30 км для трассы Норильск–Торы и a_x от 125 км до 400 км, a_z до 30 км для трассы Магадан–Торы. Произведена также количественная оценка пространственных областей, в которых ПИВ оказывает заметное воздействие на ионограммы односкачковых трасс. Так, для трассы Норильск–Торы высоты наибольшего воздействия неоднородности для Δf располагаются от 295 км до 305 км, а для ΔP — в пределах 195–205 км. Ширина зоны Δx , где сохраняется присутствие Z-петли, составляет около 600 км. Выявлена мертвая зона на высотах $z_c = 220–280$ км, где отсутствует образование Z-типа на ДЧХ, а лишь увеличивается значение МПЧ до 10 %. Полученные результаты позволяют оценивать диагностические возможности ионозондов для коротких и длинных односкачковых радиотрасс.

Спасибо за внимание!

