



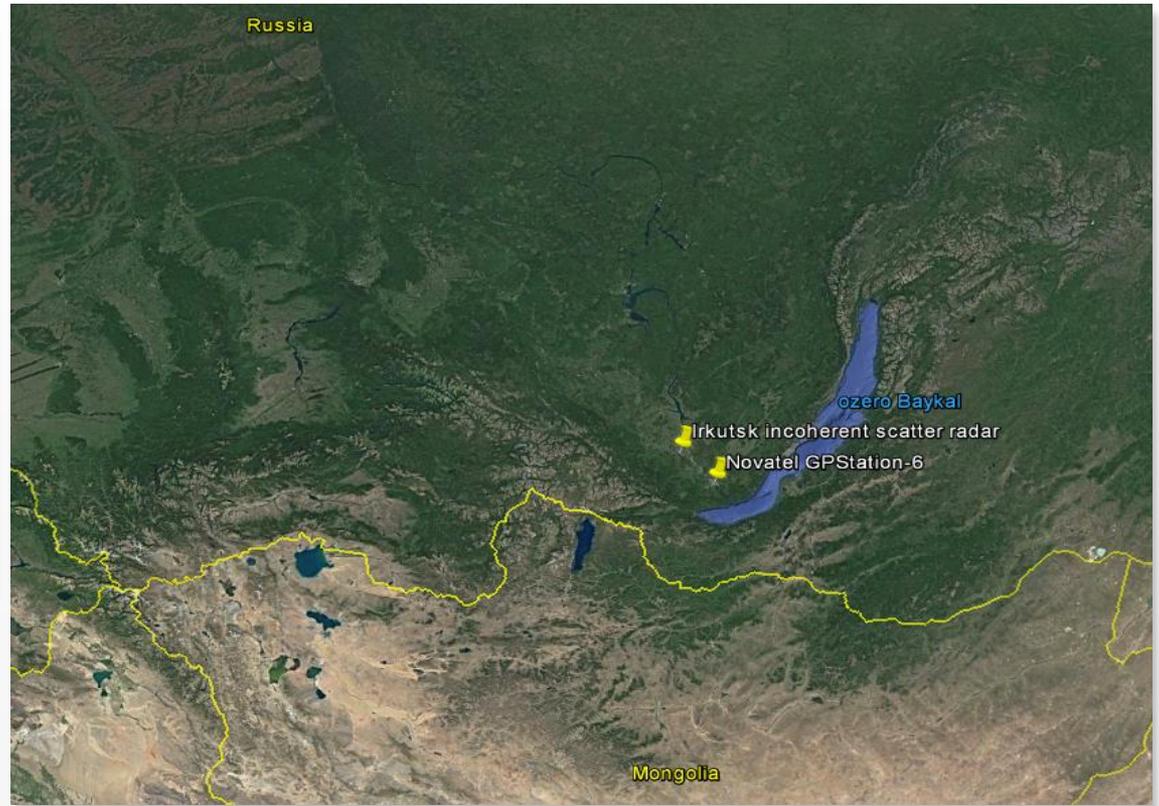
# Одновременные наблюдения ионосферных мерцаний в метровом и дециметровом диапазоне в направлении магнитного зенита

Глоба М.В, Васильев Р.В., Ясюкевич Ю.В.  
Институт Солнечно-Земной Физики СО РАН

# Мерцания в магнитном зените

- Мерцания радиосигнала в ионосфере возникают вследствие рассеяния на ионосферных неоднородностях, размеры которых близки к размеру первой зоны Френеля для частоты сигнала.
- Эффект магнитного зенита проявляется в усилении мерцаний радиосигнала при наблюдении вдоль силовых линий геомагнитного поля. Считается, что причиной возникновения этого эффекта являются вытянутые вдоль геомагнитного поля неоднородности ионосферной плазмы.

# Экспериментальное оборудование



Иркутский радар  
некогерентного  
рассеяния

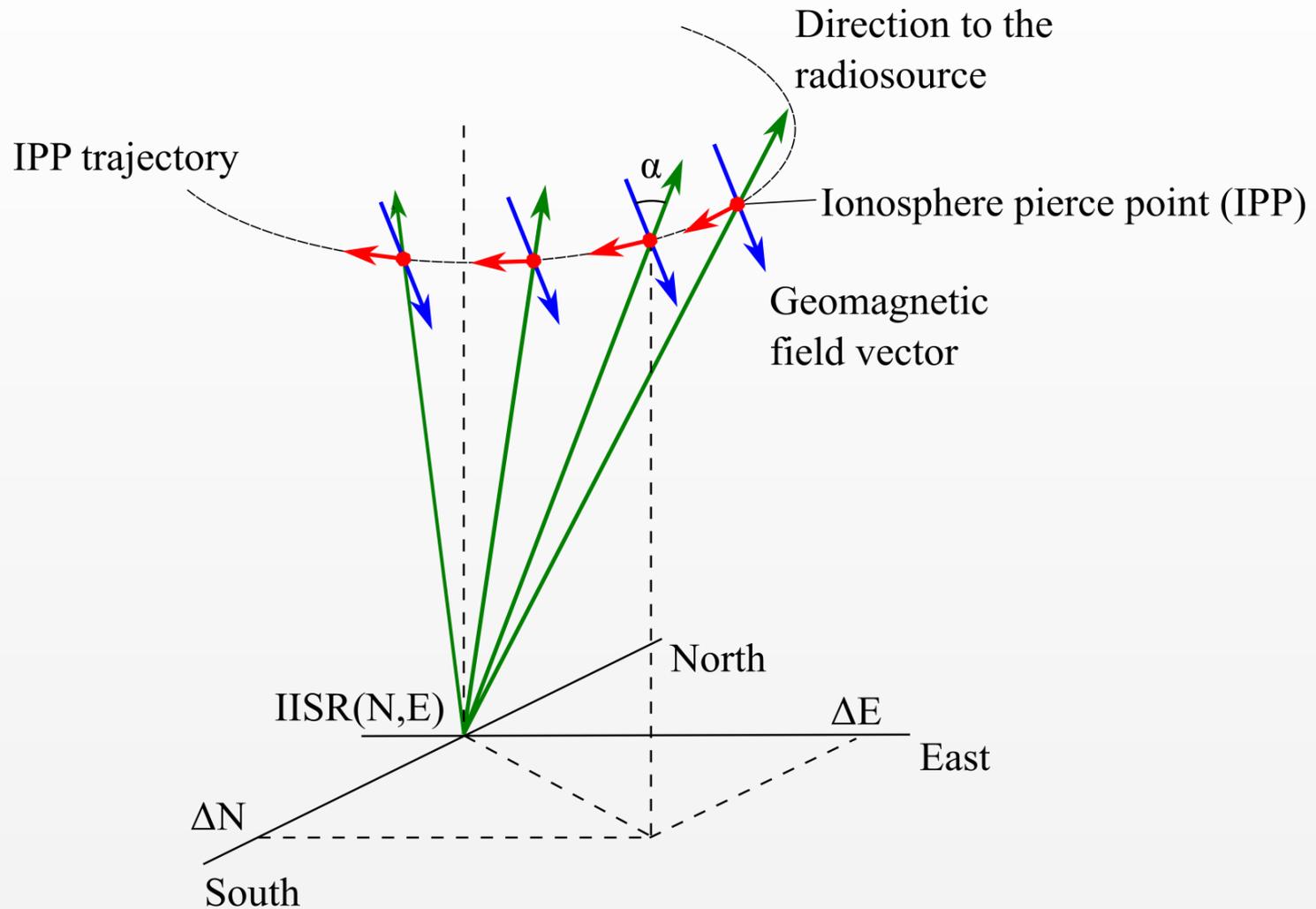
Частоты: 154 – 162 MHz  
Амплитудные мерцания  
интенсивности  
радиоизлучения  
дискретных источников  
(Лебедь-А)

Novatel GPStation-6

Частоты: ~1575; 1227; 1602;  
1246 MHz  
Амплитудные и фазовые  
мерцания навигационных  
сигналов

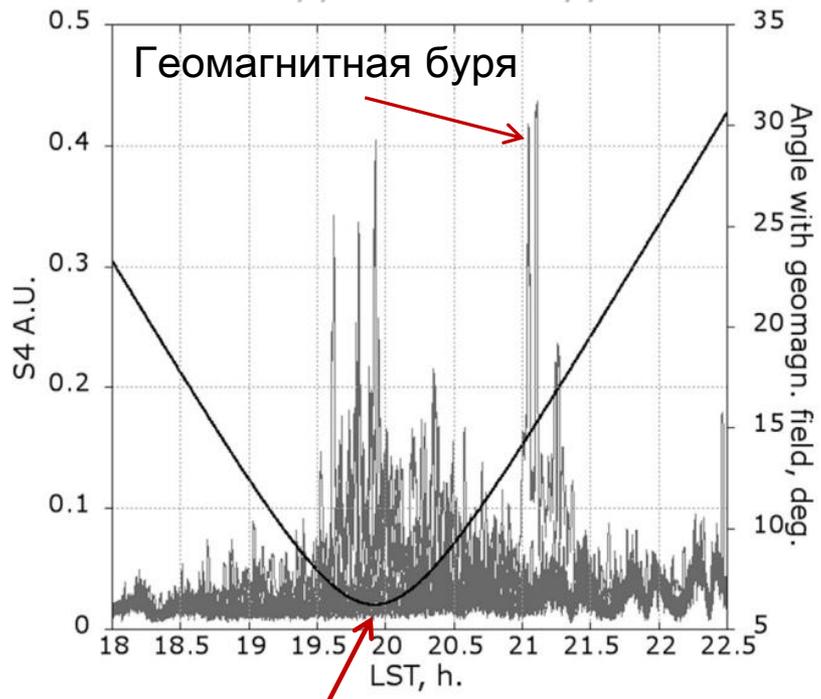


# Геометрия наблюдений

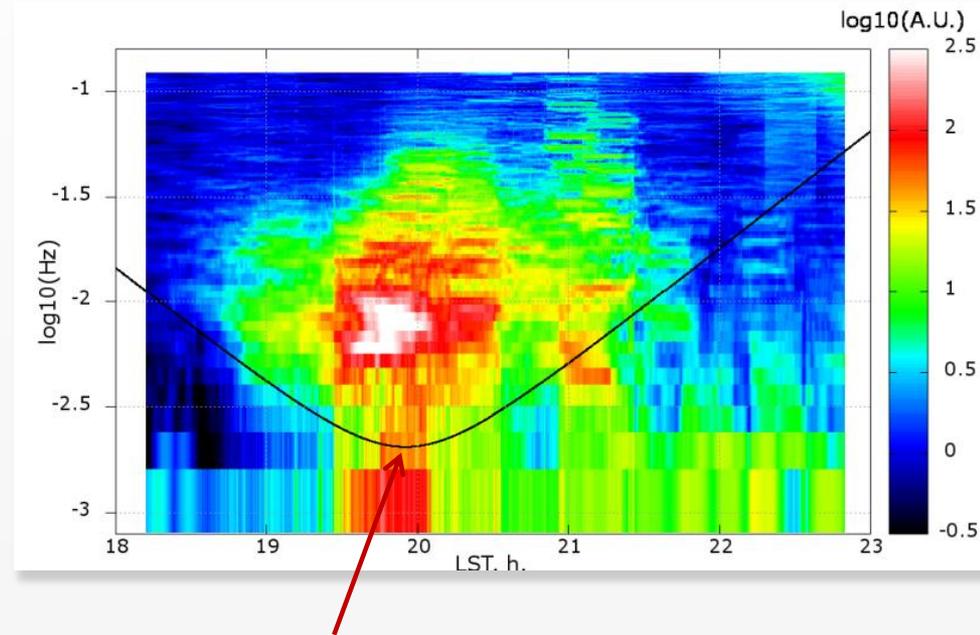


# Первые наблюдения эффекта магнитного зенита на ИРНР

S4 за 15 дней наблюдений:



Магнитный зенит



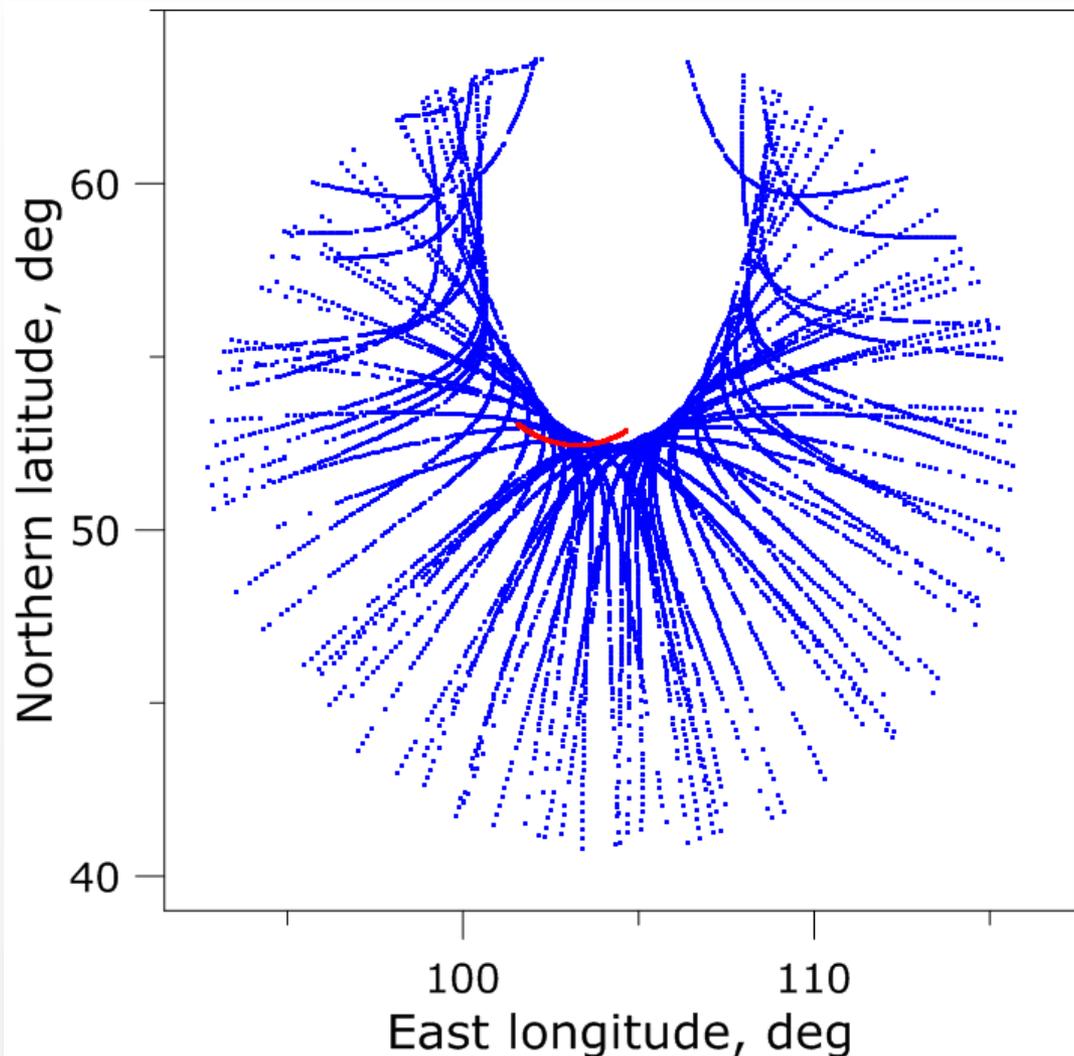
Магнитный зенит

Gray lines – S4 for all observational days, time resolution is 4.5 sec., averaging time is 1 min.

Black line – angle between direction to the source and magnetic field for height 300 km. Magnetic field is derived from IGRF with WMM2015 coefficients set.

Roman Vasilyev, Mariia Globa, Dmitry Kushnarev, Andrey Medvedev, Konstantin Ratovsky // Spectral characteristics of ionospheric scintillations of UHF radiosignal near magnetic zenith // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 160 (2017) 48–55

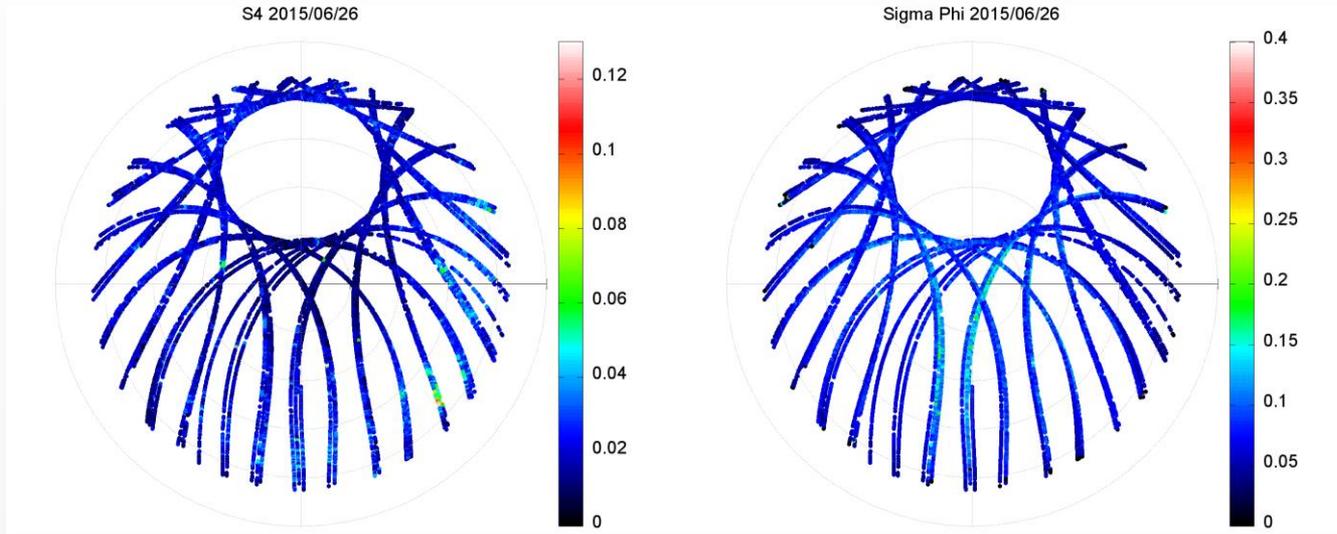
# Поддионосферные точки



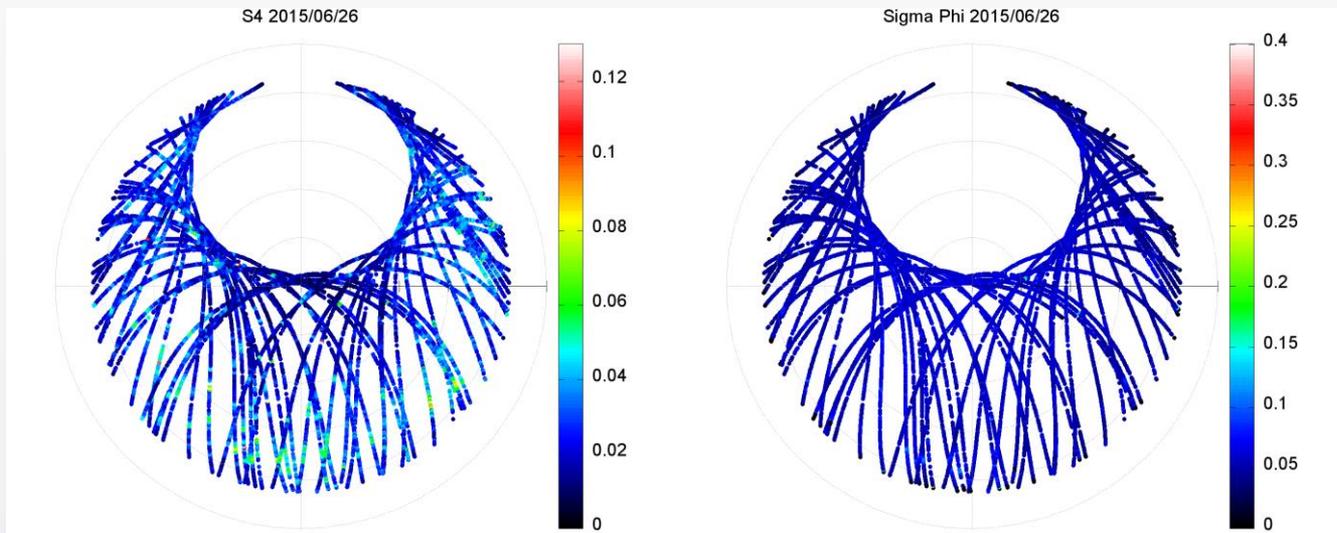
Синий – спутники GPS  
Красный – Лебедь-А (ИРНР)

# Мерцания навигационного сигнала за сутки

ГЛОНАСС:

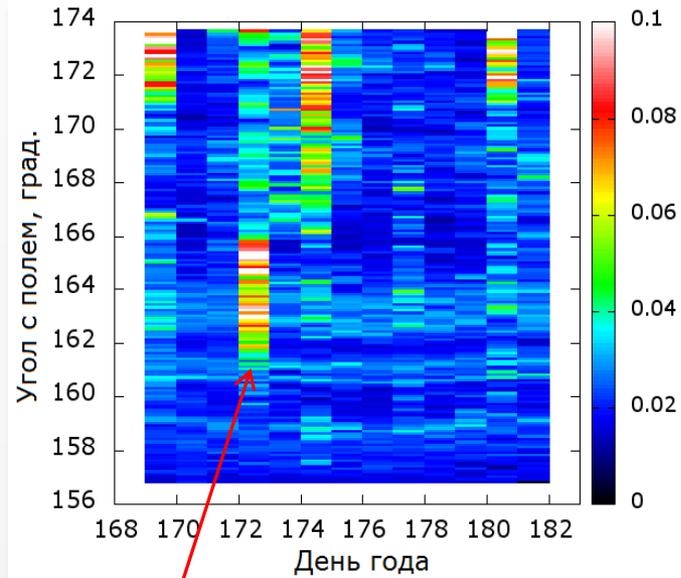


GPS:



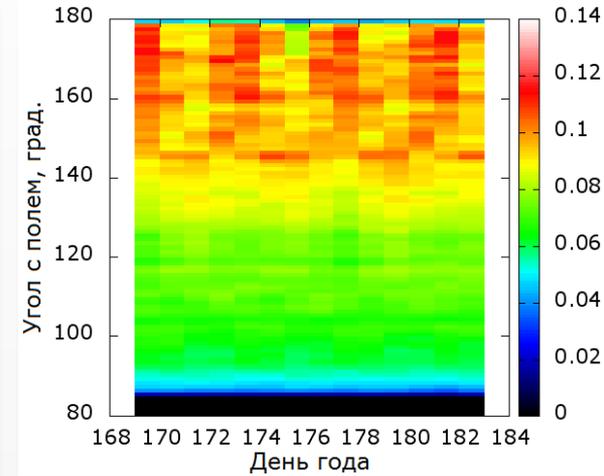
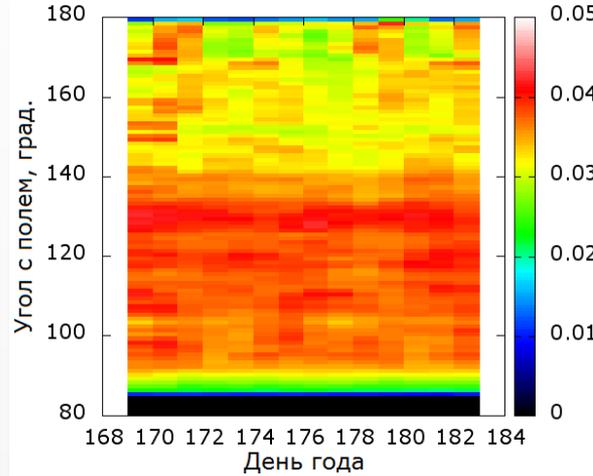
# Распределения индексов мерцаний по углам между лучом зрения и магнитным полем

S4 для Лебедя-А:

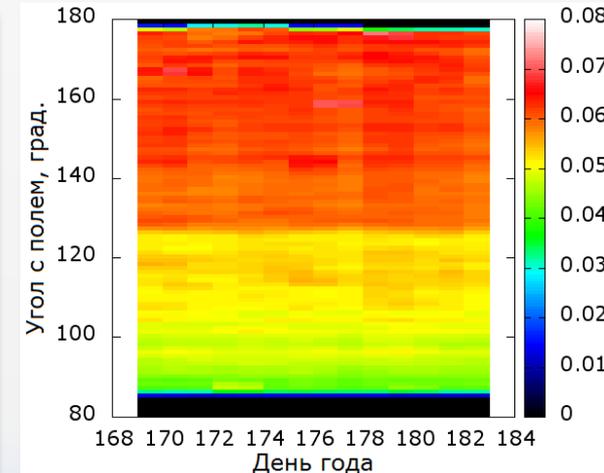
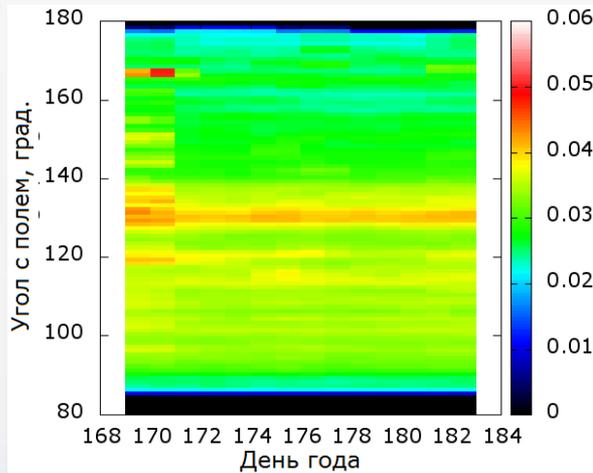


Геомагнитная буря

ГЛОНАСС:

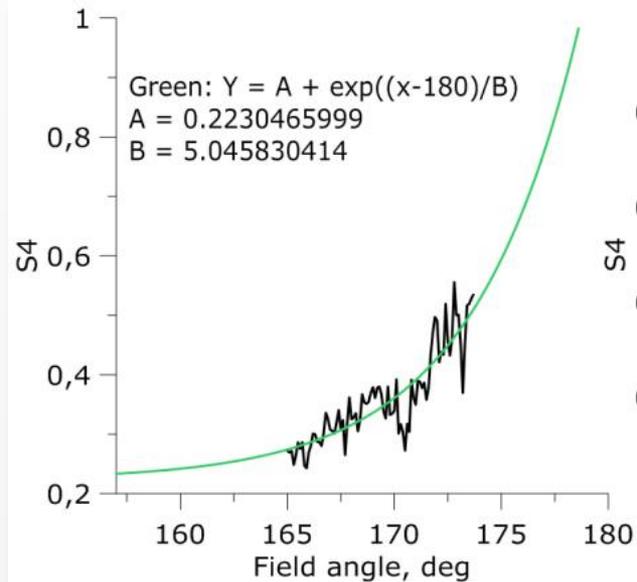


GPS:



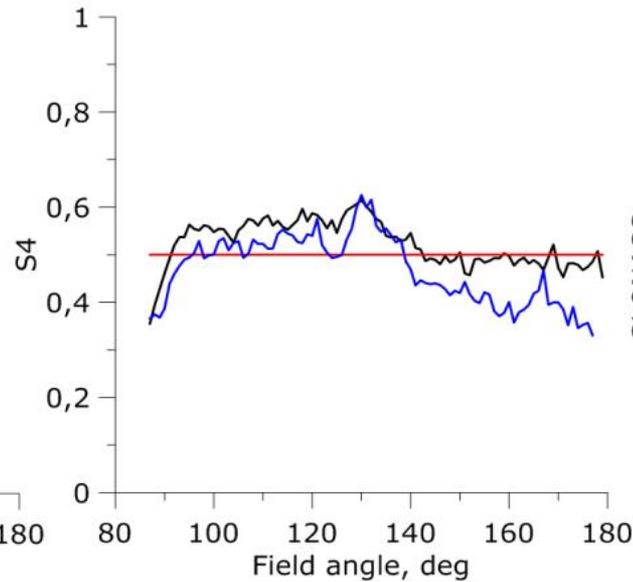
# Усредненные распределения за 15 дней

## S4 для Лебедя-А



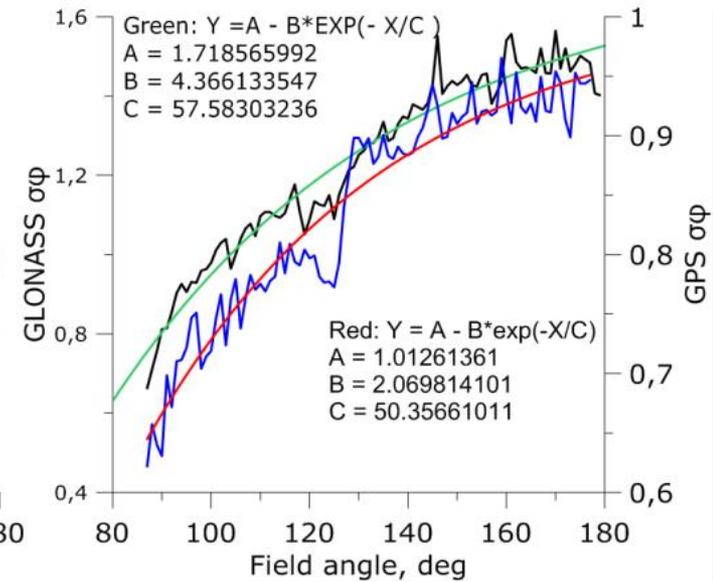
Экспоненциальный рост

## S4 для GPS (синим) и GLONASS (черным)



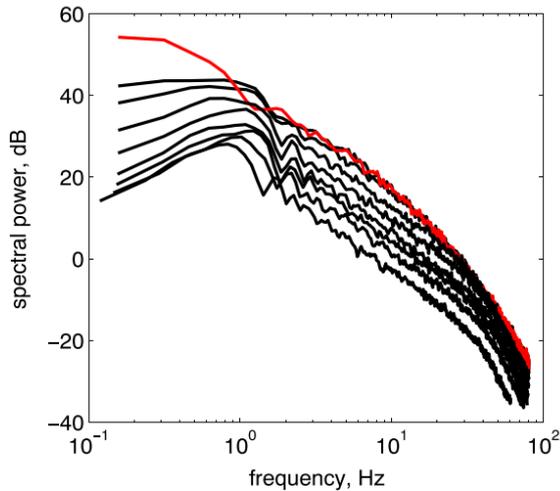
Нет зависимости от МЗ

## $\sigma_\phi$ для GPS (синим) и GLONASS (черным)

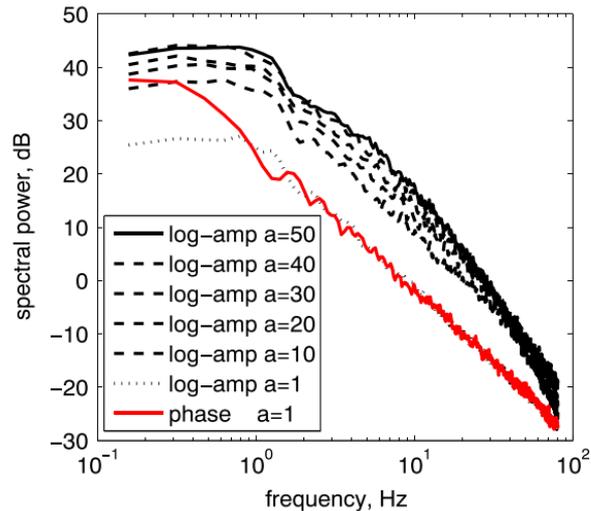


Насыщение

# Модель мерцаний вблизи магнитного зенита



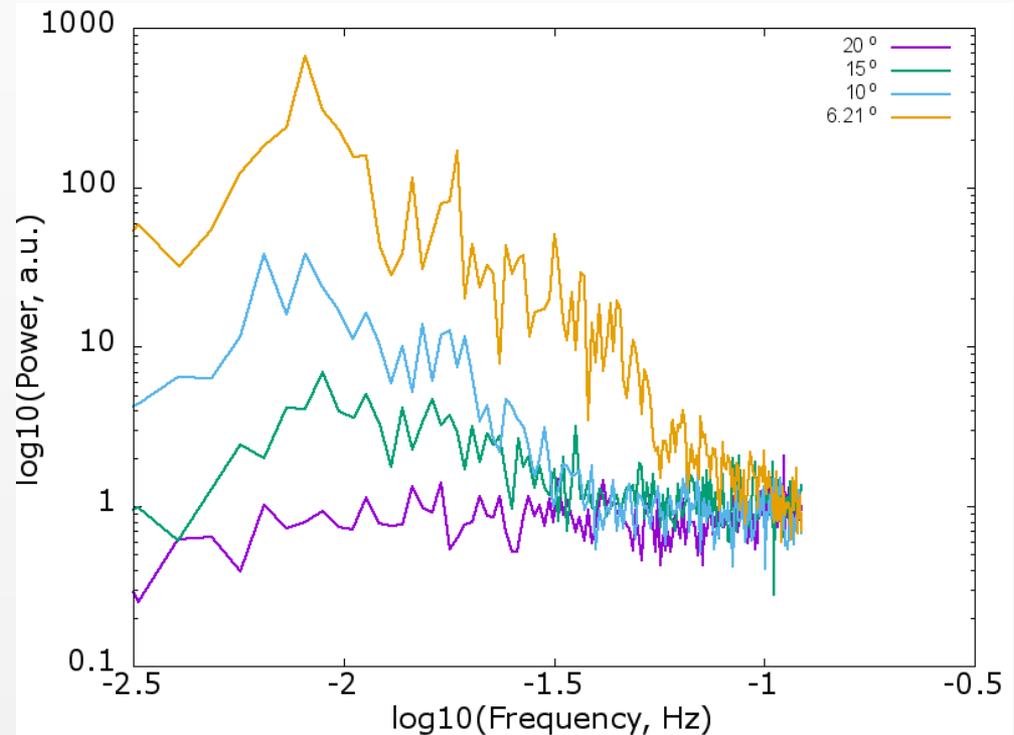
**Figure 3.** The set of the log amplitude spectra (black) corresponding to the different values of the angle between the ray path and magnetic field  $\varphi = 0, 1, 2.5, 5, 10, 15, 25$ , and  $42$ , from up to down. The red curve is the phase spectrum for  $\varphi = 0$ .



**Figure 2.** The set of the log amplitude spectra (black) corresponding to the different values of the anisotropy parameter  $a = 1, 10, 20, 30, 40$ , and  $50$ . Red curve is the phase spectrum for isotropic case of  $a = 1$ .

[Gherm, V. E., and N. N. Zernov (2017), Extension of Hybrid Scintillation Propagation Model to the case of field propagation in the ionosphere with highly anisotropic irregularities, Radio Sci., 52, doi:10.1002/2017RS006264]

Спектры мерцаний при различных углах с магнитным полем (ИРНР):



# Заключение

- Несмотря на то, что мерцания на ИРНР в период наблюдений происходили относительно редко, можно увидеть, что в те дни, когда мерцания наблюдались, максимум их интенсивности находится близко к 180 градусам, что соответствует направлению наблюдений в магнитный зенит. Единственное исключение – день, когда происходила сильная геомагнитная буря (22 июня 2015, 172-й день года).
- Для данных навигационных спутников эффект магнитного зенита проявляется только для мерцаний фазы.
- Из полученных распределений можно сделать вывод о том, что в спокойных условиях в ионосфере возникают неоднородности, вытянутые вдоль линий геомагнитного поля, вызывающие амплитудные мерцания в метровом диапазоне и фазовые мерцания в дециметровом диапазоне длин волн.
- В дальнейшем планируется провести более детальный анализ наблюдаемого явления с целью определения параметров ионосферных неоднородностей, вызывающих мерцания, а также проводить регулярные наблюдения мерцаний на обоих инструментах и проследить сезонно-суточные вариации мерцаний в магнитном зените в различных диапазонах длин волн.

**Спасибо за внимание!**