



БШФФ-2022

Влияние плазмосферы на пространственное распределение УНЧ-волн в магнитосфере Земли

Александр Рубцов¹
avrubtsov@iszf.irk.ru

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

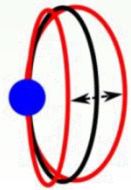
M. Nosé²

²Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Nagoya, Japan

Сентябрь 2022

УНЧ-волны в магнитосфере Земли

- Ультранизкочастотные волны — электромагнитные волны с периодом колебаний от 0.2 до 600 с (1.7 мГц–5 Гц)
- Альфвеновские волны — собственные колебания силовых линий магнитного поля Земли, наблюдаются в диапазоне Pc4 и Pc5 (45–600 с)



Toroidal

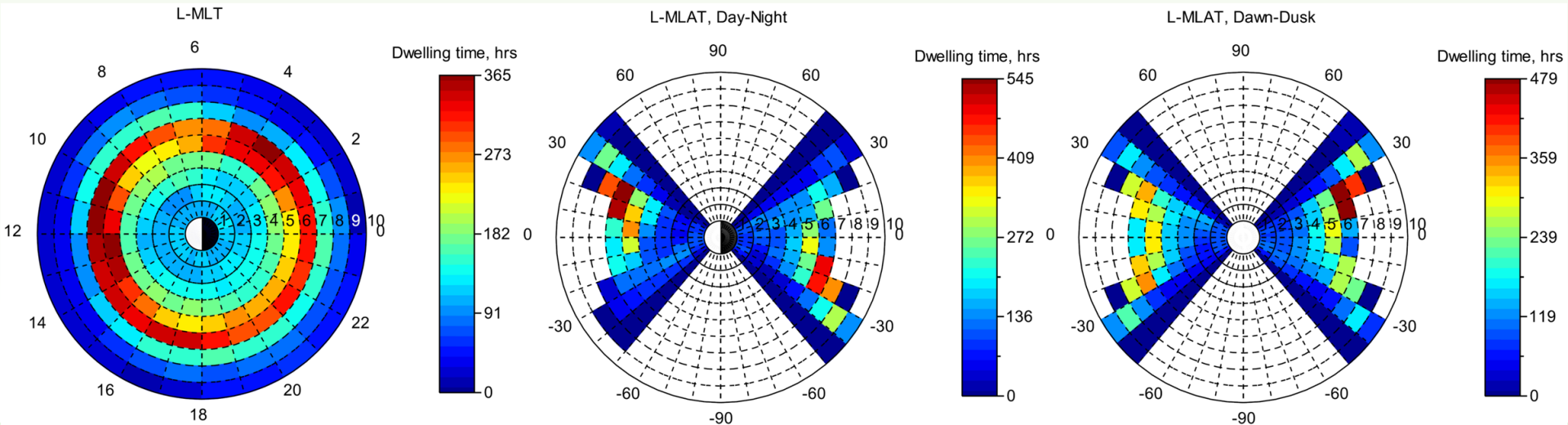
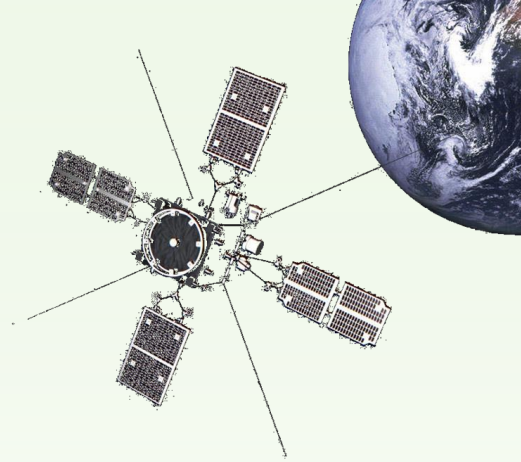


Poloidal



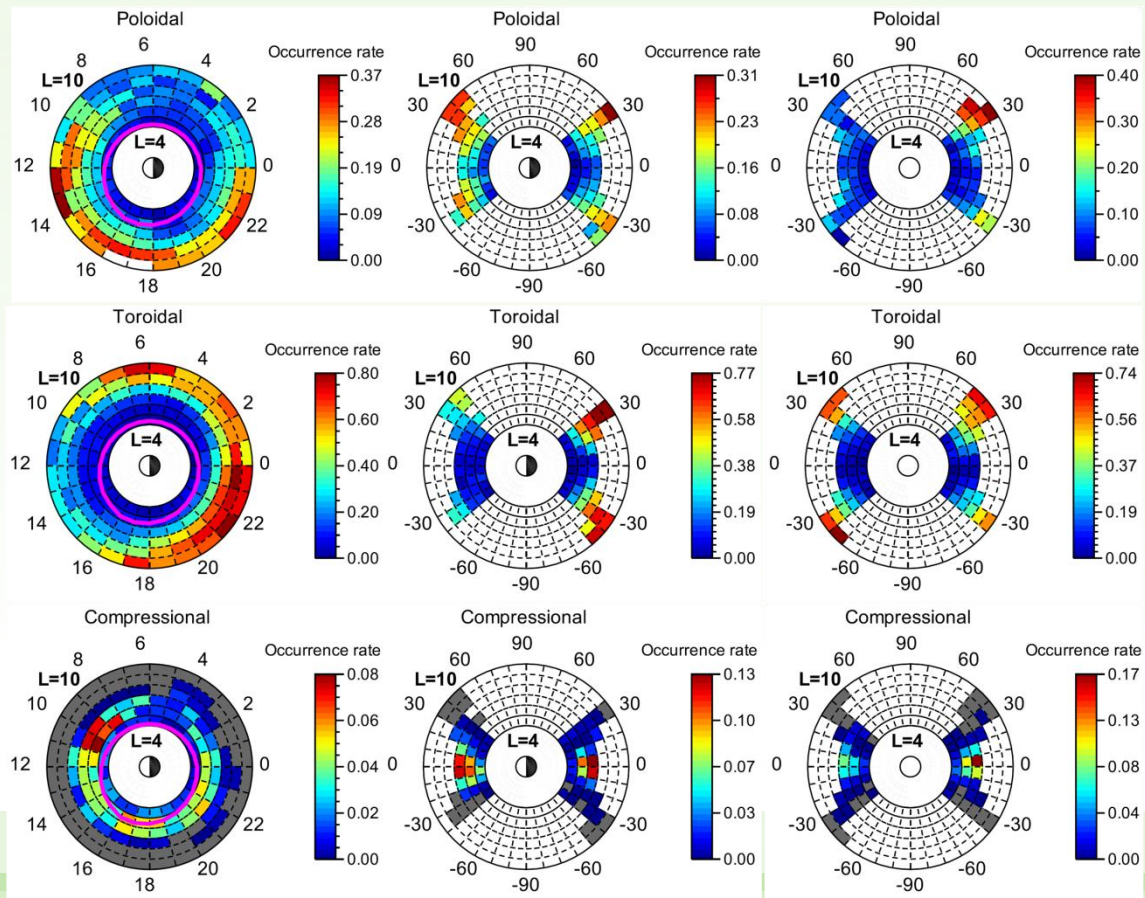
Спутник Arase

- Данные с марта 2017 по декабрь 2020
- Наклон орбиты до MLAT $\approx 40^\circ$
- Ограничение на размер магнитосферы $L < 10$



L-MLT диаграммы по средним амплитудам

- Полоидальные:
 - Вдоль пути дрейфа ионов
 - Все виды гармоник
- Тороидальные
 - Утро и ночная полусфера
 - Нечётные гармоники
- Компрессионные
 - Две области локализации
 - Около экватора

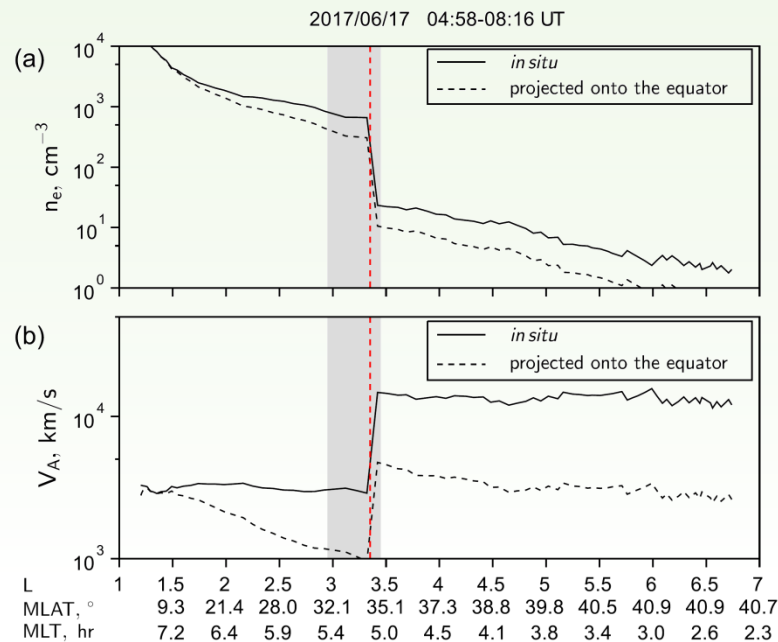


Положение плазмопаузы

- Плазмопауза — это область, где концентрация уменьшается в 5 или более раз на радиальном расстоянии $\leq 0.5 R_E$

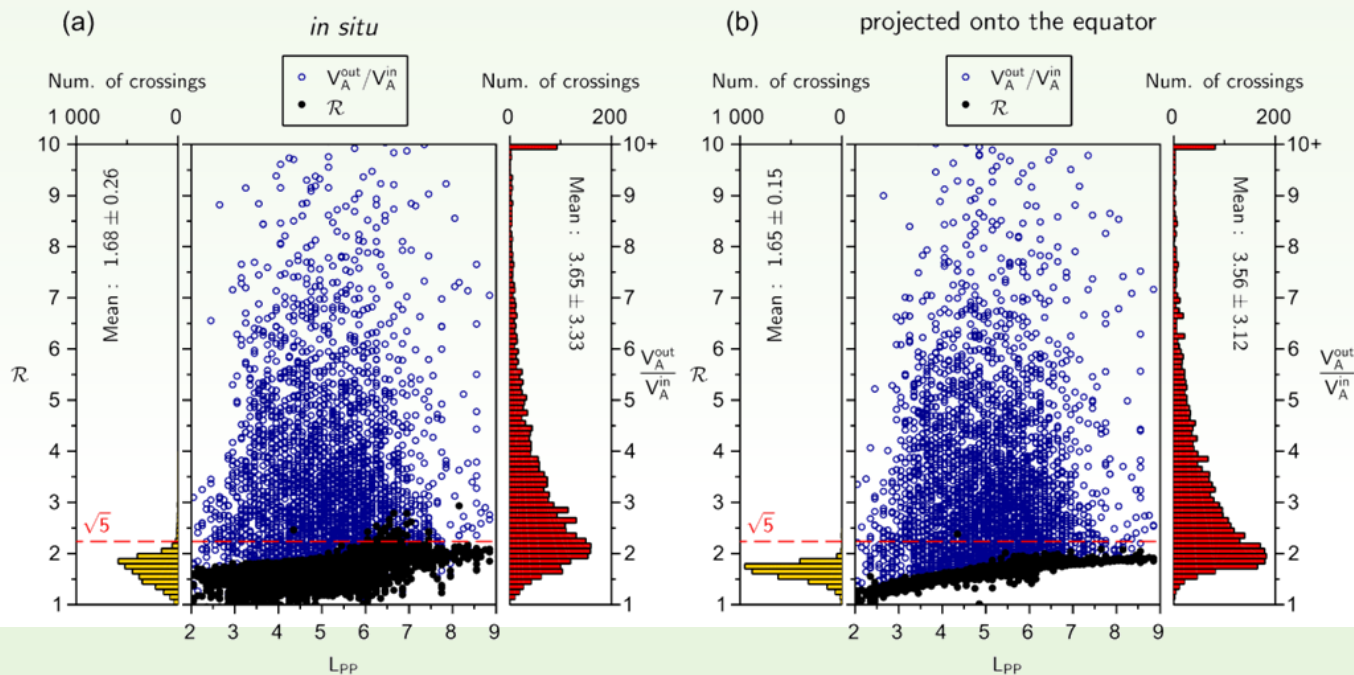
- В таком случае пороговое значение для выявления плазмопаузы по данным альфвеновской скорости $V_A = B/\sqrt{\mu_0\rho}$, выражается как:

$$\mathcal{R} = \frac{V_A^{out}}{V_A^{in}} = \frac{B^{out}}{B^{in}} \sqrt{5},$$



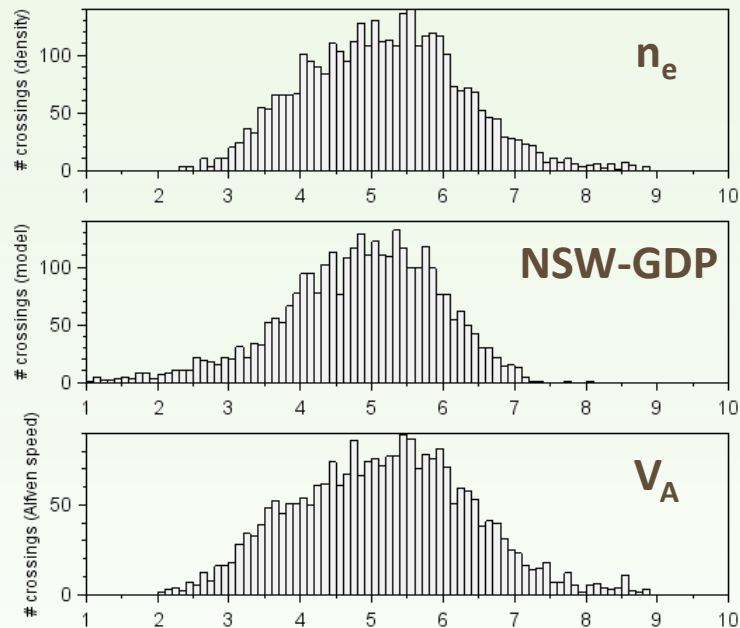
Положение плазмопаузы

Статистика значений параметра $\mathcal{R} = \frac{V_A^{out}}{V_A^{in}} = \frac{B^{out}}{B^{in}} \sqrt{5}$,



Модель NSW-GDP

- Эмпирическая модель плазмопаузы
[Zhang et al., 2017; He et al., 2017]
- Входные параметры:
Vsw, Bz ММП, SYM-H, AE (SME), MLT

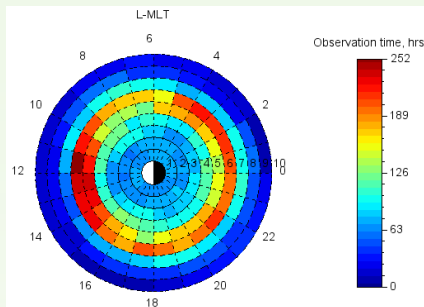


$$L_{PP}(V_{SW}, B_Z, SYM-H, AE, MLT) = \left\{ g_0(V_{SW}) + \frac{g_1(V_{SW})}{1 + g_2(V_{SW})u^2 + g_5(V_{SW})u^4 + g_6(V_{SW})u^6} \right\} \times \frac{h_0(E_{SW}) + h_1(E_{SW})\sin^2\chi}{1 + h_3(E_{SW})\sin^2\chi} + \{k_0(MLT)\log_{10}|\min_{-18,-1} SYM-H| + k_1(MLT)\log_{10}\max_{-18,-1} AE\} \times k_3(|E_{SW}|) + k_2(MLT),$$

NSW-GDP SYM-H

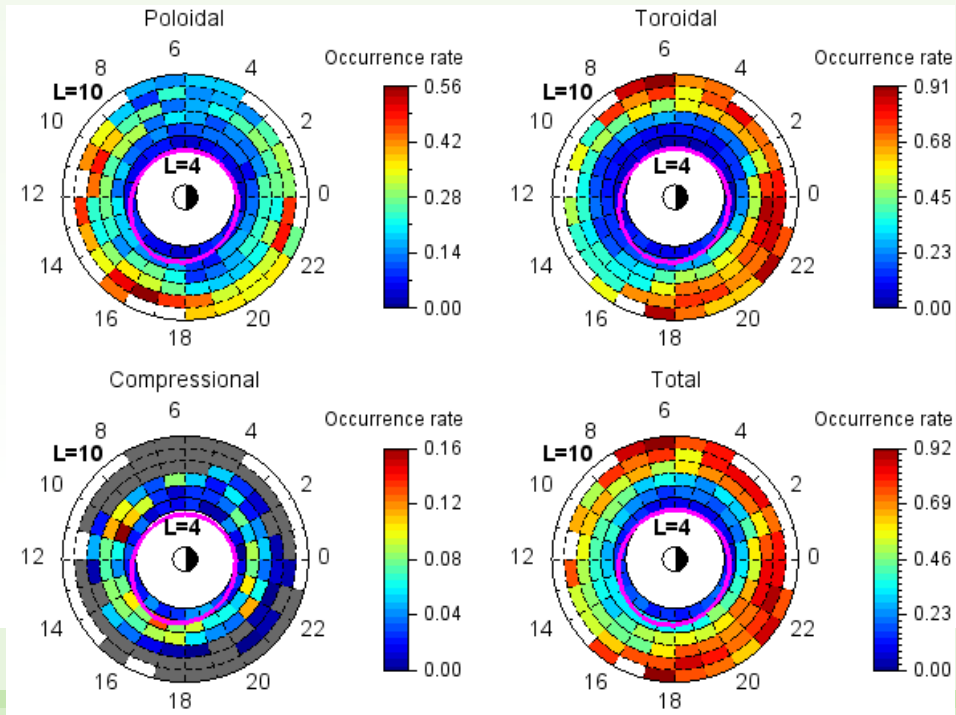
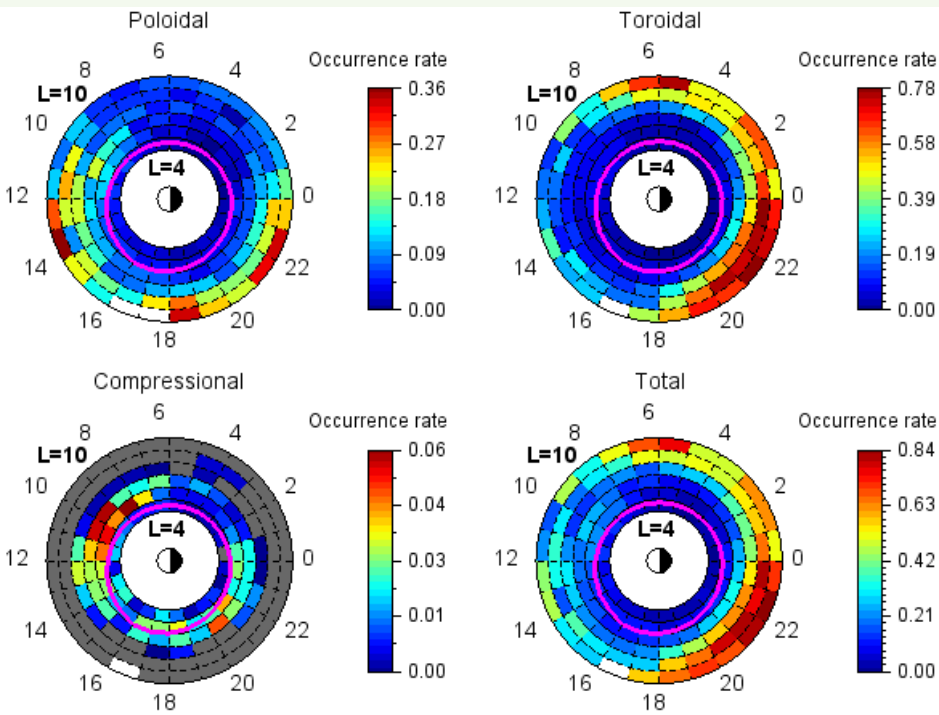
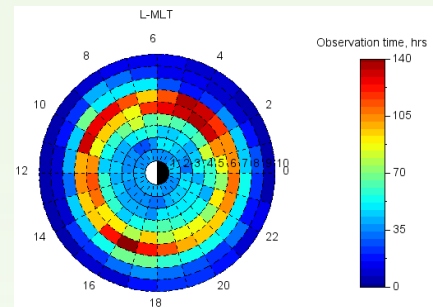
Покой

$|\text{SYM-H}| < 10 \text{ nT}$



Буря

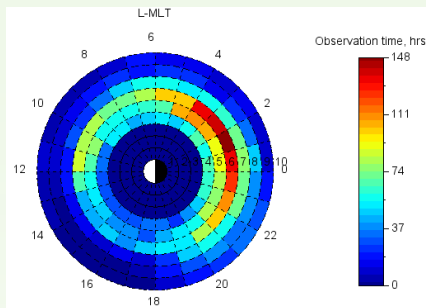
$|\text{SYM-H}| > 10 \text{ nT}$



n_e
SYM-H

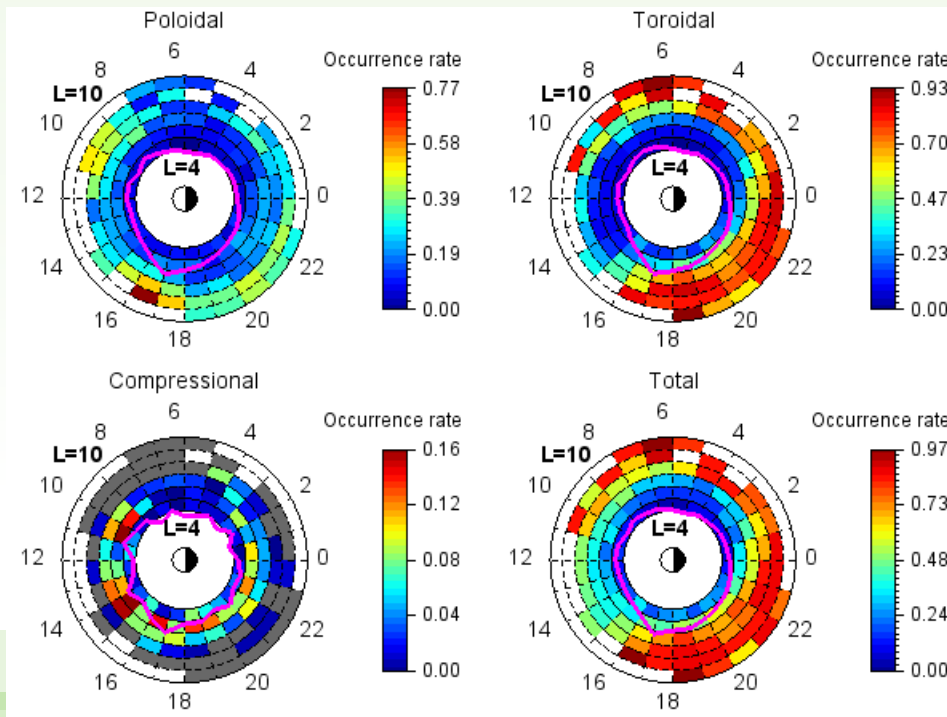
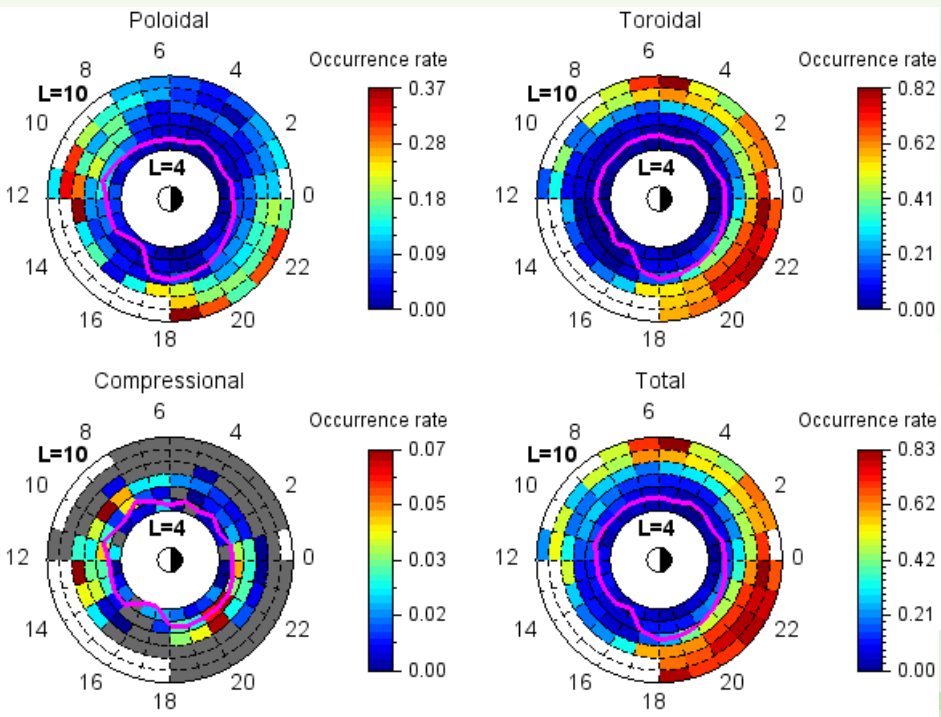
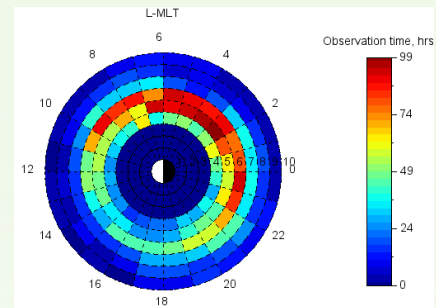
Покой

$|\text{SYM-H}| < 10 \text{ nT}$



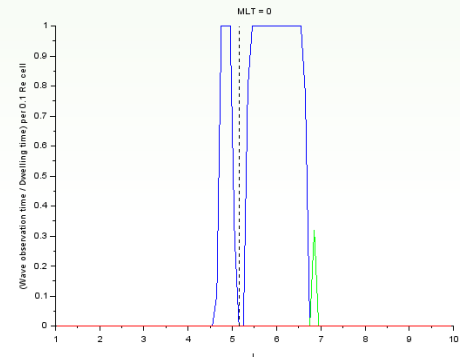
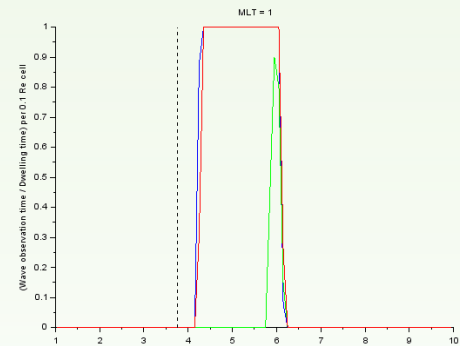
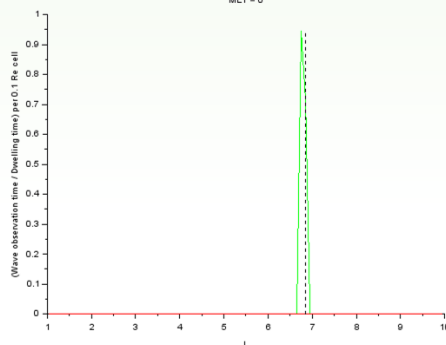
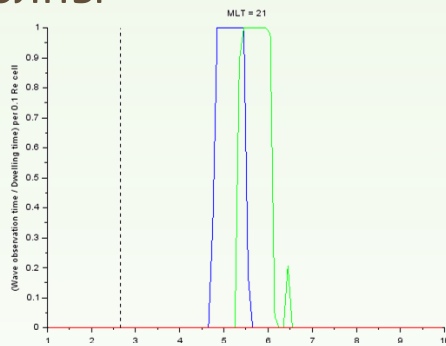
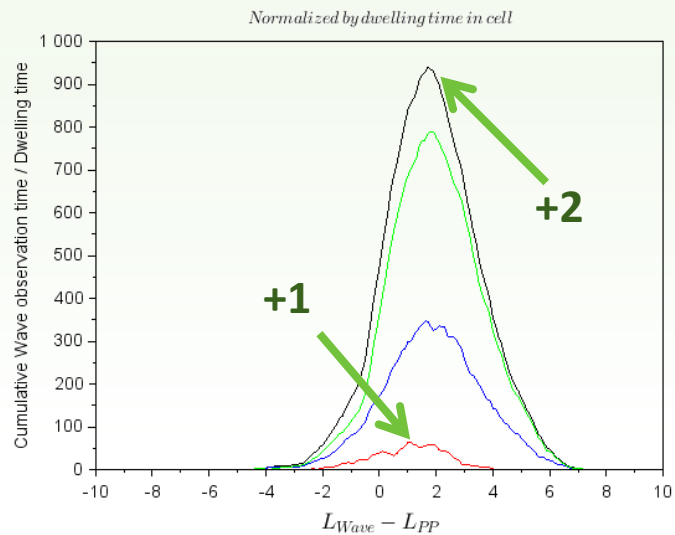
Буря

$|\text{SYM-H}| > 10 \text{ nT}$



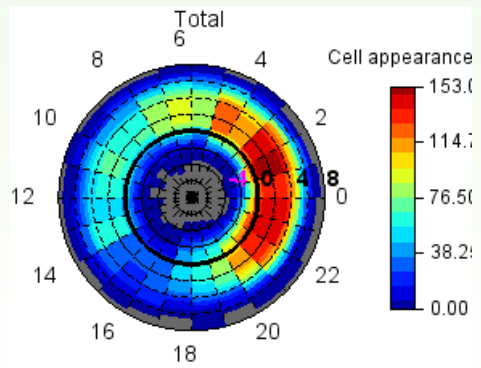
Наблюдение УНЧ-волн относительно плазмопаузы

- Накопление минут наблюдения волны
- Примеры:

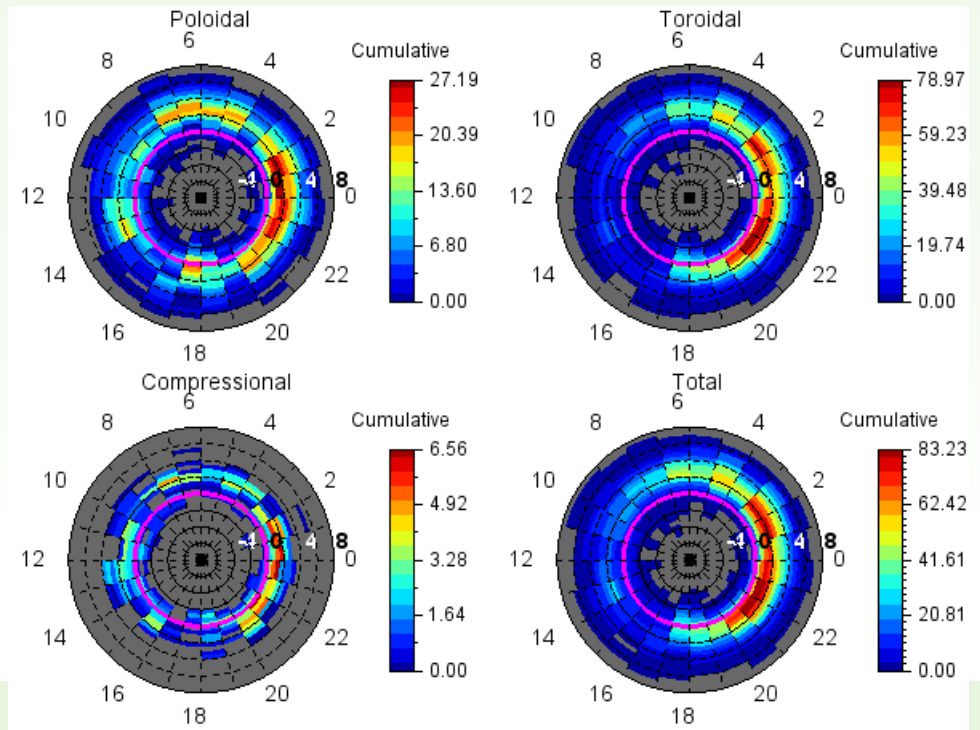


Распределение УНЧ-волн относительно плазмопаузы с учётом распределения по MLT

- Наблюдения в ячейке

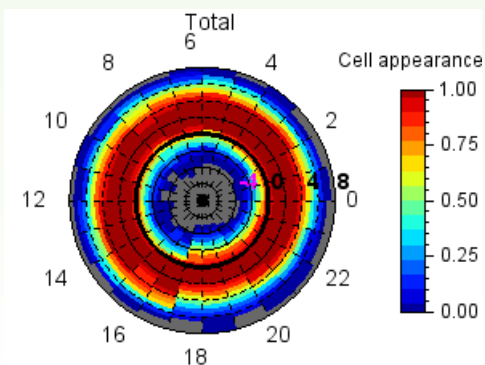


- Совокупное время наблюдения волны

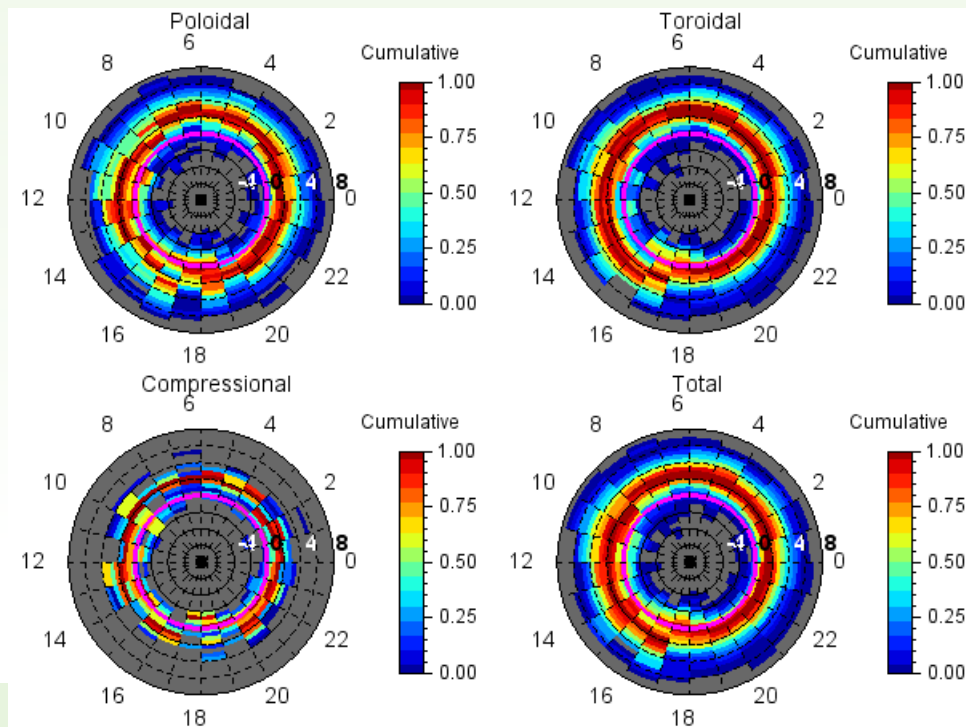


Распределение УНЧ-волн относительно плазмопаузы нормированное каждый час MLT

- Наблюдения в ячейке



- Совокупное время наблюдения волны



Заключение

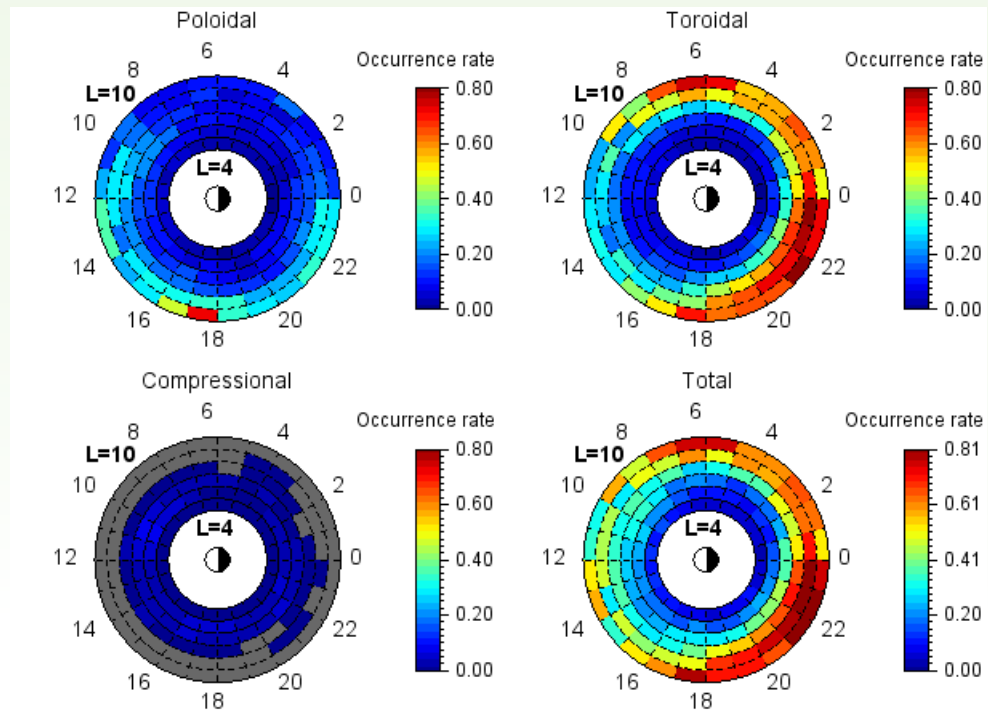
- На 4-летней статистике измерений спутника Arase показано, что компрессионные волны появляются в узко-локализованной области вокруг геомагнитного экватора ($MLAT < 10^\circ$)
- Получено эмпирическое значение для средней величины резкого роста альфвеновской скорости при пересечении плазмопаузы, $R = 1.65$, соответствующее определению плазмопаузы по концентрации
- Продемонстрировано, что УНЧ-волны наблюдаются обычно за пределами плазмопаузы:
 - Обнаружена корреляция между положением плазмопаузы и повышением частоты наблюдения УНЧ-волн в вечернем и ночном секторах
 - Вечерний выступ плазмопаузы не сдвигает область появления волн от Земли

Спасибо за внимание

avrubtsov@iszf.irk.ru

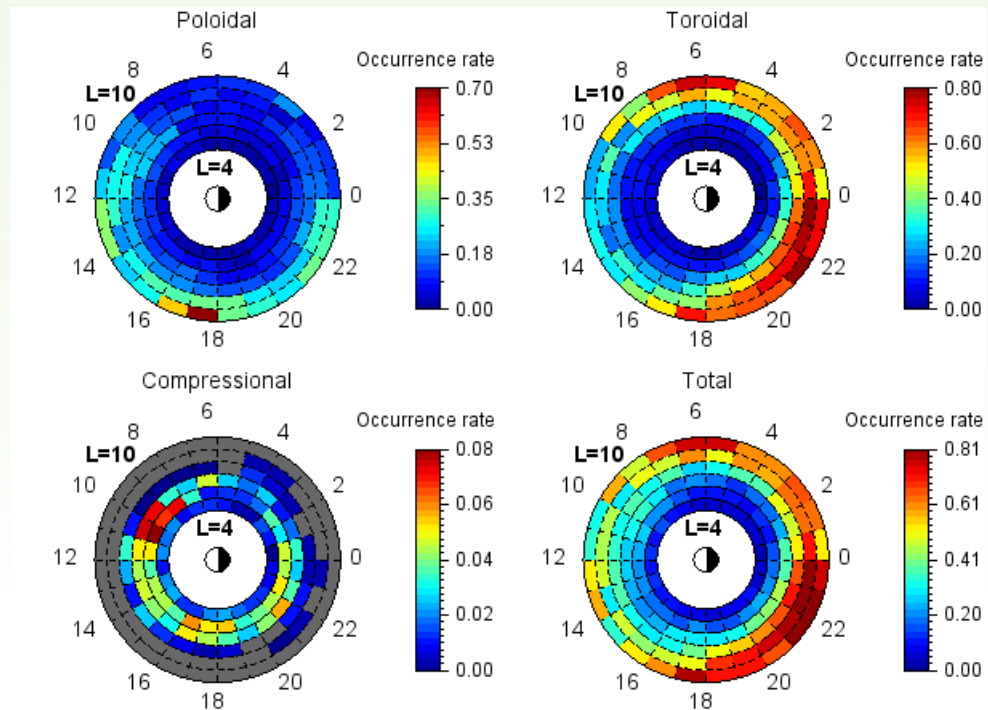
L-MLT диаграммы по средним амплитудам

- Масштаб цветовой шкалы определяется частотой появления тороидальных волн, которая больше, чем у полоидальных и намного больше, чем у компрессионных
- Серые области соответствуют нулевой частоте появления



L-MLT диаграммы по средним амплитудам

- Здесь масштаб цветовой шкалы выбирается отдельно для каждого варианта поляризации
- Частота появления:
тороидальные >> полоидальные
полоидальные >> компрессионные
- Аномальная частота появления у полоидальных волн при $L = 9-10$ и $MLT = 16-18$

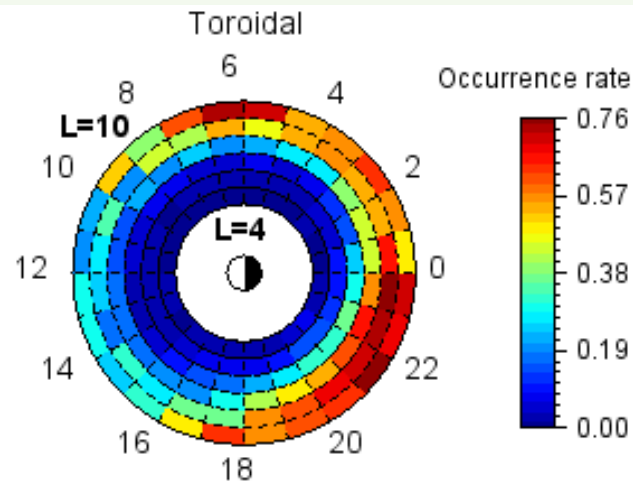
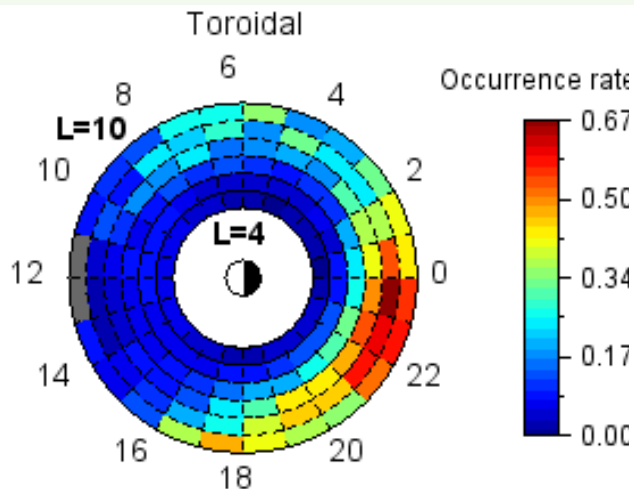
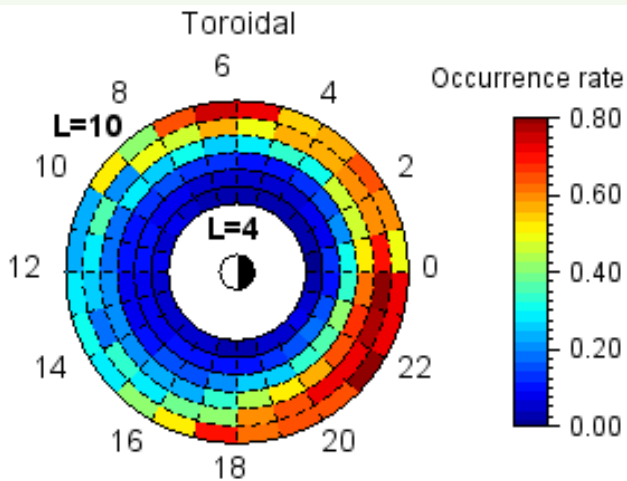


Toroidal waves

- L-MLT, period 45-600 s

Pc4 (45-150 s)

Pc5 (150-600 s)

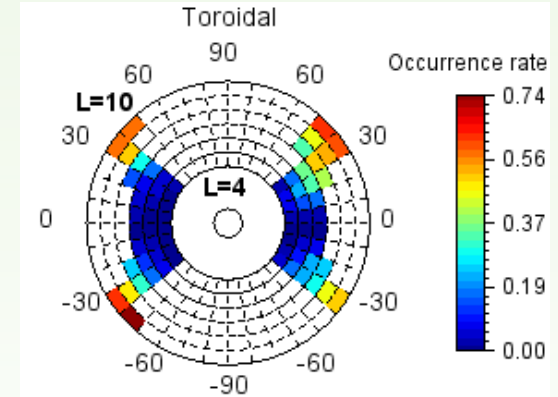
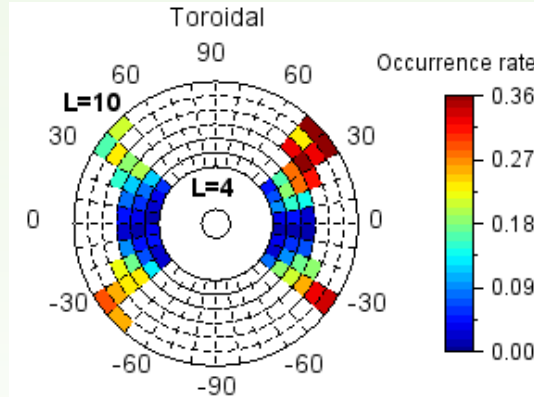
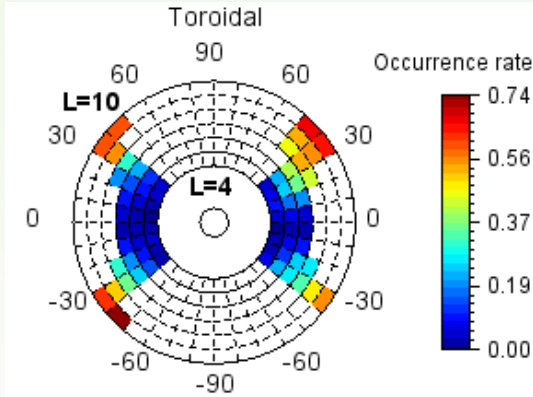


Toroidal waves

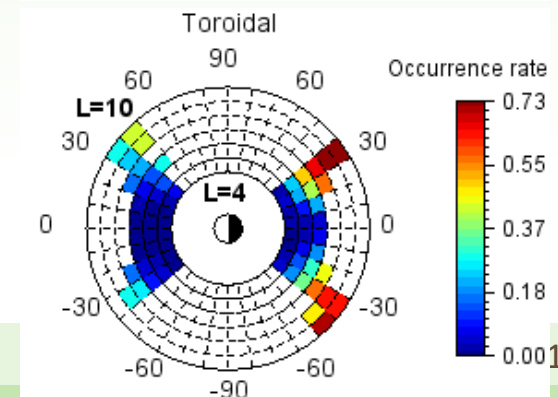
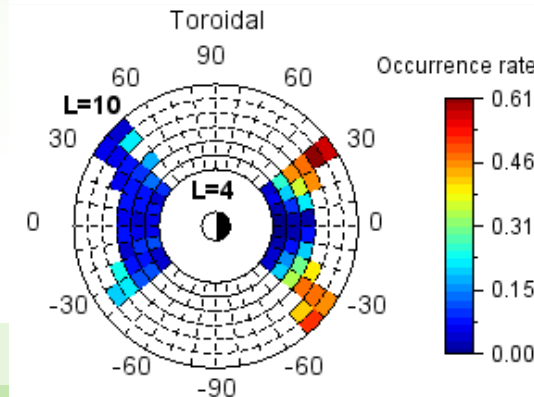
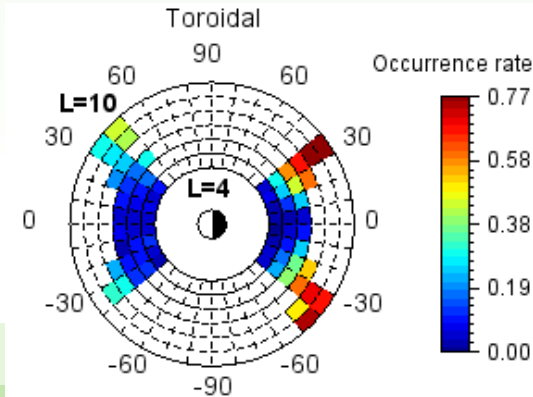
- L-MLAT, period 45-600 sPc4 (45-150 s)

Pc5 (150-600 s)

Dawn-Dusk



Day-Night

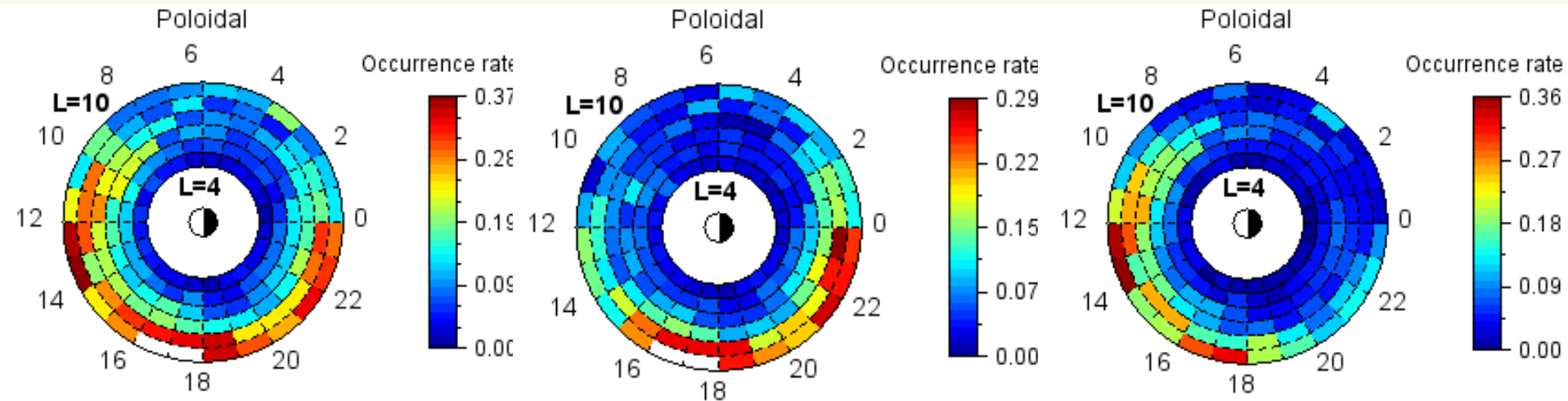


Poloidal waves

- L-MLT, period 45-600 s

Pc4 (45-150 s)

Pc5 (150-600 s)

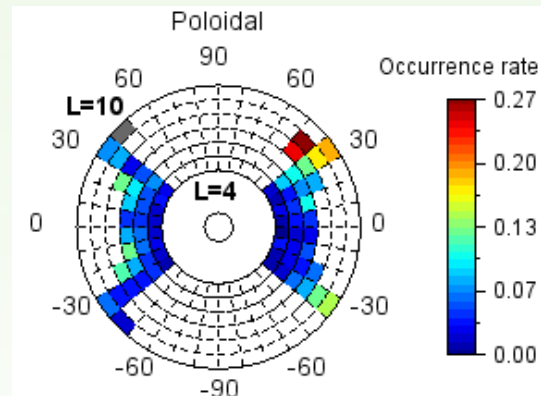
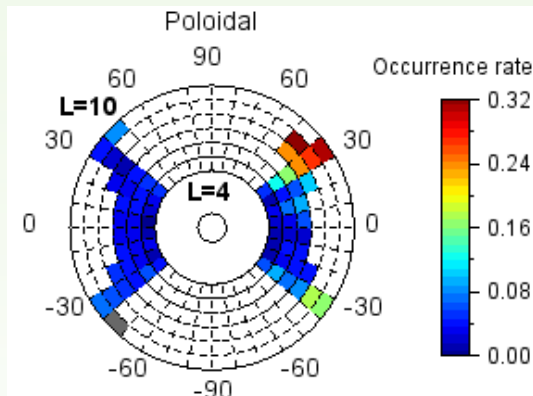
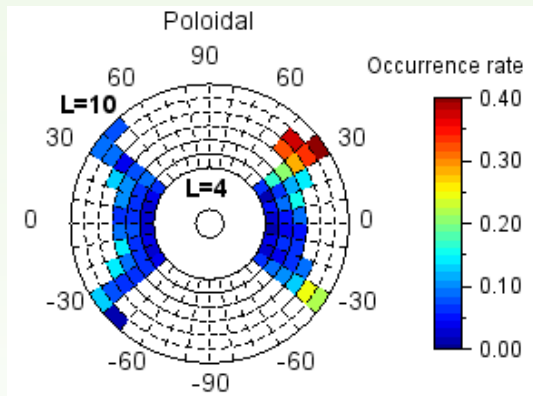


Poloidal waves

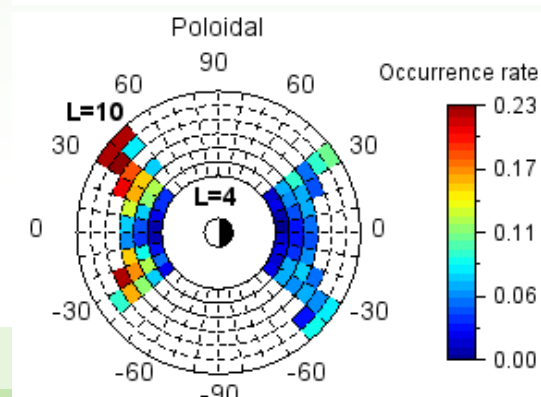
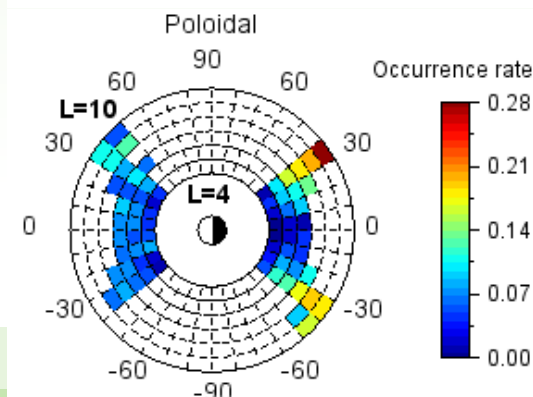
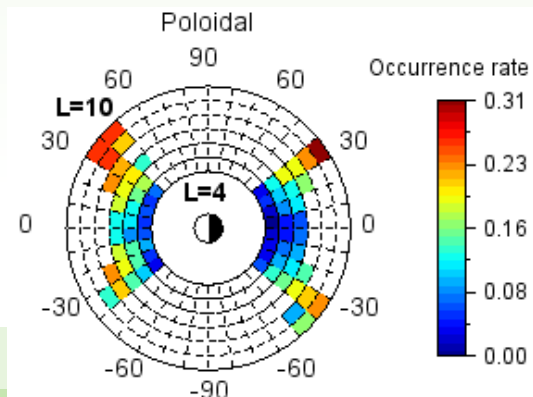
- L-MLAT, period 45-600 sPc4 (45-150 s)

Pc5 (150-600 s)

Dawn-Dusk



Day-Night

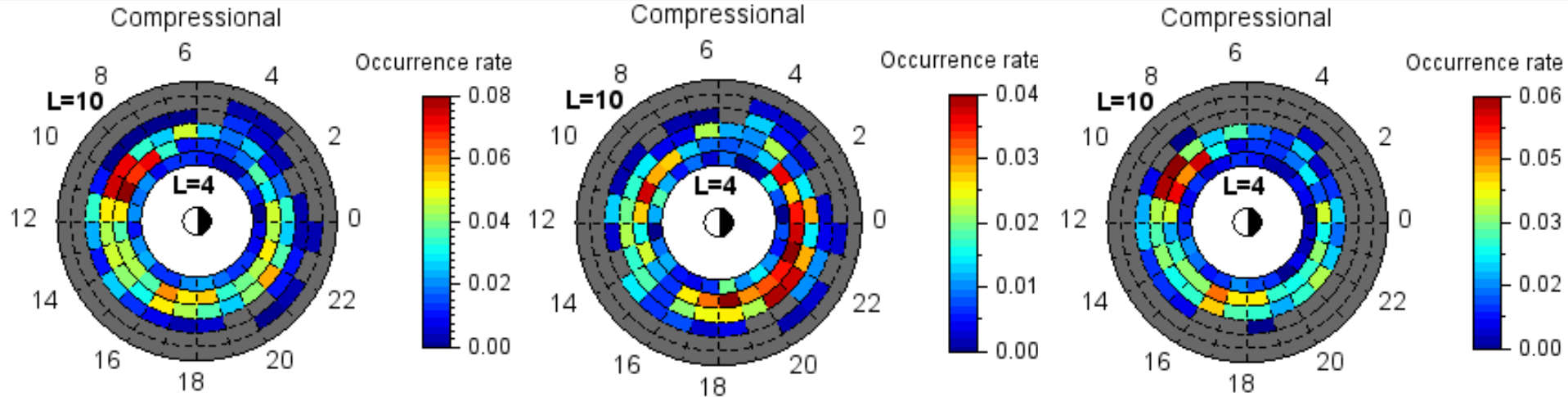


Compressional waves

- L-MLT, period 45-600 s

Pc4 (45-150 s)

Pc5 (150-600 s)

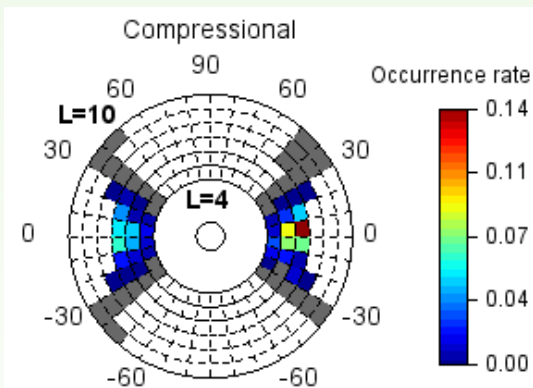
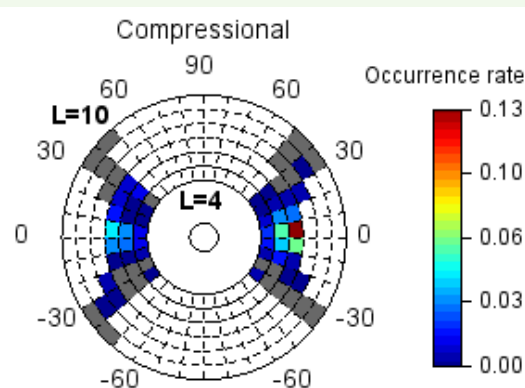
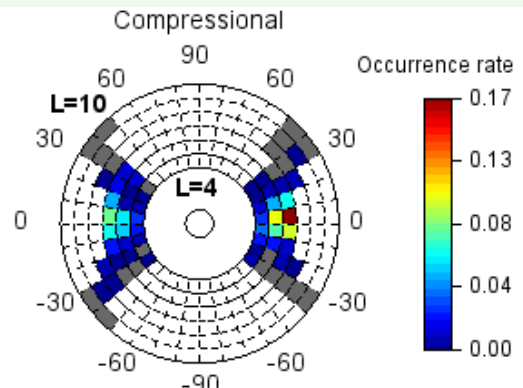


Compressional waves

- L-MLAT, period 45-600 sPc4 (45-150 s)

Pc5 (150-600 s)

Dawn-Dusk



Day-Night

