

Связь появляемости среднеширотных дневных СМ ПИВ с интенсивностью межполушарных магнито- ориентированных токов



Акчурин А.Д.

Kazan Federal University

Двадцать вторая международная конференция

"Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса"

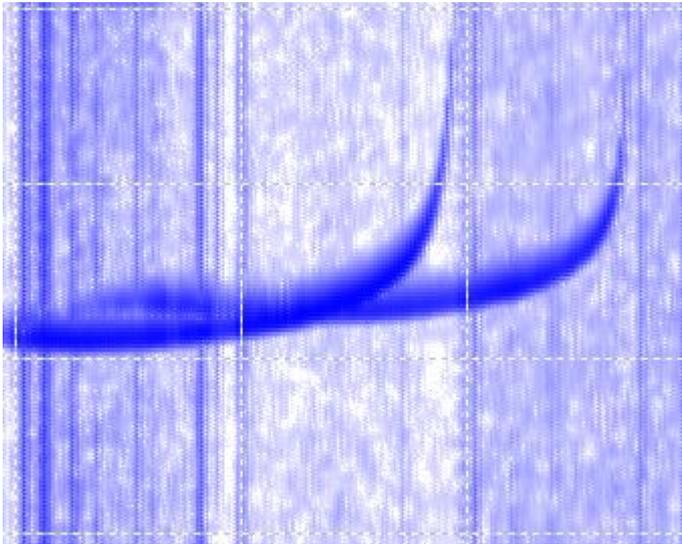


Основные проблемы с объяснением существования дневных среднеширотных ПИВ/TIDs

- ▶ По сути нет общей классификации ПИВ: **LSTIDs** → **MSTIDs** → **SSTIDs**
т.е. есть только крупномасштабные и среднемасштабные (**КМ** ПИВ и **СМ** ПИВ)
- ▶ Общепринятое объяснение для TIDs – богатое семейство разных ВГВ (по способу и месту генерации для разных масштабов). Для **LSTIDs** и **LSTADs**, это авроральные ВГВ, для **MSTIDs** это тропосферные (как воплощение случайности появления **MSTIDs**), для **SSTIDs** – это открытый вопрос. Для теоретиков форма ВГВ – это только «пленник» граничных условий возбуждения и результаты наблюдений остаются вне их рассмотрения.
- ▶ Проблемы связки **MSTIDs** и тропосферных MS ВГВ в **дефиците** очевидных источников, **MSTIDs** видны как фронтальные возмущения (в виде волны с плоским фронтом) размером фронта ~2000–3000 км, в слабой изрезанности вертикального профиля **MSTIDs** из-за фоновых горизонтальных ветров, доминирующее движение к экватору, отсутствие **MSTIDs** от землетрясений с магнитудой ниже 7.5.
- ▶ Где могут быть альтернативные источники (drivers) у **MS/SS** TIDs ? М.б. в субавроральной области? М.б. плазмосфере?
- ▶ Явная наэлектризованность **ночных СМ** ПИВ (что исключает ВГВ из генераторов СМ ПИВ)
- ▶ Не ясна роль плазмосферы/ магнитосферы в создании и продвижении **СМ** ПИВ.

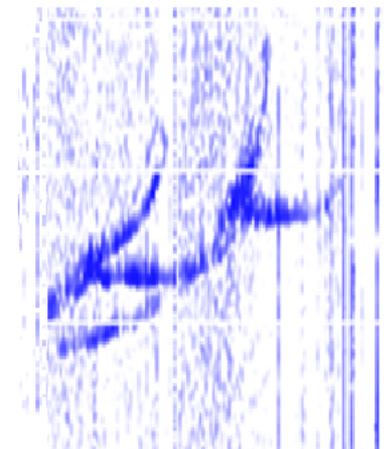
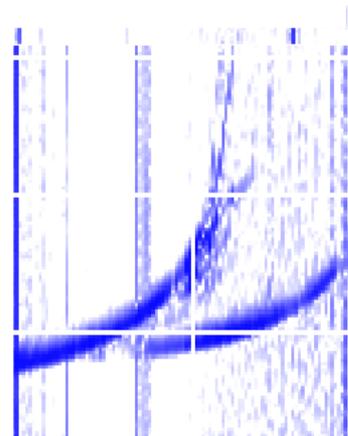
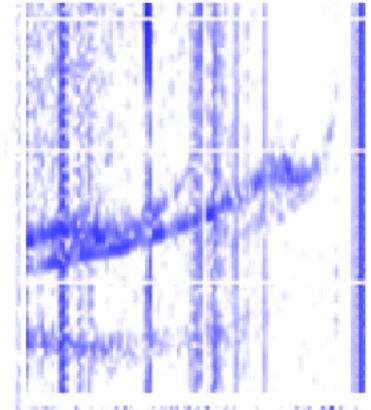
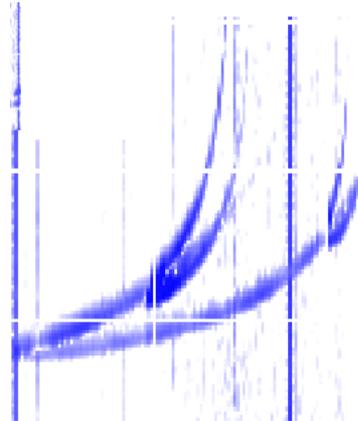
Проявление SSTIDs на ионограммах днём

Нормальная ионограмма
(касповая дуга F слоя) без
дополнительных следов



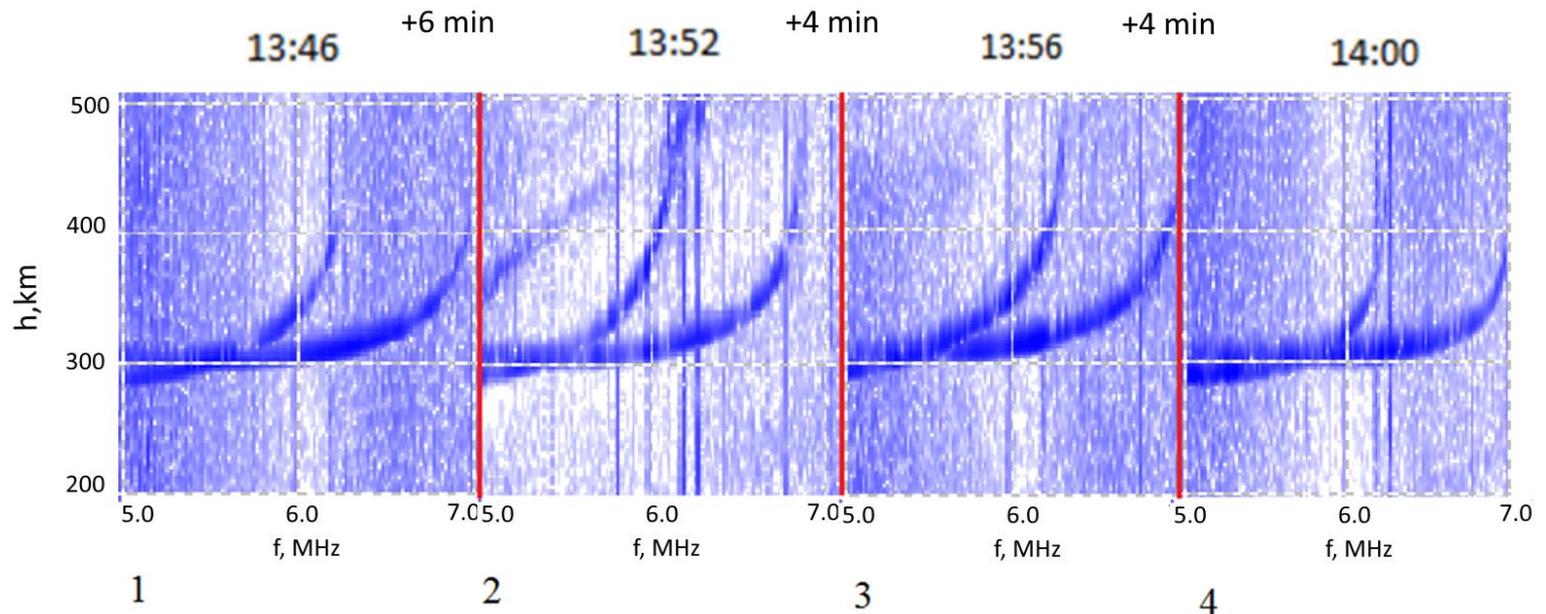
Согласно URSI, среднемасштабные TIDs должны проявляться как наклоны, но они (и особенно, слабые MSTID) часто видны как вариации критической частоты без видимых изменений формы следа слоя F.

Яркое проявление SSTIDs (в виде дополнительных следов в форме серпиков и клювиков). Другие яркие проявления SSTIDs на ионограммах обсудим далее.



Типичные изменения формы следа слоя F во время прохода SSTID

Часто на наших 1-минутных ионограммах → не видны дополнительные следы. Критическая частота остается почти неизменной. Касповая дуга (хвост следа F слоя) вытягивается вверх (stretches upward) и затем снова сжимается вниз (contracts downward).



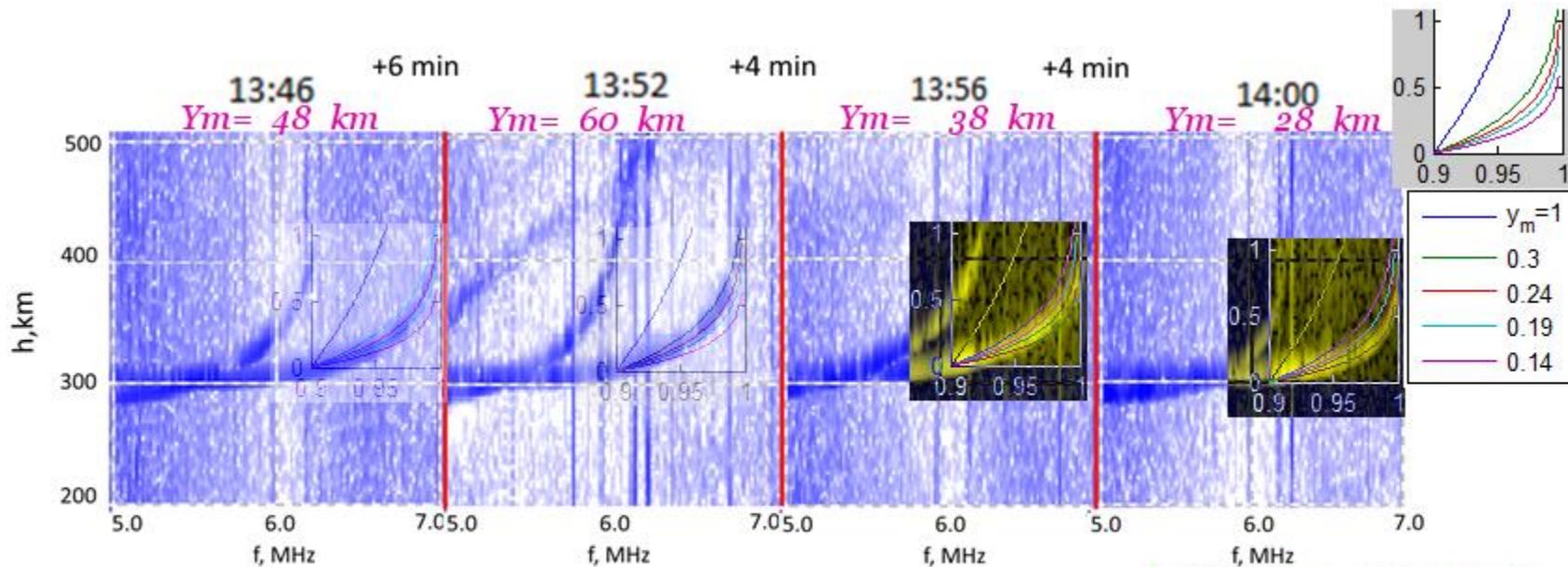
Как обнаружить такие проявления SSTIDs с минимальными компьютерными затратами? Использовать полуширину парабола? Или IRI параметры V0/V1?

В качестве первого шага, мы выбрали дифференциальный поворот хвостовой части следа слоя F.

Оценка полуширины параболического слоя F слоя только по финальной части касповой дуги (in the frequency range $0.9-1.0 f_c$)

По-видимому, работая лишь с хвостовой частью следа слоя F, значение классической полуширины ($\sim 80-120$ км) будет недооцененным, зато это не требует полного анализа сложного устройства F следа.

основано на идеях оценки полуширины *semi-thickness* in
 Appleton & Beynon (1940)
 Booker & Seaton (1940)



1

2

3

4

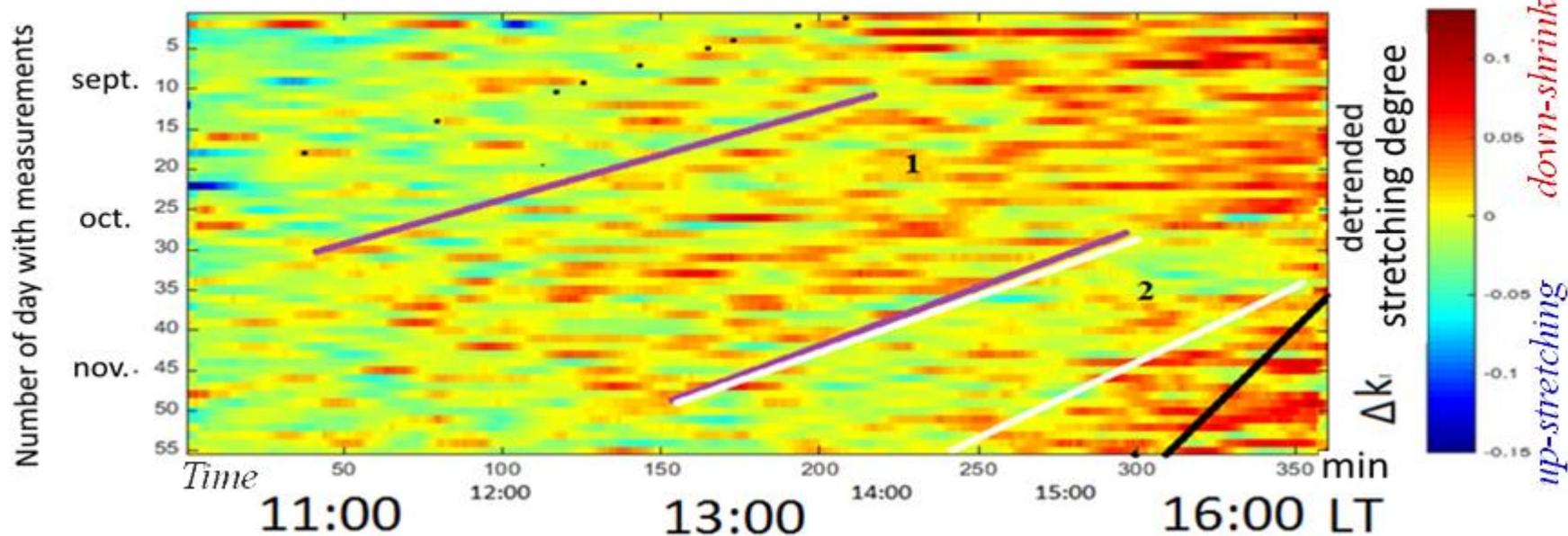
$$h'(x) = y_m \cdot x \cdot \ln \frac{1+x}{1-x} \quad y_m = 0.14 \div 0.3$$

$$Y_m = \text{slope} = 200 \text{ km} \cdot y_m$$

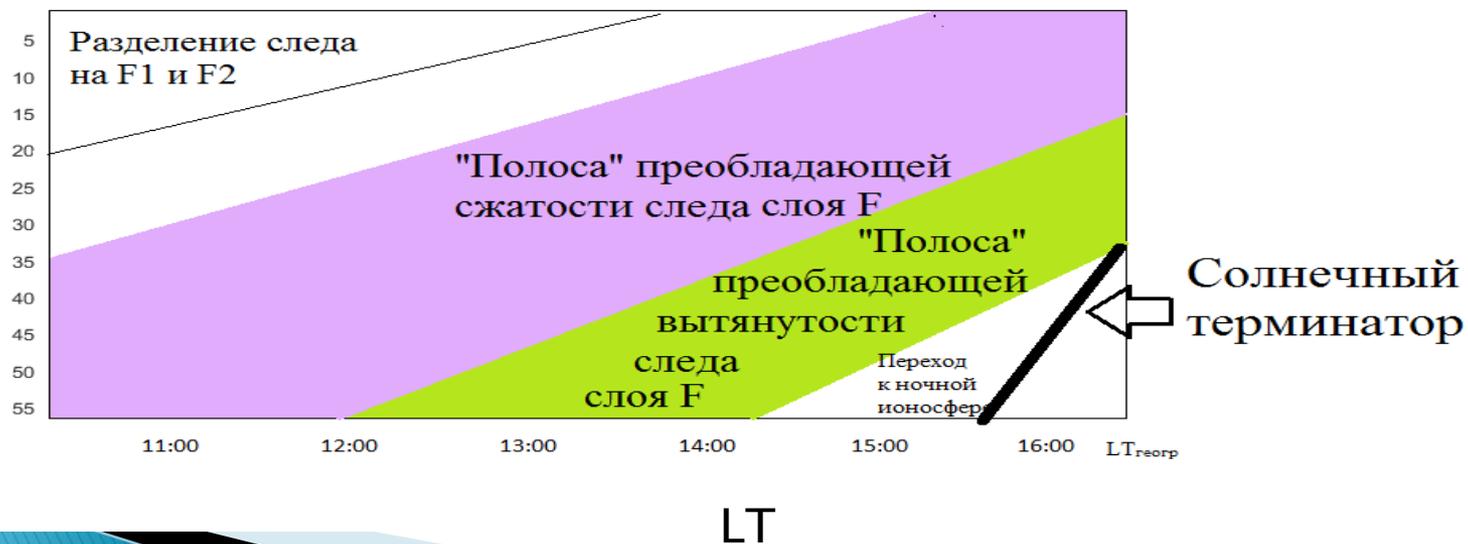
$$h'(x)_{fit} = \text{slope} \cdot \frac{1 \text{ km}}{2} \cdot x \cdot \ln \frac{1+x}{1-x}$$

Осенняя картина сжатости хвостовой части касповой дуги слоя F днём

Pattern of Daily seasonal variations of stretching degree



б)

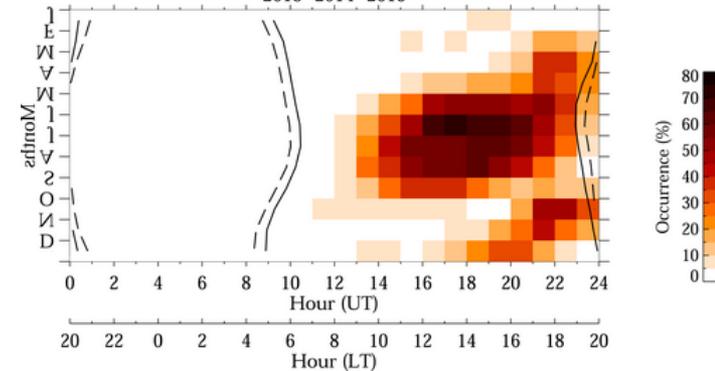


ДНИ ↓

Частота появления СМ ПИВ по данным о GPS ПЭС в средних широтах

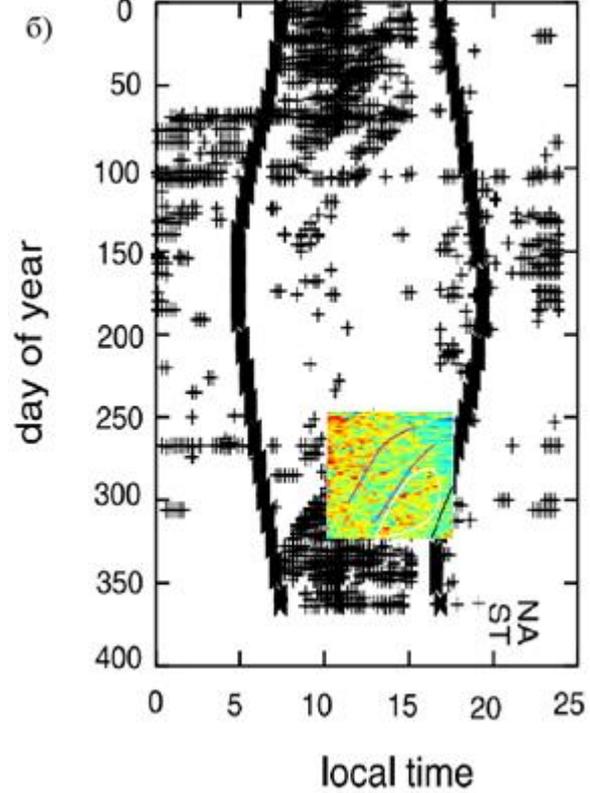
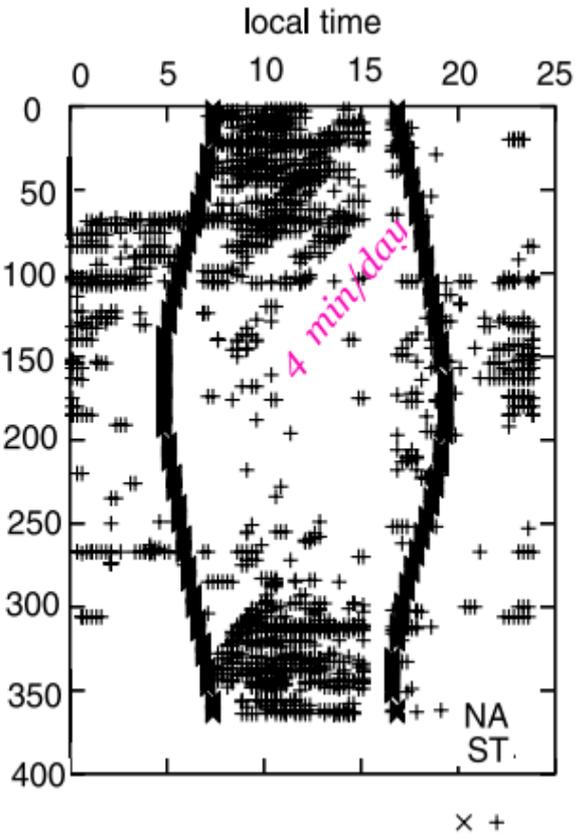
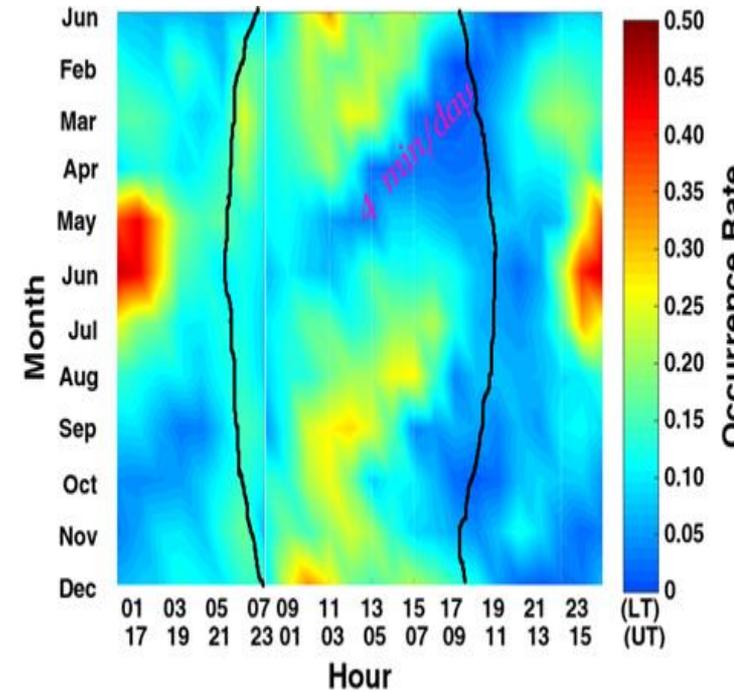
Неужели GPS группировка «мутит воду» в нашей спокойной ионосфере?

2013–2014–2015



Figueiredo, (2023). Daytime medium scale traveling ionospheric disturbances (MSTIDs) over the Andes Mountains at equatorial and low magnetic latitudes. *J. Geophys. Res.*, 128, e2023JA031477

Данные о GPS ПЭС над Гонконгом



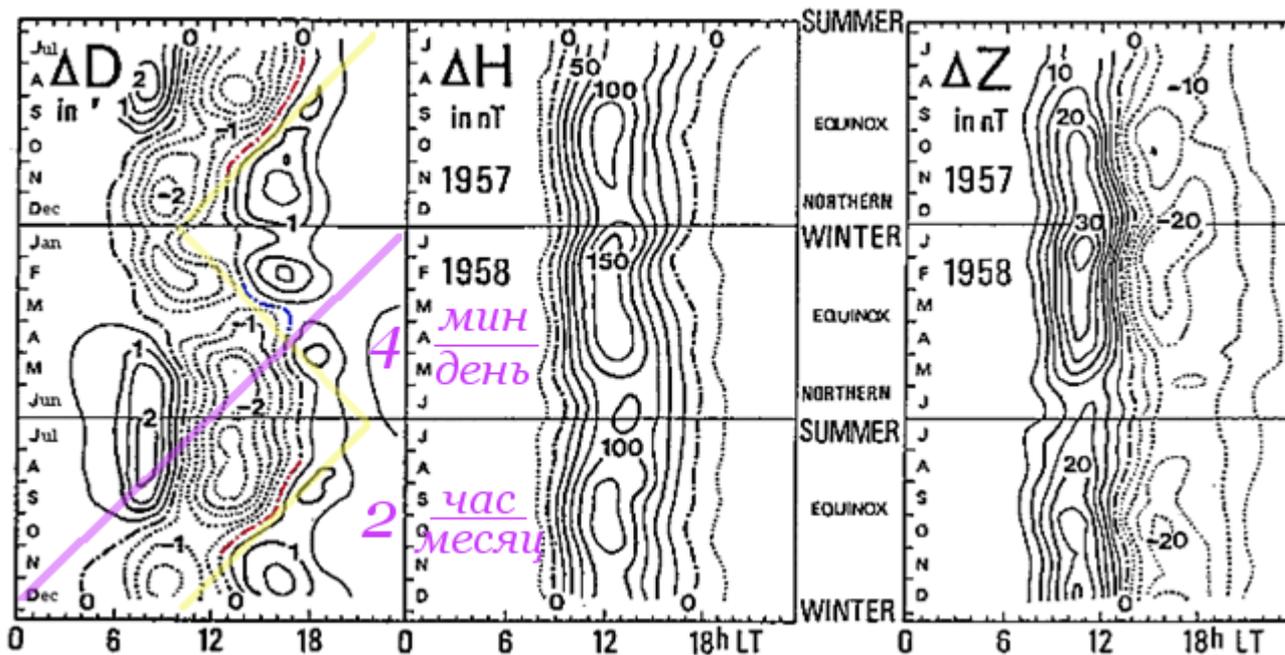
Hernandez-Pajares M. Medium-scale traveling ionospheric disturbances affecting GPS measurements: Spatial and temporal analysis. / M. Hernandez-Pajares, J. M. Juan, J. Sanz // *J. Geophys. Res.* – 2006. – Vol. 111. P. A07S11. doi:10.1029/2005JA011474.

Chen G. A statistical analysis of medium-scale traveling ionospheric disturbances during 2014–2017 using the Hong Kong CORS network. / G. Chen, C. Zhou, Y. Liu et al. // *Earth Planets Space* – 2019. – Vol. 71. No 52. doi:10.1186/s40623-019-1031-3

Таинства Sq токовых систем и их многогранных отклонений

суточный ход (отклонения от среднесуточных значений) трех компонент геомагнитного поля в Короре в спокойные дни МГТ

► Где
логика ?



Fukushima, N. (1994). Some topics and historical episodes in geomagnetism and aeronomy. *Journal of Geophysical Research*, 99(A10), 19113–19142. <https://doi.org/10.1029/94JA00102>

В данной работе подчеркивается, что необходимо уделять больше внимания изменению магнитного

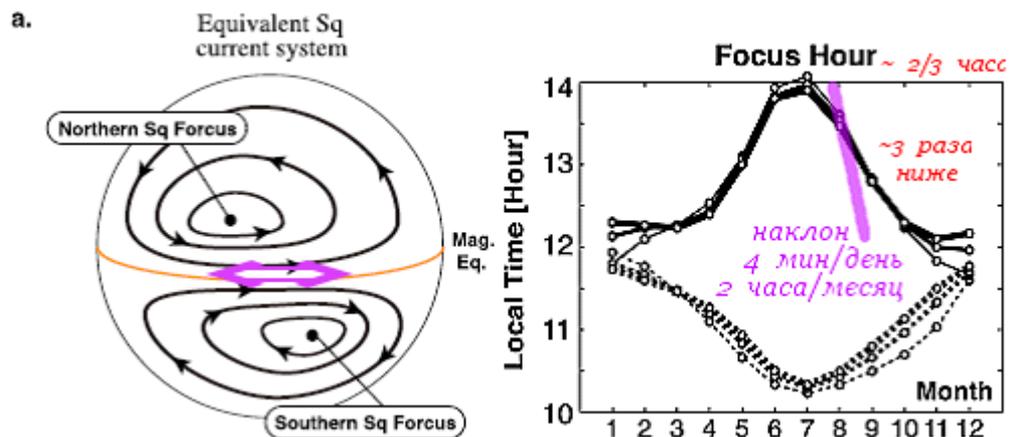
СКЛОНЕНИЯ

(declination), в частности его сезонной зависимости.

“Могущественные” магнитные силы опять “обделили” своим вниманием среднеширотную ионосферу? В пользу сверкающей авроральной и пузырящейся экваториальной ионосфер?

о происхождении слов «геомагнетизм» и «аэрномия» от Генерального секретаря IAGA в 1975–1983 гг

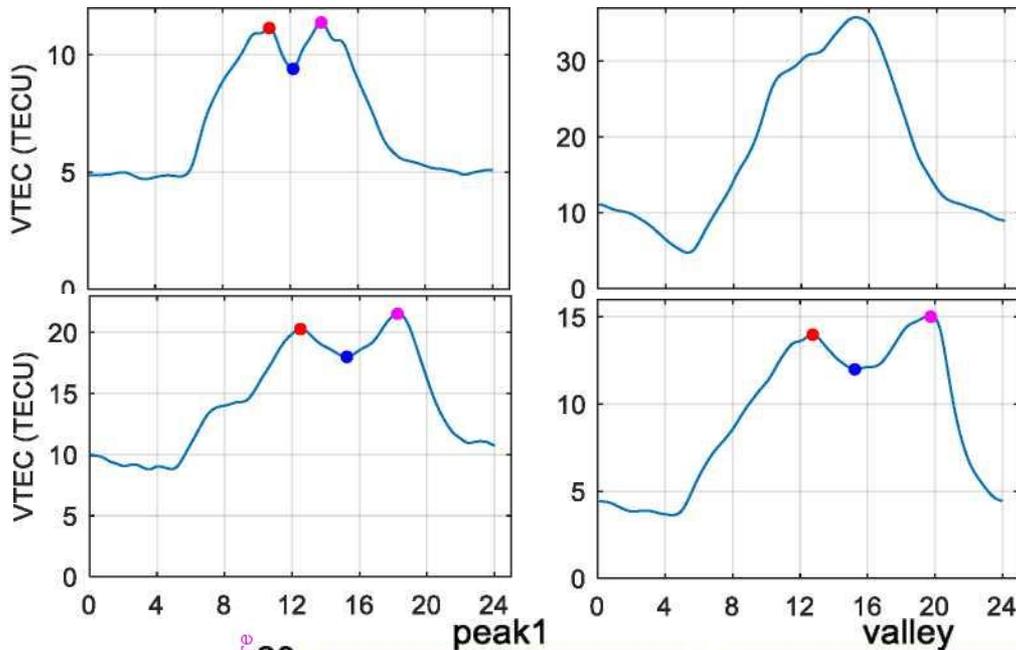
Движение фокусов Sq токовых вихрей более медленное



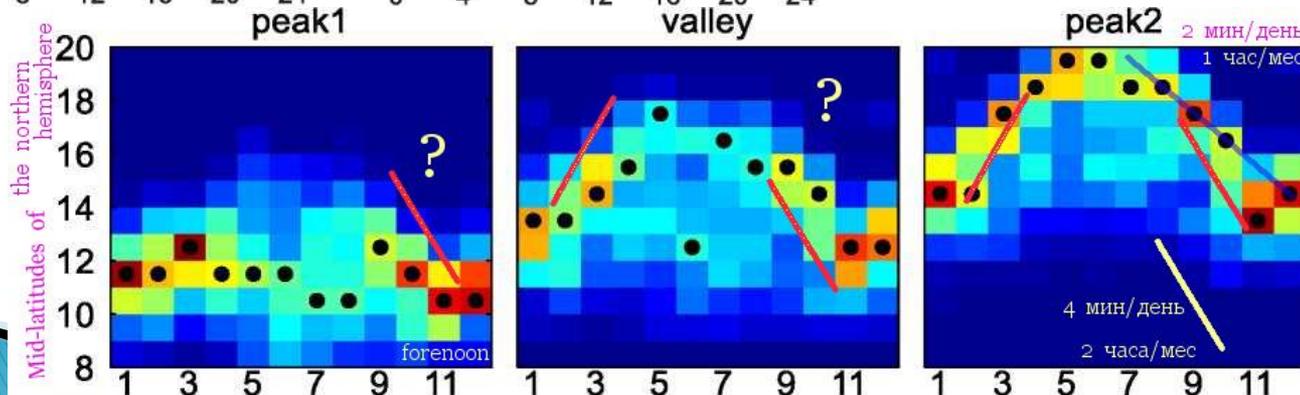
Yamazaki, Y., Yumoto, K., Cardinal, M.G., Fraser, B.J., Hattori, P., Kakinami, Y., Liu, J.Y., Lynn, K.J.W., Marshall, R., McNamara, D., Nagatsuma, T., Nikiforov, V.M., Otadoy, R.E., Ruhimat, M., Shevtsov, B.M., Shiokawa, K., Abe, S., Uozumi, T., Yoshikawa, A. An empirical model of the quiet daily geomagnetic field variation (2011) Journal of Geophysical Research: Space Physics, 116 (10), статья № A10312, . Цитировано 58 раз. DOI: 10.1029/2011JA016487

А ведь ещё имеются токи DP2, прямые и встречные электроджеты, day-to-day изменчивость

А вот выкусы/ отпады (**bite-out**) тропической ионосферы (под Veidou углом наблюдений) – другое дело

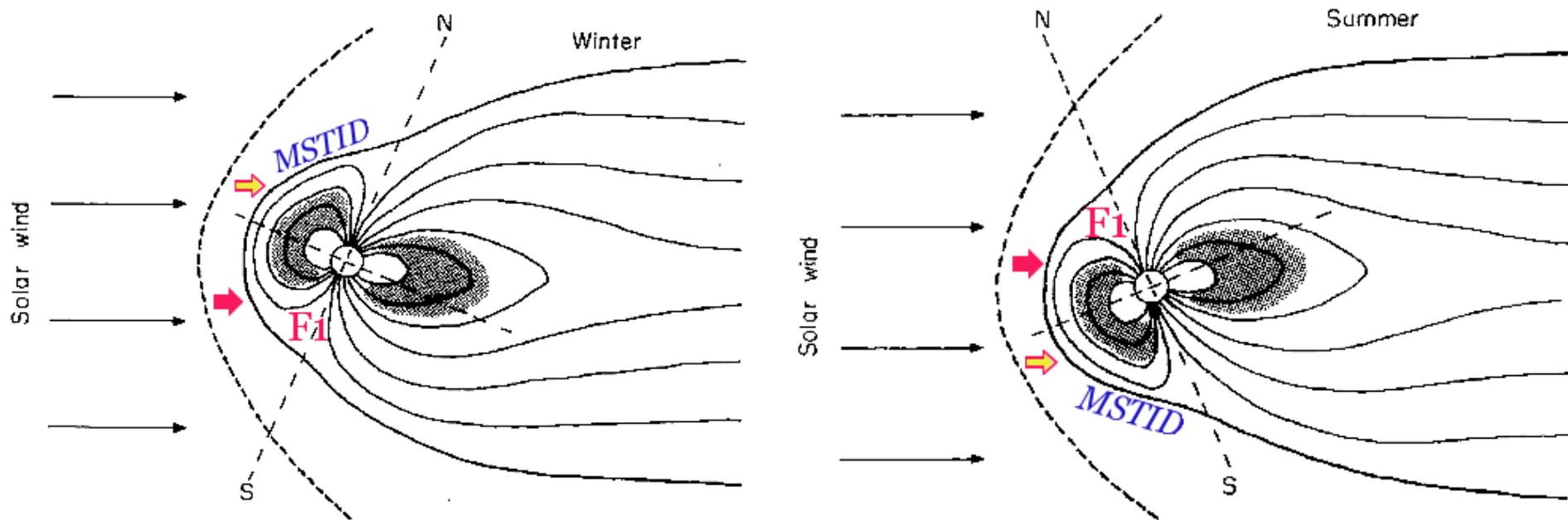


Wang, R., Chen, P., Yao, Y., An, Z., Wang, Z. (2022), Research on the ionospheric diurnal Double-Maxima patterns in Asia-Australian area based on the VTEC observations of BDS geostationary satellites, Advances in Space Research, 69 (10), pp. 3705–3716. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2022.02.041>



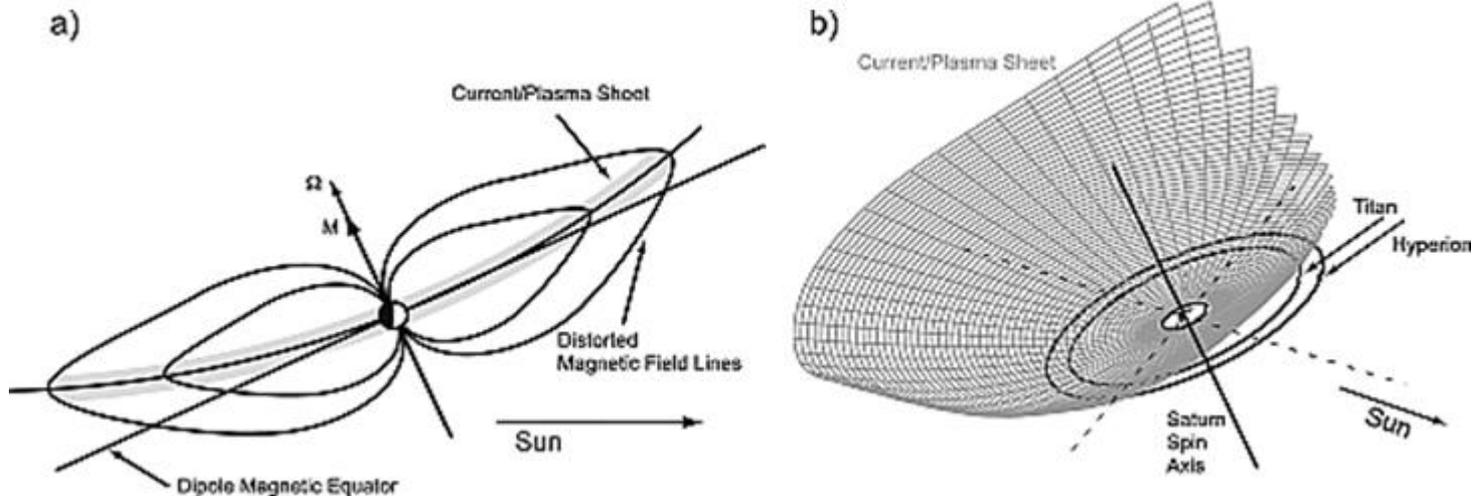
Конкуренция средних и тропических широт за наличие у них F1 или давление Кольца тока

Наклон кольцевого тока и его сезонные вариации по версии Малина–Ишикары. Или «битва» годовых вариаций с полугодовыми.

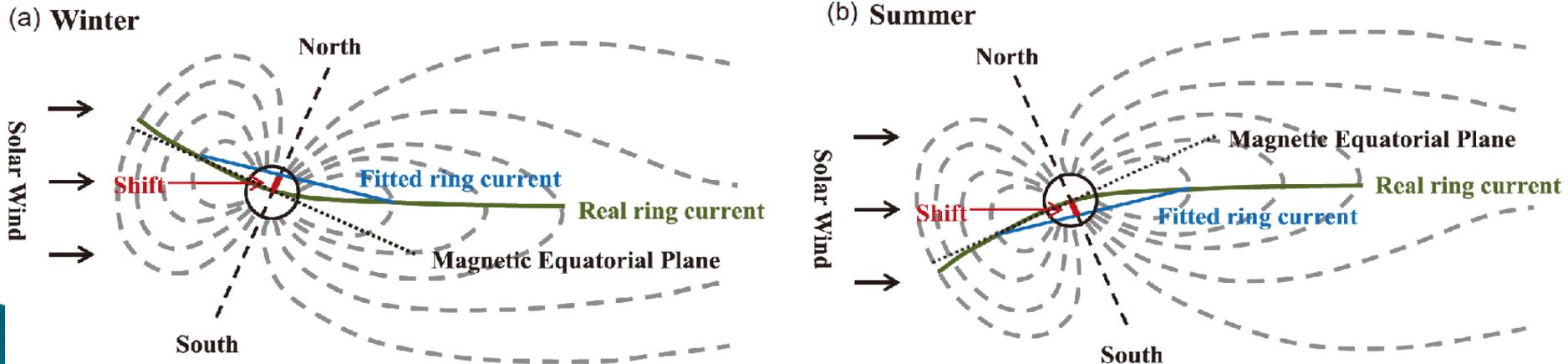


Не зарыты ли тут ответы на вопросы о происхождении выкусов/ отходов и зимней аномалии?

Чарующая чашеподобность изогнутого токового кольца, подсмотренная у Сатурна



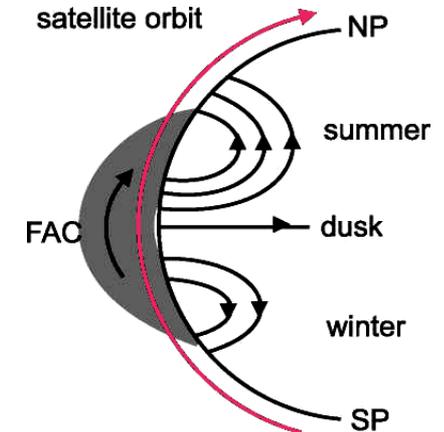
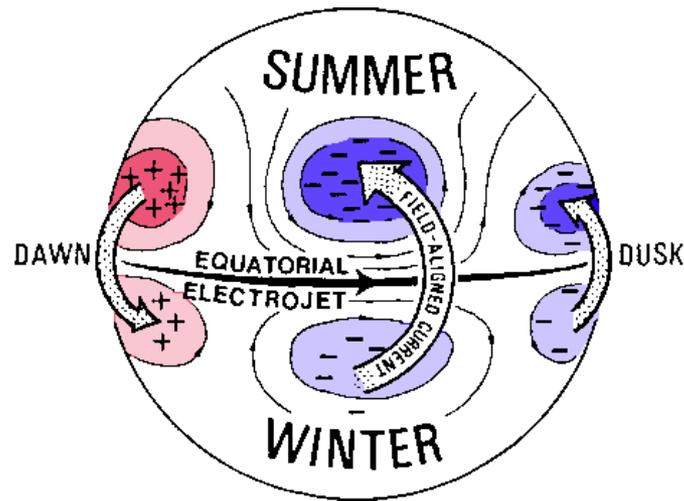
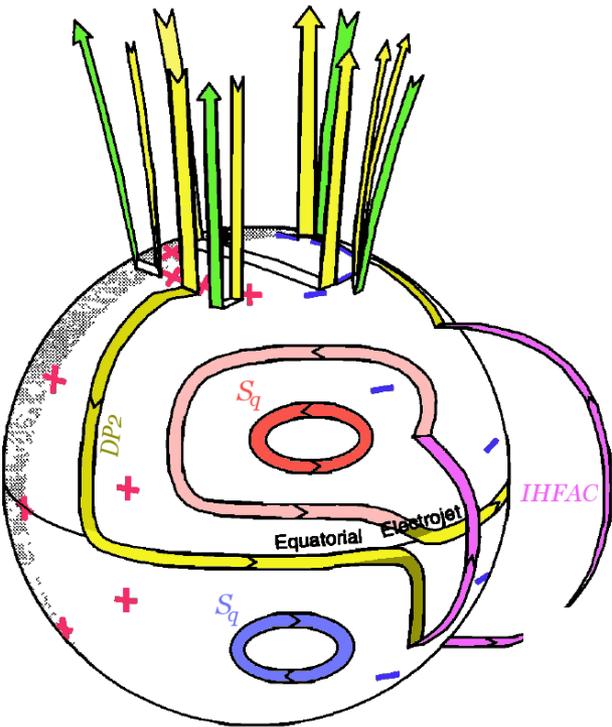
Arridge, C. S., K. K. Khurana, C. T. Russell, D. J. Southwood, N. Achilleos, M. K. Dougherty, A. J. Coates, and H. K. Leinweber (2008), Warping of Saturn's magnetospheric and magnetotail current sheets



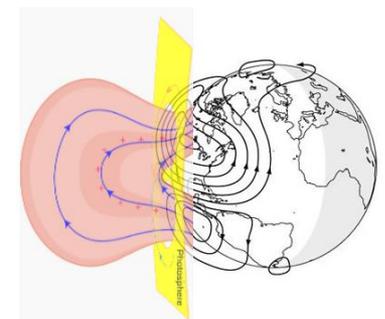
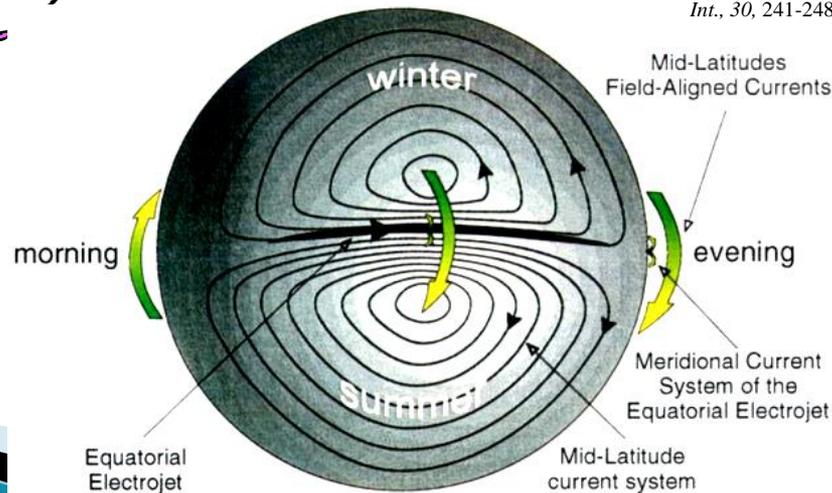
Liu, B., Zhang, X., & He, F. (2019). Tilt of the ring current during the main phases of intense geomagnetic storms.

Склонение и межполушарные FAC токи – братья на век?

► Где логика ?

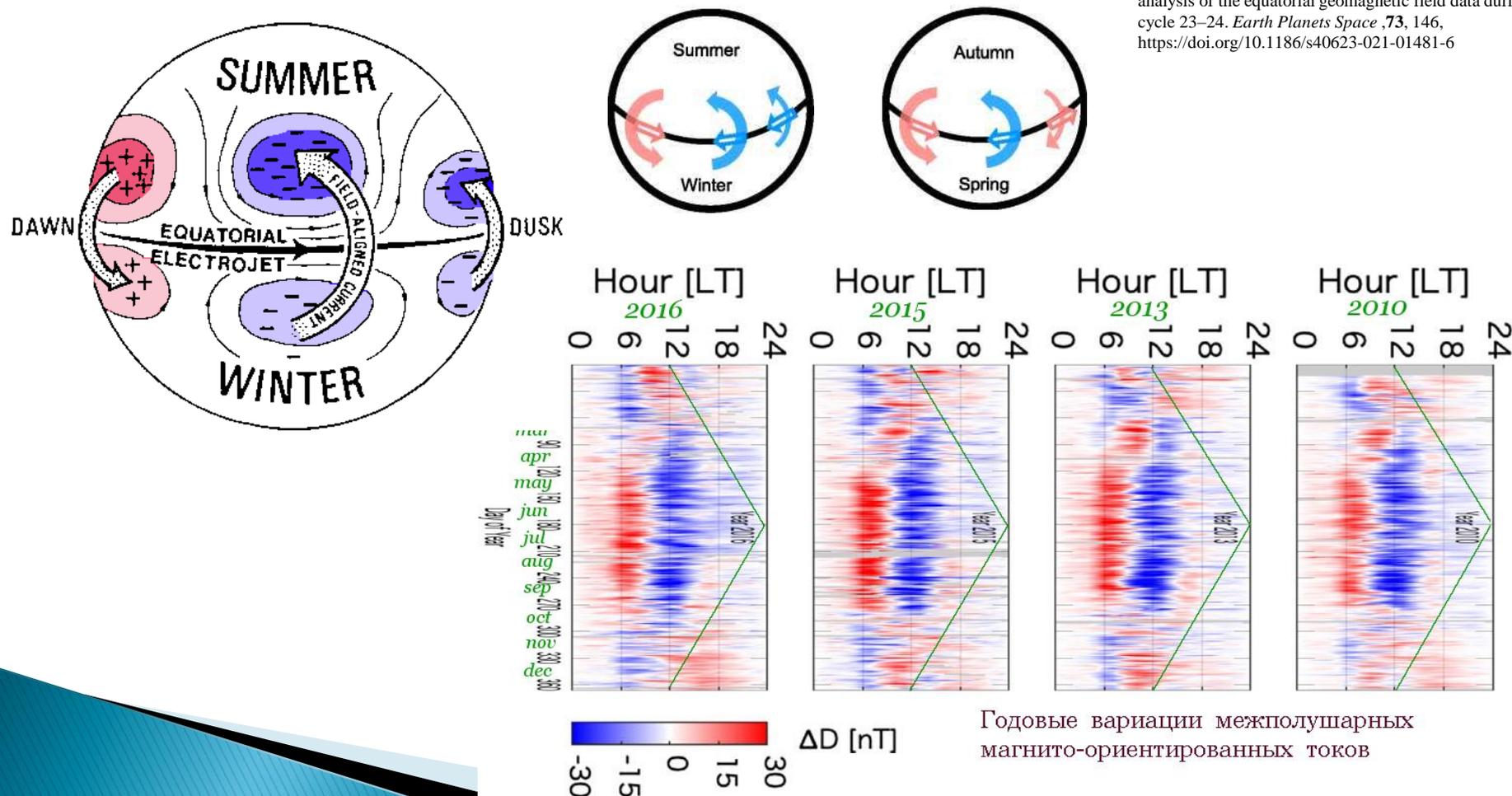


Fukushima, N. (1991), Field-aligned currents in the magnetosphere, *Geofis. Int.*, 30, 241-248.



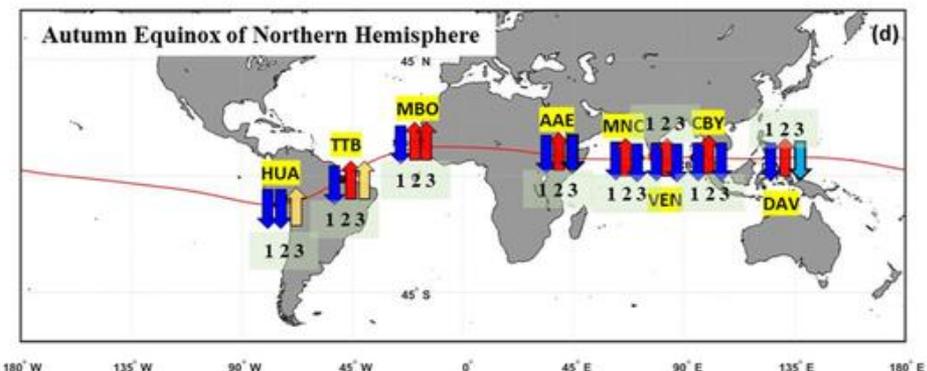
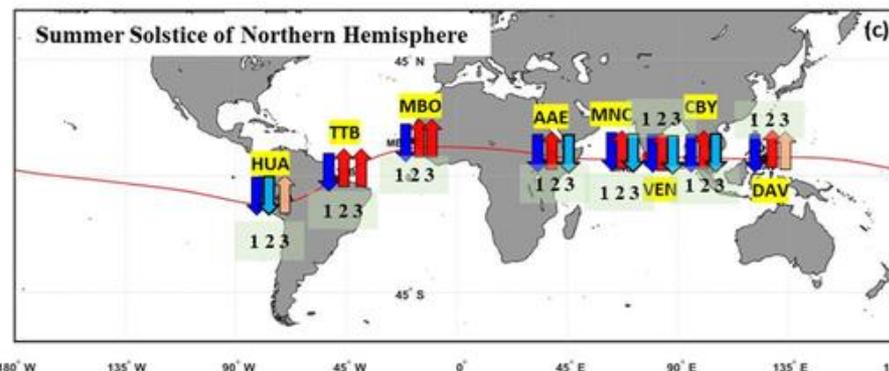
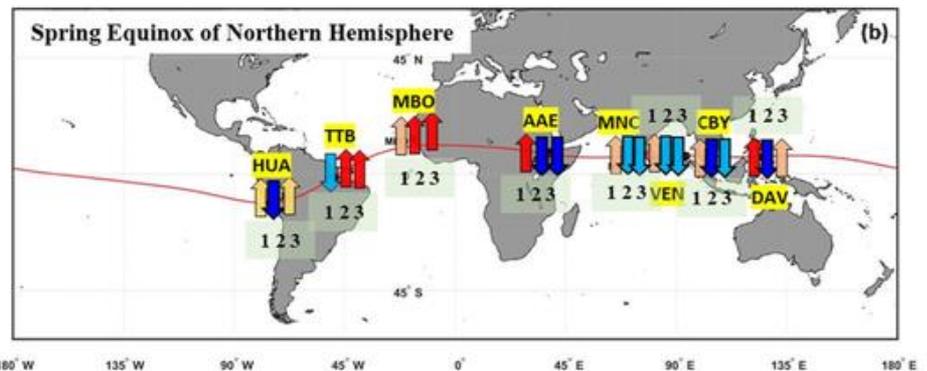
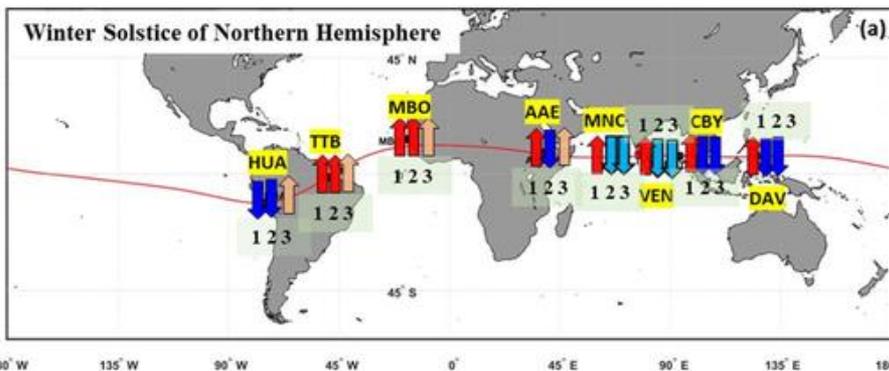
Межполушарные магнито-ориентированные токи (inter-hemispheric field-aligned currents IHFACs)

Ranasinghe, M., *et al.* (2021), Seasonal variation of inter-hemispheric field-aligned currents deduced from time-series analysis of the equatorial geomagnetic field data during solar cycle 23–24. *Earth Planets Space*, **73**, 146, <https://doi.org/10.1186/s40623-021-01481-6>



Годовые вариации межполушарных магнито-ориентированных токов

Как разнообразны эти IHFACs вдоль экватора



**↑ Northward IHFAC < -3nT
(Strongly Northward)**

**↓ Southward IHFAC > 3nT
(Strongly Southward)**

**↑ Northward IHFAC > -3nT
(Weakly Northward)**

**↓ Southward IHFAC < 3nT
(Weakly Southward)**

Выводы

- ▶ 1. Высотные параметры дневных среднеширотных СМ ПИВ (отражающих сжатие хвостовой части следа слоя F) осенью находятся в тесной связи с вариациями склонения и выкусов в тропиках.
- ▶ 2. Высотные параметры дневных среднеширотных СМ ПИВ находятся также в тесной связи с вариациями межполушарных магнитно-ориентированных токов
- ▶ 3. Необходимо внимательно исследовать динамо регион средних широт, участвующий в генерации межполушарных магнитно-ориентированных токов

Спасибо за
внимание!

