

# Генерация УНЧ-волны электронами: исследование по наблюдениям зонда Van Allen Probe A

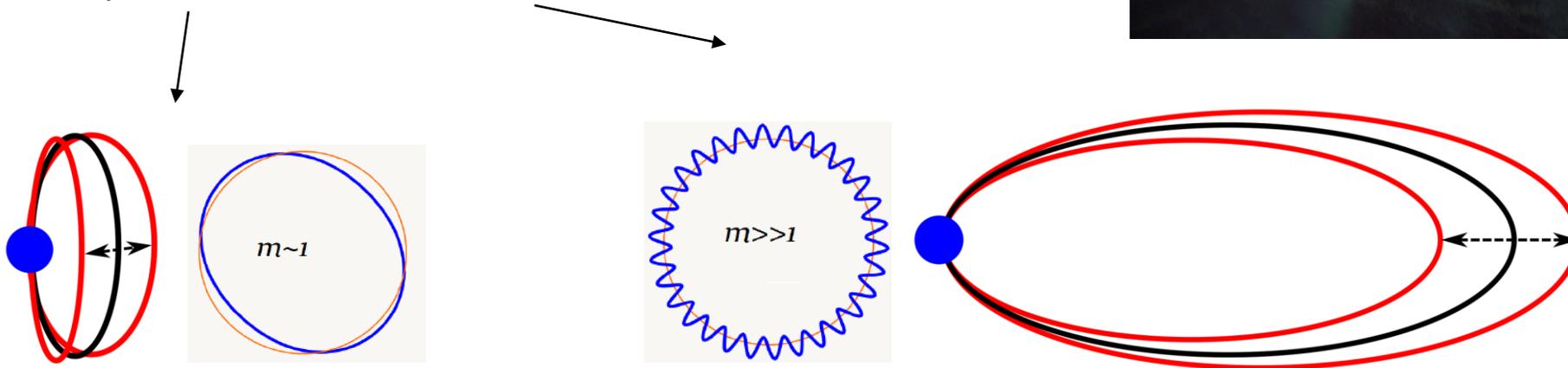
О.С. Михайлова, Е.Е. Смотровая, П.Н. Магер

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск

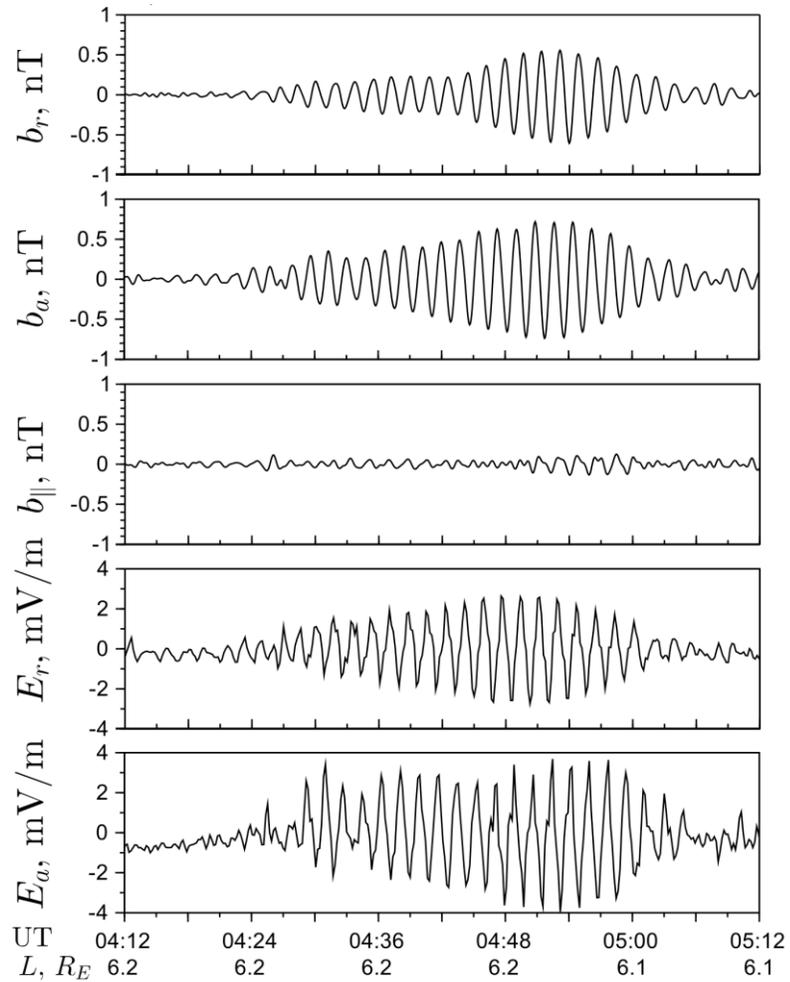


# Введение

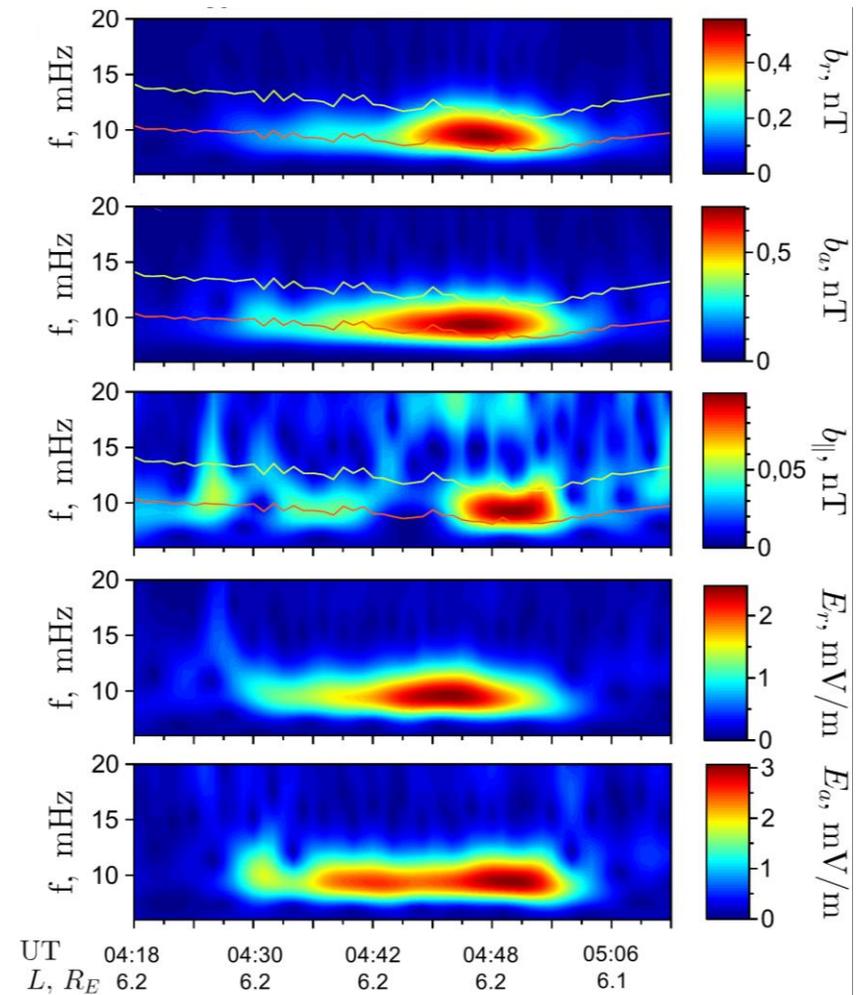
- УНЧ-волны регулярно наблюдаются в магнитосфере Земли. Они участвуют в переносе энергии между различными областями космической плазмы, таких как магнитосфера и ионосфера. УНЧ-волны способны взаимодействовать с заряженными частицами кольцевого тока и радиационных поясов и ускорять их до высоких энергий. Либо, наоборот, забирать энергию частиц и усиливаться таким образом. Они модулируют потоки частиц, которые мы видим, как полярные сияния.
- Волны больших периодов: тороидальные и полоидальные



# Осцилляции электромагнитного поля и спектр



Осцилляции в магнитном и электрических полях. Сверху вниз: радиальная, азимутальная и продольная компоненты магнитного поля, радиальная и азимутальная компоненты электрического поля.

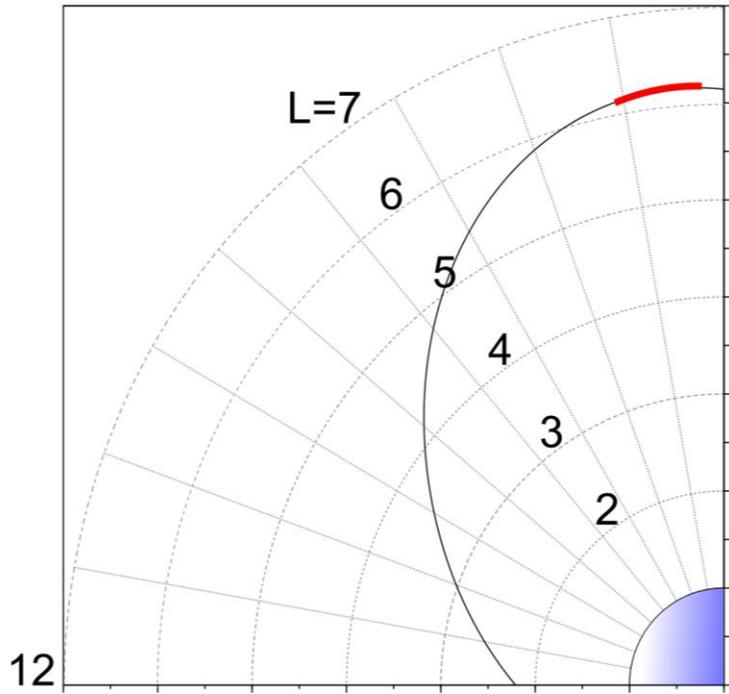


Вейвлет-спектр колебаний в компонентах магнитного поля. Частота волны 10 мГц. Линиями показаны расчётные альфвеновские частоты. Для расчета альфвеновских частот  $n \sim 1/r^3$ .  $r = L \cdot \cos^2(\text{MLAT})$ .

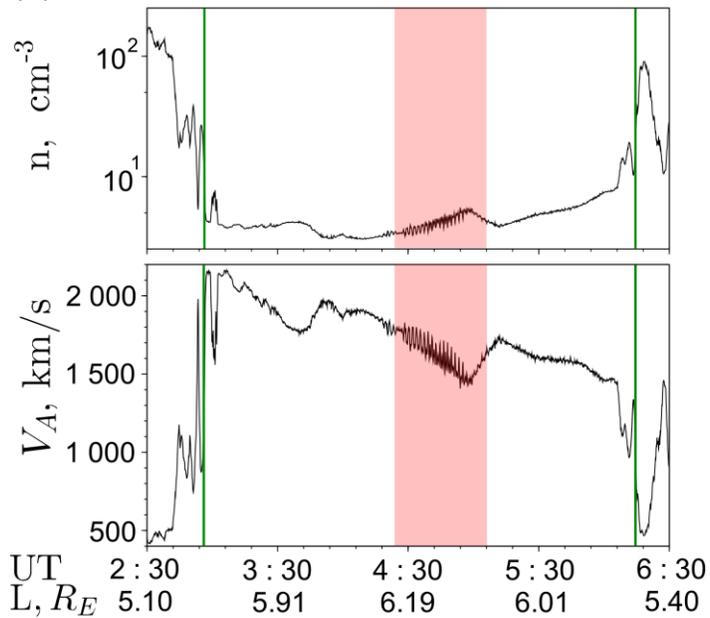
# Орбиты и геомагнитные условия

27 октября 2012 года

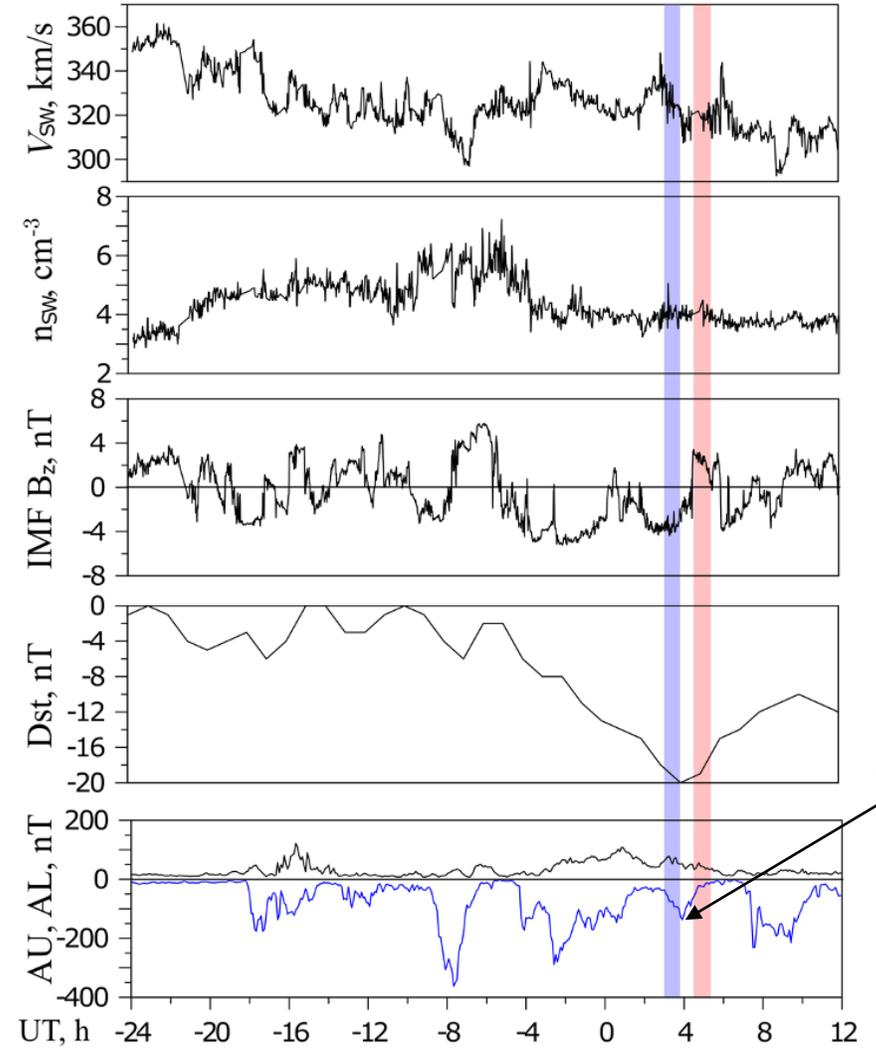
06 MLT



Траектория пролета  
спутника Van Allen A во  
время события

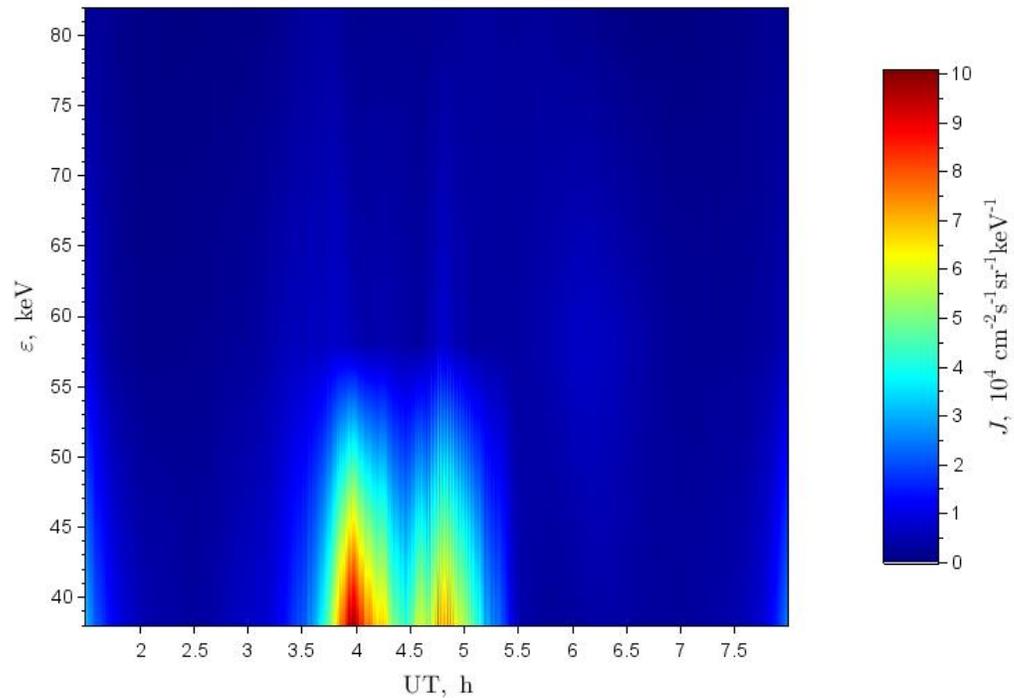


Концентрация электронов и альфвеновская скорость  
в магнитосфере

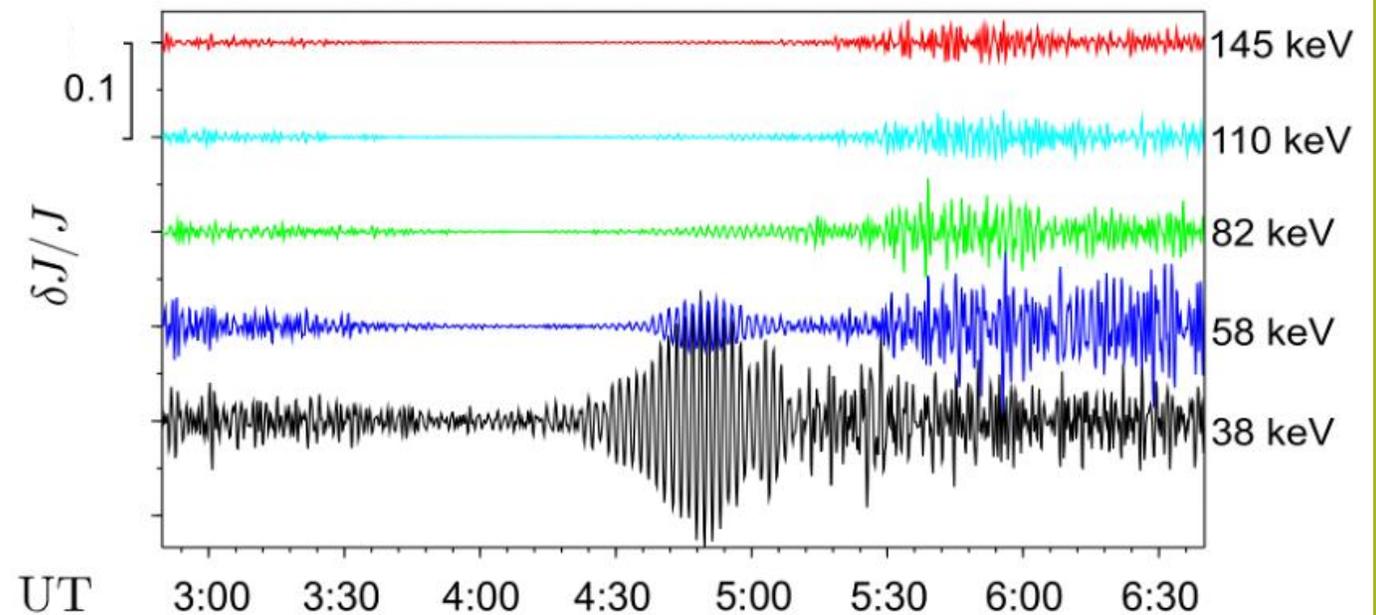


Геомагнитные условия

# Потоки электронов



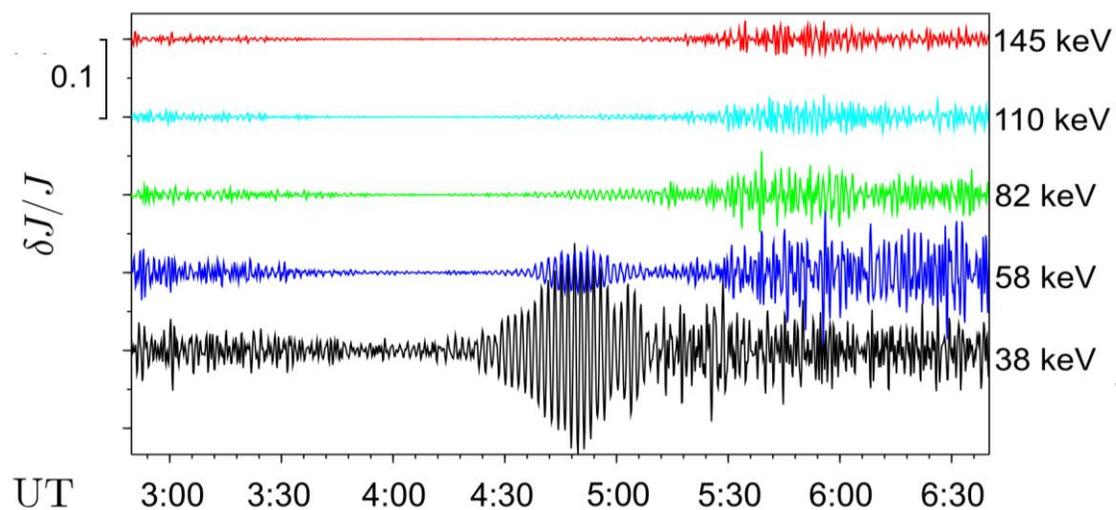
Поток электронов. Видны модуляции на низких энергиях.



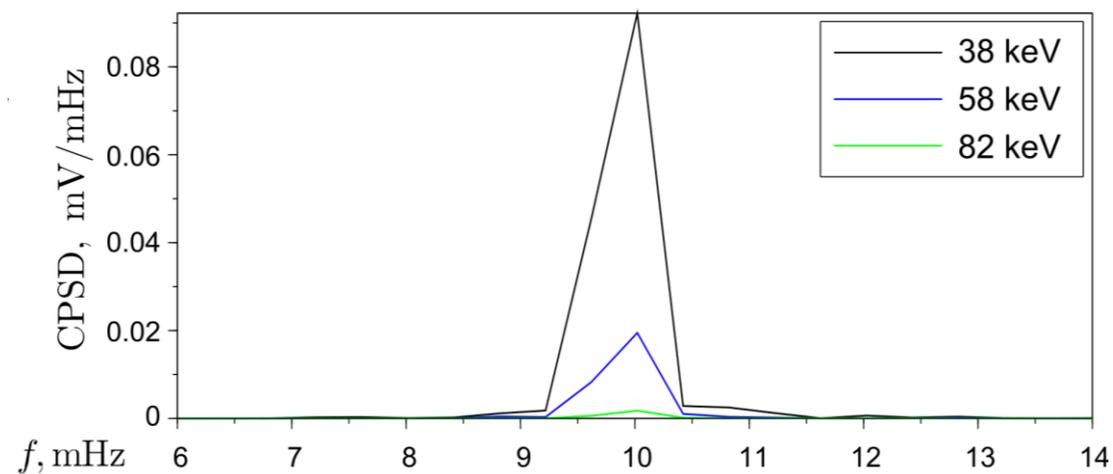
Резонансные колебания в потоках электронов

# Дрейфовый резонанс

1) Колебания с максимальной амплитудой на резонансной энергии

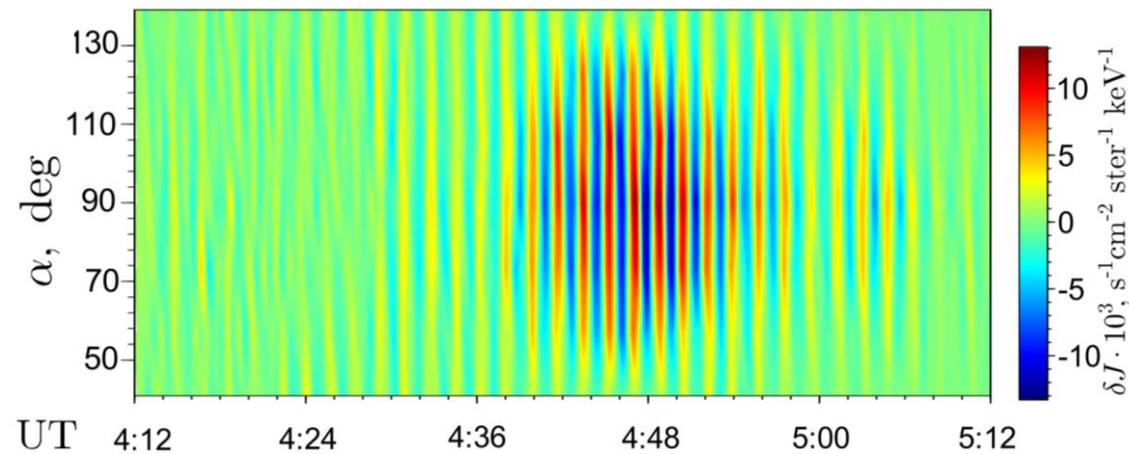


2) Колебания на одной частоте с волной

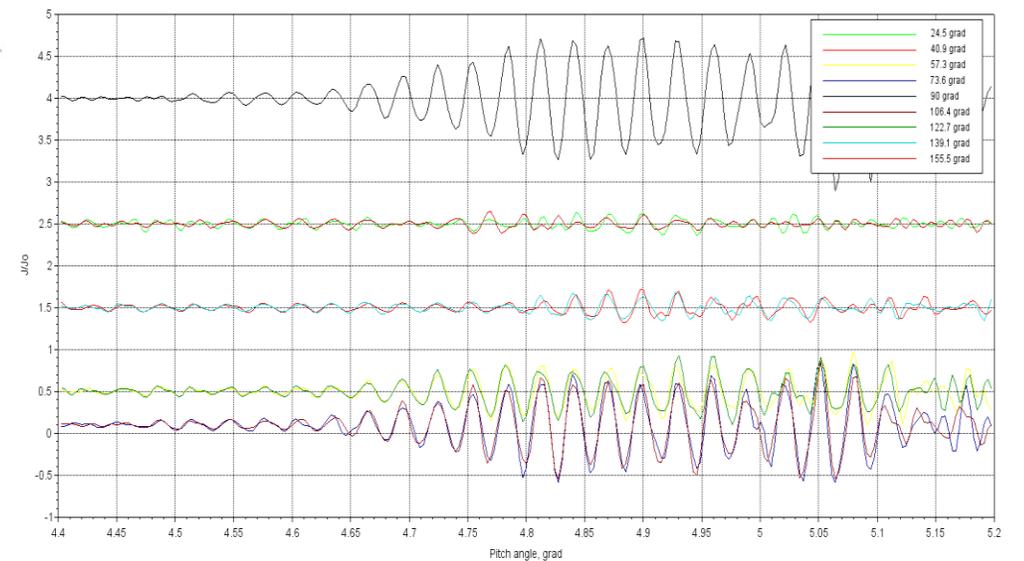


# Дрейфовый резонанс

3) Взаимодействие с фундаментальной гармоникой волны

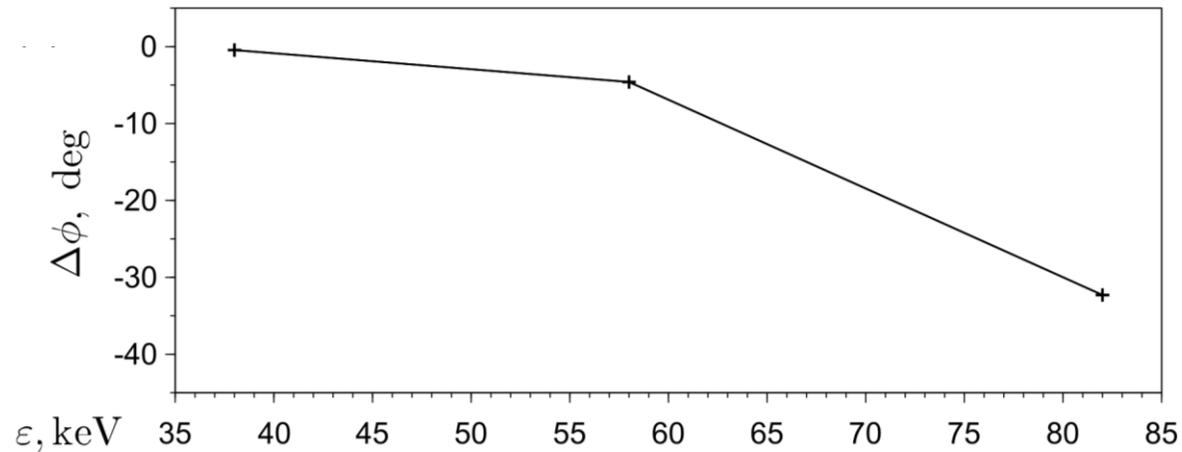


4) Максимальные колебания у частиц с питч-углами  $90^\circ$



# Дрейфовый резонанс

5) Сдвиг фаз между электрическим полем и потоками



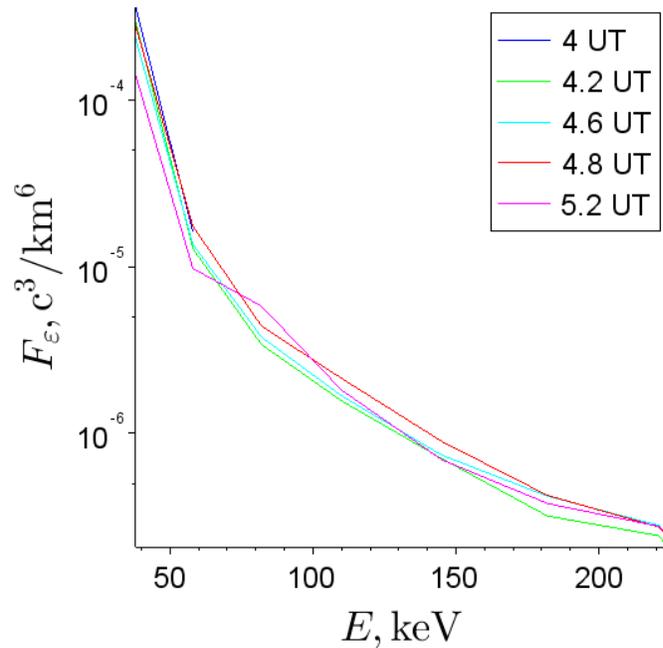
$$\omega - m\omega_d = 0$$

$$m \sim 110-115.$$

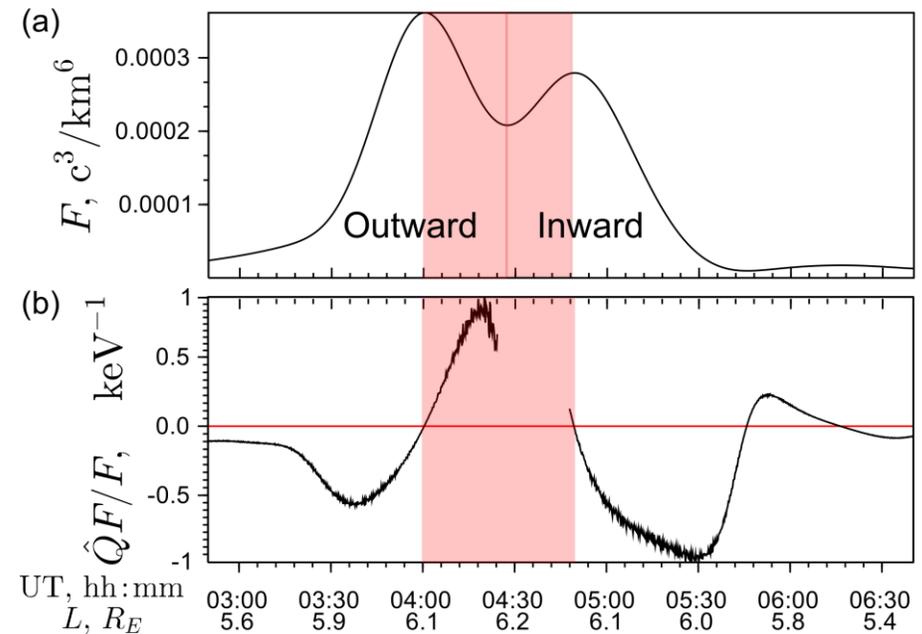
Волна является азимутально-мелкомасштабной волной, которая движется на восток. Азимутальная длина волны составляет примерно 2200 км.

# Неустойчивость

$$\hat{Q}F = \left[ \frac{\partial F}{\partial \varepsilon} + \frac{m}{\omega} \frac{c}{qB_{eq}L} \frac{\partial F}{\partial L} \right]_{\varepsilon_{res}} > 0,$$

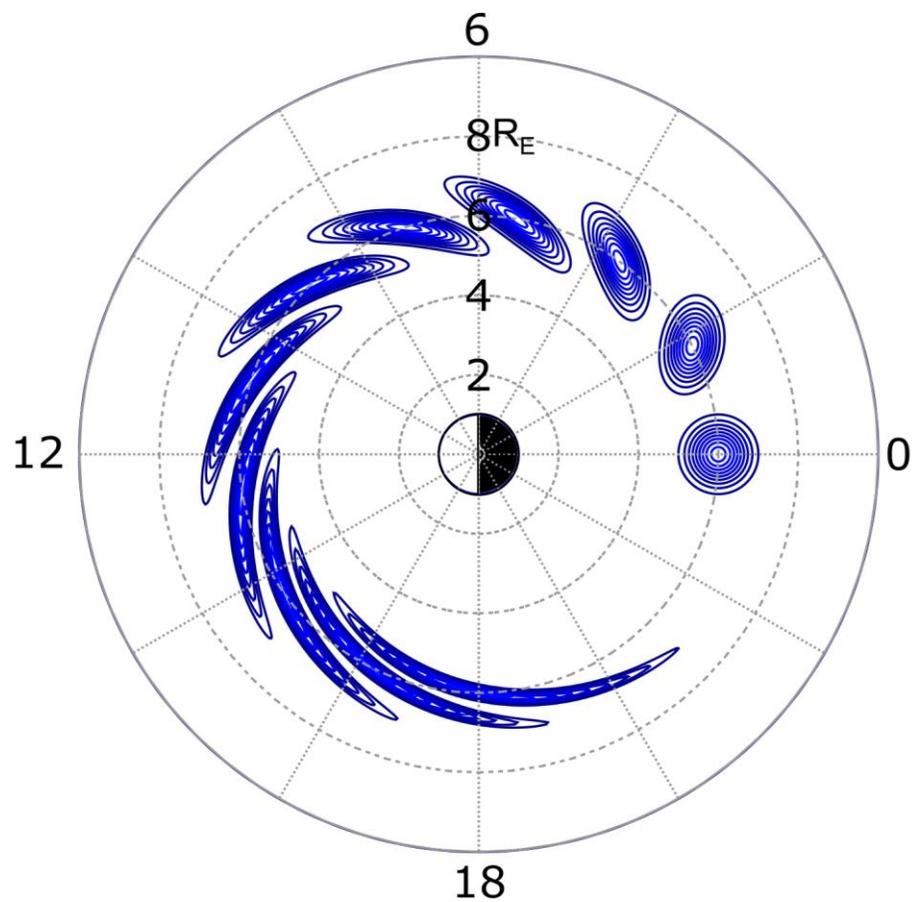


Функция распределения от энергии в разные моменты времени



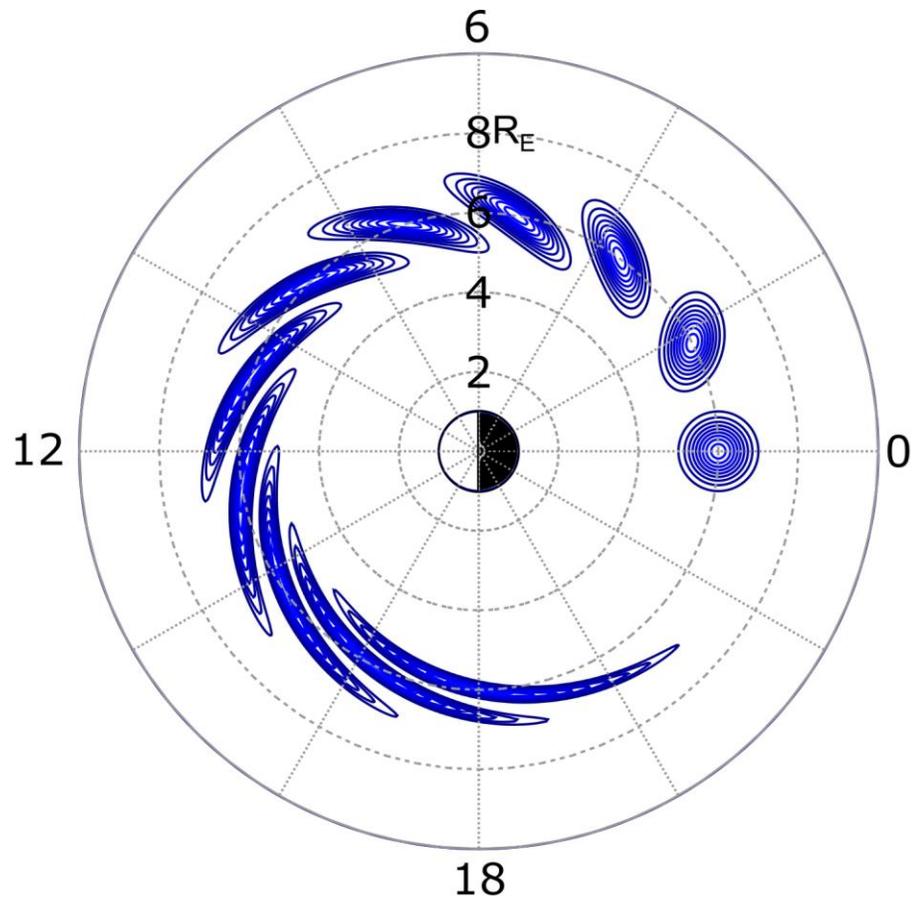
Функция распределения от времени (вверху).  
Коэффициент неустойчивости, нормированный на функцию распределения (внизу).

# Источник электронов

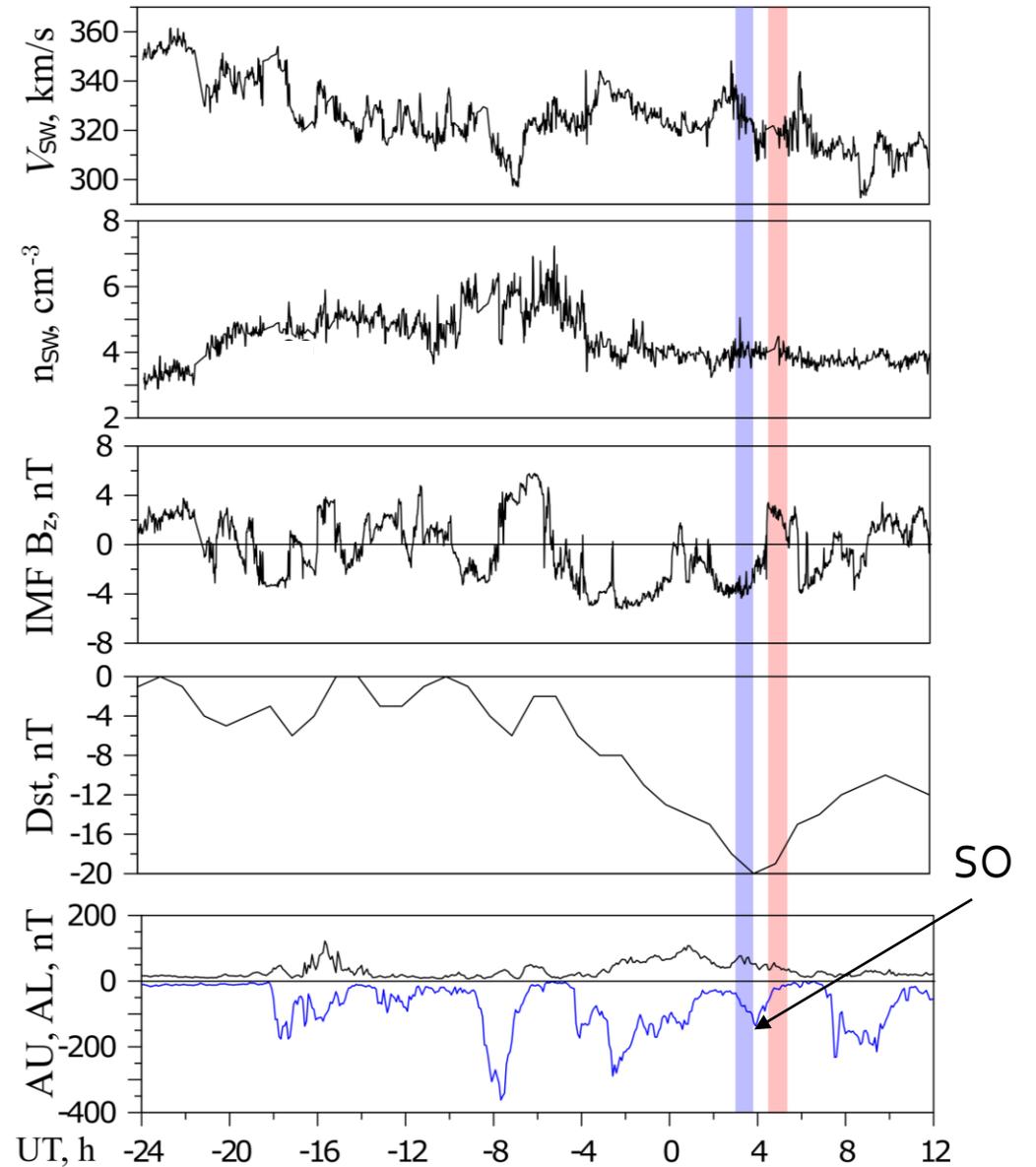


Симуляция движения электронного облака

# Источник электронов



Симуляция движения электронного облака



# Результаты

- Наблюдалась УНЧ волна со смешанной поляризацией и частотой 10 мГц (диапазон  $P_{c4}$ ), амплитуда волны составила 0,7 нТл.
- Наблюдались сильно модулированные потоки электронов с энергией 38 кэВ и частотой, близкой к частоте наблюдаемой волны.
- Обнаружено взаимодействие УНЧ-волны с электронами посредством дрейфового резонанса.
- Волна сгенерирована в результате градиентной неустойчивости электронов с энергией 38 кэВ.
- Волна являлась фундаментальной гармоникой альфвеновской волны с азимутальным волновым числом  $m \sim 110-115$ , распространяющейся на восток.
- Облако электронов, ответственных за генерацию волны, вероятно, инжектировано в результате развития суббури.

Спасибо за внимание!