

Халипов В.Л., Чернышов А.А., Синевич А.А. Развитие электростатической Фарли-Бунемановской неустойчивости в полосе поляриационного джета в субавроральной ионосфере во время суббуревых возмущений геомагнитного поля Институт космических исследований РАН Khalipov@iki.rssi.ru

Во время импульсных возмущений геомагнитного поля, суббурь, в приполярной ионосфере на экваториальной границе кольцевого тока возникают быстрые струйные движения ионосферной плазмы в F-области со скоростями 1-5 км/сек. Это локальное явление с широтной протяженностью 150- 200 км получило название поляризионный джет. Соответствующие электрические поля достигают 80-150 мВ/метр. Это огромные электрические поля и они порождают турбулентность ионосферной плазмы в F-области ионосферы. Ионосфера при этом не отражает короткие радиоволны по измерениям ионозондов. Это известное явление называется 'лакуна'. Электроны и ионы в ионосфере обладают разной подвижностью и под воздействием внешнего поля генерируется электрическое поляризионное поле вследствие разделения зарядов и порождает структуры разного масштаба. Примеры измерения таких структур приведены на рисунках.

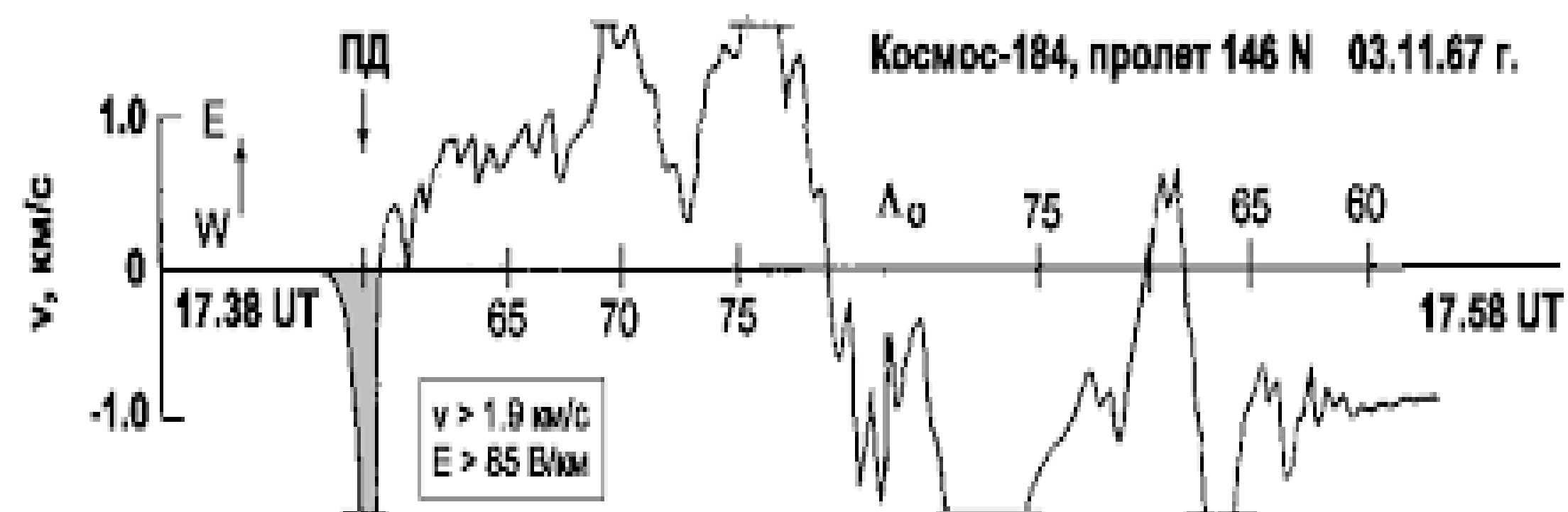


ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЙ ДЖЕТ

Поляризационный джет - узкая струя очень быстрых ионных дрейфов к западу вблизи проекции плазмопаузы на высотах верхней области F.

Скорость плазмы в полосе ионного дрейфа достигает максимальных значений (больше 1 км/с, т.е. сверхзвуковых) в субавроральной области в вечерних, ночных и послеполуночных секторах.

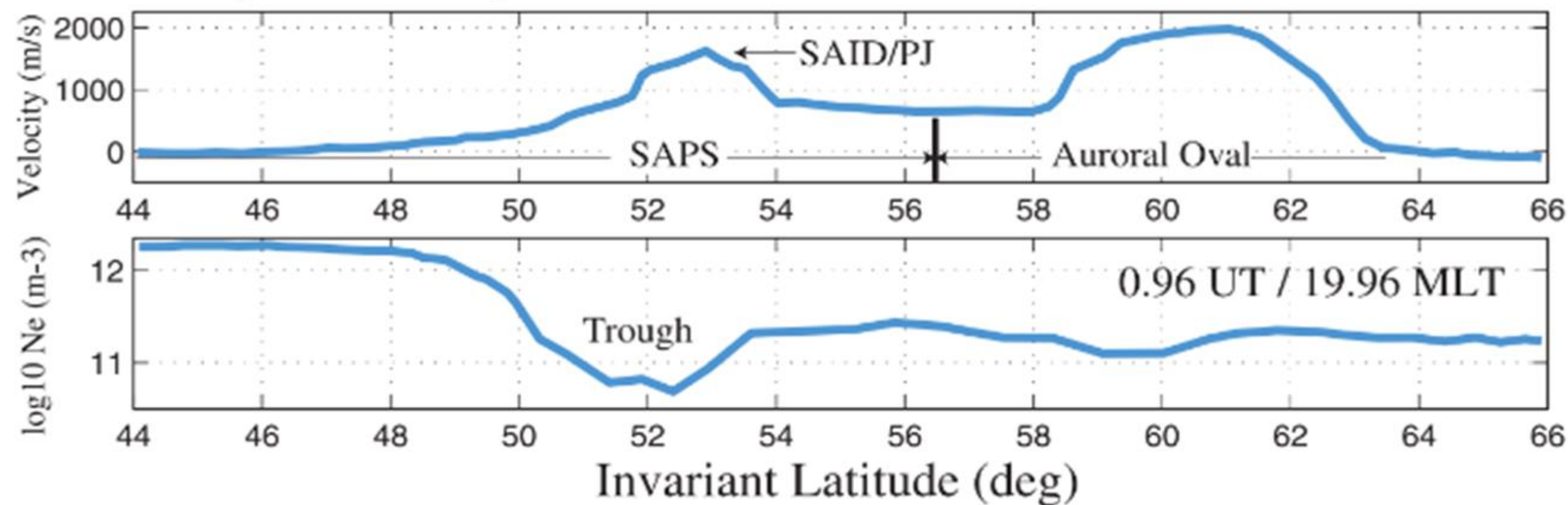
Обнаружить поляризационный джет можно около полуночи по местному времени в субавроральной области ионосферы во время высокой геомагнитной активности по увеличению скорости движения ионов и узкому провалу электронной концентрации.



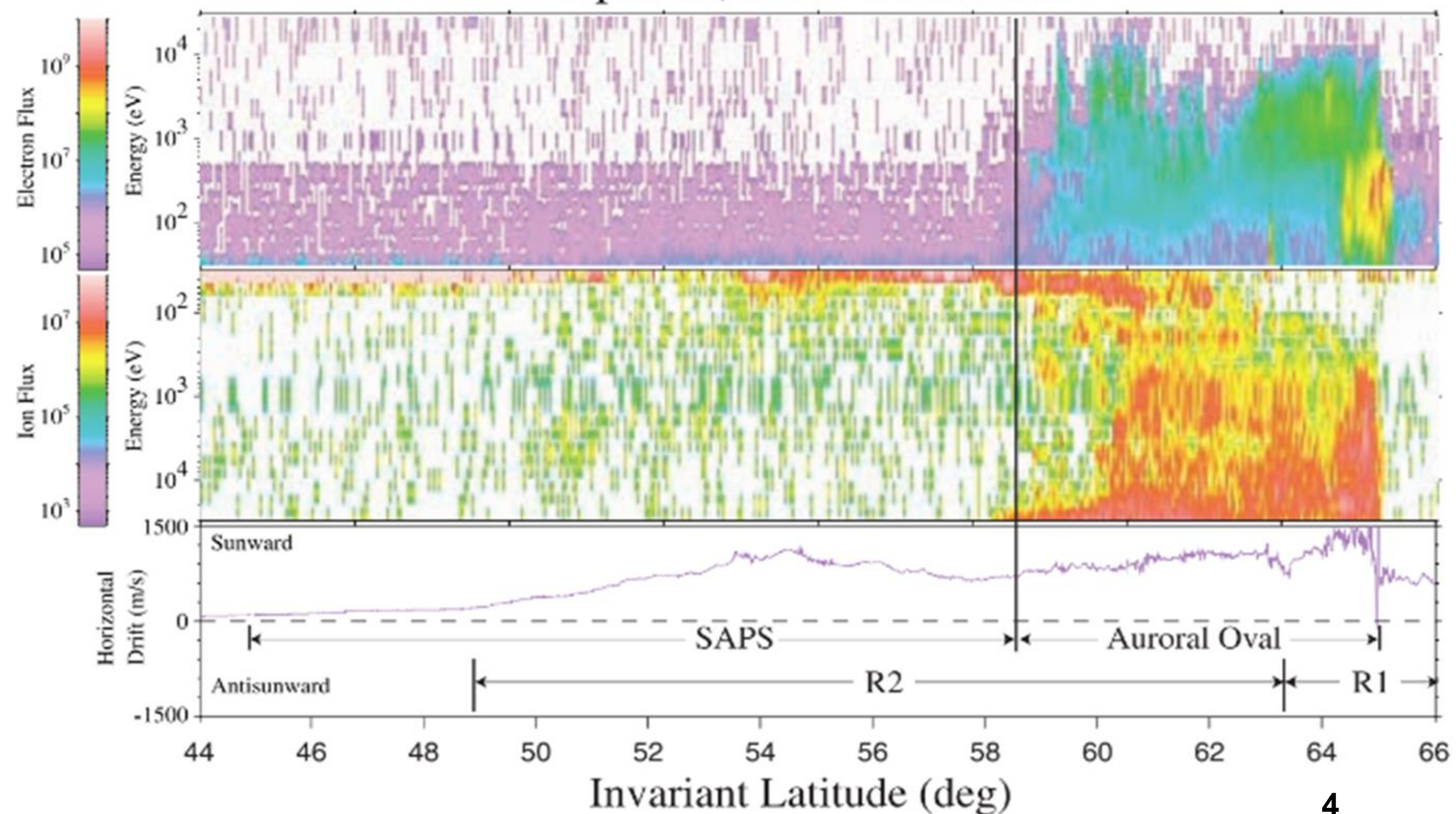
Первый случай регистрации поляризационного джета по данным спутника «Космос-184» (джет выделен серым цветом) [Гальперин и др, 1973].



April 12, 2001 Millstone Hill Radar [Foster and Burke, 2002]



April 12, 2001 DMSP F13



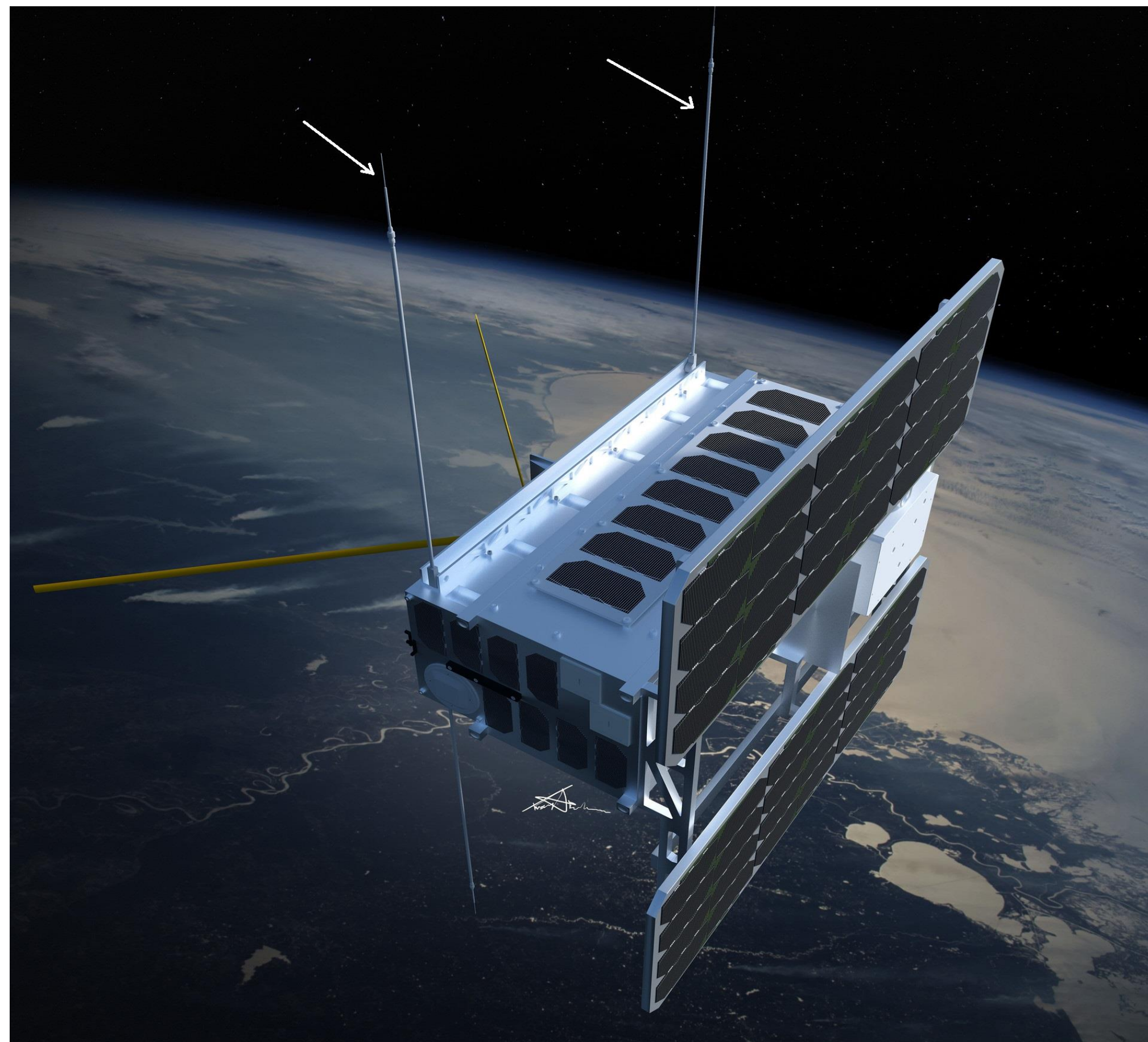
На данном изображении представлены результаты измерений во время магнитной бури 12 апреля 2001г.

SAID – Subauroral Ion Drift – поляризационный джет.
SAPS – Subauroral Polarization Stream – область субавроральных широт, включает в себя SAID.

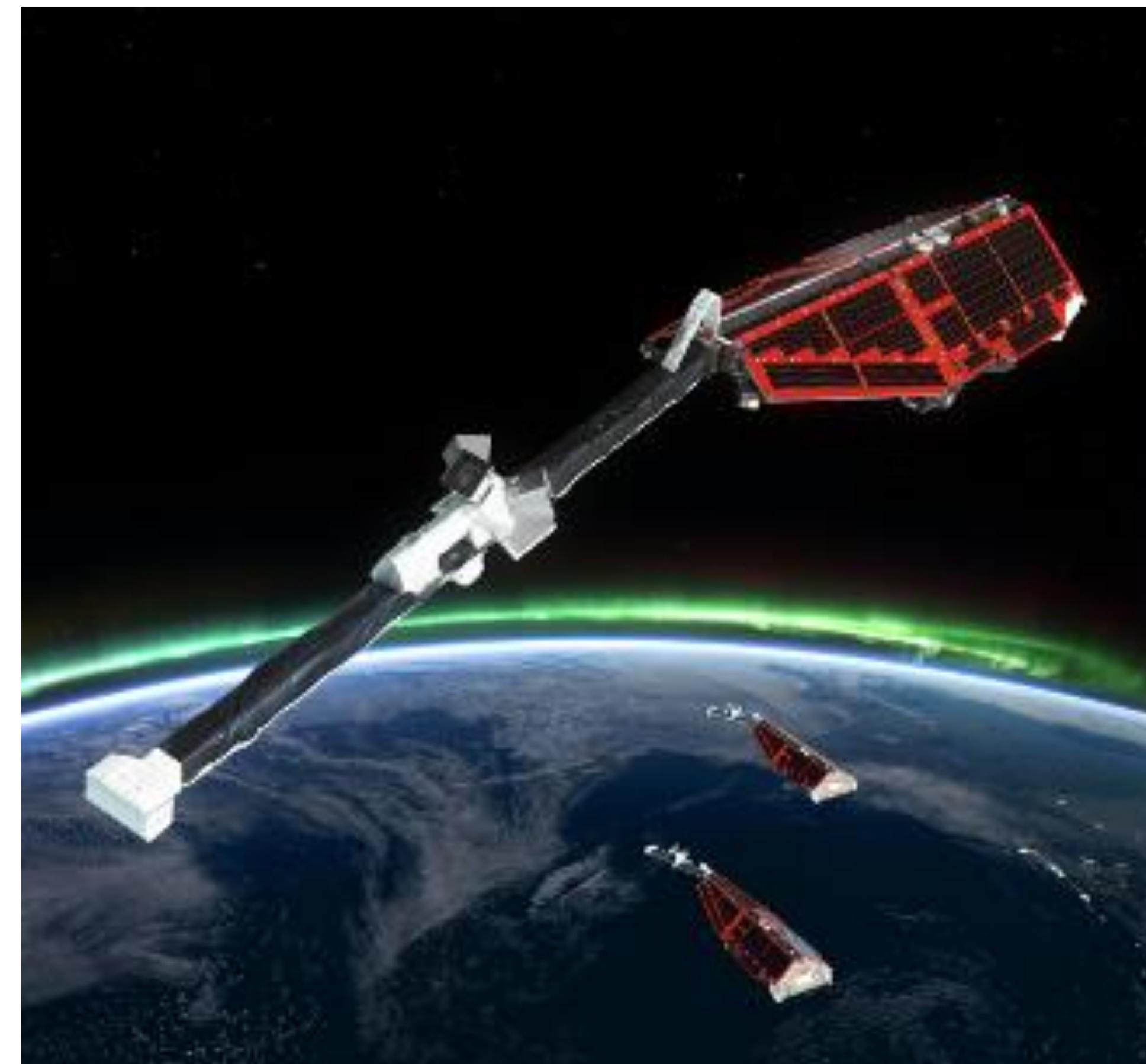
Наибольшая ионная скорость достигается приблизительно на той же широте, что и нижняя точка провала электронной концентрации.



СПУТНИКИ NORSAT-1 И SWARM



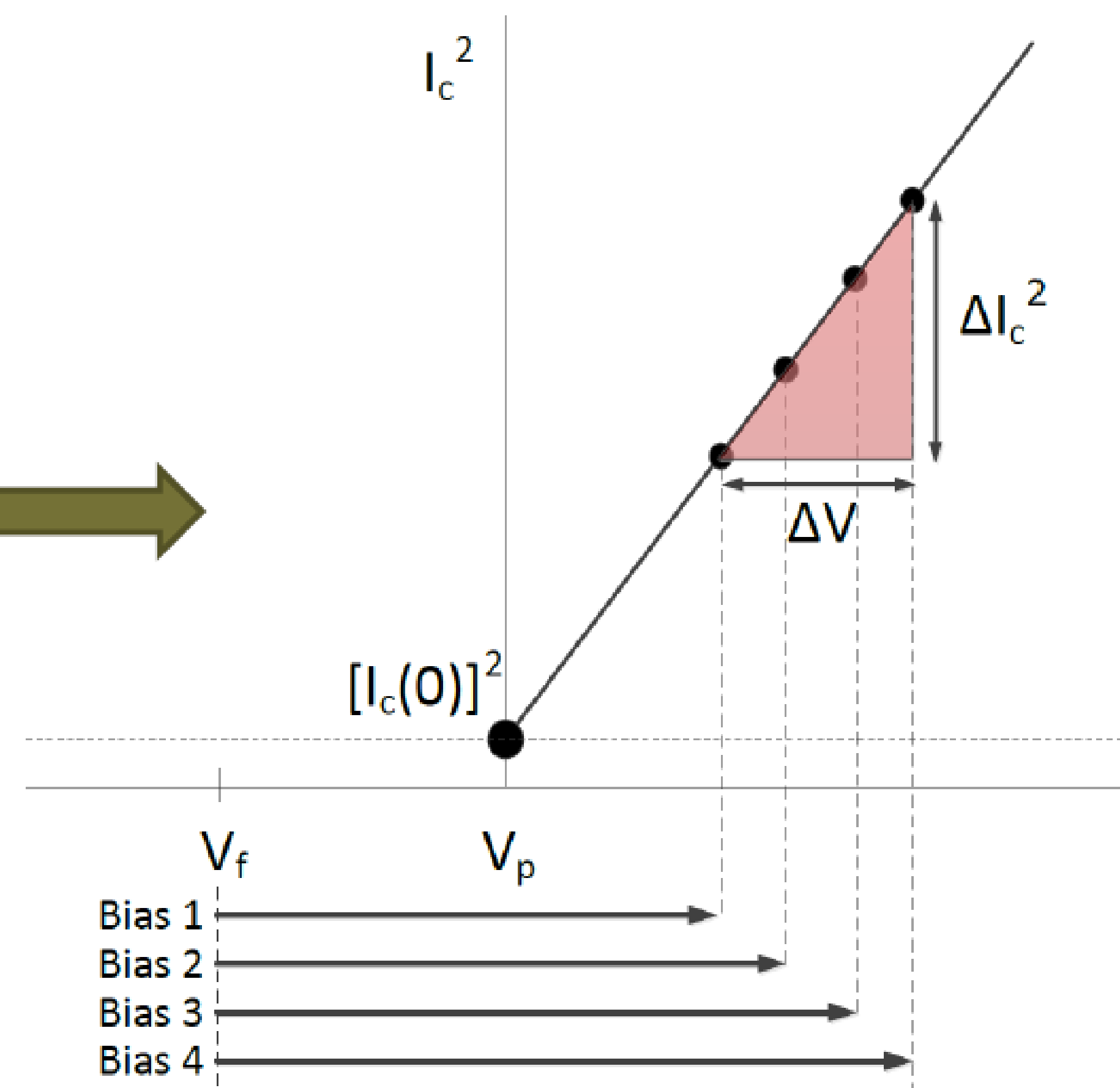
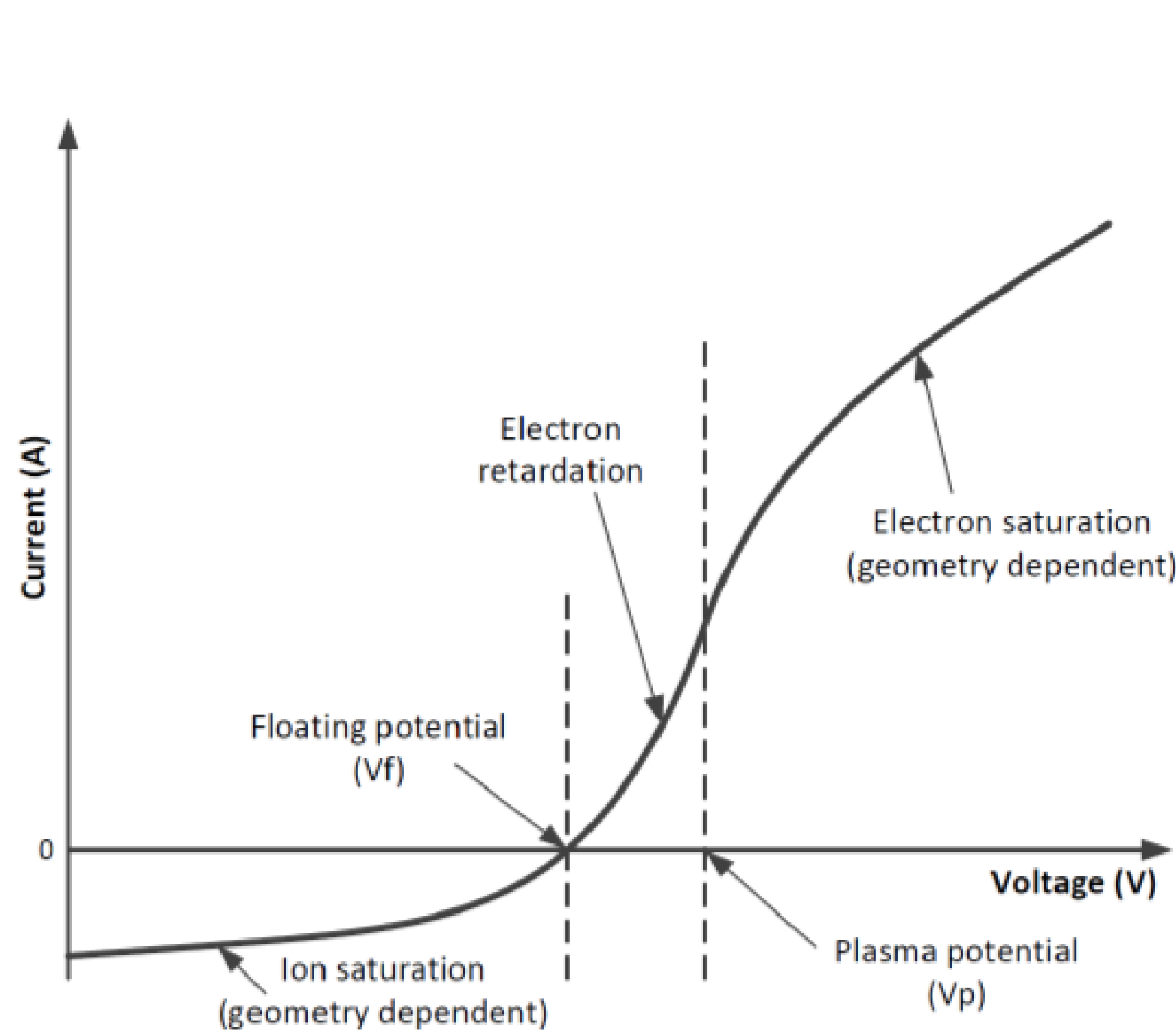
**Спутник NorSat-1 (стрелками указано положение двух из четырех зондов Ленгмюра)
Частота опроса 1 кГц**



**Спутниковая миссия Swarm
Частота опроса 2 Гц**



ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЙ ЗОНДА ЛЕНГМЮРА НА NORSTAT-1



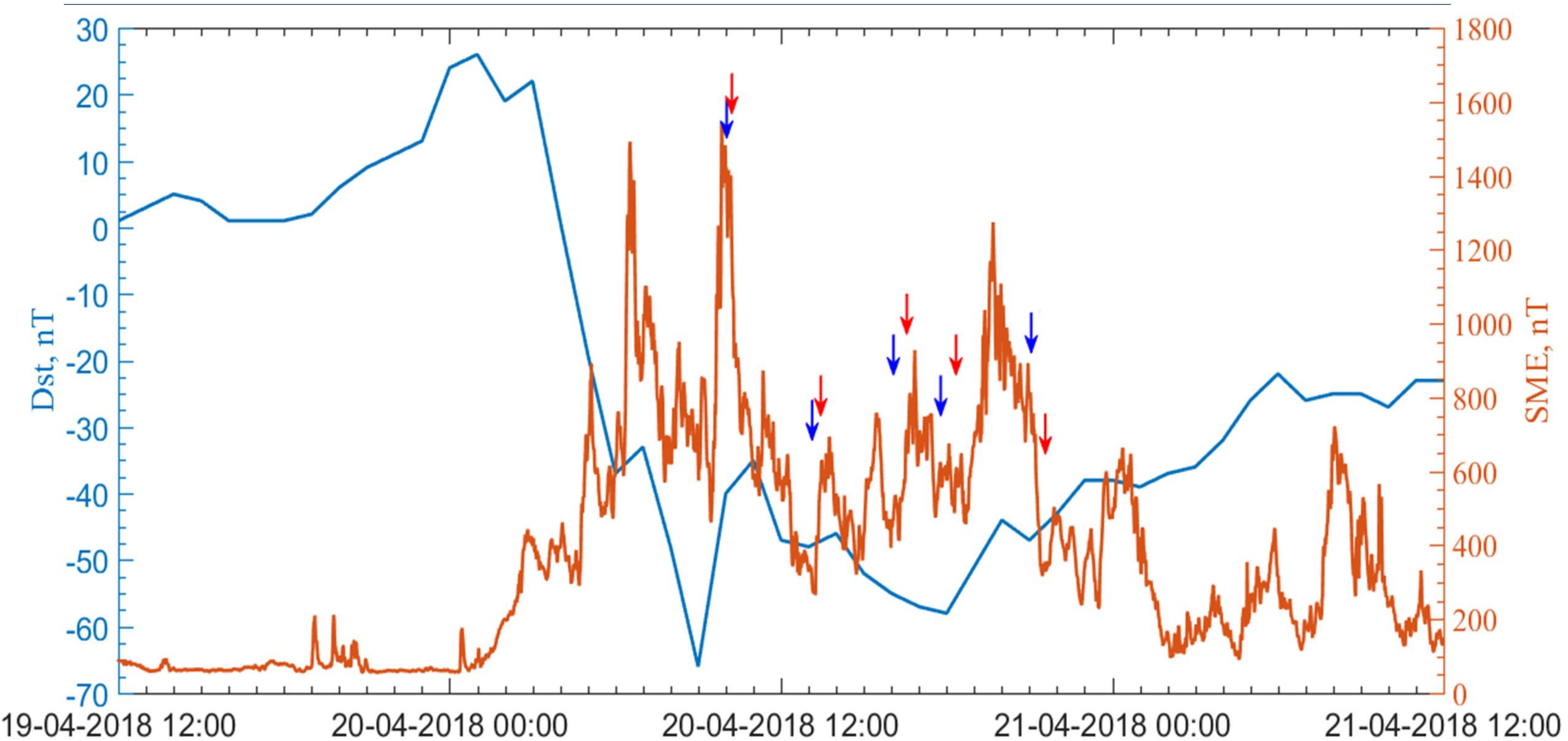
$$N_e = \frac{1}{KA} \sqrt{\frac{\Delta(I_c)^2}{\Delta V_b}}$$

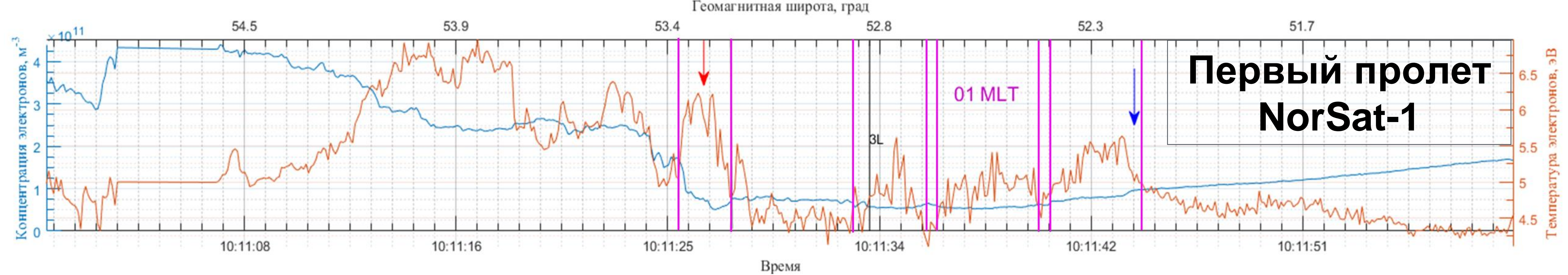
$$K = \frac{e^{3/2}}{\pi} \sqrt{\frac{2}{m_e}}$$

$$T_e = \frac{R(V_s + V_{p2}) - (V_s + V_{p1})}{1 - R} \quad R = \frac{I_{c1}^2}{I_{c2}^2}$$

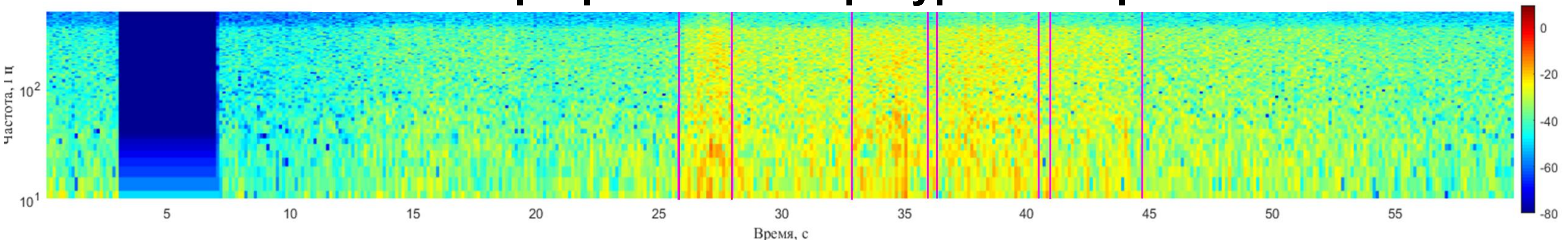


ГЕОМАГНИТНАЯ БУРЯ 20 АПРЕЛЯ 2018

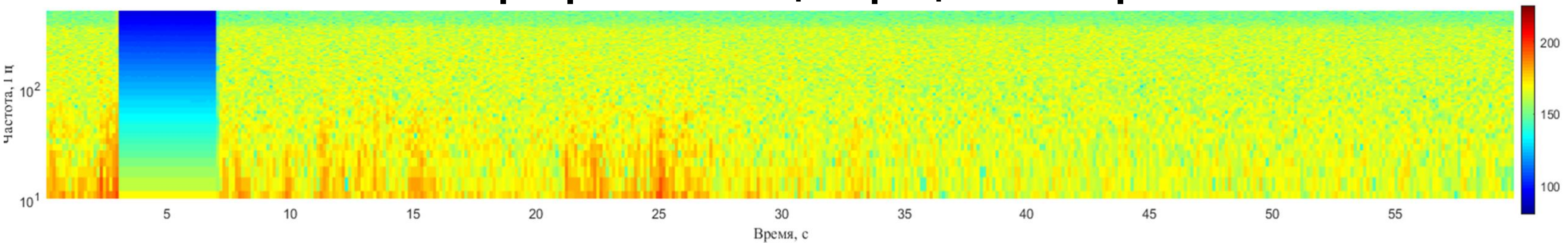


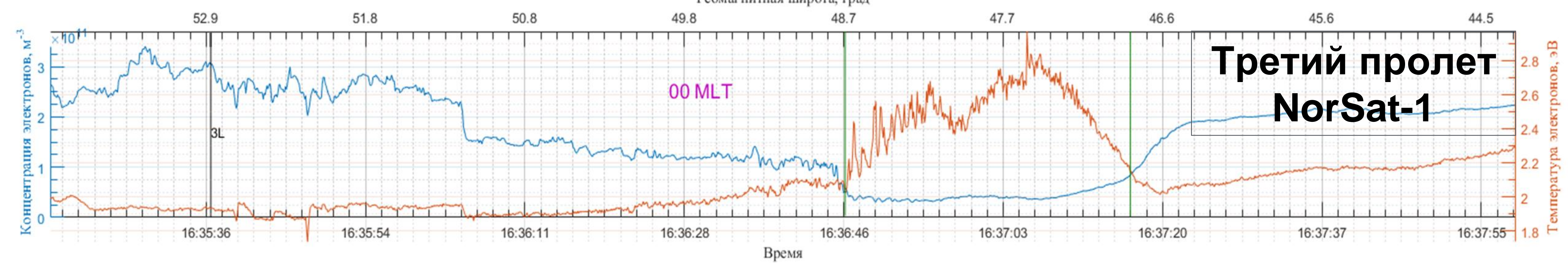


Спектрограмма температуры электронов

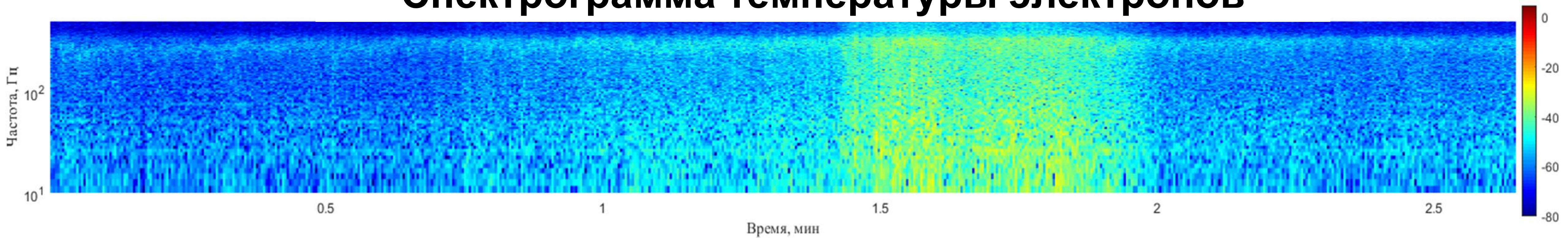


Спектрограмма концентрации электронов

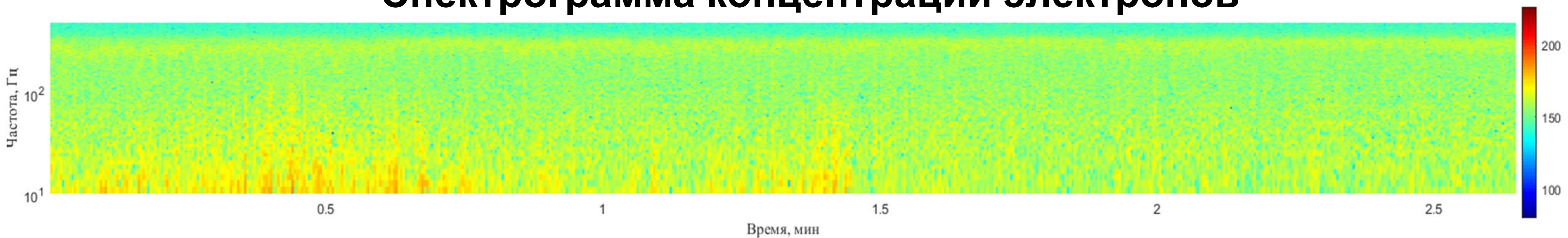




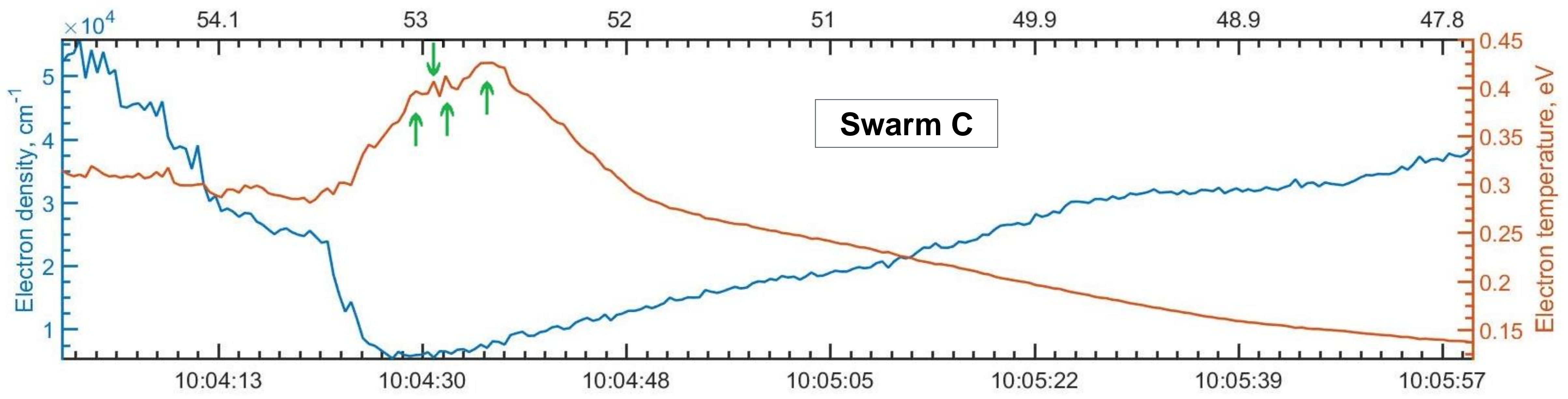
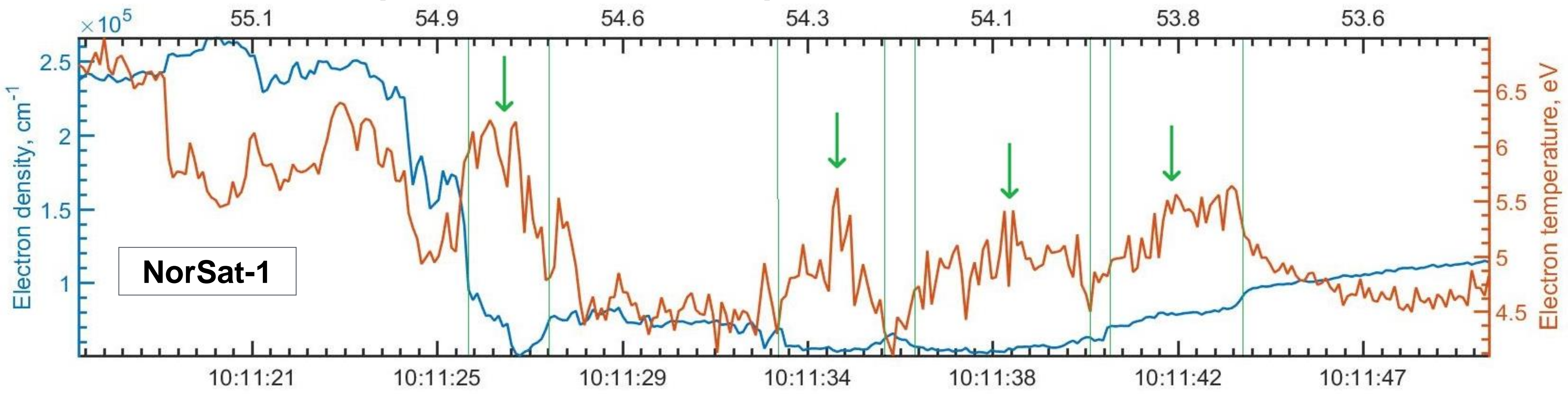
Спектрограмма температуры электронов



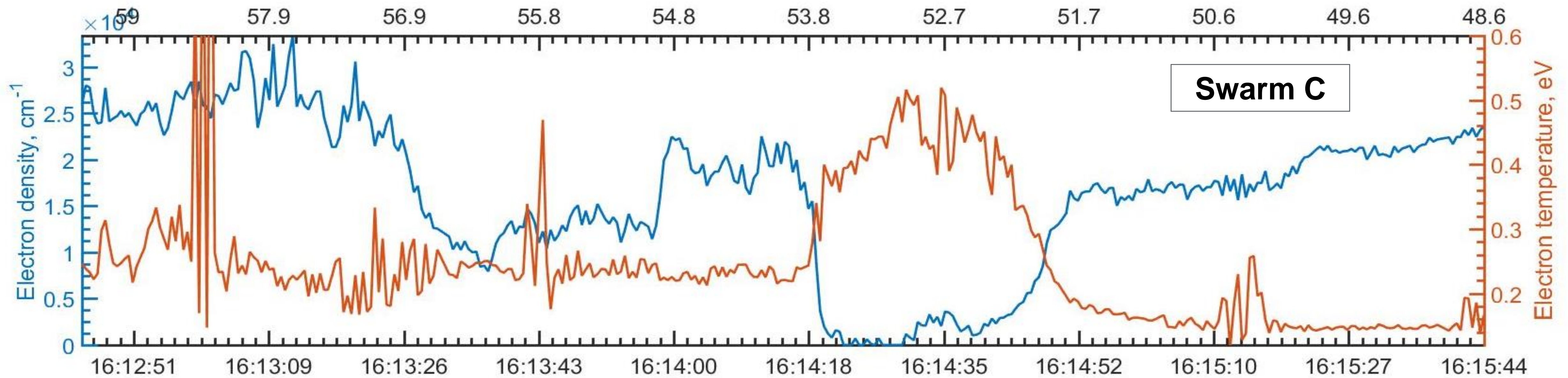
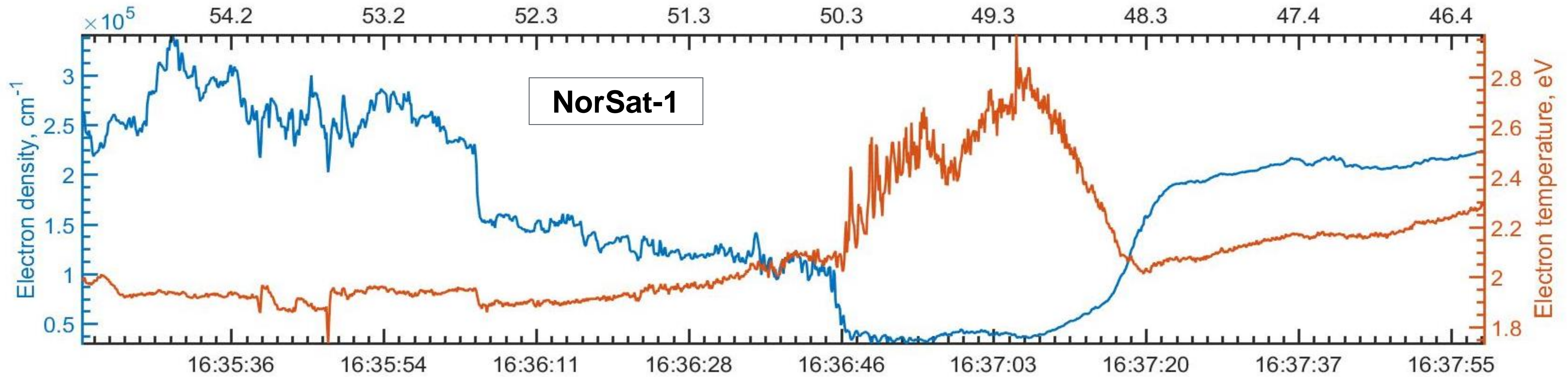
Спектрограмма концентрации электронов



Первый совместный пролет NorSat-1 и Swarm C



Третий совместный пролёт NorSat-1 и Swarm C



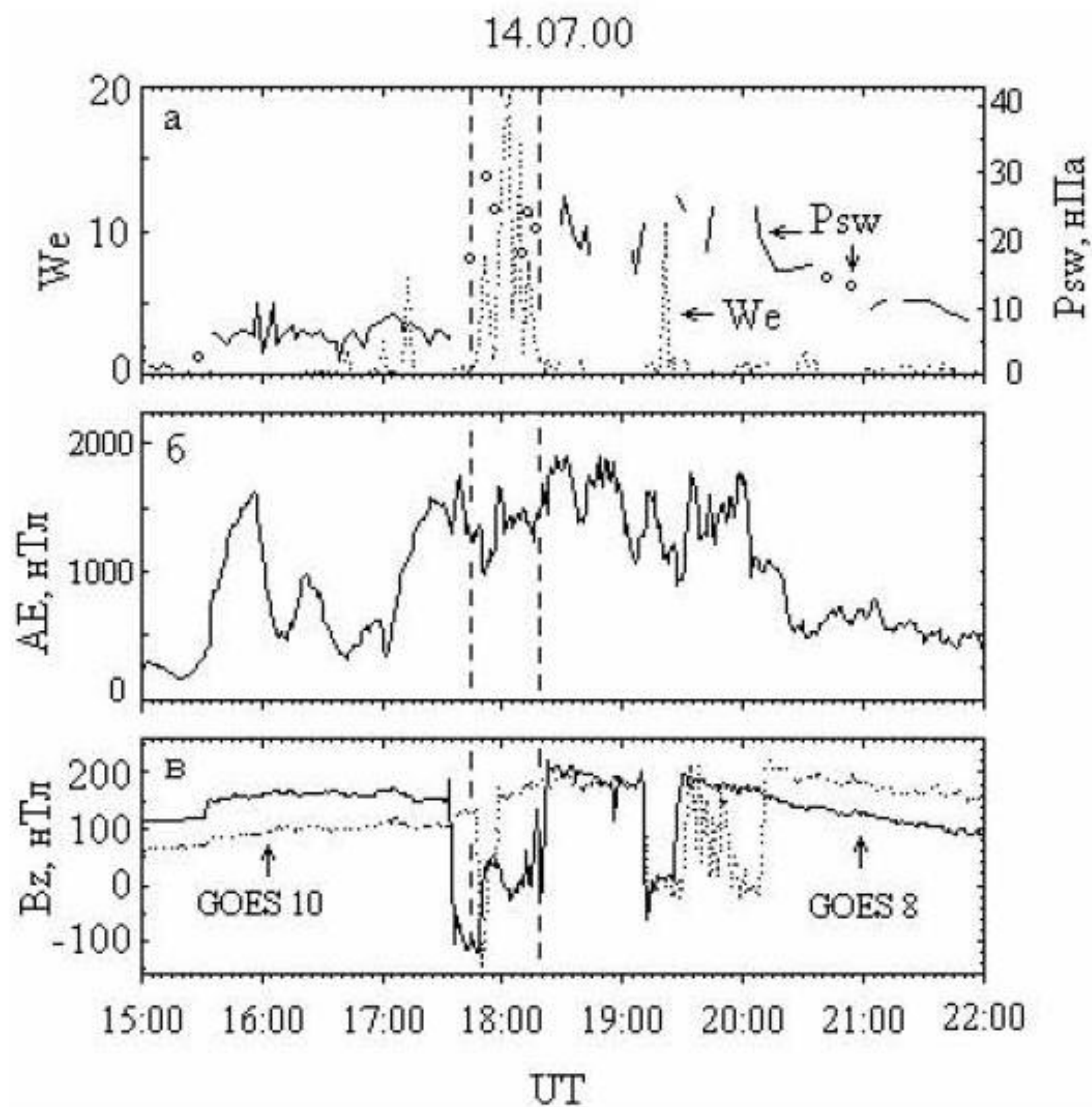


Рис. 5. Вариации: *a* – мощности аврорального эха и динамического давления солнечного ветра; *б* – АЕ-индекса; *в* – B_z -составляющей магнитного поля на геосинхронной орбите.

Выводы

Измерения со спутников NorSat-1, Swarm позволили обнаружить в верхней области F структуру поляризованного джета с повышенной электронной температурой в 1.5 эВ (18 тыс. градусов) в момент ее формирования при приходе ударной волны Солнечного ветра

Поляризованный джет существовал на протяжении трех пролетов спутников и электронная температура существенно снижалась, а сама структура смещается в экваториальном направлении до 50 градусов инвариантной широты.

Синхронные измерения с двух спутников в близких областях геофизического пространства показывают хорошо согласующиеся данные.

Измерения Иркутского радара некогерентного рассеяния радиоволн при суббуре показывают формирование когерентных отражающих структур в E-области ионосферы и возникновения интенсивных обратных эхо на частотах 150-170 мГц. В области F спутник NorSat-1 измеряет мелкомасштабную структуру электронной температуры с размерностью 10-100 метров. Это характерный масштаб Фарли-Бунемановской неустойчивости. На высоте спутника 650 км неоднородностей Ne