ВЛИЯНИЕ СУББУРЬ НА ПРОЦЕССЫ В ИОНОСФЕРЕ И ПЛАЗМОСФЕРЕ

Г.А. Котова (1), В.Л. Халипов (1), А.Е. Степанов (2), В.В. Безруких (1)

(1) – ИКИ РАН; (2) – ИКФИА СО РАН

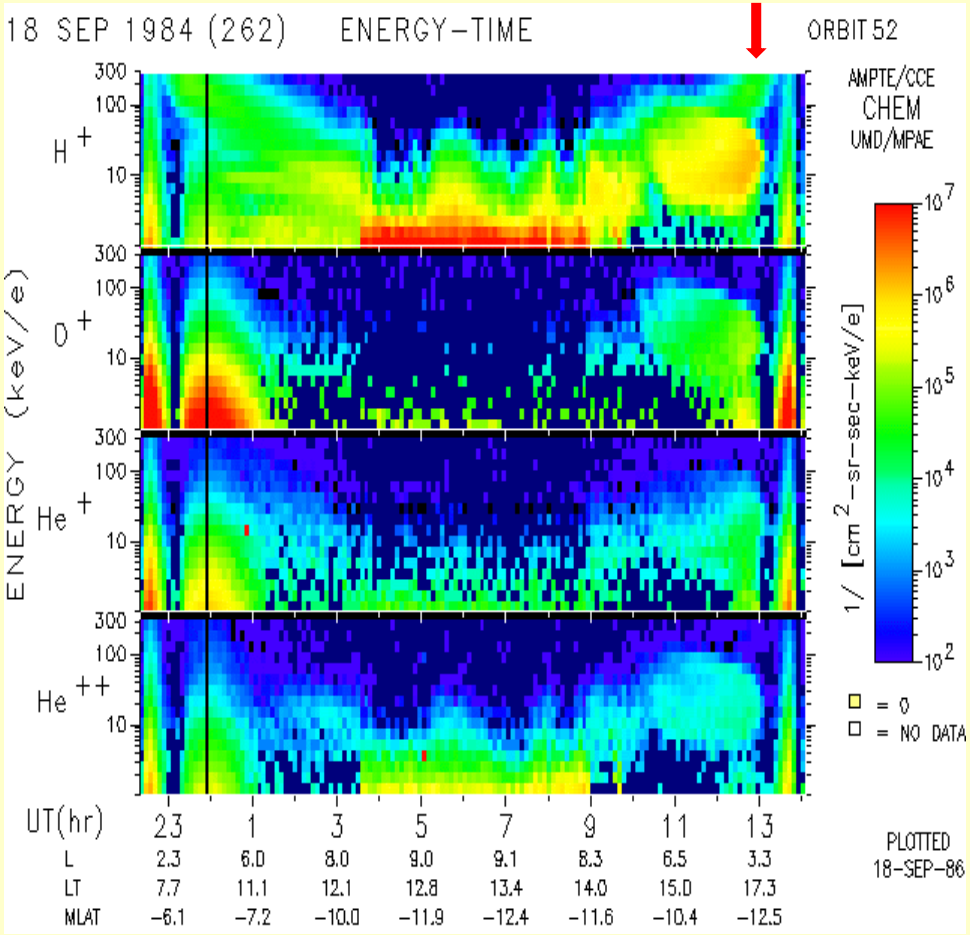
ИЗМИРАН, 2023

Магнитосферная суббуря это комплекс возмущений в северной и южной полярных областях Земли, связанных с взаимодействием возмущенных потоков солнечного ветра с магнитосферой Земли. Суббури начинаются процессами в хвосте магнитосферы и затрагивают области вблизи экваториальной плоскости вплоть до расстояний 3-5 радиусов Земли от ее центра.

Поляризационный джет (SAID) - быстрый, до 3 км/с, дрейф ионов на запад на высотах области F в ионосфере, формируется во время развития суббри.

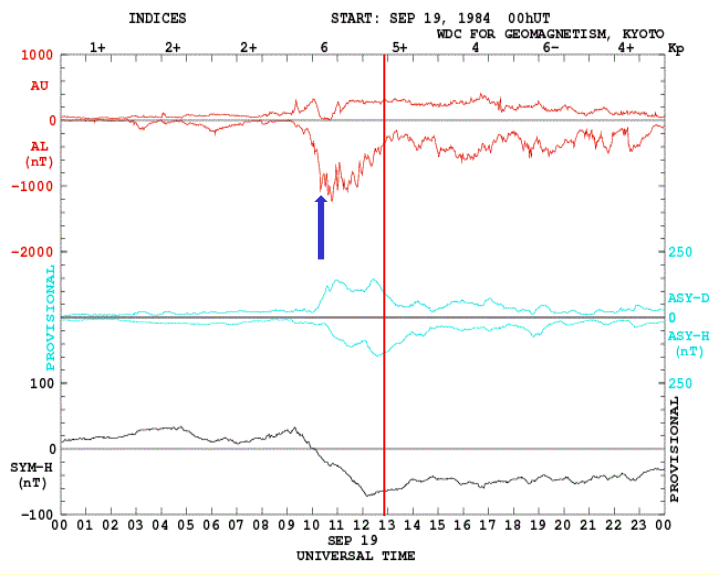
Формирование поляризационного джета влечет за собой изменение характеристик плазмы в ионосфере и в плазмосфере

Измерения энергичных ионов (< 300 keV/q) спутником AMPTE/CCE 18-19 сентября 1984 г.



Во время наблюдения **nose-event** **UT ~ 13** на станции Подкаменная Тунгуска (MLT=UT+6) зарегистрирован **ПД**

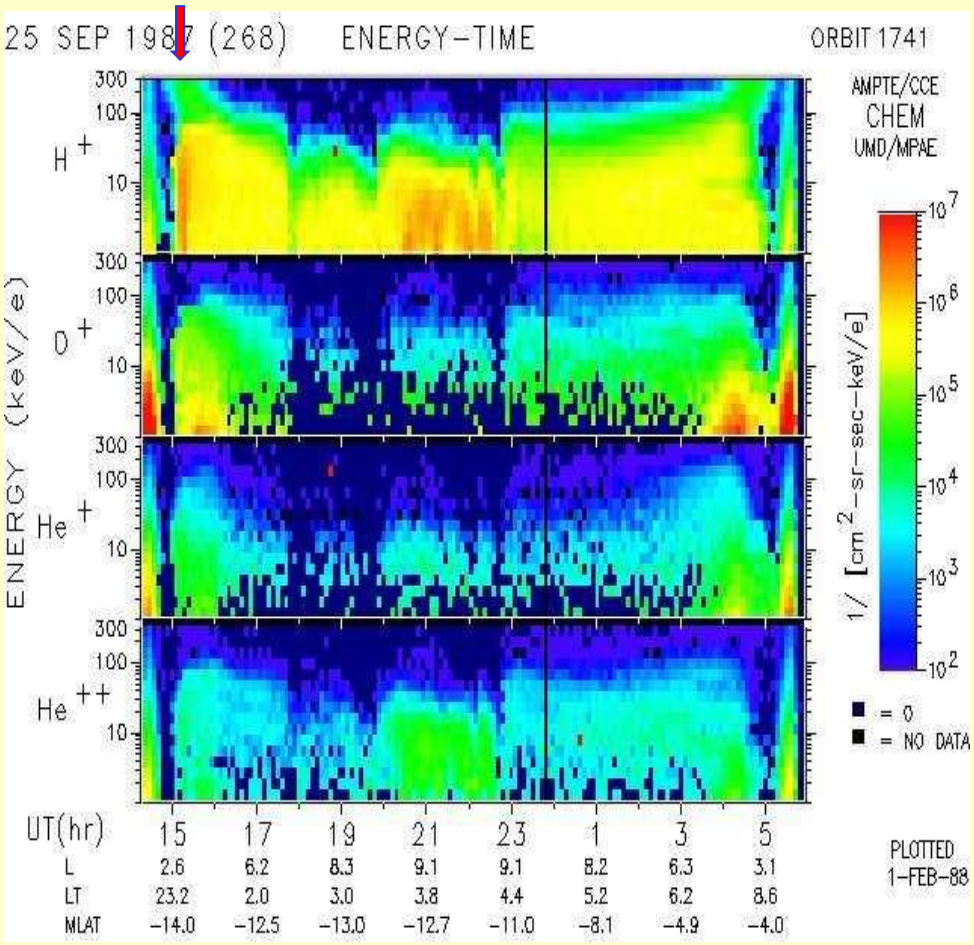
Индексы магнитной активности 19 сентября 1984 г.



Граница инжекции ионов (**nose-event**) (красная стрелка) наблюдалась в ~13.00 UT в вечернем секторе (~17.3 LT) при L = 3.3 через 3 часа после начала магнитной бури

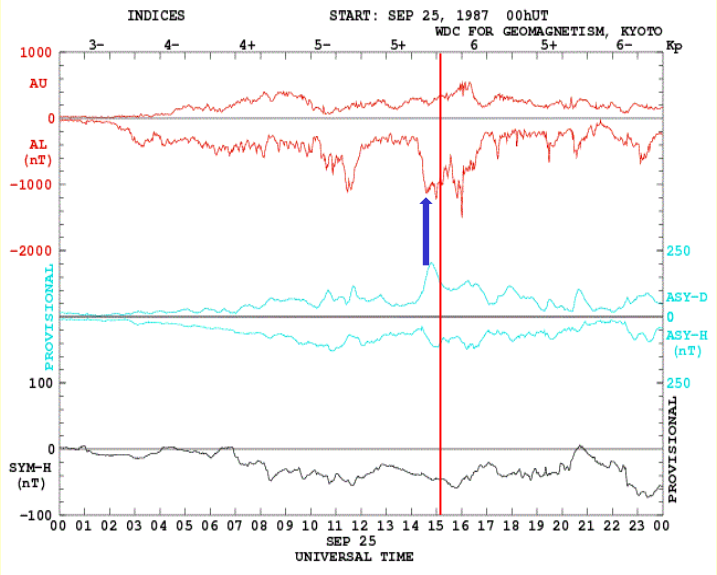
Время наблюдения **границы инжекции** (красная линия) и **начало вспышки суббуревой активности (синяя стрелка)**.

Измерения энергичных ионов (< 300 keV/q) спутником AMPTE/CCE 25-26 сентября 1987 г.



Во время наблюдения **границы инжекции UT ~ 15** на станции Якутск (MLT=UT+9) зарегистрирован **ПД**

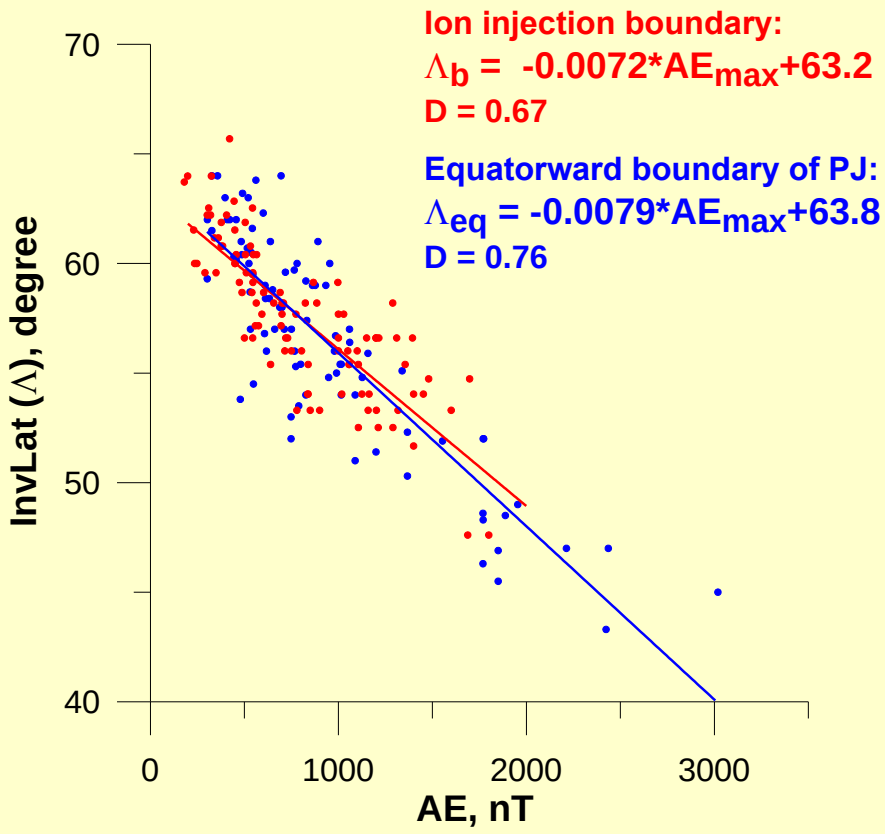
Индексы магнитной активности 25 сентября 1987 г.



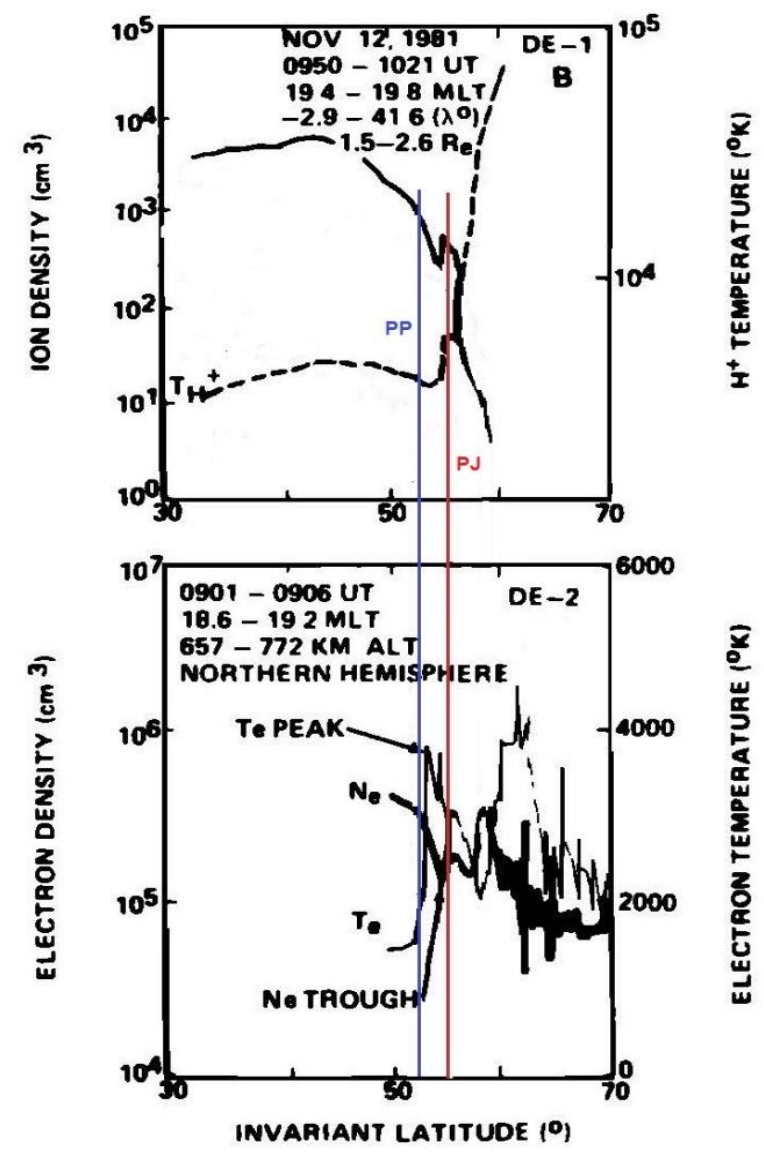
Граница инжекции ионов (**красная стрелка**) наблюдалась в ~15.10 UT в околополуночном секторе (~23.5 LT) **при L = 2.9 спустя всего 30 минут** после вспышки суббуревой активности.

Время наблюдения **границы инжекции** (красная линия) и **начало вспышки суббуревой активности** (синяя стрелка).

Сравнение положения границы инжекции энергичных ионов с экваториальной границей полосы поляризационного джета.



Аппроксимирующие прямые для зависимостей от AE индекса границы инжекции энергичных ионов, измеренных на спутнике AMPTE/CCE, и экваториальной границы полосы поляризационного джета, зарегистрированного на спутниках DMSP, оказались идентичными.



Сравнение плотности и температуры ионов, измеренных на спутнике **DE-1 в плазмосфере**, с данными по электронам, полученными **в верхней ионосфере на спутнике DE-2** (J.L.Horwitz et al. 1986, https://doi.org/10.1029/JA091iA10p11203).

Красная линия – положение ПД, зарегистрированного на ионосферной станции в Якутске в 09.45 UT (MLT = 18.45, Λ = 55.6°).

В ионосфере в полосе ПД плотность электронов понижена, а температура повышена (P.C. Anderson et al., 1991, https://doi.org/10.1029/90JA02651)

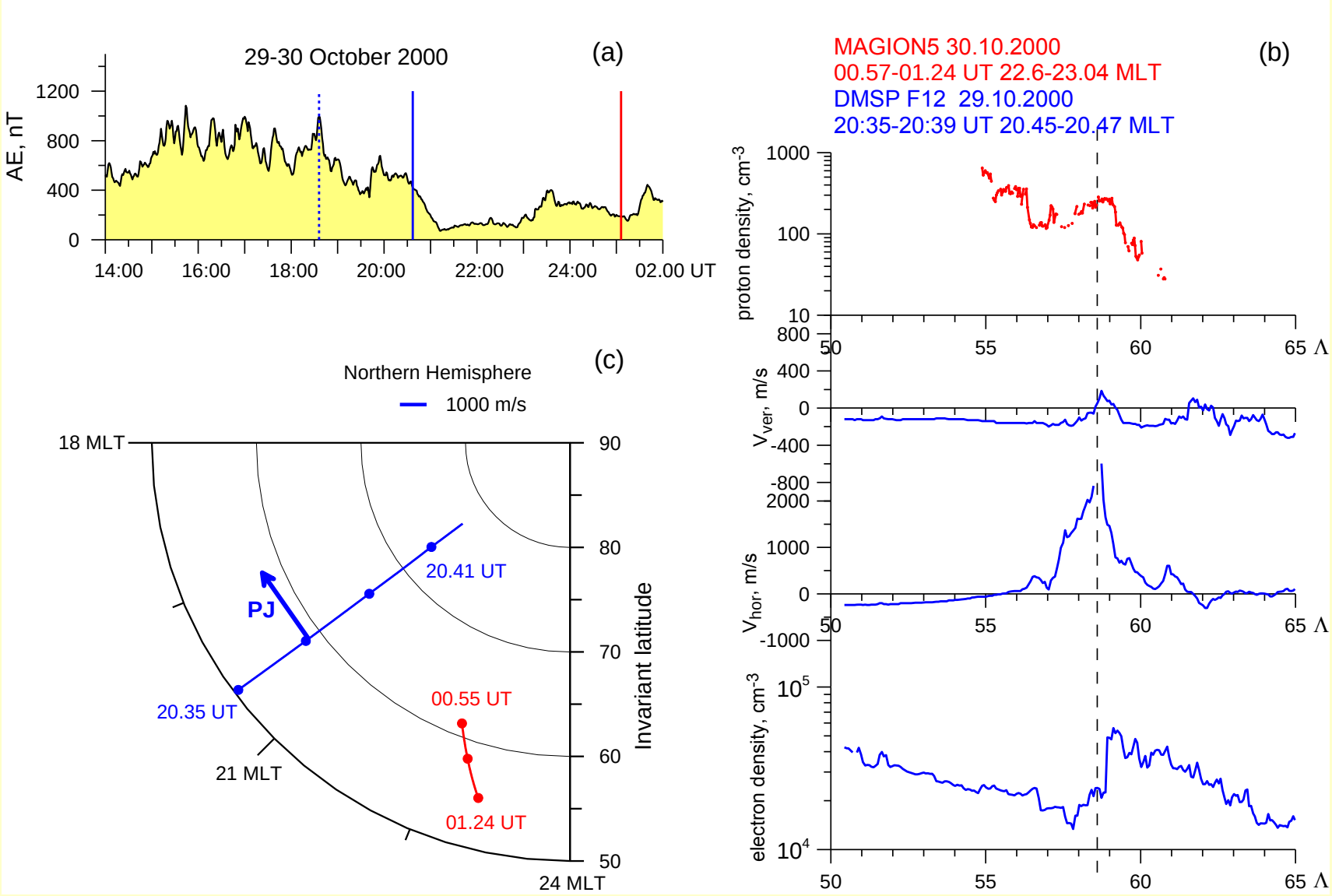
В плазмосфере плотность ионов повышена.

По данным радара некогерентного рассеяния в Миллстоун Хилл во время большой магнитной бури 8 февраля 1986 г. были зарегистрированы **потоки плазмы вверх со скоростями до 3000 м/с** во время регистрации дрейфа плазмы на запад со скоростями до 1500 м/с (H.-C. Yeh and J. Foster, 1990, https://doi.org/10.1029/JA095iA06p07881)

По наземным доплеровским измерениям на ионосферной станции Якутск обнаружено, что во время регистрации быстрого западного дрейфа плазмы также наблюдается возрастание вертикального дрейфа плазмы до 50–150 м/с.

По данным спутников DMSP на высоте ~ 850 км развитие ПД сопровождается дрейфом плазмы вверх со скоростью до 1000 м/с и более (Wang, H. and Lühr, H., 2013, https://doi.org/10.5194/angeo-31-1521-2013)

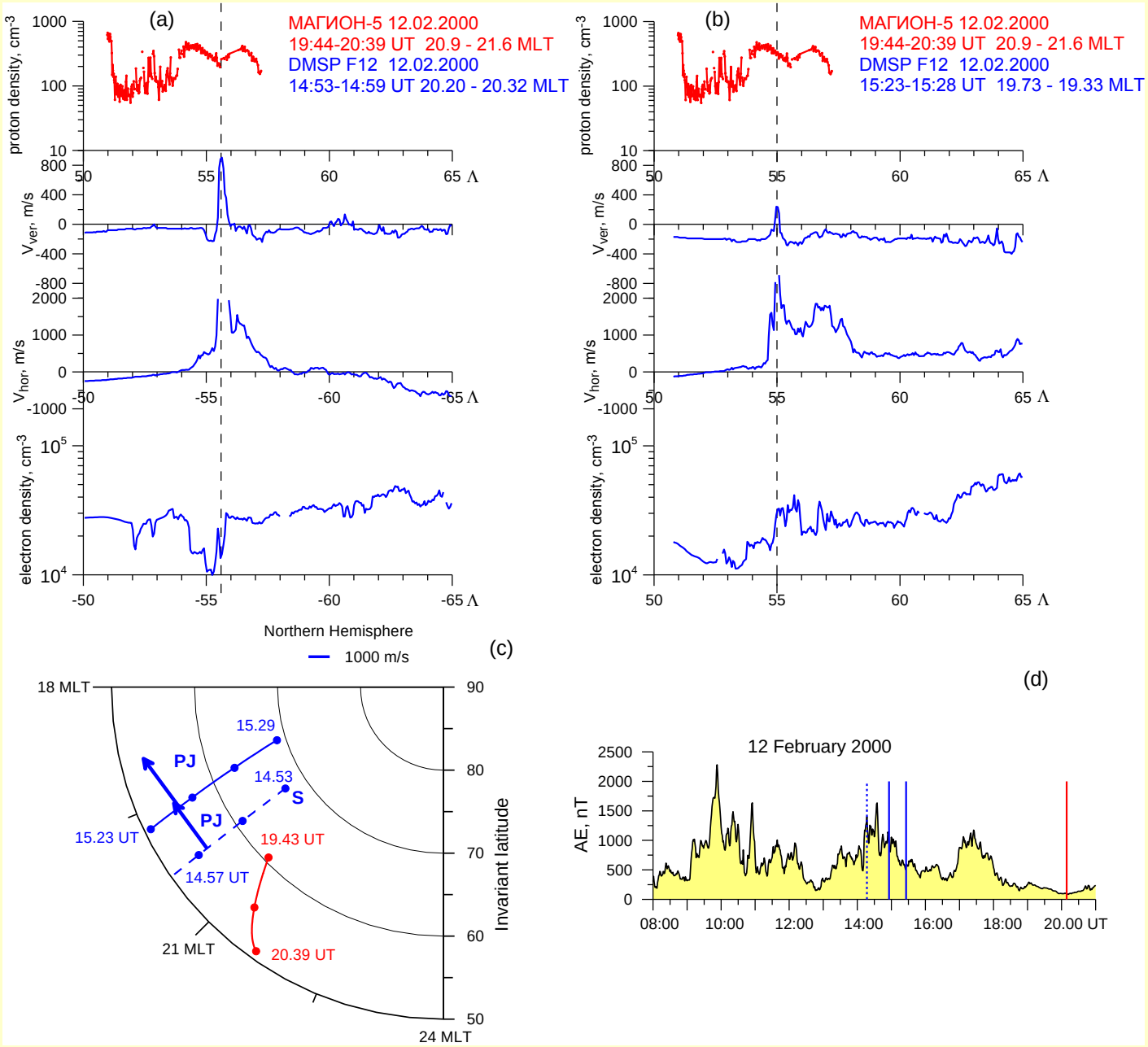
Плотность плазмы в плазмосфере и поляризационный джет в верхней ионосфере 29-30 октября 2000 г.



12 февраля 2000 г.

Южное полушарие

Северное полушарие



Поток плазмы из ионосферы во время развития поляризационного джета

Плотность электронов/ионов в верхней ионосфере

$N \sim 3x10^4$ см$^{-3}$

Скорость ионов вверх

$V_{ver} \sim 400$ м/с $= 4x10^4$ см/с

Поток ионов из ионосферы в плазмосферу

$\sim 10^9$ см$^{-2}$с$^{-1}$

Средний поток ионов вверх днем из ионосферы в плазмосферу

$\sim 10^8$ см$^{-2}$с$^{-1}$

Выводы

- **Во время магнитосферных суббурь** в области F ионосферы и вплоть до высот ~< 1000 км **формируется поляризационный джет**.
- По измерениям энергичных ионов кольцевого тока на спутнике AMPTE/CCE и по данным дрейфметра на спутниках DMSP было показано, что **внутренняя граница инжекции энергичных ионов физически взаимосвязана с экваториальной границей полосы поляризационного джета и во время суббурь эти границы формируются на одних и тех же L-оболочках**.
- Установлено, что **над полосой ПД формируется восходящий поток ионов** со скоростью до 1 – 1.5 км/с на высоте ~850 км.
- Измерения на спутнике МАГИОН-5 в плазмосфере на тех же L-оболочках, где регистрируется поляризационный джет в ионосфере, показывают возрастание концентрации холодных ионов. **«Горбы» плотности, наблюдаемые вблизи плазмопаузы, по-видимому, образуются благодаря потокам плазмы из ионосферы**, сопровождающими формирование поляризационного джета.

Спасибо за внимание!