

Основные результаты эксперимента на спутнике “Интеркосмос-19”

Карначев А.Т.

ИЗМИРАН

1979-2009

Состав научной аппаратуры

- ИС-338 – внешнее зондирование (ИЗМИРАН)
 - СФ-3 - спектрометр электронов (10 эВ-15 КэВ) (ИКИ)
 - ПЕРО-3И - энергичные электроны и протоны (0.04-3.0 МэВ) (НИИЯФ МГУ)
 - КМ-3 – зонд Ленгмюра, температура электронов (ИКИ, ГФИ ЧСАН)
 - ИРС-1 - радиоспектрометр в диапазоне 0.6-6.0 МГц (ПНР)
 - АВЧ-2Т - анализатор ВЧ (0.1-5.0 МГц) сигналов (ИЗМИРАН)
 - АНЧ-2МЕ - анализатор НЧ (100-20.000 Гц) сигналов (ИЗМИРАН)
 - ЭМО-1 - фотометр (Болгария)
 - П4 – прибор для измерения Ne, Te и Ni (ИКИ, БНР)
 - Маяк – измерения ТЕС (ГФИ ЧСАН)
-
- Васильев Г. В., Гончаров Л. П., Кушнеревский Ю.В. и др. // Аппаратура для исследования внешней ионосферы. М.: Наука, 1980. С.13.

Научные задачи Интеркосмос-19

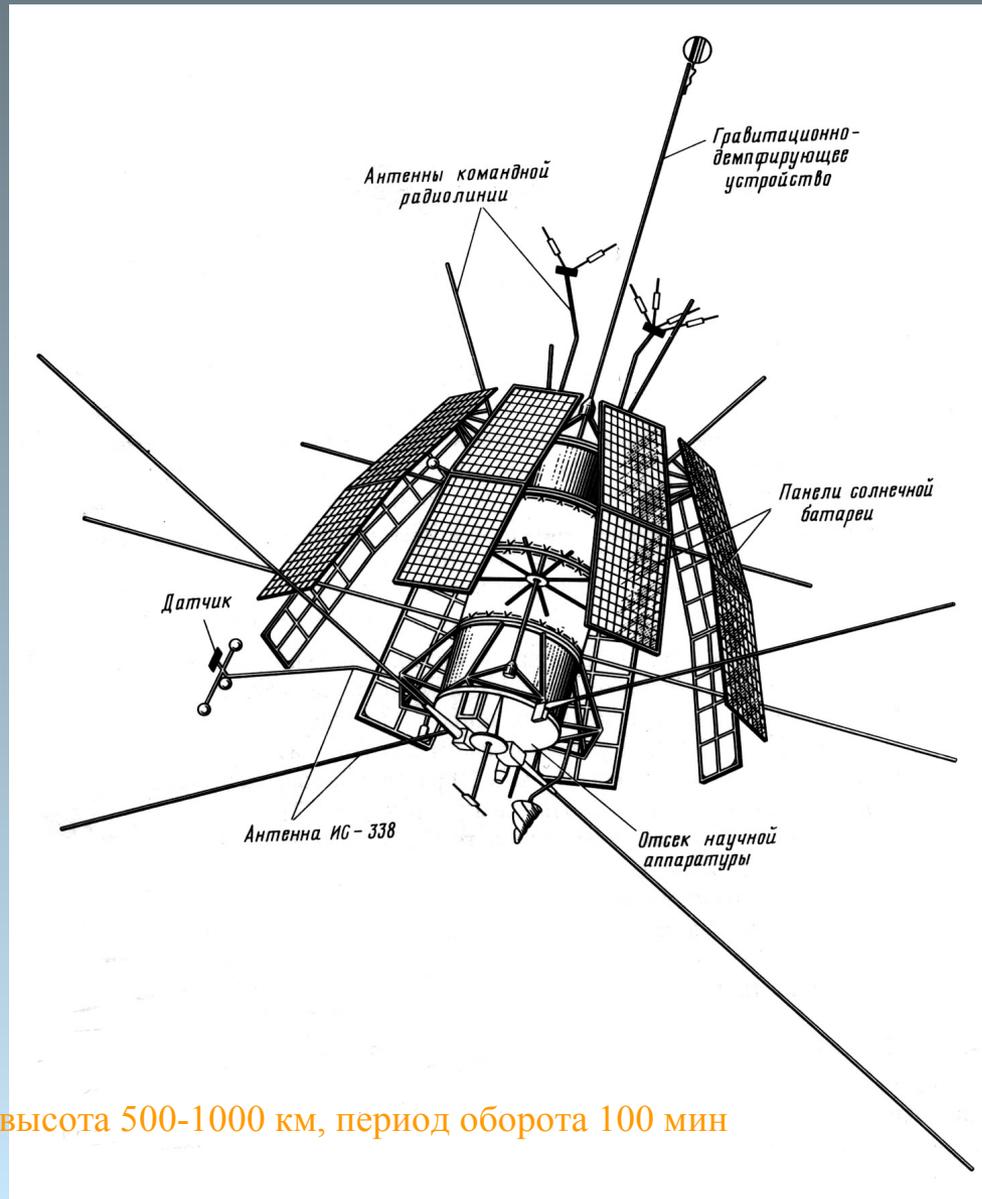
Комплексная научная лаборатория Интеркосмос-19 позволяла измерять и исследовать

- концентрацию и температуру электронов и ионов в глобальном масштабе,
 - высыпания мягких электронов в области аврорального овала и главного ионосферного провала,
 - потоки жестких электронов в радиационных поясах,
 - оптическое излучение в области аврорального овала, SAR-дуг и экваториальной аномалии,
 - естественные и искусственные сигналы и шумы в широком диапазоне частот,
 - резонансные явления вблизи плазменной частоты, гармоник гирочастоты, верхнего гибридного резонанса,
 - взаимодействие волна-частица.
-
- главной задачей было исследование глобального распределения параметров верхней ионосферы, включая $NmF2$ и $hmF2$ по данным ионосферной станции ИС-338.

Внешнее зондирование ионосферы

- Alouette-1, Alouette-2, ISIS-1, ISIS-2 (США-Канада, 1962-1974), ISS-b (Япония, 1978-1980)
- Космос-381 (1970), первый в мире цифровой спутниковый ионозонд ИС-2
- Интеркосмос-19 (1979-1982), Космос-1809 (1986)
- Научная команда ИЗМИРАН: Мигулин В.В., Кушнеревский Ю.В., Флигель М.Д., Васильев Г.В., Гайдаш С.П., Гончаров Л.П., Карпачев А.Т., Михайлов Ю.М., Пулинец С.А., Селегей В.В., Соболев Я.П.
- Ионозонд ИС-338 разрабатывался в СКБ ФП под руководством Э.В.Погоды.

Внешний вид спутника Интеркосмос-19



Антенны:
2 скрещенных
диполя по 7.5 и
25 м.

Наклонение орбиты 74° , высота 500-1000 км, период оборота 100 мин

Ионозонд ИС-338

Мощность передатчика 200 Вт
Диапазон частот 0.3-16 МГц
Зондирующих частот 338
Шаг по частоте 25 и 50 КГц
Время обзора 6 сек

Режимы работы

ШТС (цифровая информация, запись)
ЗАП-2
ЗАП-3
ЗАП-4

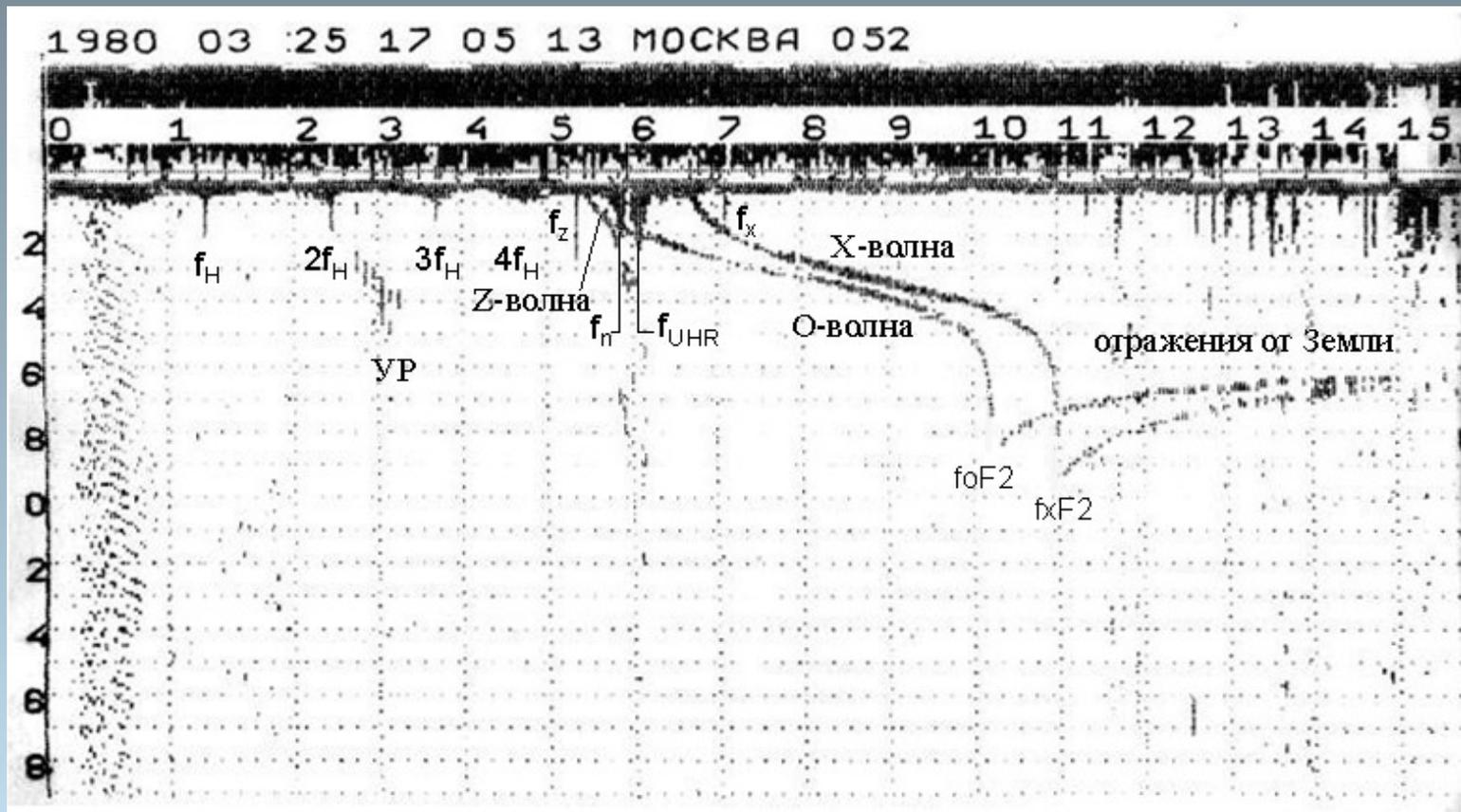
ЕТМС (аналоговая информация)
НП-ТС – непосредственный прием



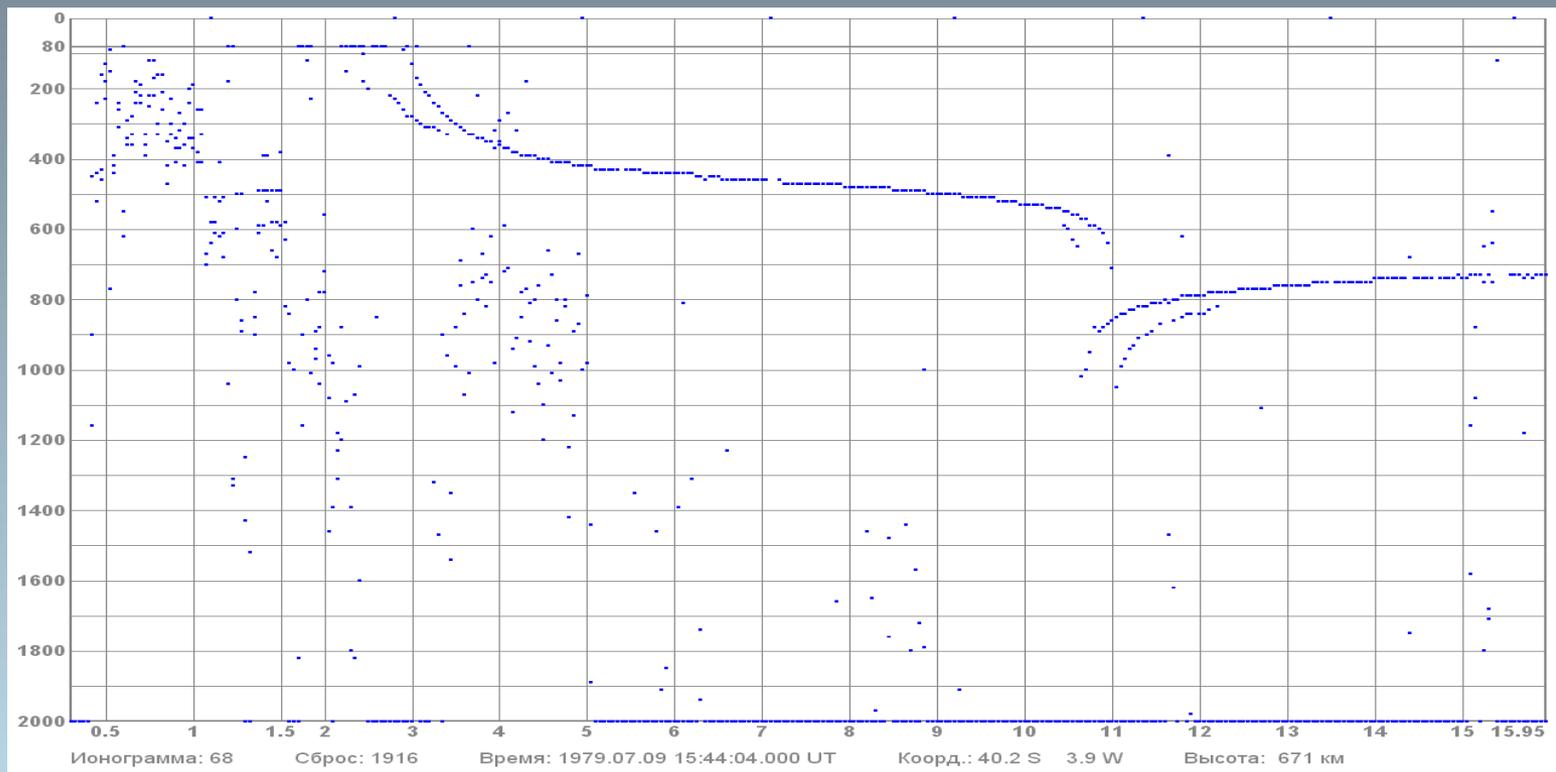
Прием аналоговой телеметрической информации по ЕТМС в Москве (Тарусе), Ростове, Норильске, Апатитах и Гаване.



Параметры аналоговой ионограммы внешнего зондирования (над Москвой)



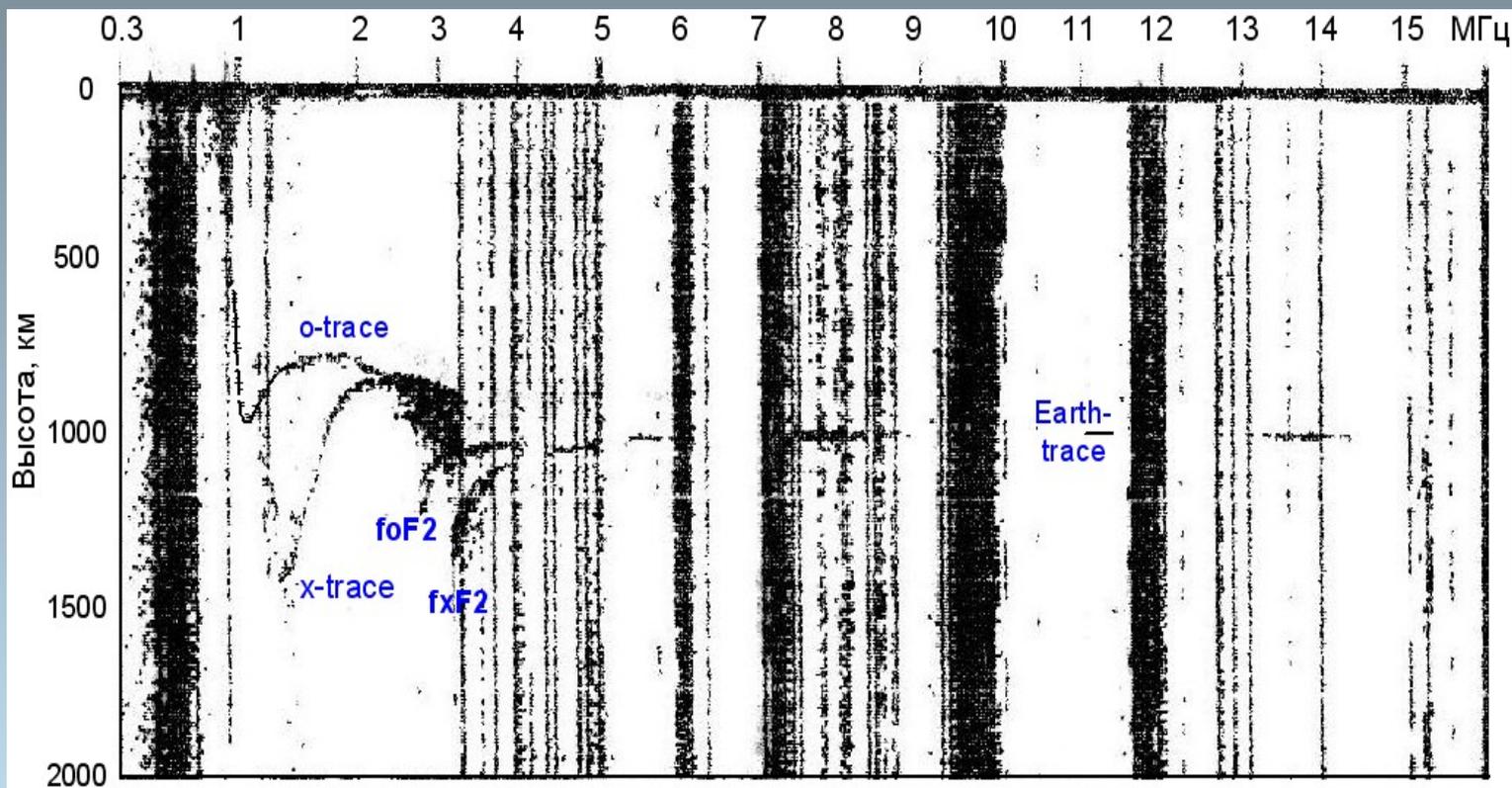
Цифровая ионограмма спутника Интеркосмос-19



МА-9 ЭХБ

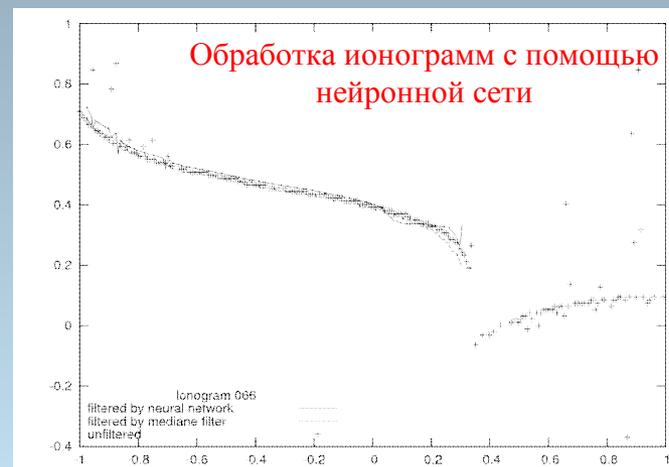
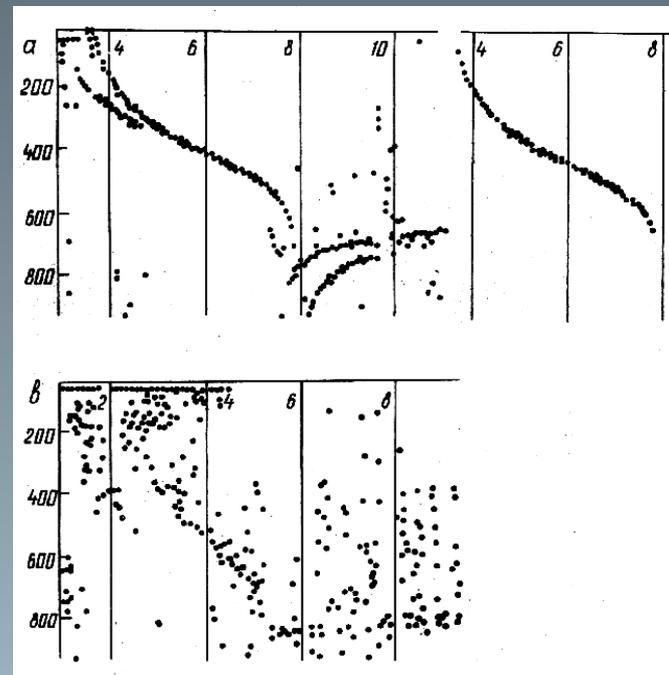
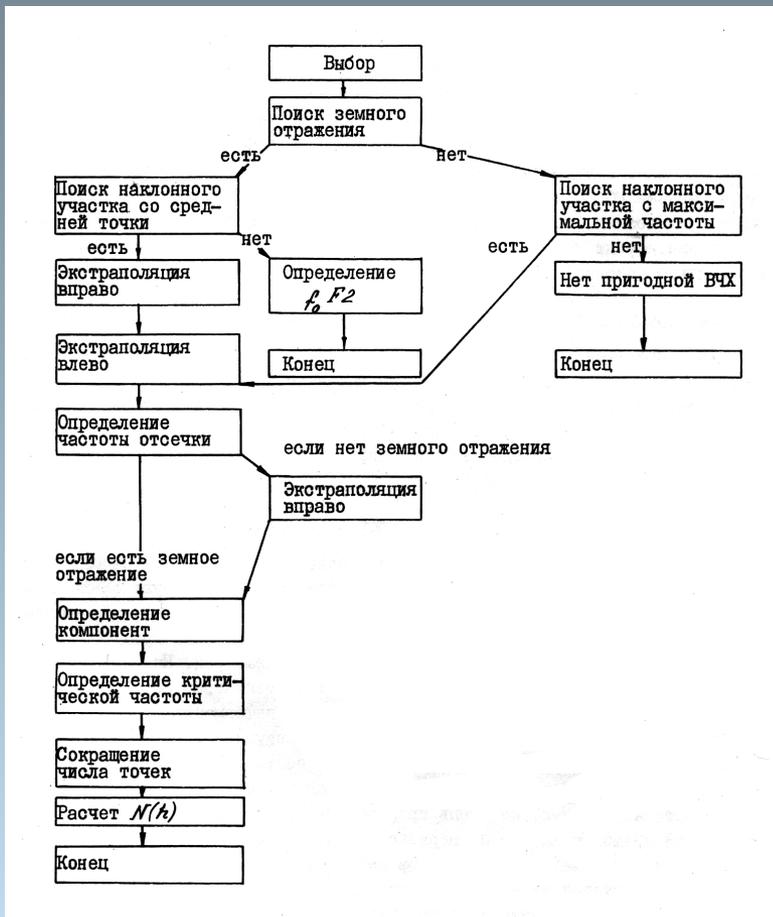
Космос-1809

- 1986-1991 г.
- Наклонение орбиты 80° , высота 1000 км.
- Цифровая ионограмма высокого качества

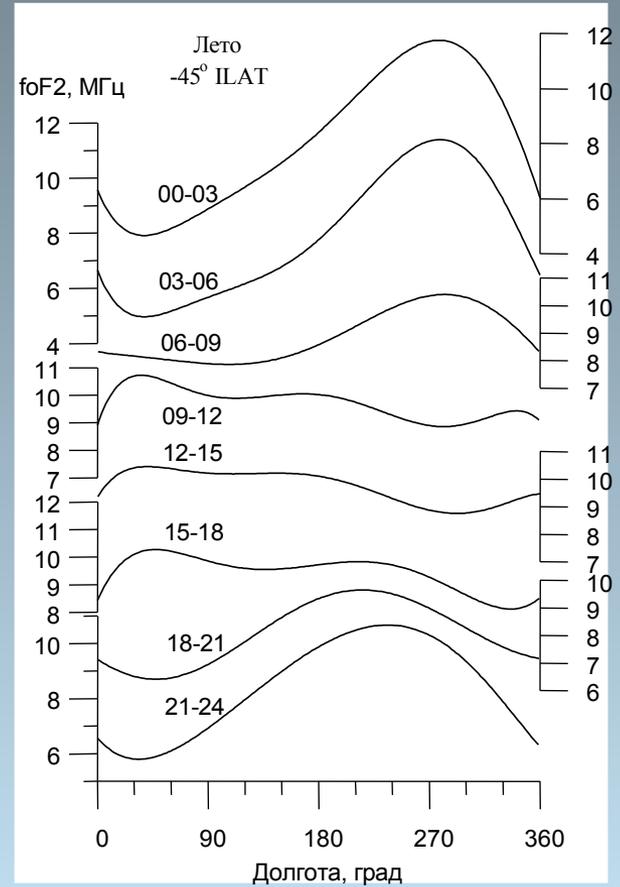
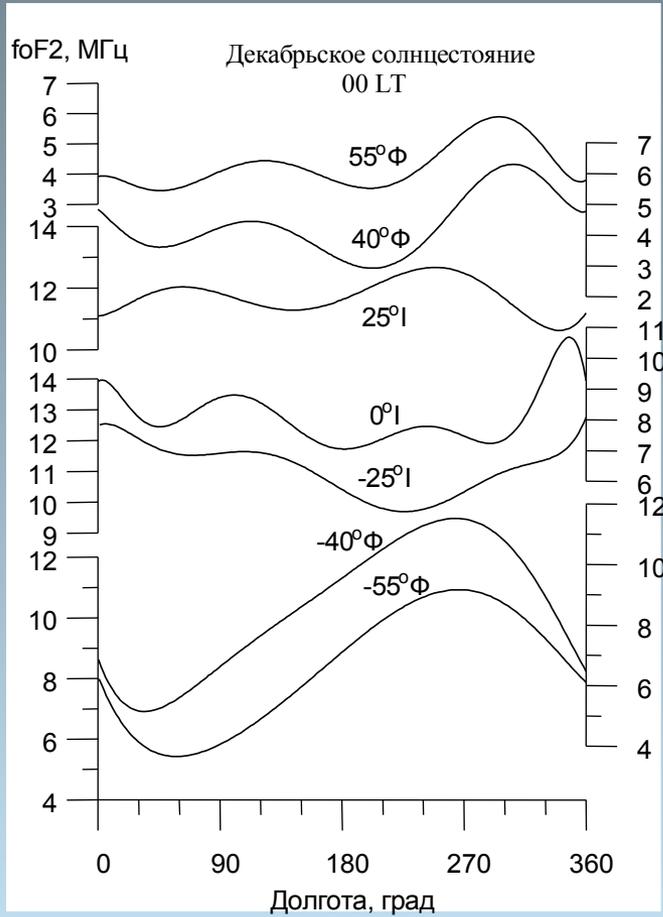


Атомоход Сибирь
SUNDIAL
Неоднородности
Исаев Н.И.

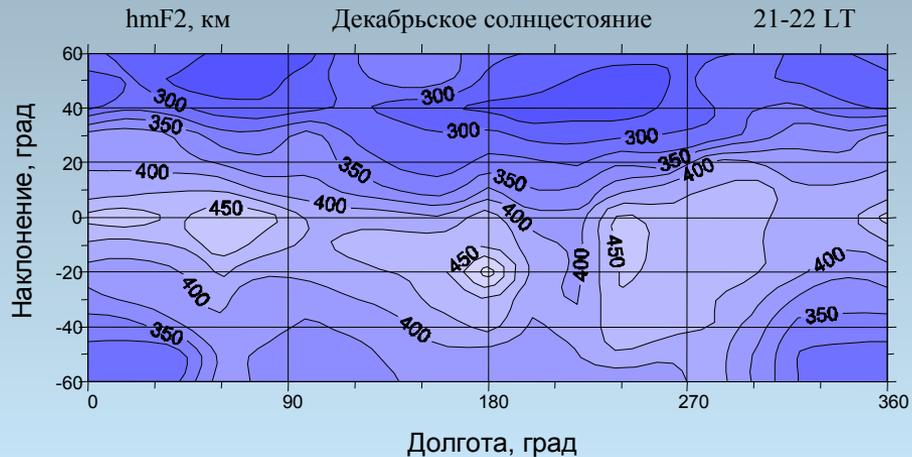
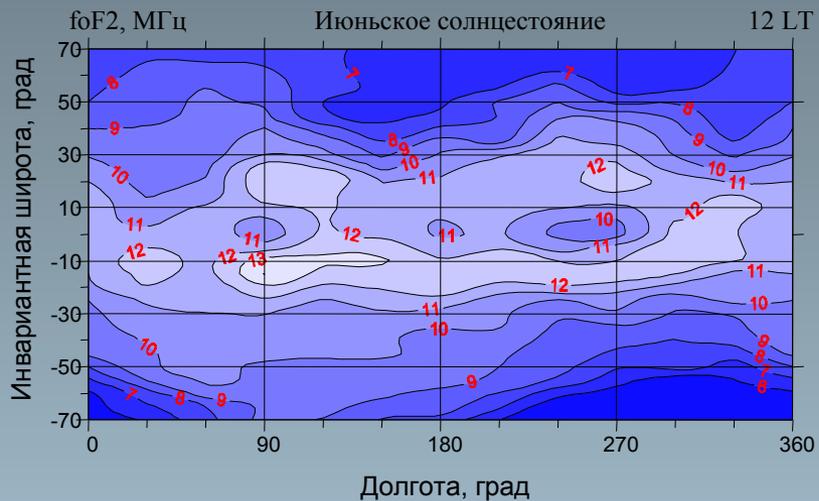
Автоматическая обработка ионограмм внешнего зондирования



Долготные вариации параметров ионосферы

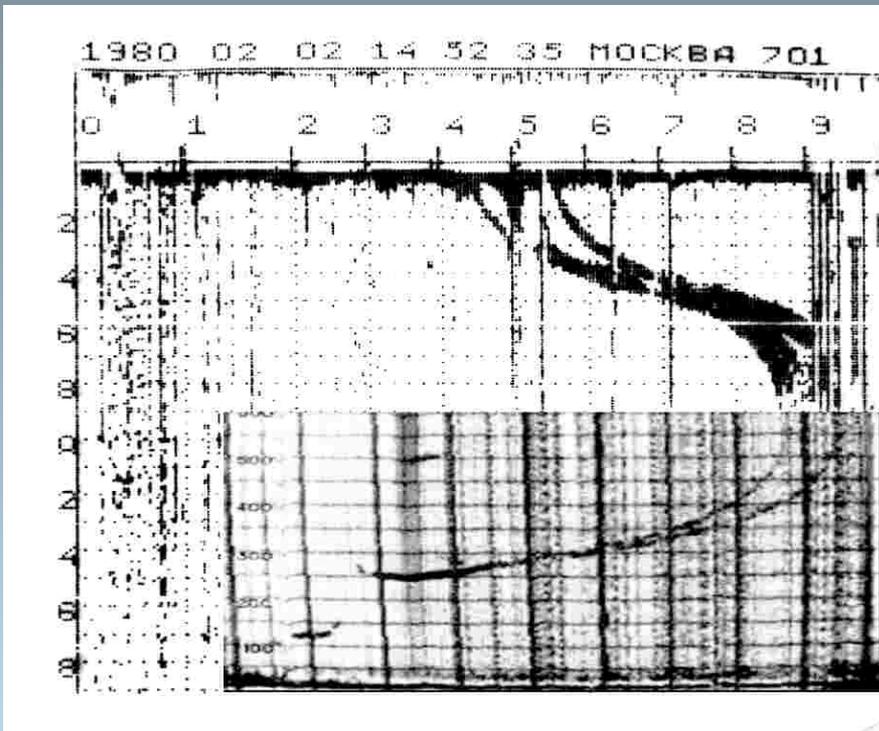


Глобальное распределение параметров максимума слоя F2

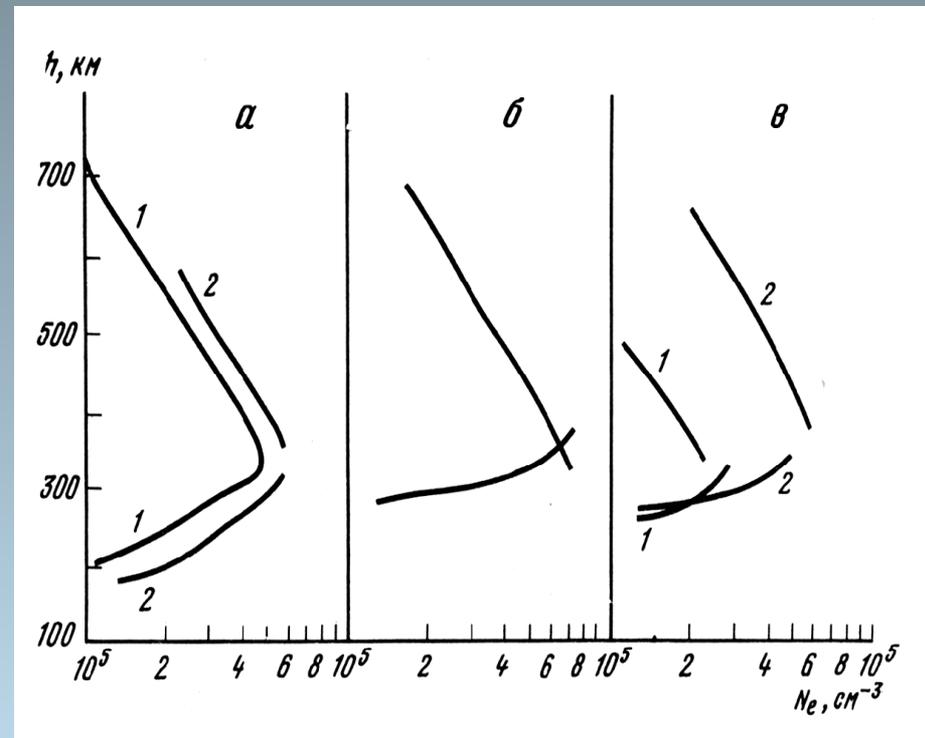


Стыковка верхнего и нижнего N(h)-профилей

*Бенькова Н.П., Козлов Е.Ф., Коченова Н.А., Легенька А.Д., Пашева Ц., Самарджиев Д.,
Саморокин Н.И., Фаткуллин М.Д., Флигель М.Д.*



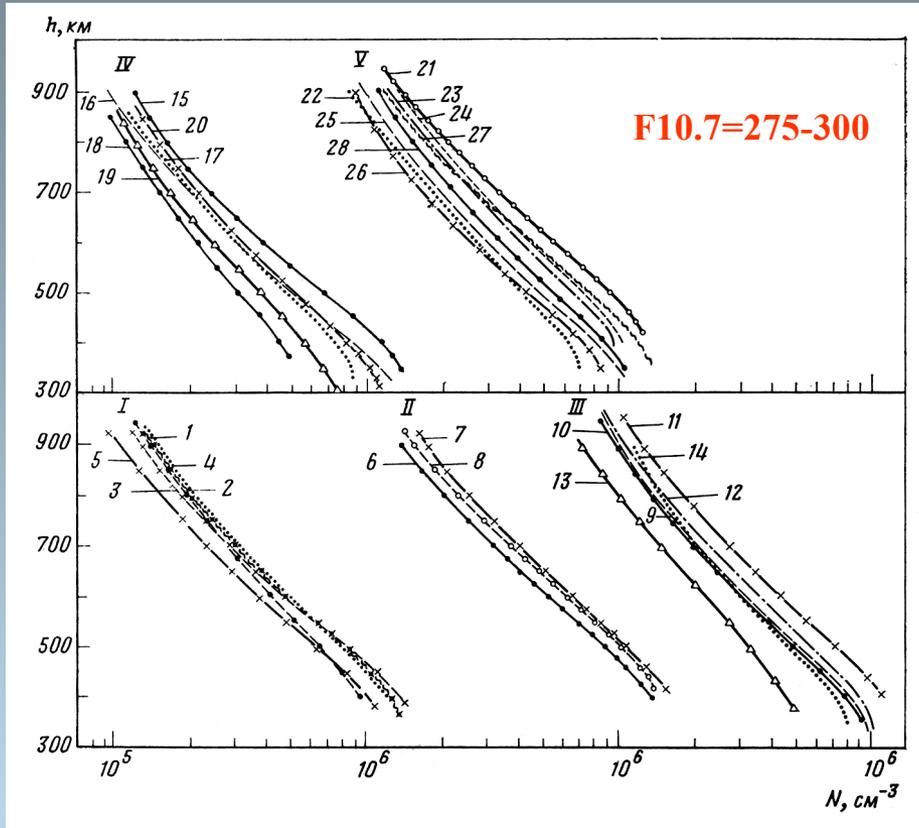
**Пролет ИК-19 над ст. Зименки,
Нижний Новгород**



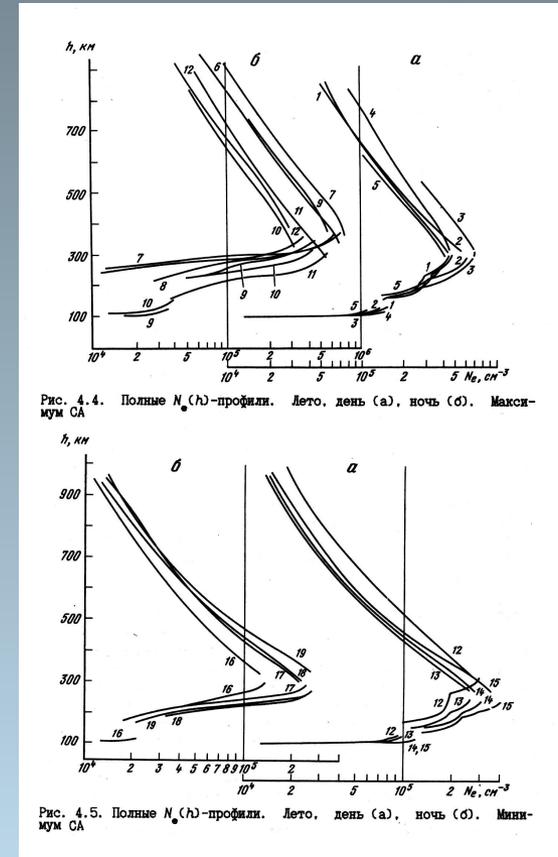
Разные варианты стыковки

Модель внешнего профиля ионосферы

Бенькова Н.П., Легенька А.Д., Коченова Н.А., Фаткуллин М.Д., Флигель М.Д. Модельное представление электронной концентрации во внешней среднеширотной ионосфере с использованием данных ИСЗ «Интеркосмос-19» // Космические исследования. 1987. Т.25. № 3. С.410.

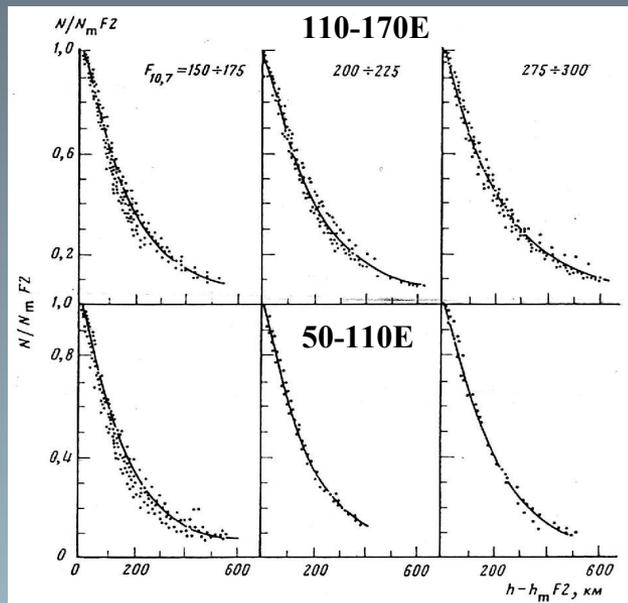


Дневные условия, средние широты: Европа (350-50°E), Азия (50-110°E), Дальний Восток (110-170°E), Тихий океан (170-230°E) и Америка (230-350°E).



Летние дневные (а) и ночные (б) $N(h)$ -профили для условий высокой (вверху) и низкой (внизу) солнечной активности. Архангельский полигон.

От модели ИЗМИРАН к модели NeQuick

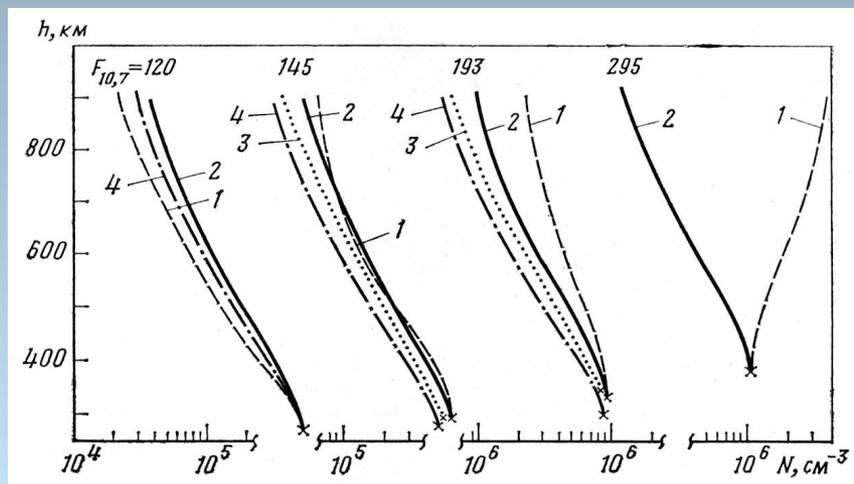
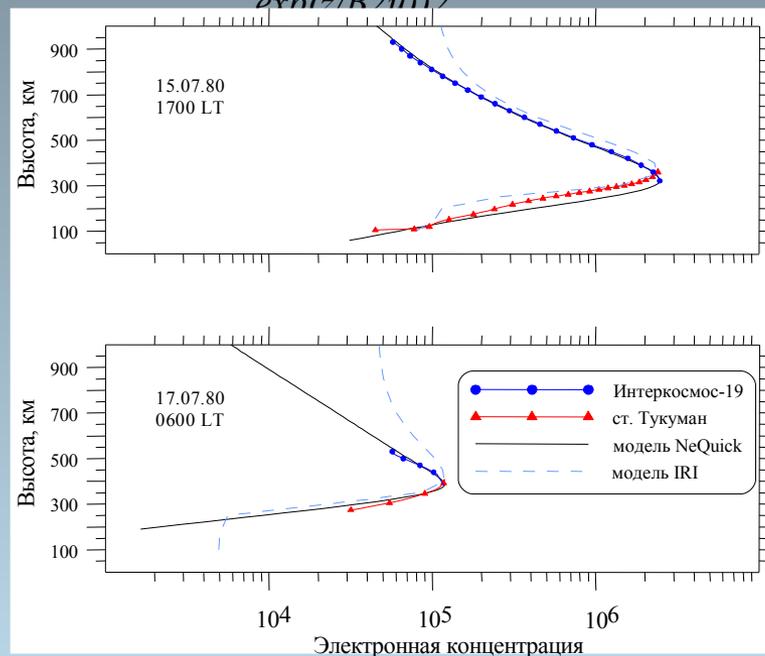


$$N/Nm = a \cdot \exp(-bz)$$

$$a = a_1 + a_2 F_{10,7}$$

$$b = b_1 + b_2 F_{10,7}$$

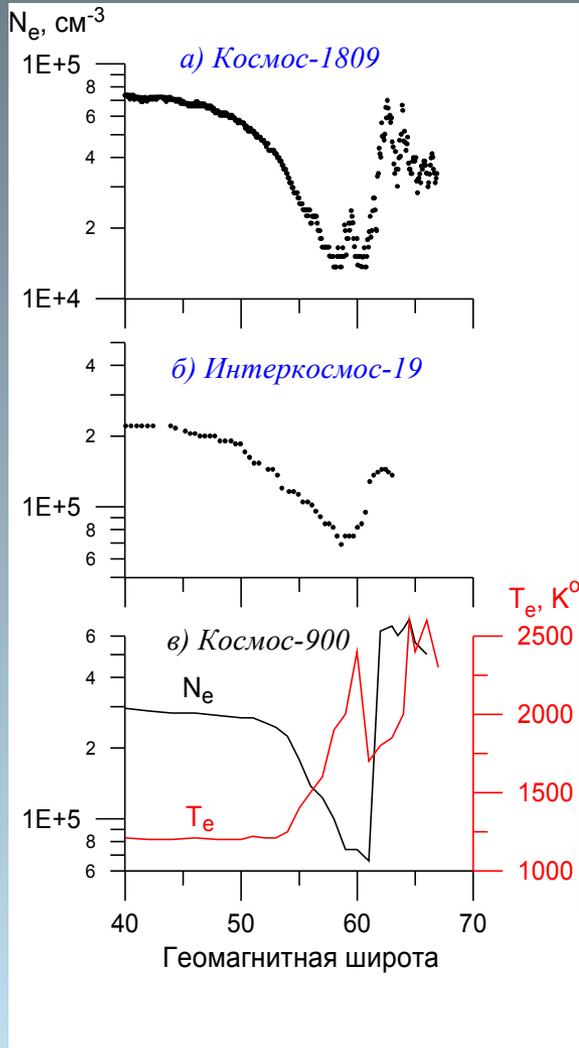
$$N(z) = \frac{N_o \exp(z/B2u)}{1 + \exp(z/B2u)}$$



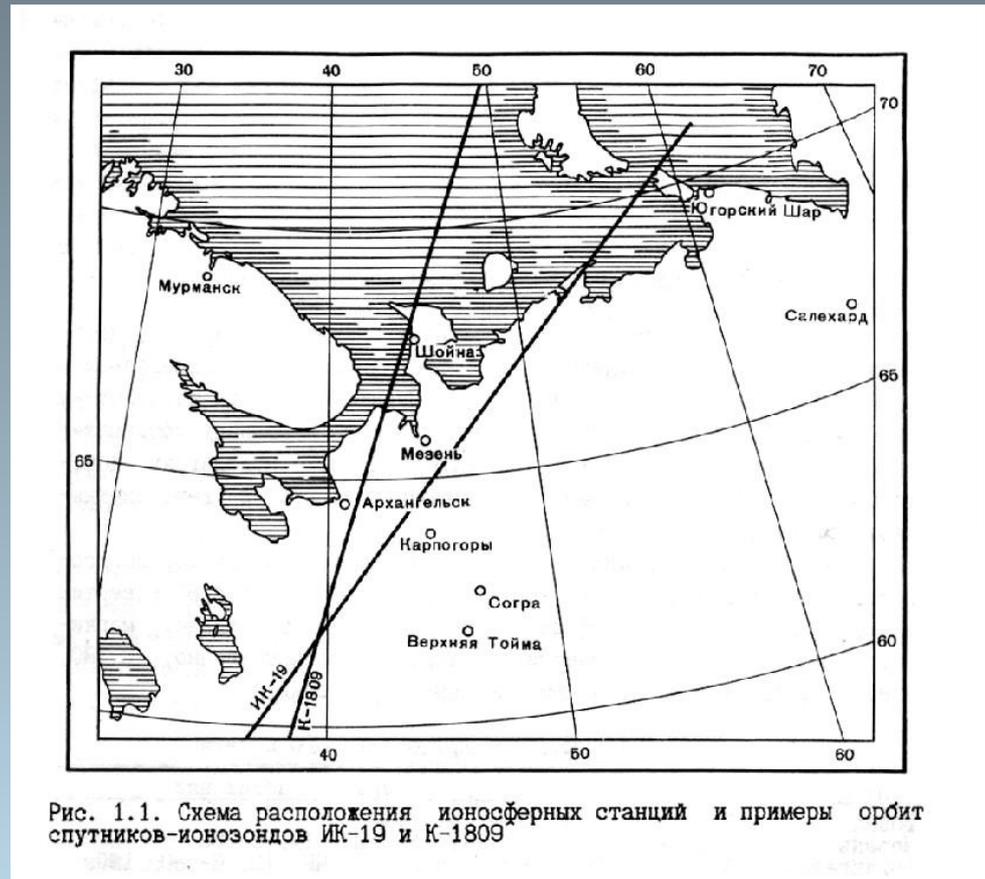
Nava B., Radicella S.M., Pulinets S., Depuev V. Modelling bottom and topside electron density and TEC with profile data from topside ionograms // Adv. Space Res. 2001. 27(1). 31-34.

1 – IRI, 2 - ИК-19, 3,4 – Фаткуллин и др., 1981

Исследования ионосферных провалов



Архангельский полигон



Бенькова Н.П., Козлов Е.Ф., Коченова Н.А., Саморокин Н.И., Флигель М.Д. Структура и динамика субавроральной ионосферы. М.: Наука. 1993. 144 С.

Высотно-широтные разрезы ионосферы в области ГИП

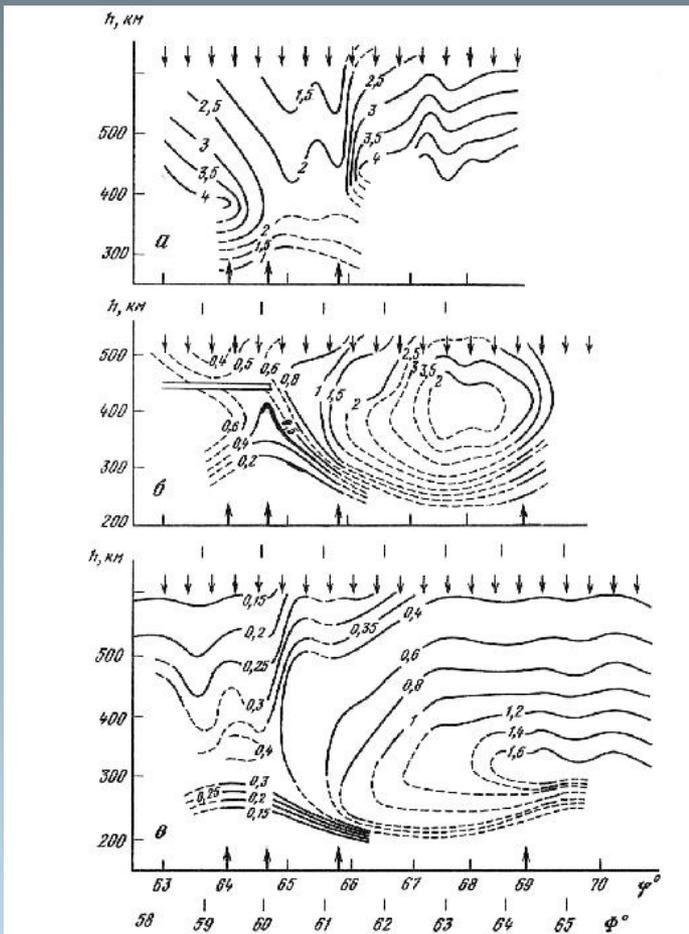
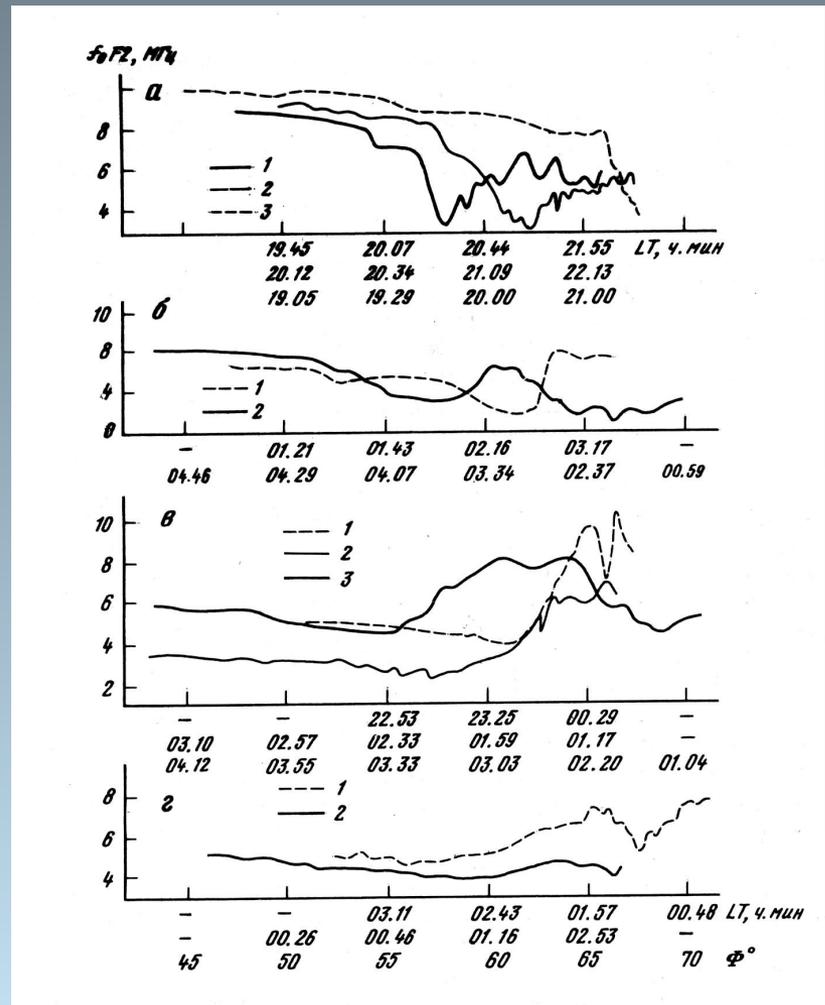
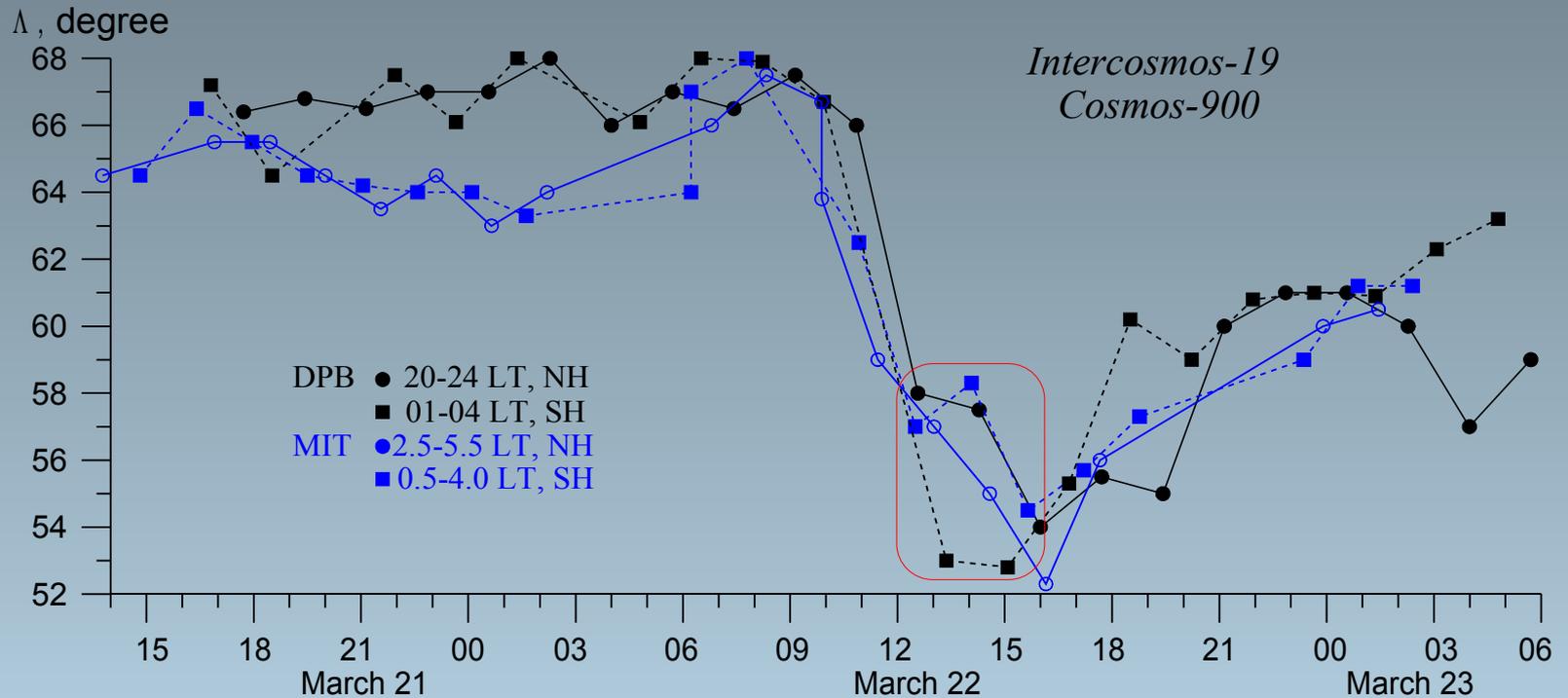


Рис. 3.8. $N_e(h, \phi)$ -разрезы
 а - 19.03 1981 г., б - 21.02 1981 г., в - 25.01 1981 г.



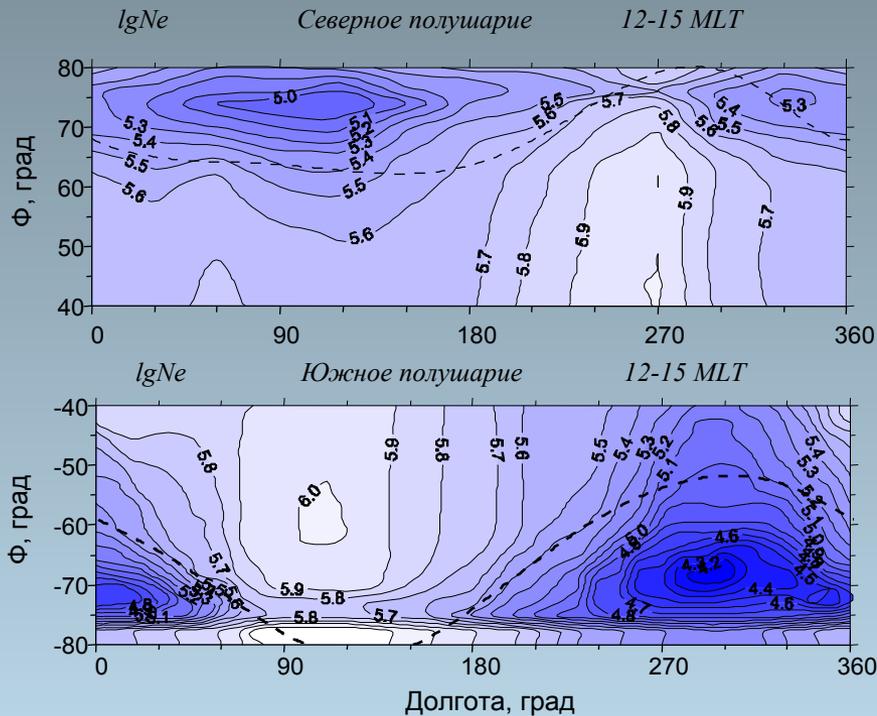
Динамика ГИП и ГДВ во время бури 22 марта 1979 г.



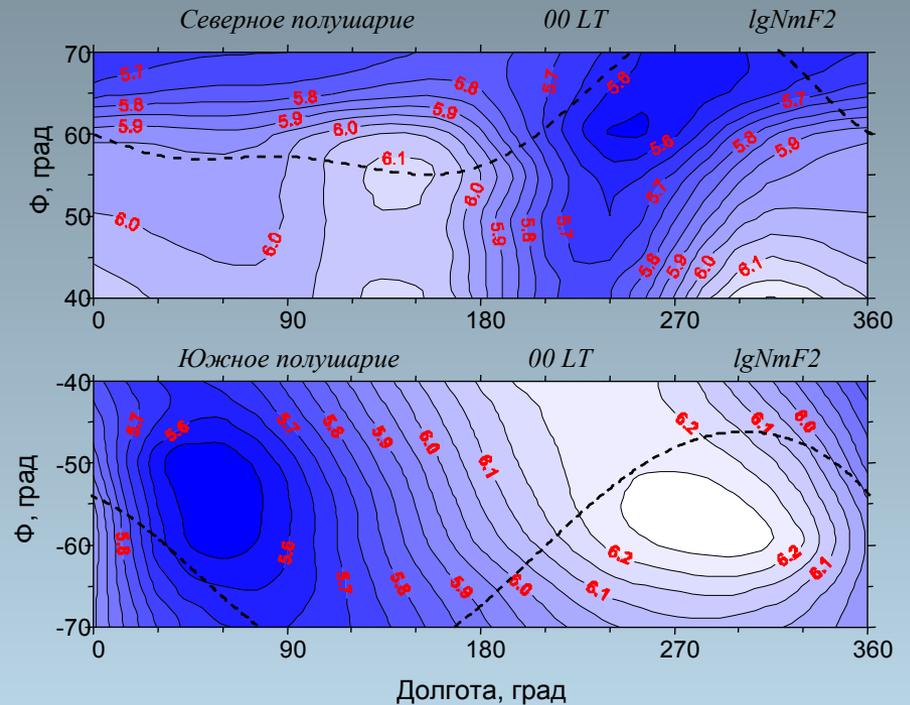
Карпачев А.Т., Афонин В.В. Вариации структуры высокоширотной ионосферы во время бури 22-23 марта 1979 г. по данным ИСЗ Космос-900 и Интеркосмос-19 // Геомагнетизм и аэрономия. 2004. Т.44. № 1. С.67-75

Асимметрия северного и южного полушарий в области ГИП

Зимние дневные условия

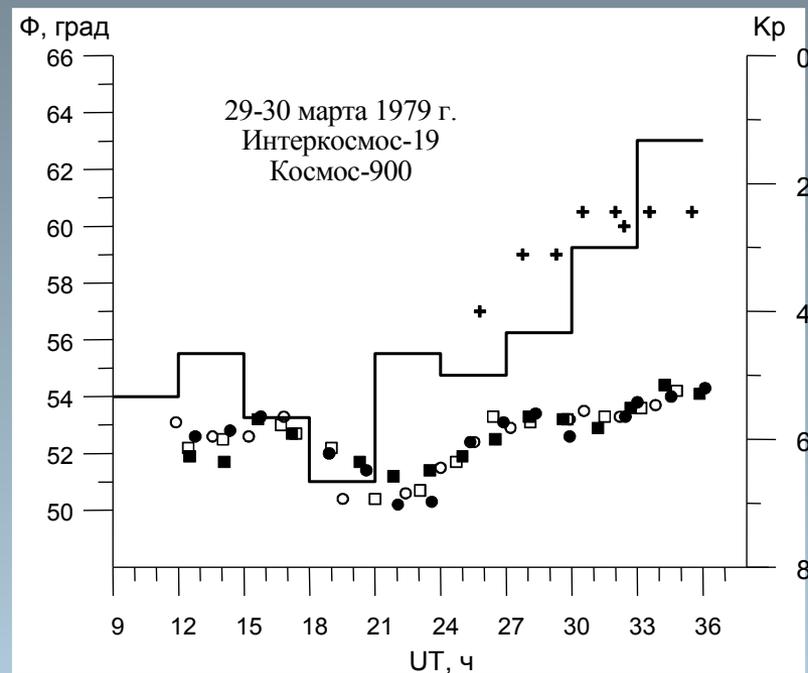
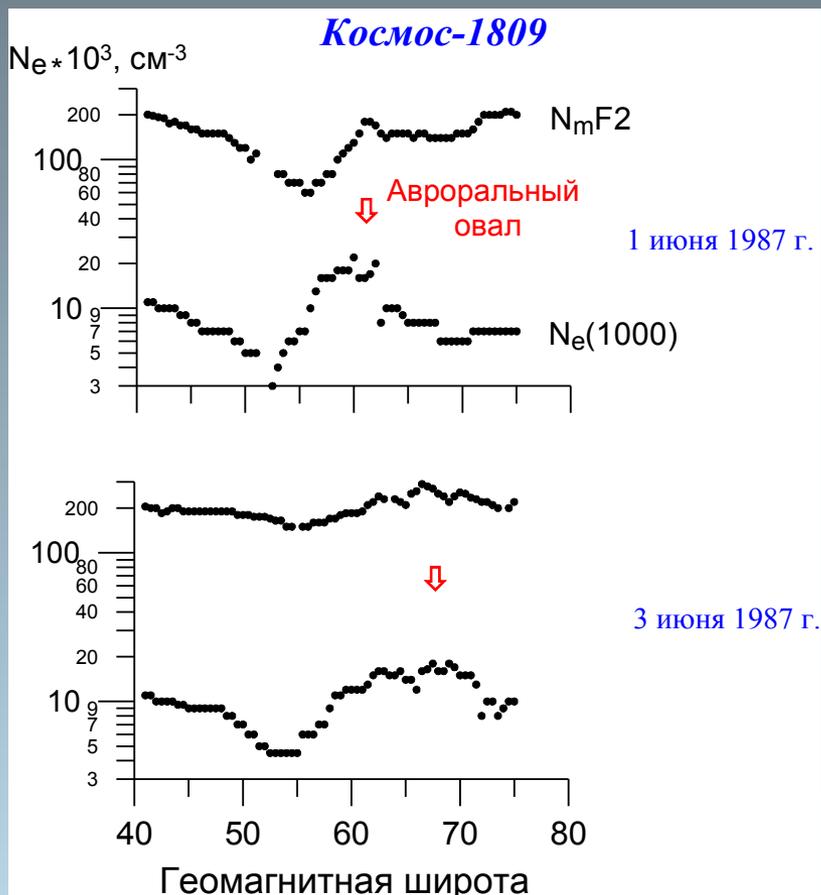


Летние ночные условия



Карпачев А.Т. Глобальные вариации f_oF_2 в области ночного провала // Геомагнетизм и аэрномия, 1992, т.32, #5, с. 94-98.

Обнаружение кольцевого ионосферного провала (КИП)



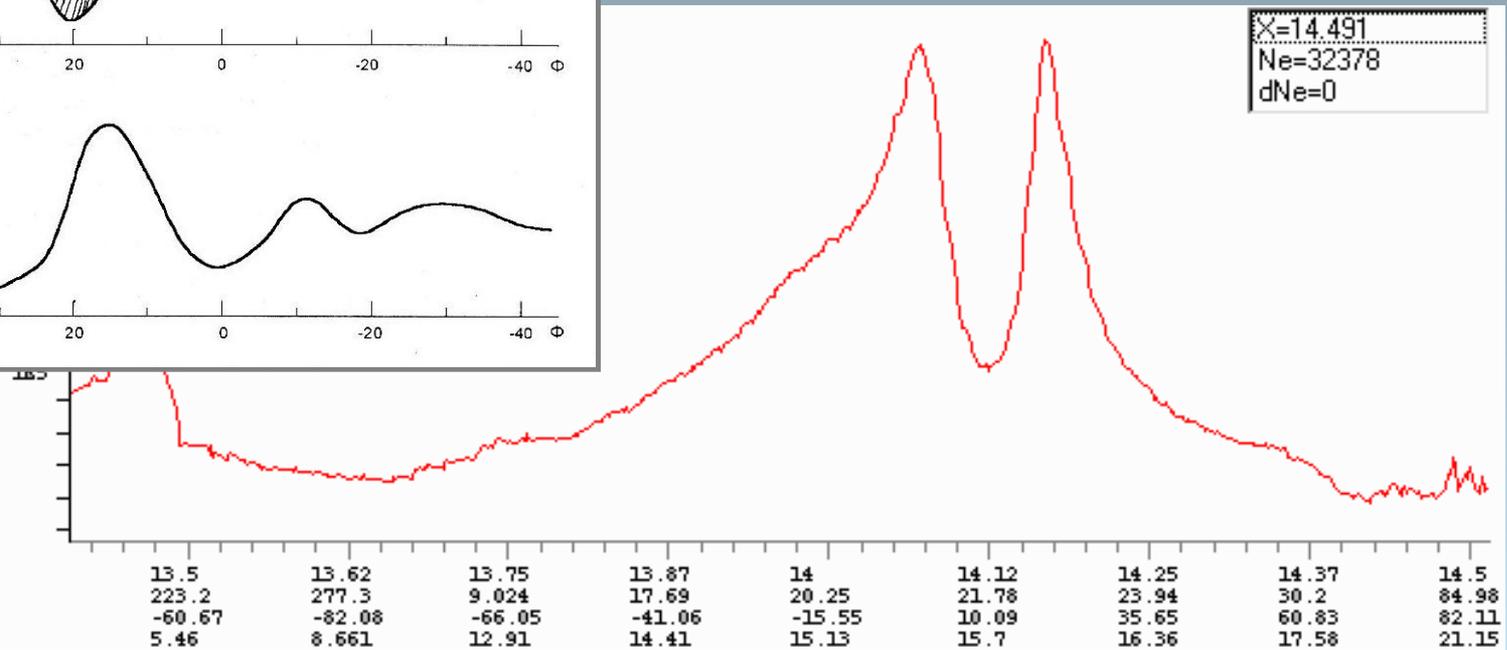
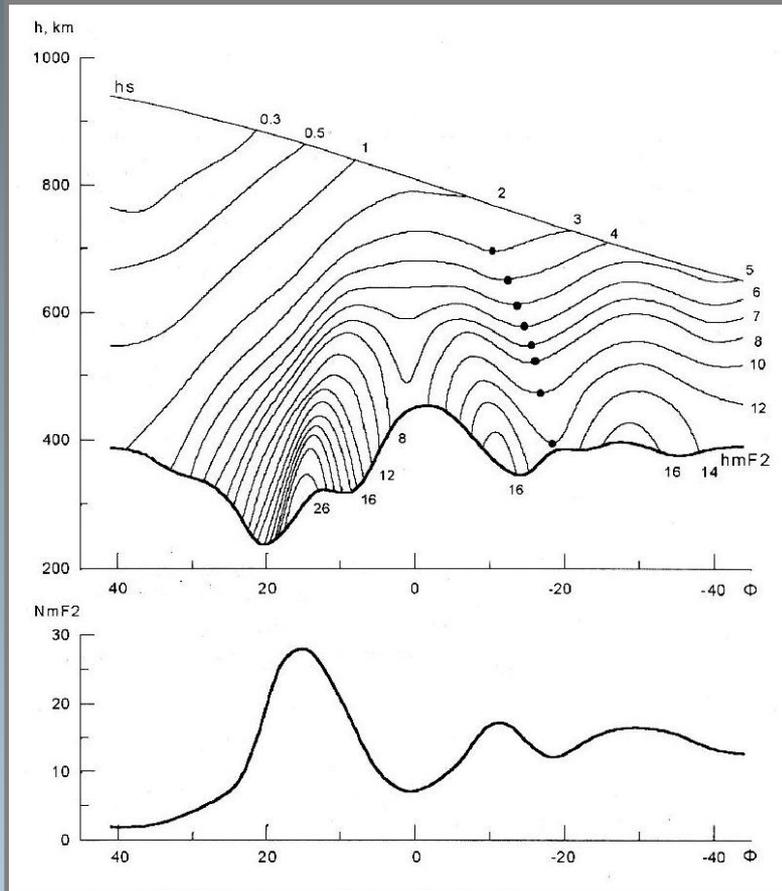
Деминов М.Г., Карпачев А.Т., Морозова Л.П. Субавроральная ионосфера в период SUNDIAL в июне 1987 г. по данным ИСЗ Космос-1809 // Геомагнетизм и аэронавигация. 1992. Т.32. № 1. С.54

Главный результат по ионосфере от ИЗМИРАН в 2000 г.

Исследования экваториальной ионосферы

Обнаружение низкоширотного провала ионизации

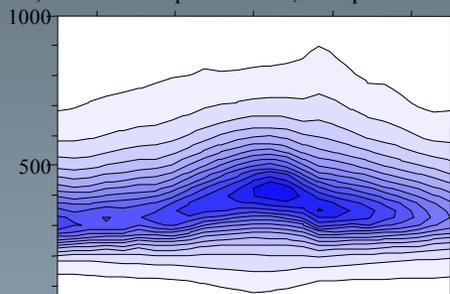
Deminova G.F. One type of low-latitude ionization trough in the Southern hemisphere // Adv. Space Phys. 1999, V.24, № 11, P.1503.



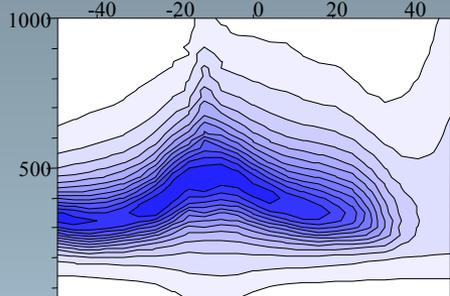
| | | | | | | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| UT | 13.5 | 13.62 | 13.75 | 13.87 | 14 | 14.12 | 14.25 | 14.37 | 14.5 |
| LONG | 223.2 | 277.3 | 9.024 | 17.69 | 20.25 | 21.78 | 23.94 | 30.2 | 84.98 |
| LAT | -60.67 | -82.08 | -66.05 | -41.06 | -15.55 | 10.09 | 35.65 | 60.83 | 82.11 |
| HLT | 5.46 | 8.661 | 12.91 | 14.41 | 15.13 | 15.7 | 16.36 | 17.58 | 21.15 |

Экваториальная аномалия во время бури

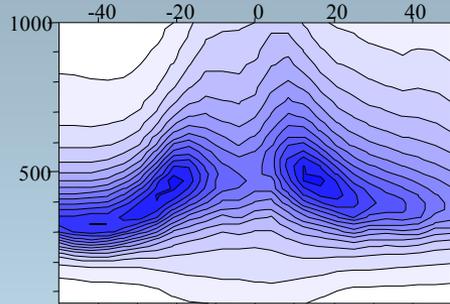
h, км Интеркосмос-19, 3 апреля 1979 г.



12:52
330 E



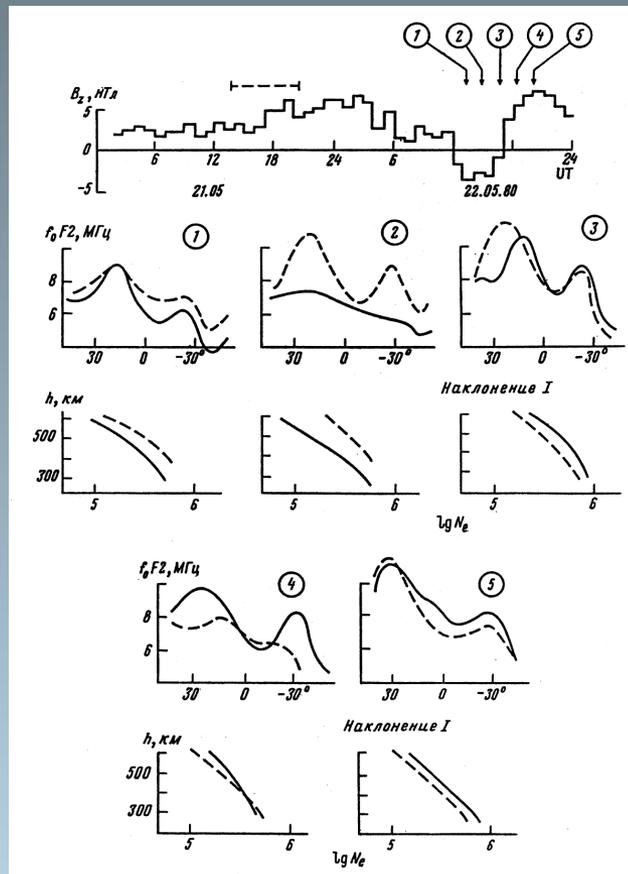
16:08
277 E



19:30
229 E

Широта, град

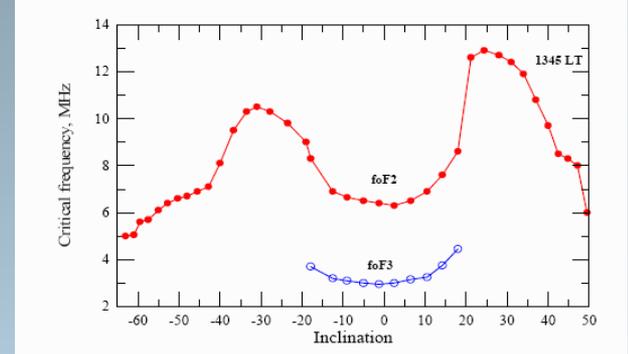
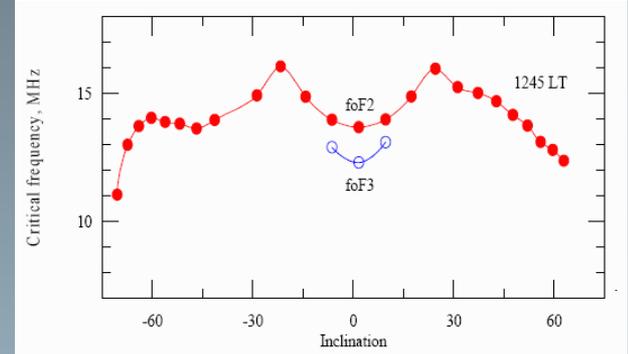
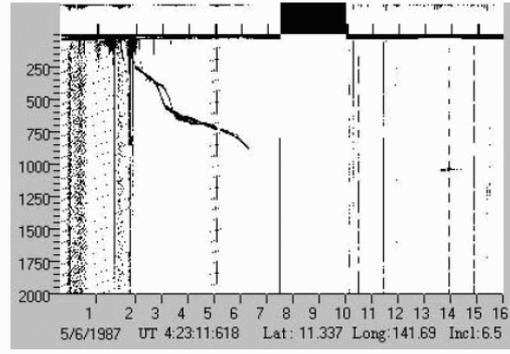
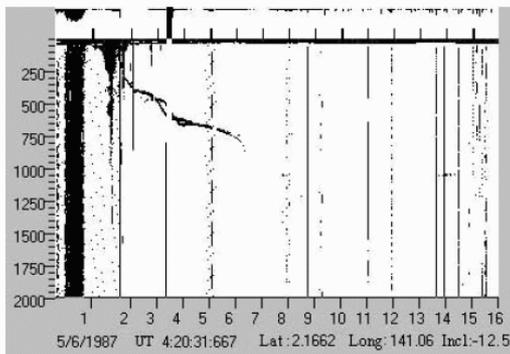
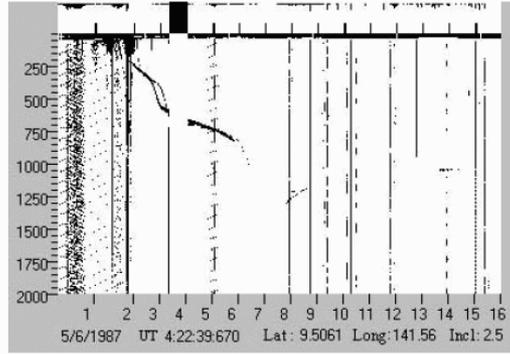
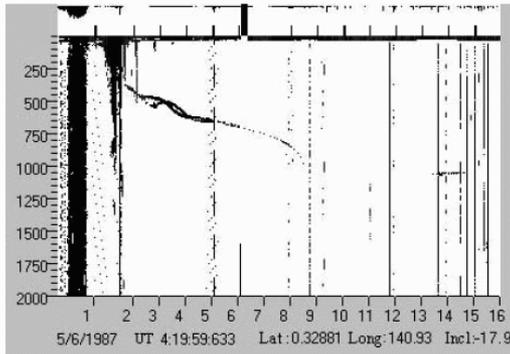
Реакция ЭА на перевероты B_z



Pulinets S.A., Depuev V.H., Karpachev A.T., Radicella S.M. and Danilkin N.P. Recent advances in topside profiles modeling. Adv. Space Res. 2002. v.29. № 6. P.815.

Деминов М.Г., Деминова Г.Ф. Реакция ночной низкоширотной ионосферы на повороты B_z -компоненты ММП по данным ИСЗ "Интеркосмос-19" // Геомагнетизм и аэронавигация. 1992. Т. 32. № 3. С.10.

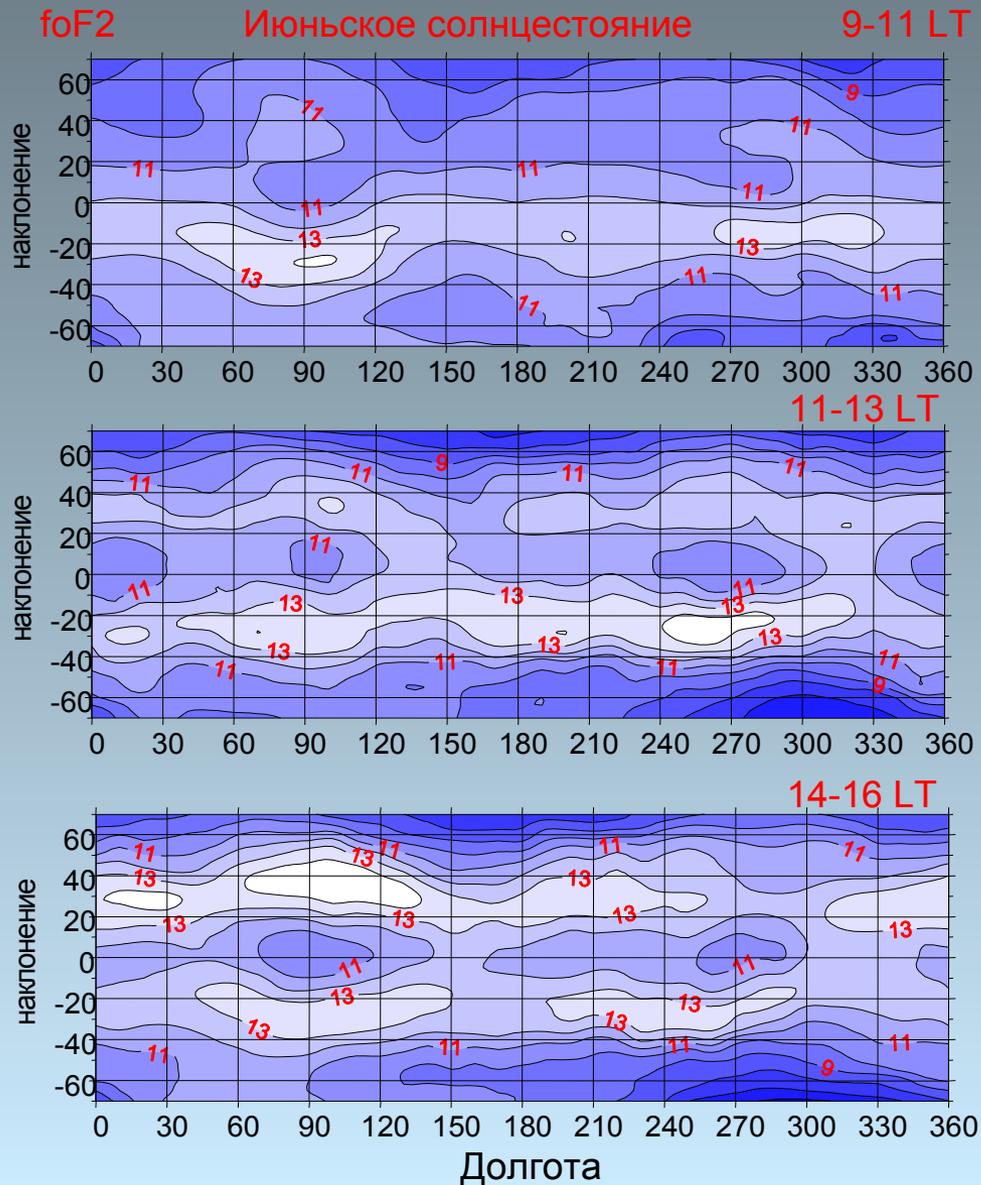
Экваториальный слой F3



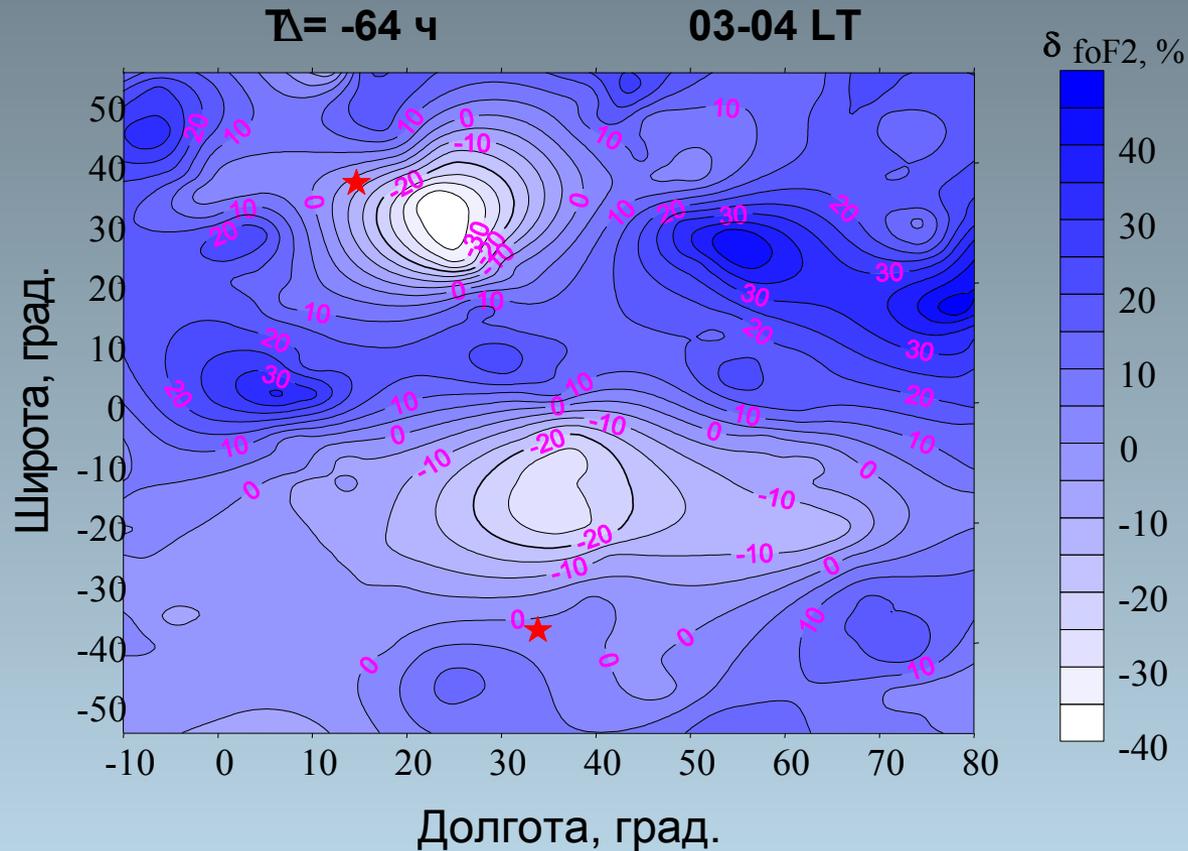
Прутенский И.С. Расслоение электронной концентрации во внешней низкоширотной ионосфере по данным ИСЗ «Космос-1809» // Геомагнетизм и аэрномия. 1992. Т.32. № 5. С.99.

Depuev V.H., Pulinets S.A. Intercosmos-19 observations of an additional topside ionization layer: The F3 layer // Adv. Space Res. 2001. V.27. № 6/7. P.1289.

Исследование суточных, сезонных, высотных и долготных вариаций экваториальной аномалии



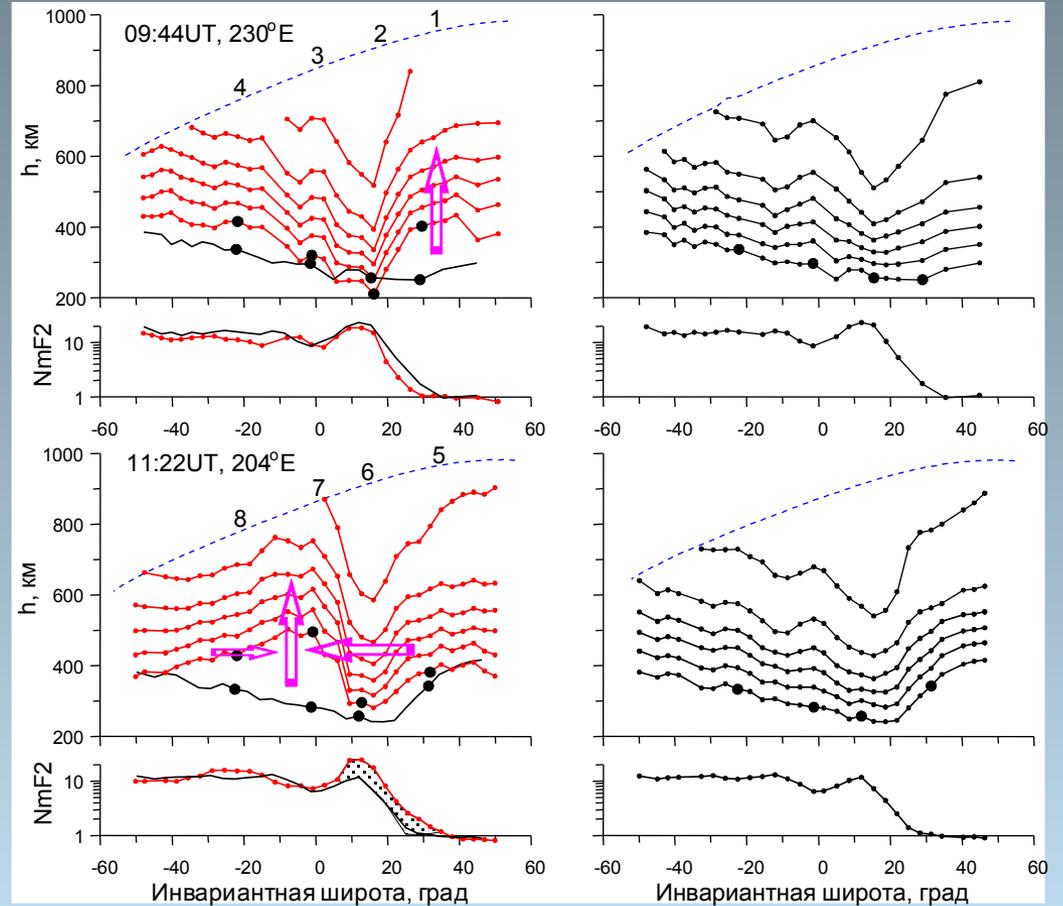
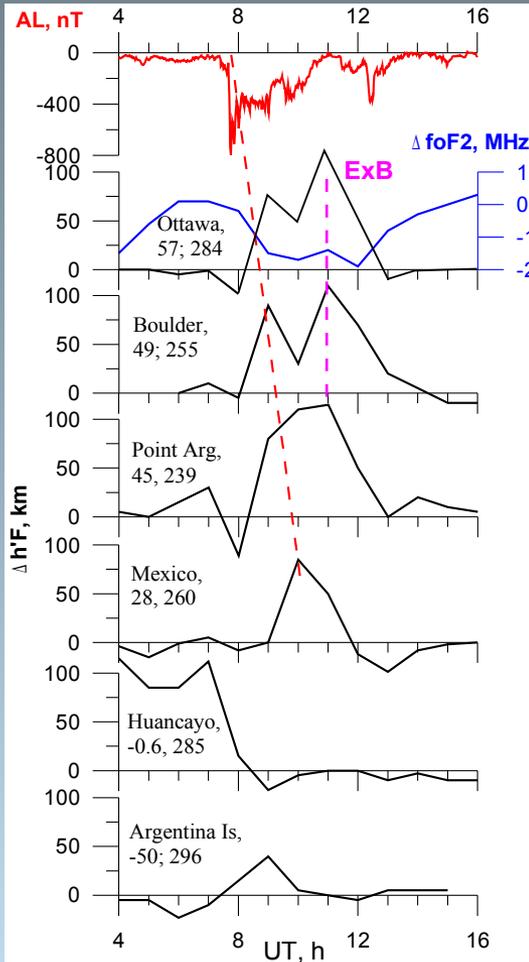
Вариации foF2 во время землетрясения 23.11.80 г. с M=6.7 в Италии



Пулинец С.А., Легенька А.Д. Пространственно-временные характеристики крупномасштабных возмущений электронной концентрации, наблюдаемых в области F ионосферы перед сильными землетрясениями // Космические исследования. 2003. Т.41. № 3. С.240.

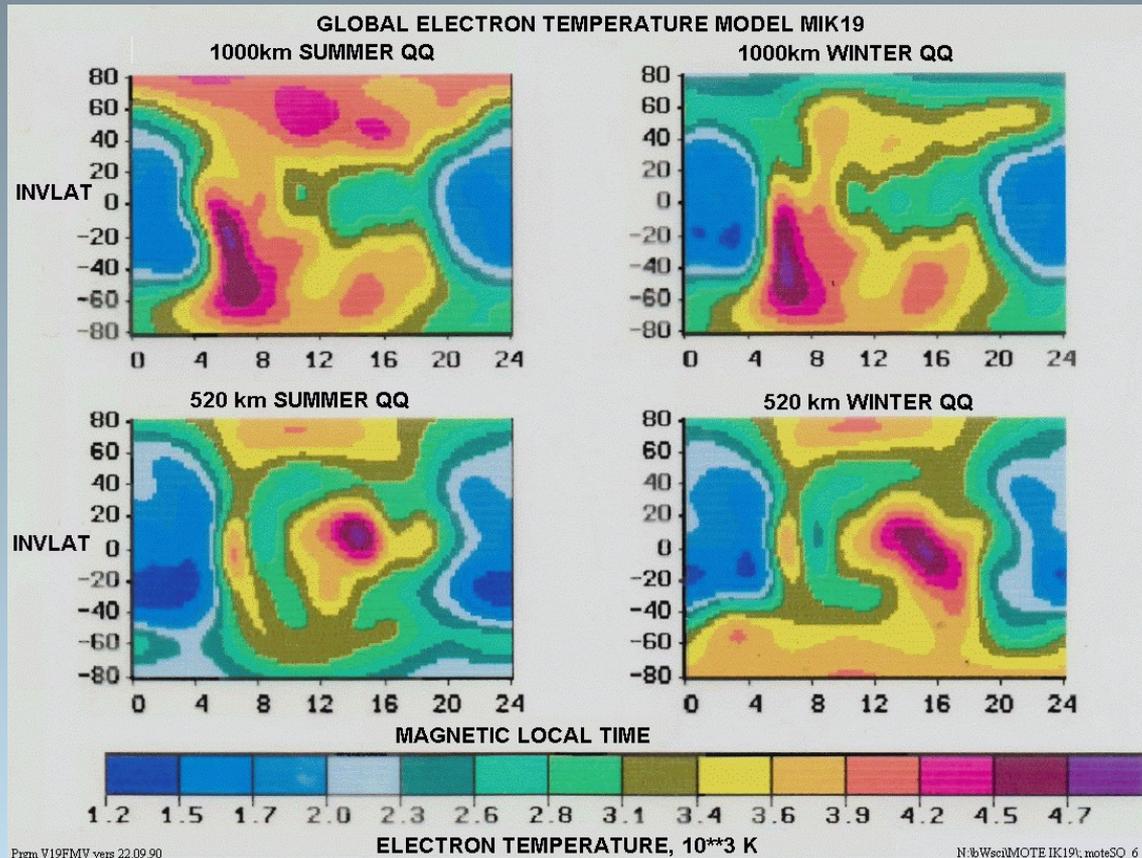
Наблюдения ПИВ во внешней ионосфере

28 ноября 1979 г.



Глобальная эмпирическая модель электронной температуры

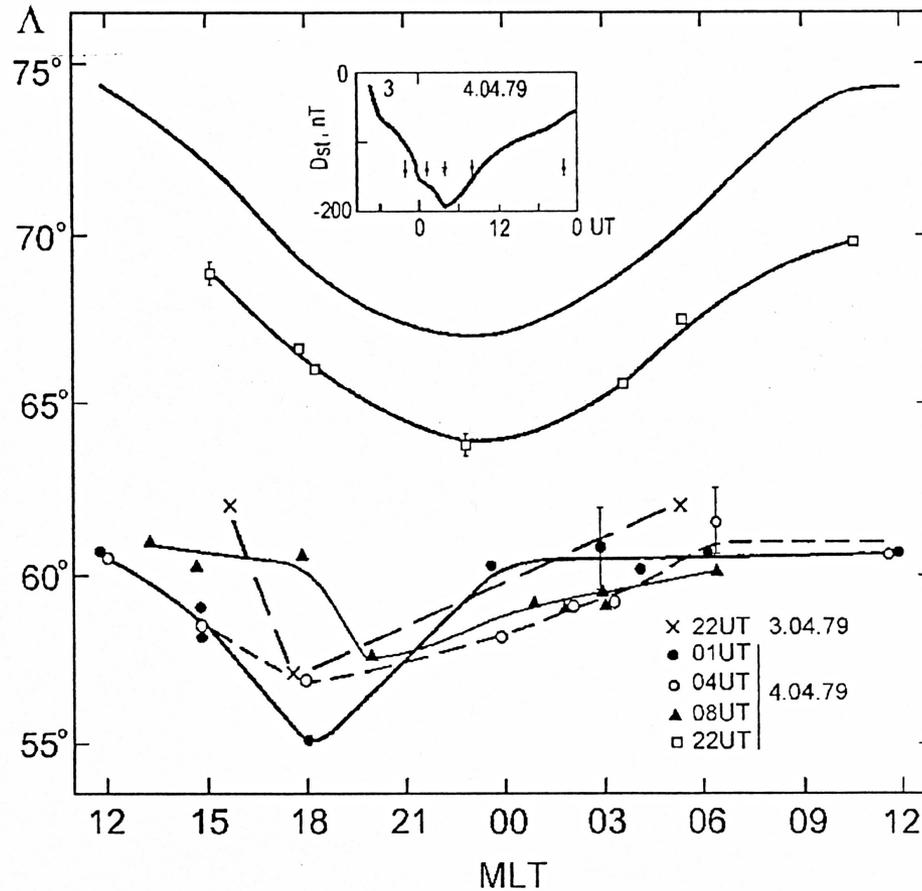
Truhlik V., Triskova L., Smilauer Ya., and Afonin V.V. Global empirical model of electron temperature in the outer ionosphere for period of high solar activity based on data of three Intercosmos satellites // Adv. Space Res., 2000, 25(1), 163-169.



Глобальное распределение T_e на высоте 550 км для равноденствия и июньского солнцестояния

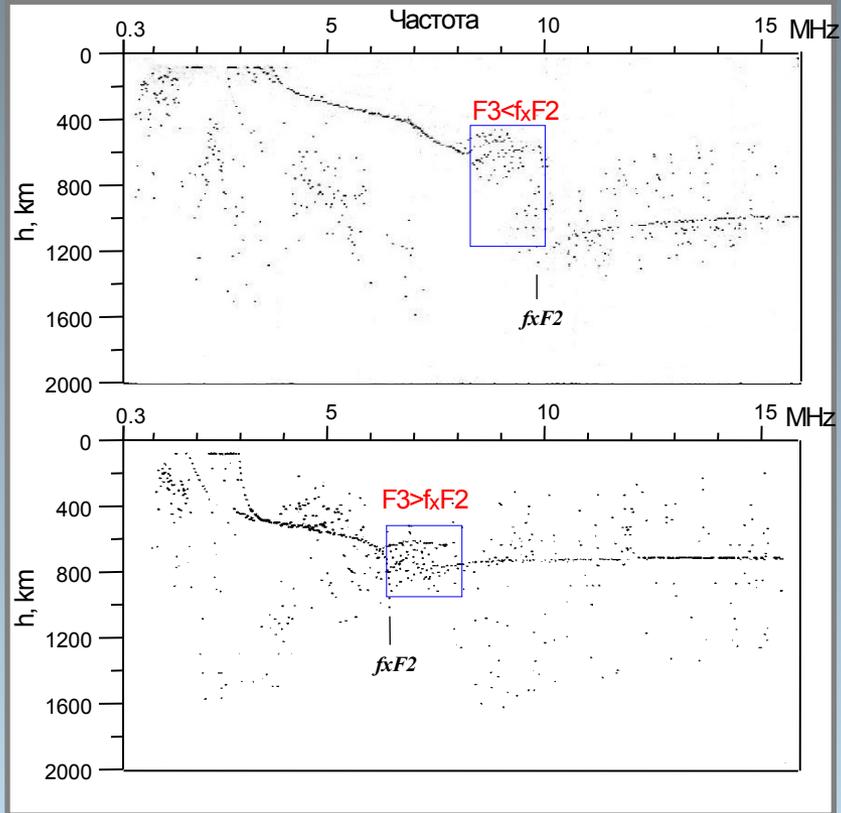
Динамика протонов >1 МэВ во время бури 3-4 апреля 1979 г.

Интеркосмос-19
Космос-900
Космос-1067

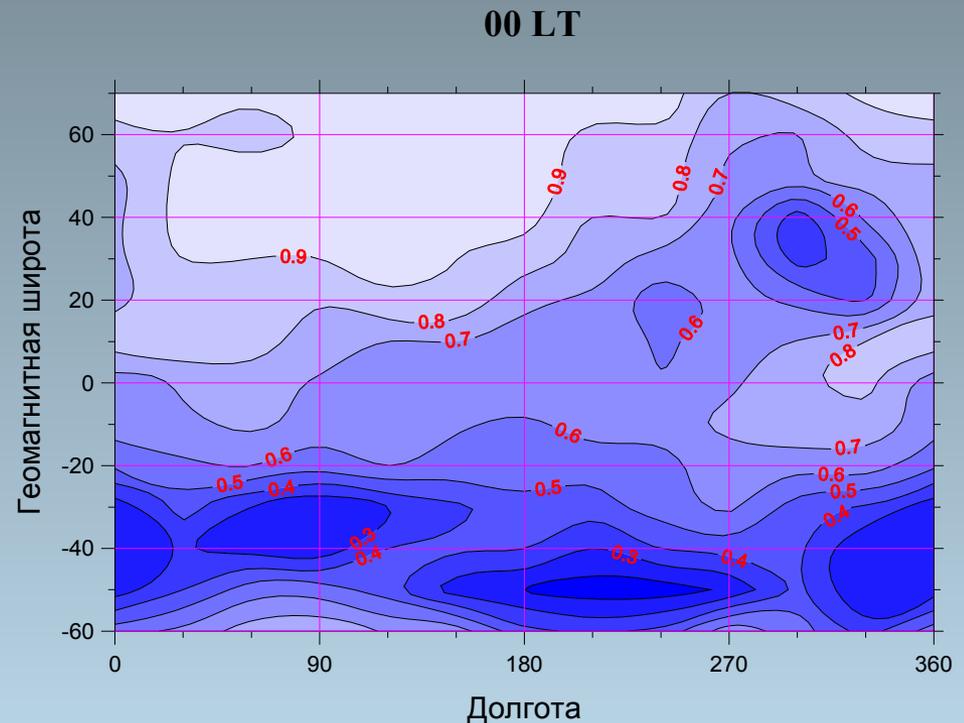


Tverskaya L.V., Sosnovets E.N., Ivanova T.A. (Mineev Yu.V.) Storm-time dynamics of the low-energy solar protons boundaries in the magnetosphere // Proc. SOLSPA, 2001.

Распределение F-рассеяния в около-полуночных условиях зимнего солнцестояния



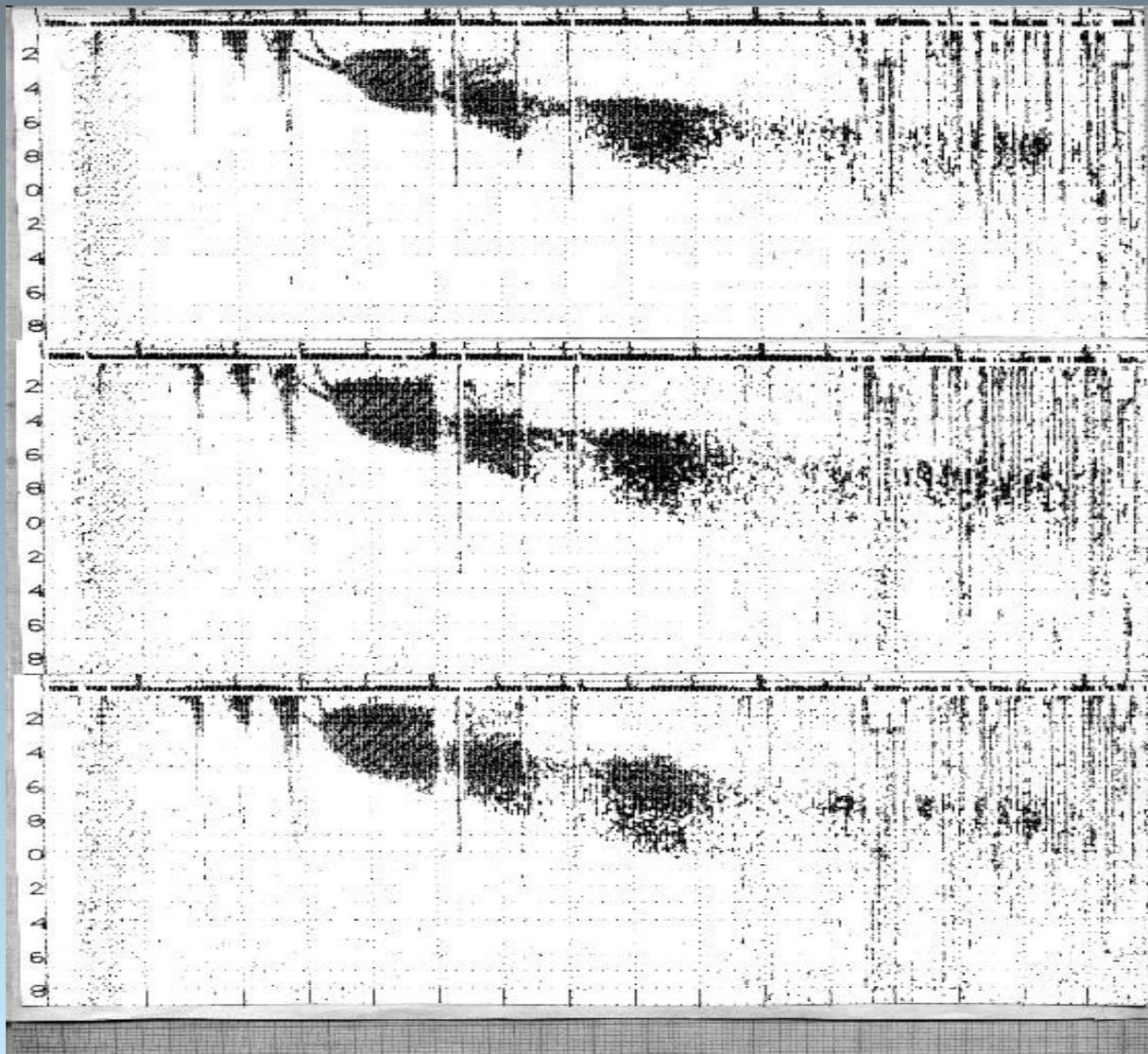
Примеры появления F-рассеяния вблизи критической частоты слоя F2



Глобальное распределение вероятности появления F3-рассеяния для зимнего солнцестояния

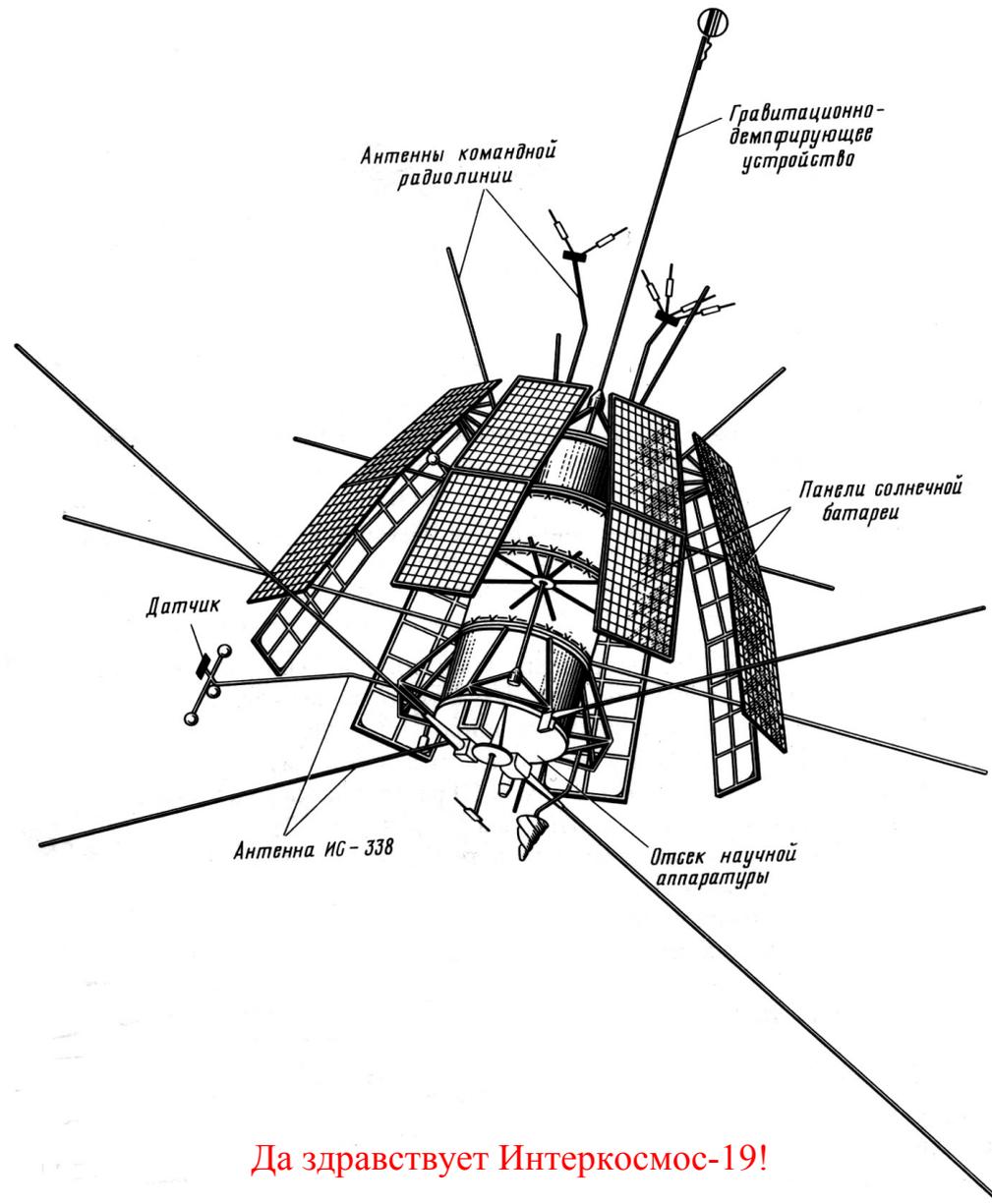
Распространение радиоволн со спутника ИК-19

9 апреля 1981 г., 02 LT



Основные результаты

- Построено глобальное распределение параметров внешней ионосферы для разных часов местного времени, включая $NmF2$ и $hmF2$, для разных условий;
- Исследованы долготные вариации параметров ионосферы;
- Обнаружены новые элементы глобальной структуры ионосферы – кольцевой ионосферный провал (КИП) и низкоширотный провал ионизации;
- Исследованы характеристики главного ионосферного провала (ГИП);
- Исследована динамика ГИП и ГДВ во время магнитной бури;
- Построена модель внешнего $N(h)$ -профиля;
- Исследовано влияние Vz -компоненты ММП на изменения структуры ЭА;
- Показано, что эффекты мощной ВГВ могут охватывать всю толщу внешней ионосферы вплоть до высоты спутника ~ 1000 км;
- Локализованы эффекты сильных землетрясений;
- Построена глобальная модель электронной температуры;
- Исследовано явление F-рассеяния во внешней ионосфере;
- Исследовано распространение радиоволн в области структурных особенностей ионосферы.



Да здравствует Интеркосмос-19!