

# Взаимозаменяемость индексов космической погоды при моделировании ионосферных параметров

Т.Л.Гуляева

*[gulyaeva@izmiran.ru](mailto:gulyaeva@izmiran.ru)*

Л.В.Пустовалова

*[pustoval@izmiran.ru](mailto:pustoval@izmiran.ru)*



# Исходные параметры:

- В моделях и методах прогноза ионосферных возмущений используются различные источники возмущений космической погоды:
- солнечный ветер
- межпланетное магнитное поле, ММП
- индекс авроральной электроструи, АЕ
- планетарные геомагнитные индексы  $A_p$ ,  $K_p$ ,  $Dst$ , и др.).

# Исходные модели..... 1

- **Модель прогноза критической частоты слоя F2, STIM (Storm Time Ionospheric Model) построена в зависимости от широты и местного времени, начала возмущения ММП и предыдущих наблюдений foF2 (Tsayouri and Belehaki, 2006)**
- **Входные параметры модели STIM : Величина ММП со спутника ACE (Advanced Composition Explorer), скорость изменения ММП, ориентация ММП в северо-южном направлении, наблюдения foF2 за предыдущие 24 часа и медиана fmF2 за предыдущие 25 дней**

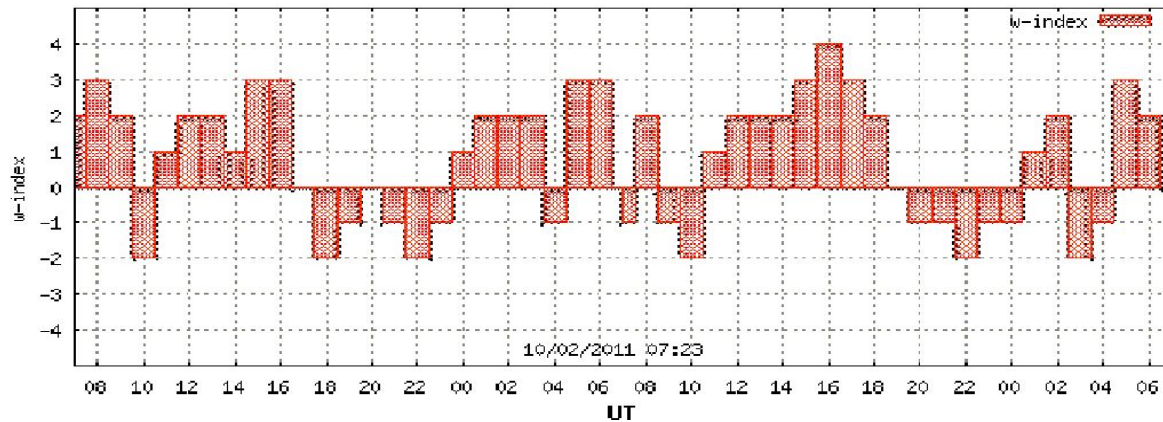
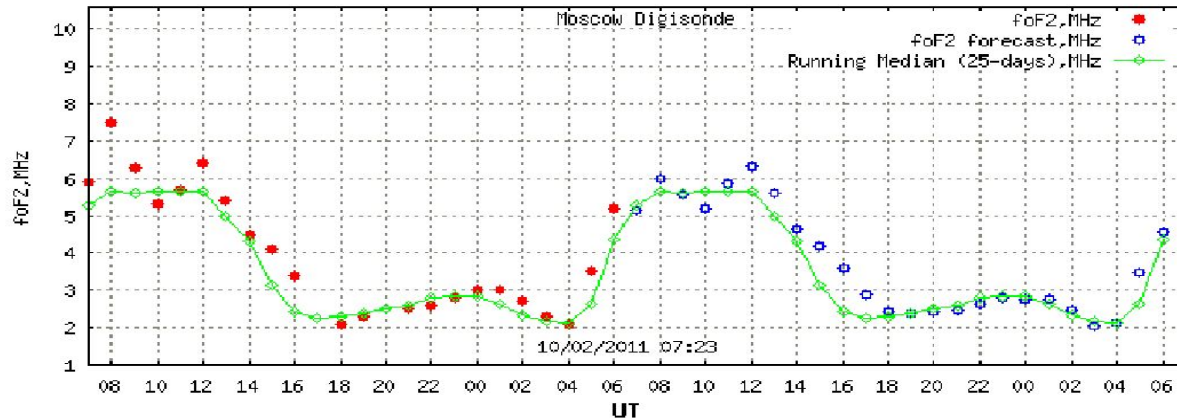
## Исходные модели..... 2

- Прогноз критической частоты слоя F2 по модели STIM проводится на сайте DIAS (Digital Ionosphere-Atmosphere Server) по данным 6 ионозондов в Европе, включая дигизонд ИЗМИРАН.
- Модельный прогноз DIAS критической частоты по Москве на 24 часа вперед используется и обновляется в режиме реального времени на сайте ИЗМИРАН (<http://www.izmiran.ru/services/iweather>).

# Индексы ионосферной погоды:

- Подобно геомагнитным индексам, изменения foF2 на сайте ИЗМИРАН сопровождаются оценкой индекса ионосферной погоды (*W index*), с соответствующими пороговыми значениями изменений по отношению к спокойной медиане :
- **$W=\pm 1$**  спокойное состояние ионосферы
- **$W=\pm 2$**  умеренное возмущение
- **$W=\pm 3$**  умеренная буря или суббуря
- **$W=\pm 4$**  интенсивная буря

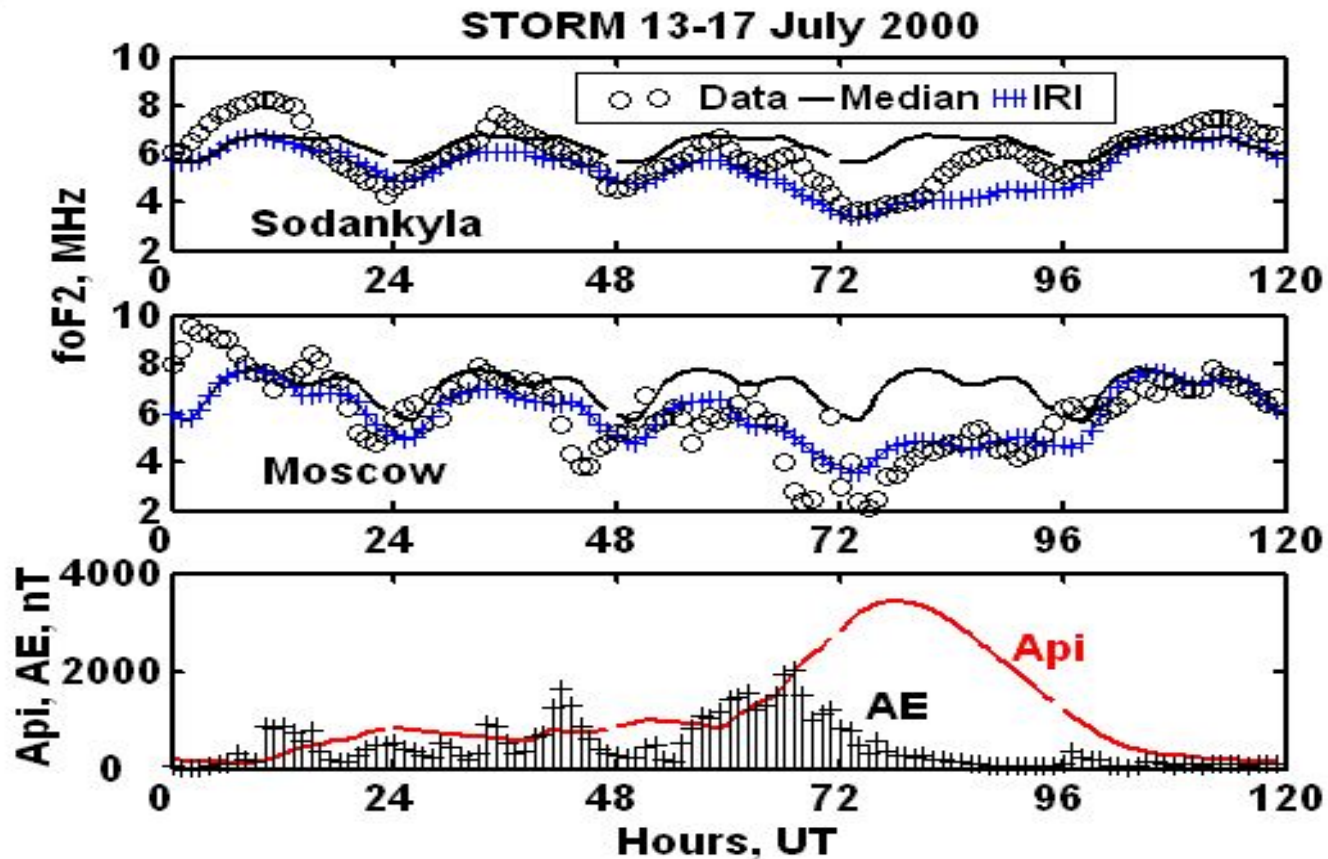
# Пример наблюдений и прогноза foF2 и W индекса в Москве 10.02.2011



# Исходные модели..... 3

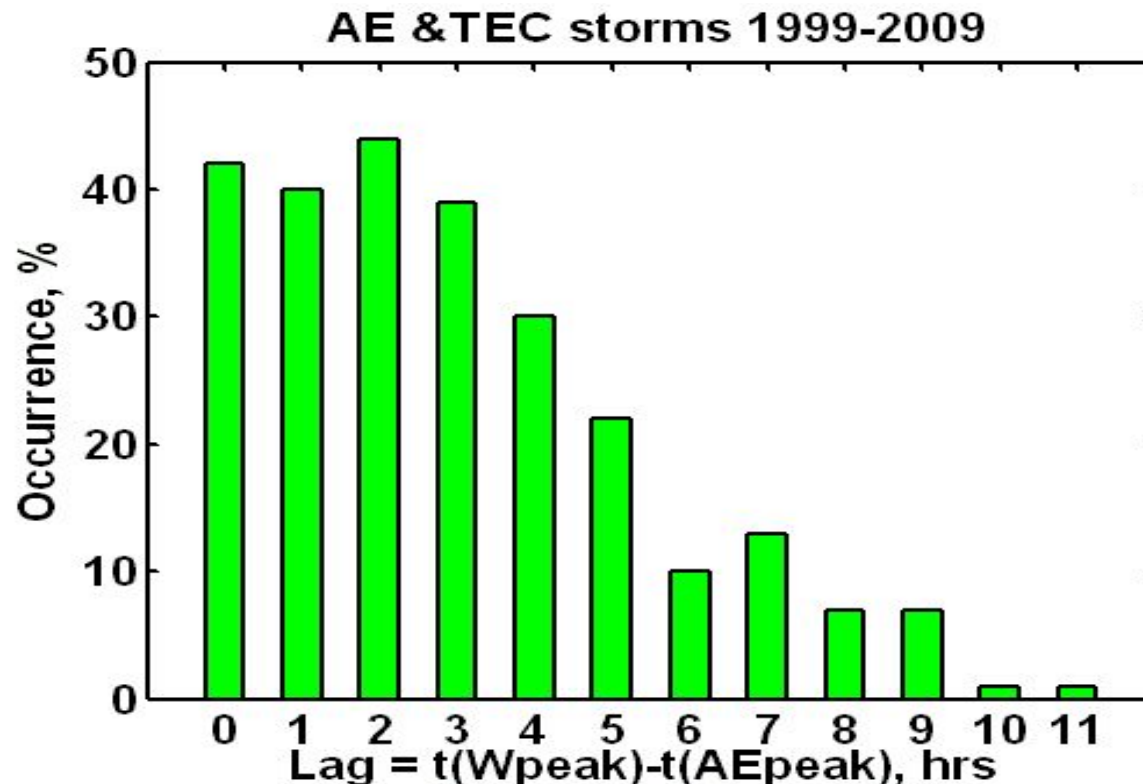
- Модель IRI-STORM изменений критической частоты во время ионосферных бурь на основе возмущений  $A_p$  индекса, встроенная в систему Международной модели ионосферы (Fuller-Rowell et al., 2001).
- Входные параметры: интегральный  $A_p$  индекс за предыдущие 39 часов;  $A_p > 200$  нТ – начало бури; медиана или фоновая модель foF2; магнитная широта, сезон, время UT
- Результат модели - коэффициент коррекции  $s \cdot foF2$  :  
 $s > 1$  – положительная фаза ионосферной бури  
 $s < 1$  – отрицательная фаза ионосферной бури

# Пример наблюдений и прогноза критической частоты в Соданкиле и Москве по модели IRI-STORM





# AE индекс опережает ионосферную бурю (W индекс) на 1-3 часа



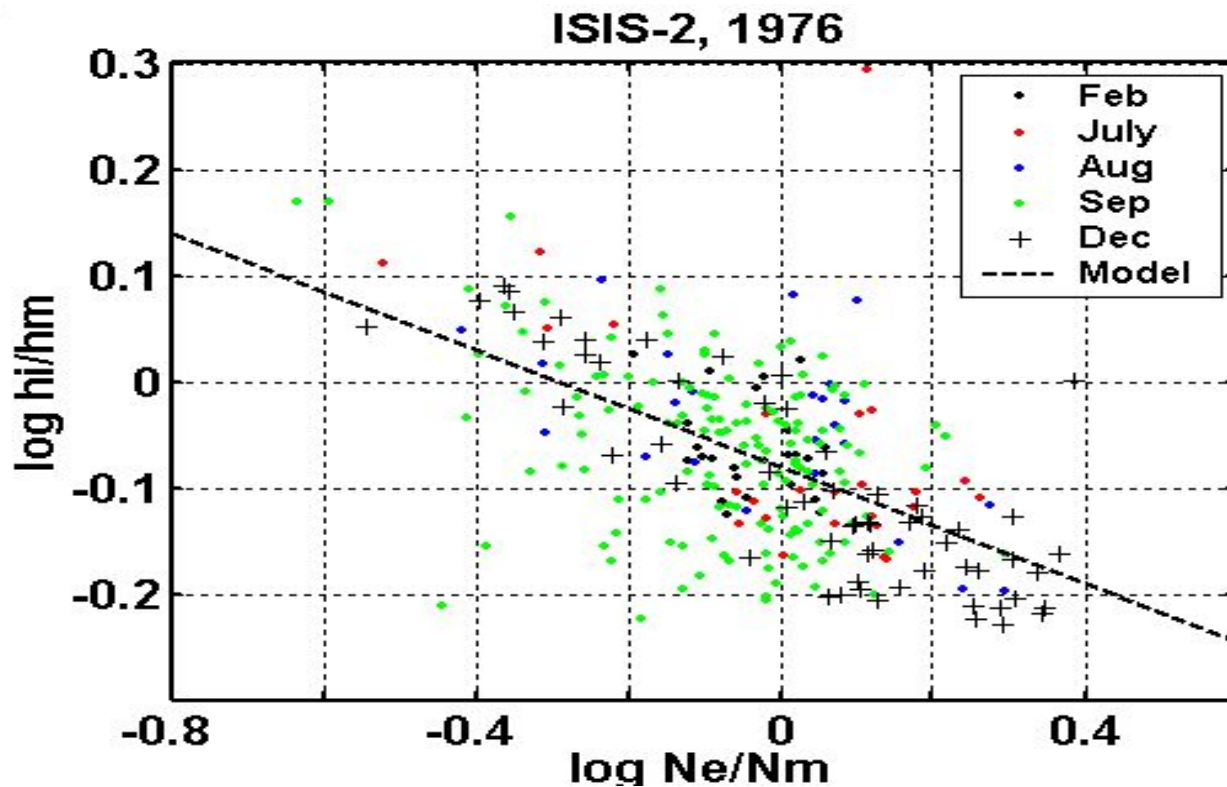
## Исходные модели..... 4

- Индекс АЕ использован в модели прогноза изменений критической частоты и высоты максимума ионизации во время ионосферных бурь и суббурь (Шашунькина, 1969; Deminova et al., 1998)
- Модель  $\Delta f_oF2(AE)$  и  $\Delta h_mF2(AE)$  построена для ночного времени в зависимости от магнитной широты, времени начала АЕ бури, сезона и солнечной активности.

# Цель работы

- Исследование связи изменений высоты и концентрации электронов в максимуме слоя F2 во время возмущений
- Разработка модели изменений высоты максимума слоя F2 в зависимости от изменений критической частоты.
- Использование имеющихся исходных моделей прогноза критической частоты  $f_oF2$  как входного параметра в модель прогноза высоты максимума слоя  $hmF2$ .

# Противоположные изменения $\log(hm/hq)$ и $\log(Nm/Nq)$ по данным спутника ISIS-2 в минимуме солнечной активности (1976)



# Обозначения:

- Уравнение линейной зависимости

$$d\log h = \alpha + \beta * d\log f,$$

где

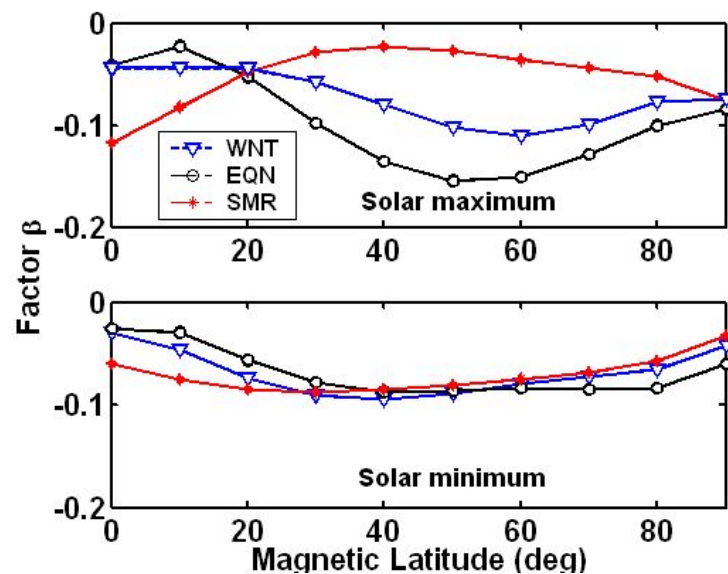
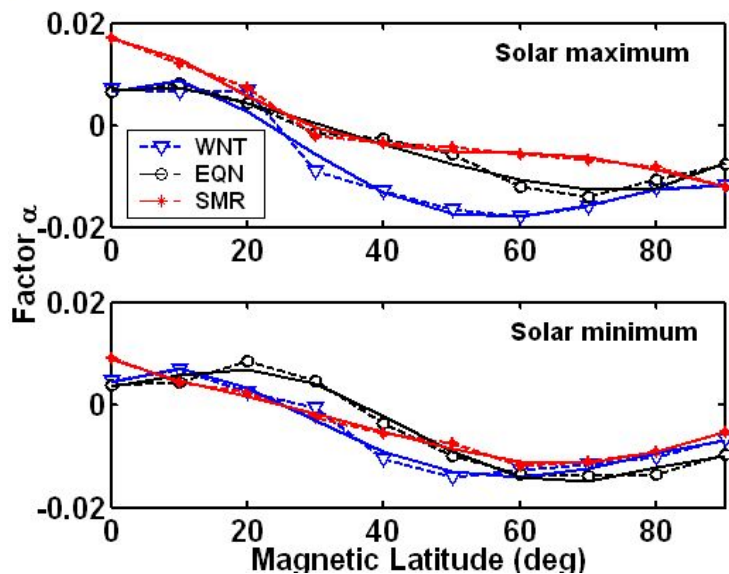
$$d\log f = \log (N_m/N_q)$$

$$d\log h = \log (h_m/N_q)$$

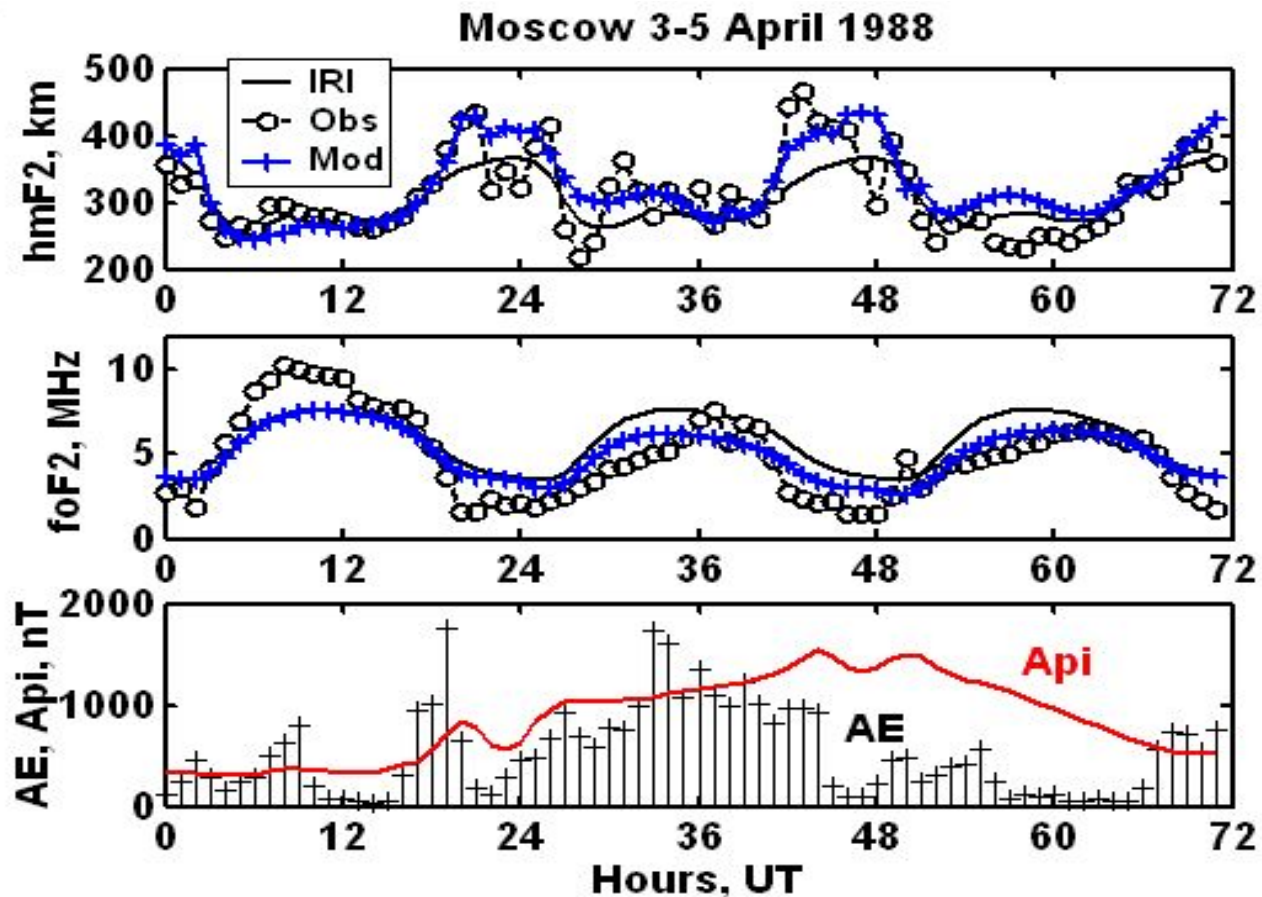
$N_m$ ,  $h_m$  – текущие значения максимальной плотности электронов и высоты максимума в ионосфере

$N_q$ ,  $h_q$  – медиана (спокойная модель)  $N_mF2$ ,  $h_mF2$

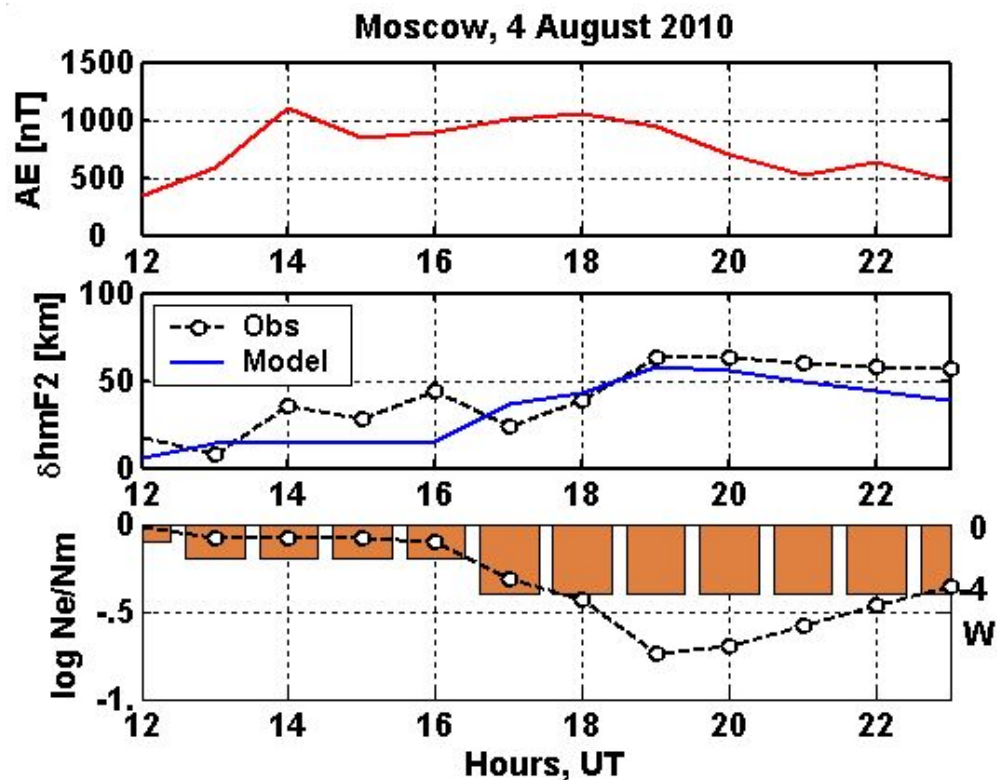
# Параметры $\alpha$ и $\beta$ линейной модели в зависимости от сезона, уровня солнечной активности и магнитной широты



# Пример расчета и наблюдения hmF2 в Москве по модели sfoF2 (IRI -Storm) во время бури 3-5 апреля 1988



# Сравнение расчета и наблюдения увеличения $h_mF2$ в Москве при уменьшении $foF2$ ( $W=-4$ ) во время бури (АЕ) 4 августа 2010 г.





# Выводы.....1

- На основе анализа данных наземного и внешнего зондирования ионосферы построена модель зависимости  $d\log h$  от  $d\log f$ .
- Коэффициенты модели представлены аналитически полиномами в зависимости от магнитной широты, сезона и уровня солнечной активности.

## Выводы.....2

- Коэффициенты модели не зависят прямо от параметров космической погоды, ее применение позволяет варьировать исходные модели критической частоты, такие как DIAS (ММП), IRI-STORM (Арі), ИЗМИРАН-суббури (АЕ), и др.
- Модель используется на сайте «Ионосферная погода» для расчета пропущенных  $hmF2$  при наблюдениях ионозонда и реконструкции ионосферы в магнитно-сопряженных областях:

**<http://www.izmiran.ru/services/iweather>**

A decorative graphic on the left side of the slide, consisting of a light green vertical bar and a dark blue horizontal bar that overlaps it.

Спасибо за внимание