



Вариации ПЭС во время сильных внезапных стратосферных потеплений по данным ГНСС-радиозондирования.

Полякова А.С., Воейков С.В., Черниговская М.А.

Институт солнечно-земной физики СО РАН
Иркутск

Ионосферные эффекты ВСП

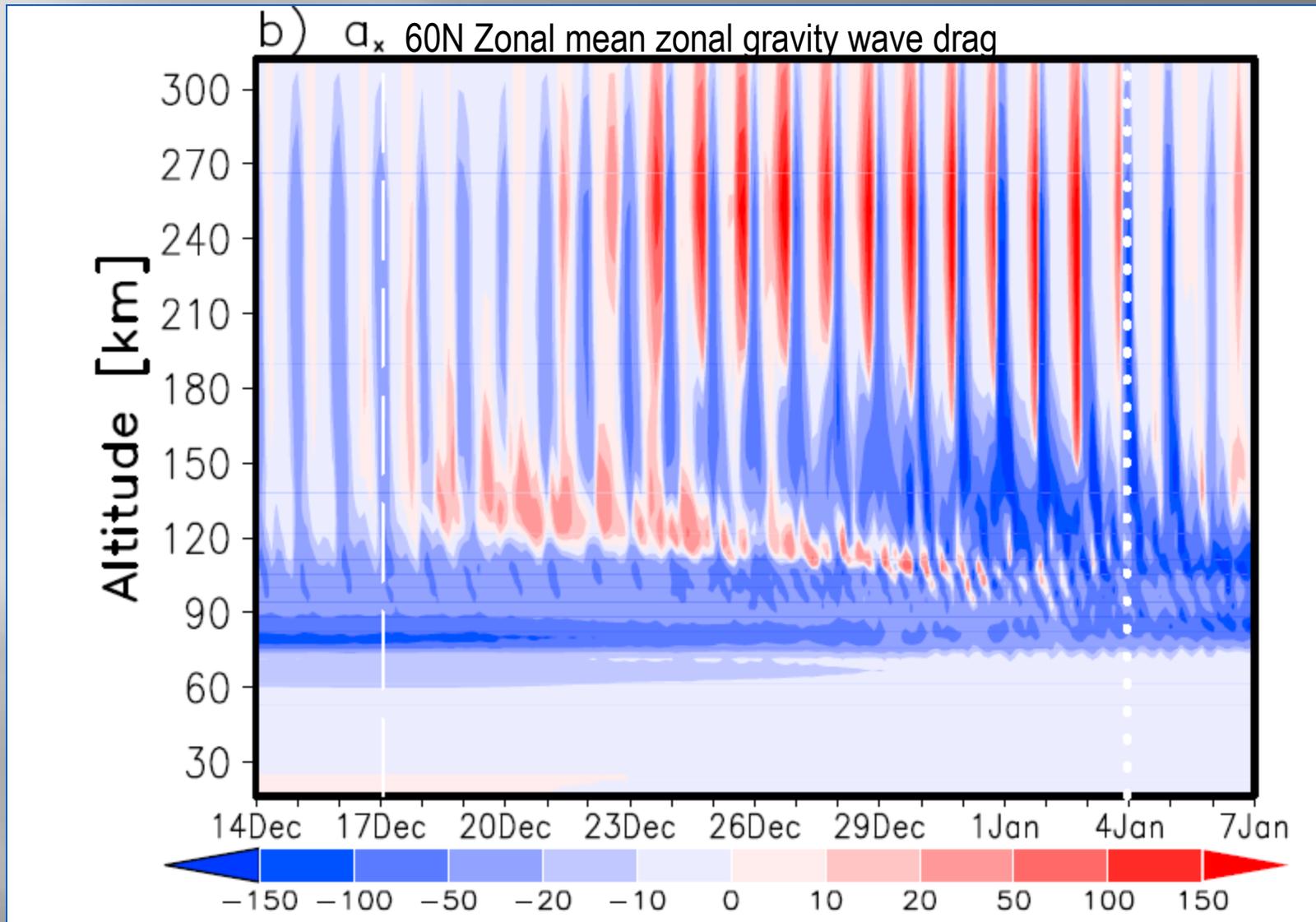
В экваториальной ионосфере:

- крупномасштабные колебания ПЭС с периодами полусуточной планетарной волны (*Goncharenko et al., JGR 2010, GRL 2010, GRL 2013*)
- вариации значений f_0F2 с полусуточным периодом; смещение суточного максимума ПЭС в сторону более ранних часов местного времени (*Sumod et al., Planet. Space Sci., 2012*)
- отклонения f_0F2 , а также высоты главного максимума ионизации (*Pancheva and Mukhtarov, JASTP, 2011*)

На средних широтах:

- изменения амплитуды суточных вариаций и суточной динамики ПЭС (*Polyakova et al., JASTP, 2014; Полякова и др., СПДЗЗ, 2014*)
- вариации параметров F2-слоя ионосферы (*Шпынев и др., СПДЗЗ, 2013; Иссл. Земли из космоса, 2014*)

Интенсификация гравитационных волн в период ВСП



Yiğit, E., and A. S. Medvedev (2012), Gravity waves in the thermosphere during a sudden stratospheric warming, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L21101, doi:10.1029/2012GL053812

Методика построения многодневных рядов отфильтрованных вариаций ПЭС по данным измерений на одной станции GPS/ГОНАСС

1. Для удаления из исходного ряда ПЭС $I(t)$ медленного изменения, связанного с движением спутника, в приближении сферически-симметричной «толстой» ионосферы рассчитывается ряд тренда $I_{mod}(t)$:

$$I_{mod}(t) = B_0 + \sum A_n \sin^{-2n-1}(\theta_s(t))$$

где коэффициенты B_0 и A_n рассчитываются при вписывании ряда $I_{mod}(t)$ методом наименьших квадратов в ряд исходного ПЭС $I(t)$.

2. Для устранения эффектов отклонения реальной ионосферы от сферически-симметричной модели на низких углах места θ_s , используется дополнительное преобразование полученного ряда ПЭС $dI'(t)$ по формуле:

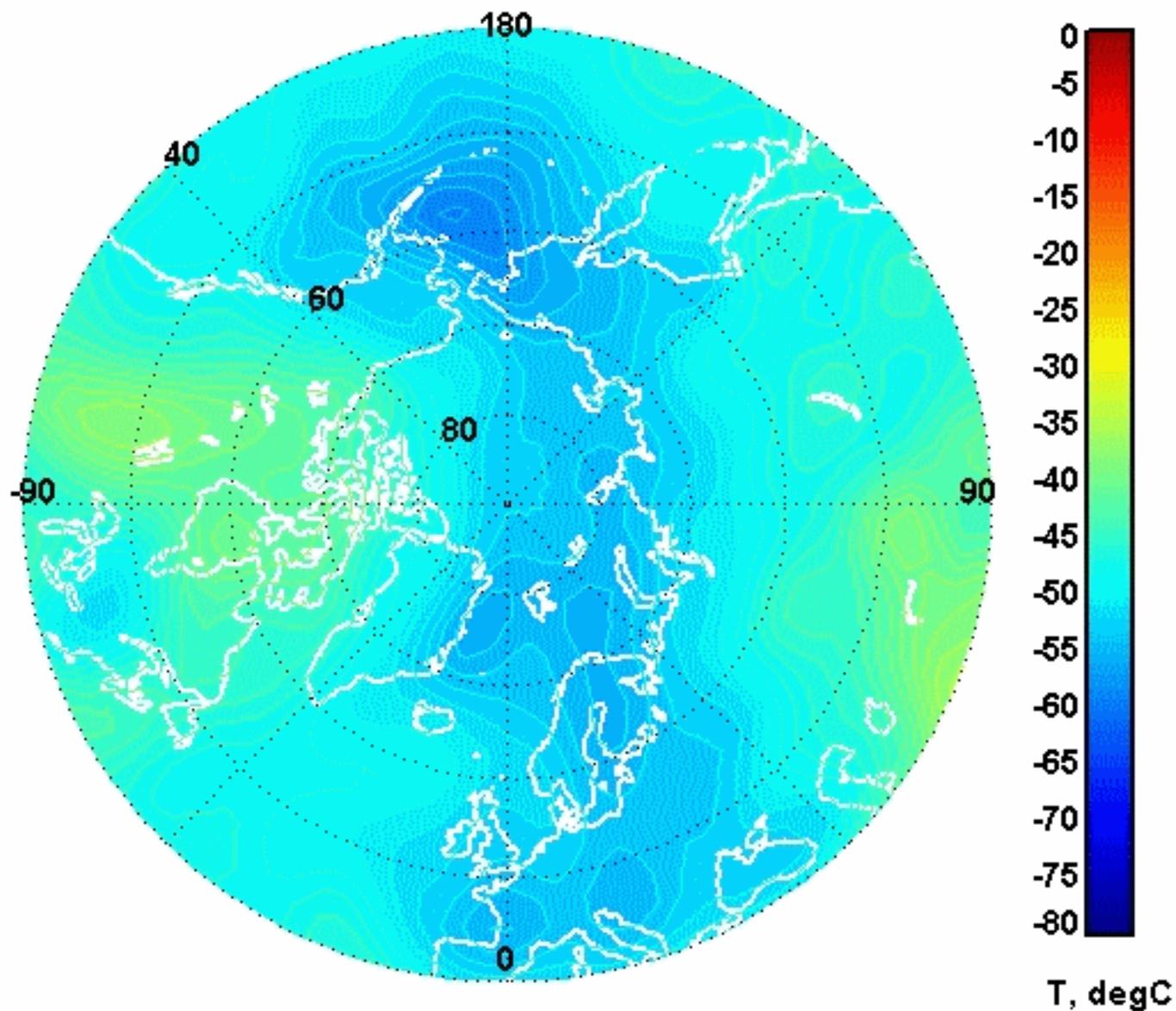
$$\Delta I(t) = \Delta I'(t) \times \sin(\theta_s(t))$$

3. Ряд многодневных отфильтрованных вариаций ПЭС $dI_M(t)$ рассчитывается путем усреднения в каждый момент времени t значений dI_j для всех наблюдающихся в данный момент спутников (N) :

$$dI(t) = \frac{1}{N} \sum_N dI_j(t)$$

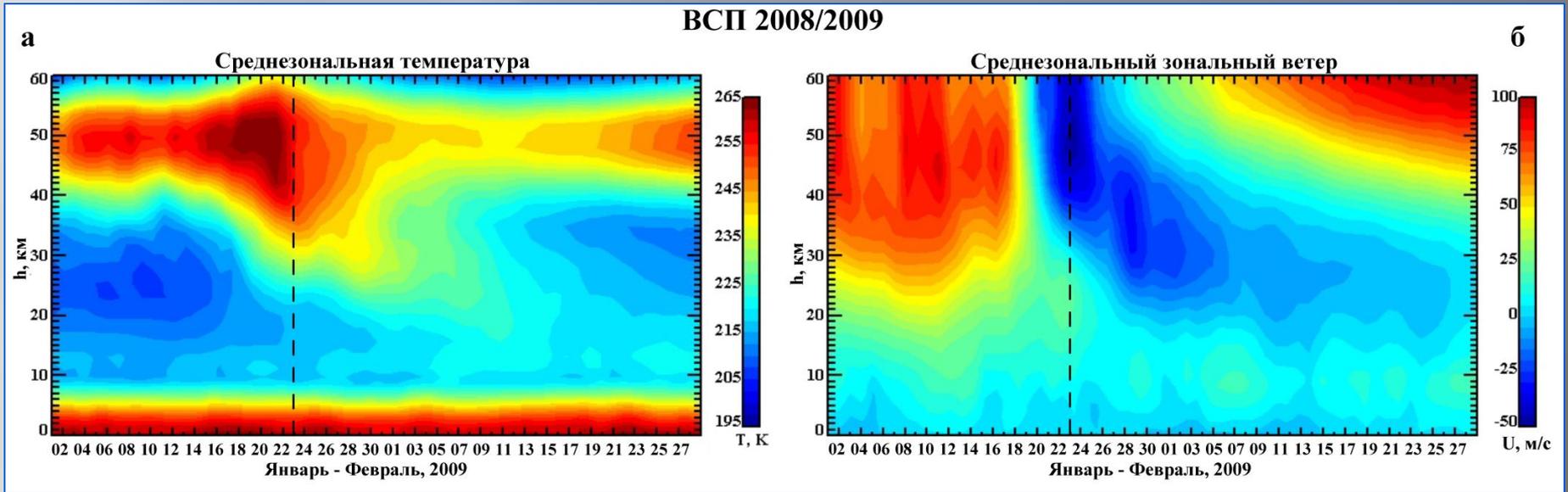
Внезапное стратосферное потепление 2008/2009 гг.

08.02.2009 UT: 18 P(hPa)=10

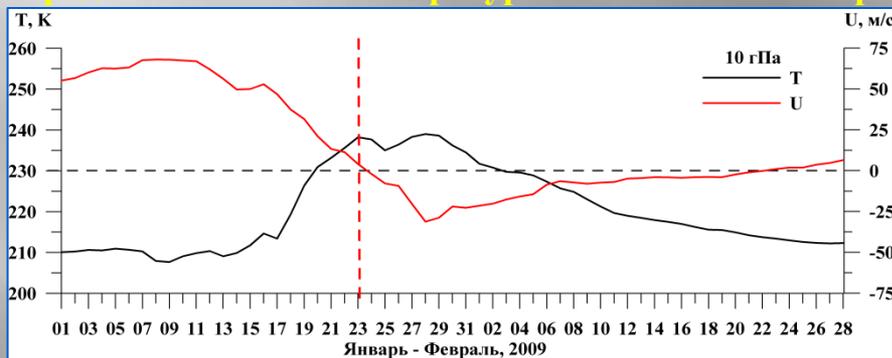


Внезапное стратосферное потепление 2008/2009 гг.

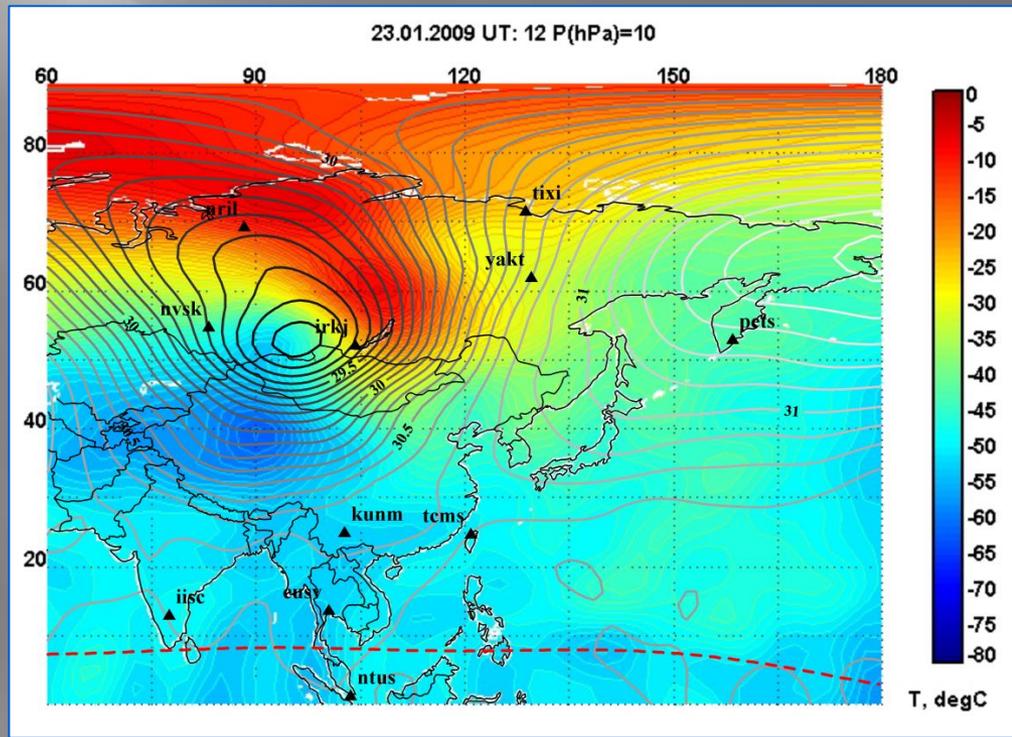
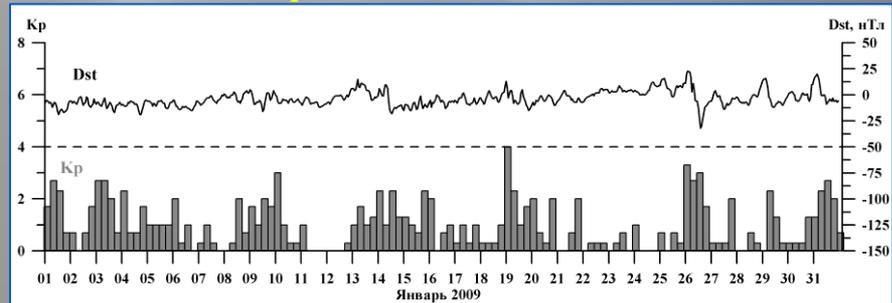
ВСП 2008/2009



Среднезональные температура и зональный ветер



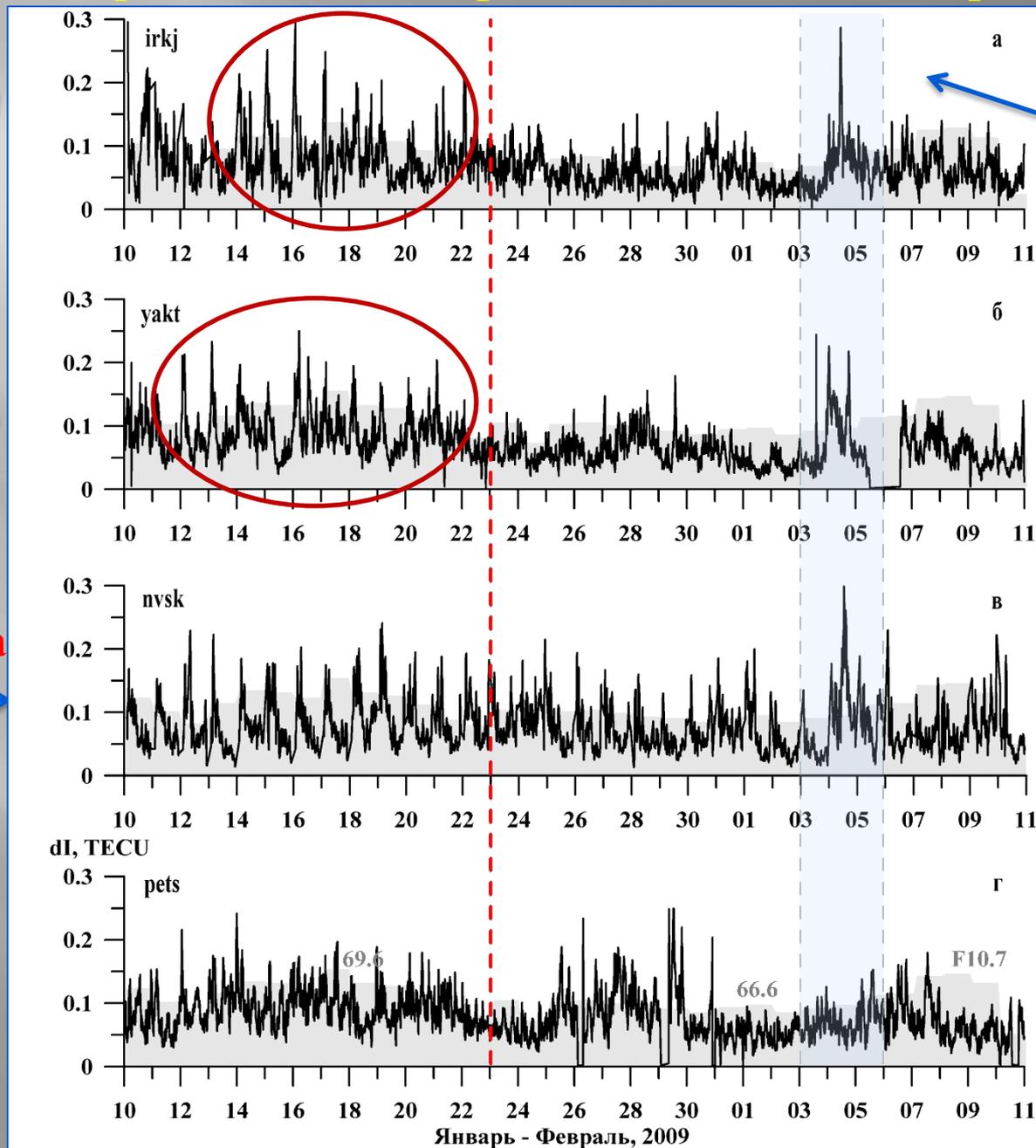
Геофизическая обстановка



Интенсивность вариаций ПЭС с периодами до 60 мин на средних широтах

Очаг ВСП

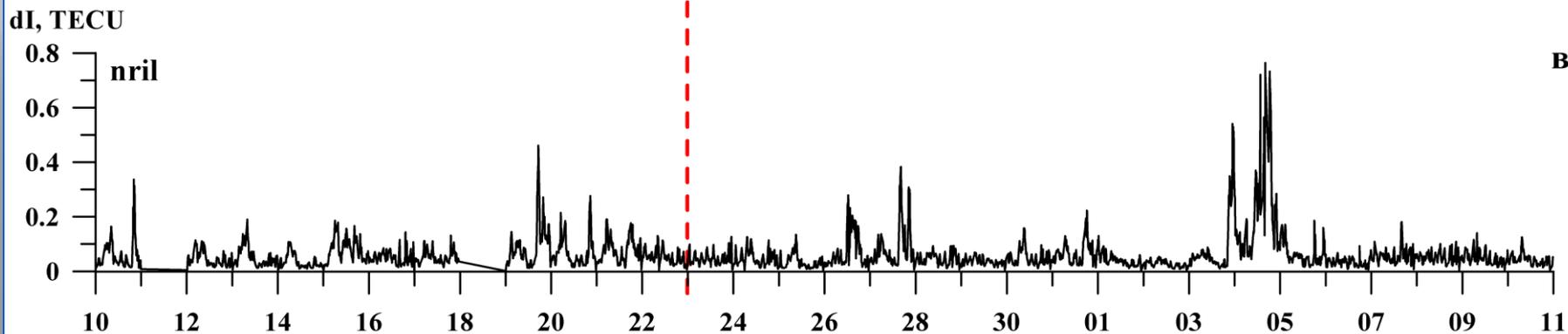
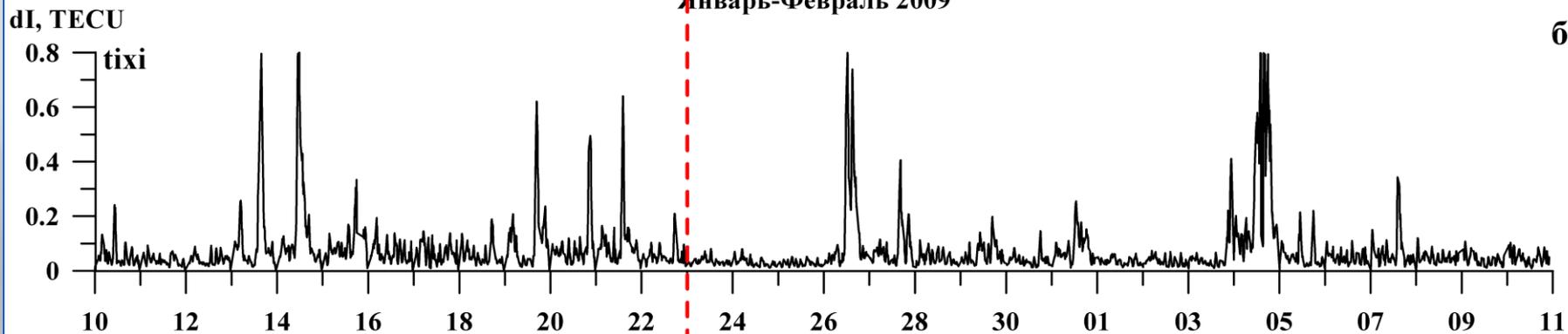
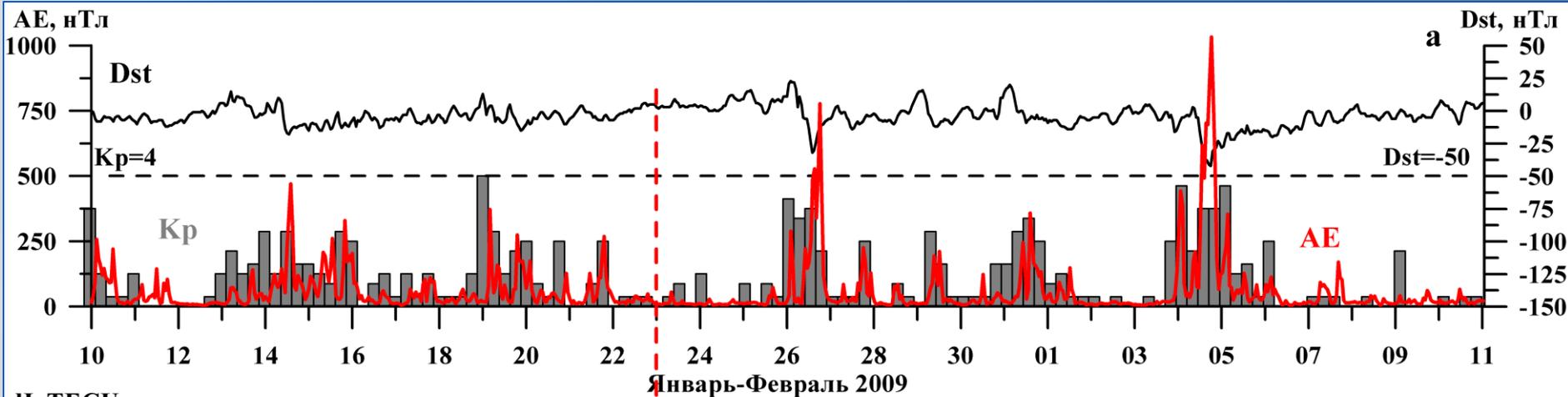
Геомагнитные возмущения



Граница очага ВСП

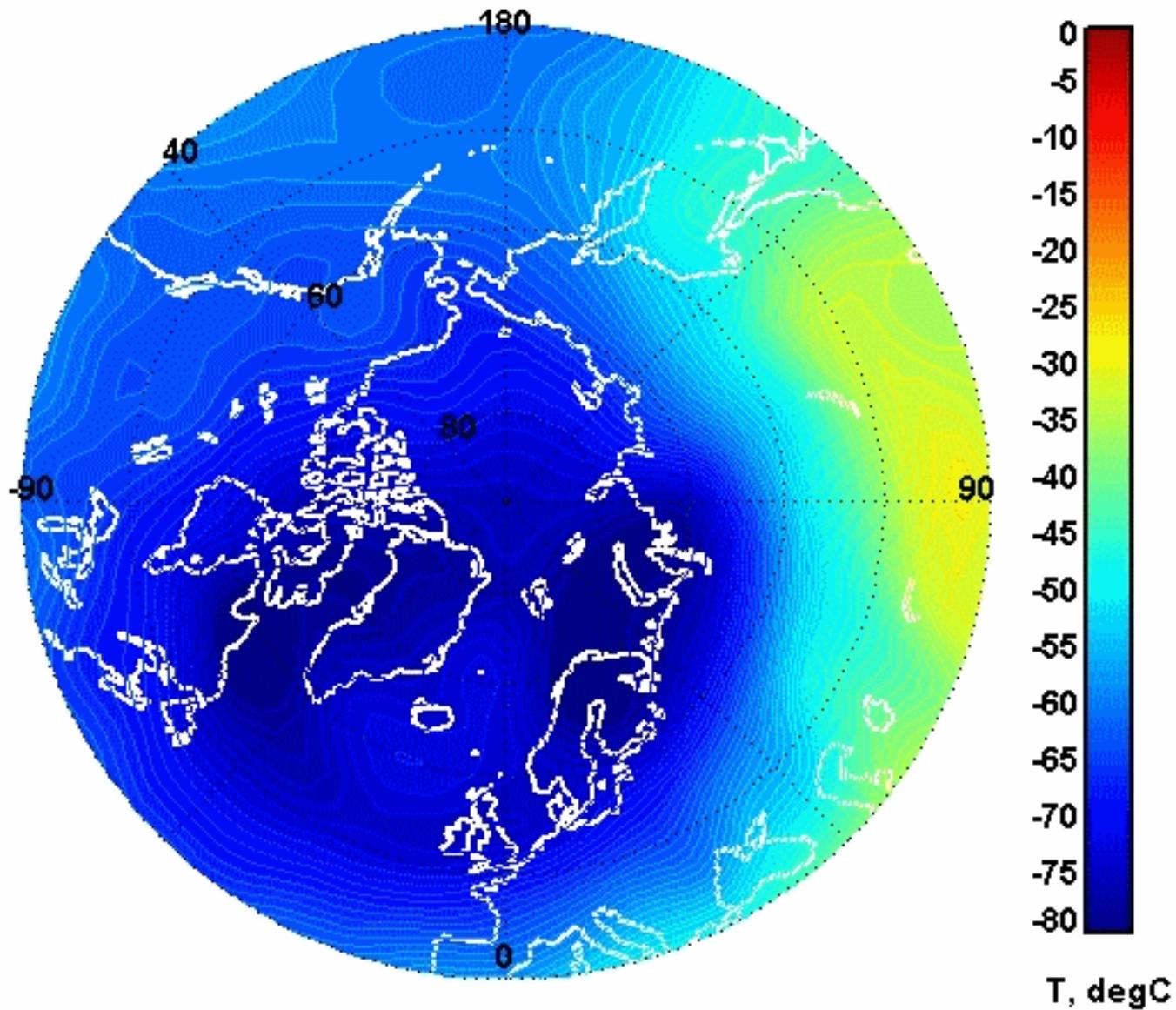
Январь - Февраль, 2009

Интенсивность вариаций ПЭС с периодами до 60 мин на высоких широтах



Внезапное стратосферное потепление 2012/2013 гг.

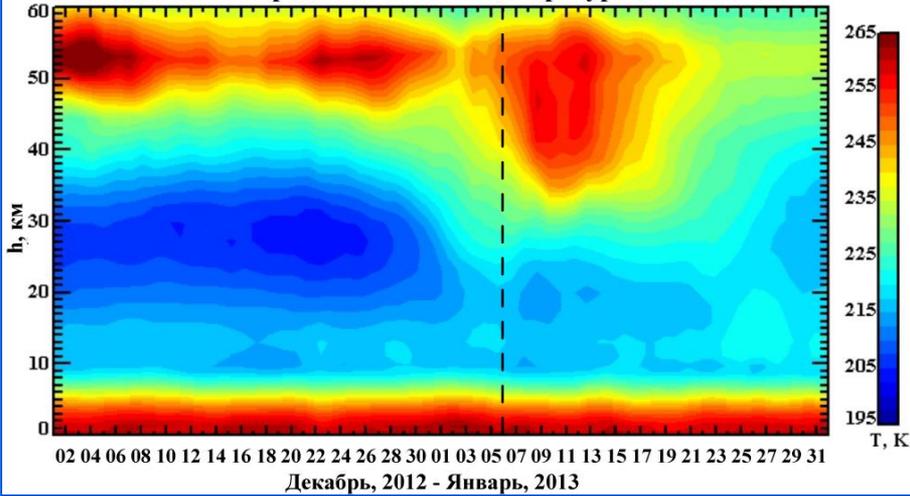
26.12.2012 UT: 00 P(hPa)=10



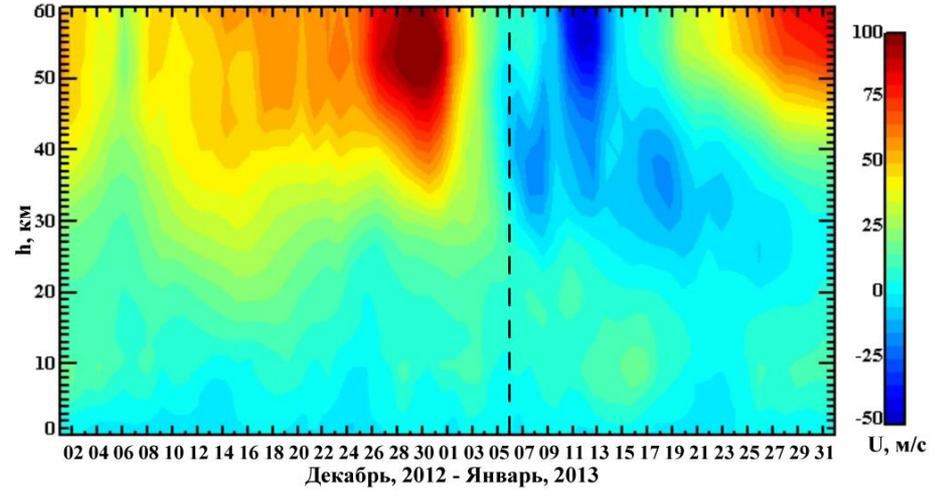
Внезапное стратосферное потепление 2012/2013 гг.

ВСП 2012/2013

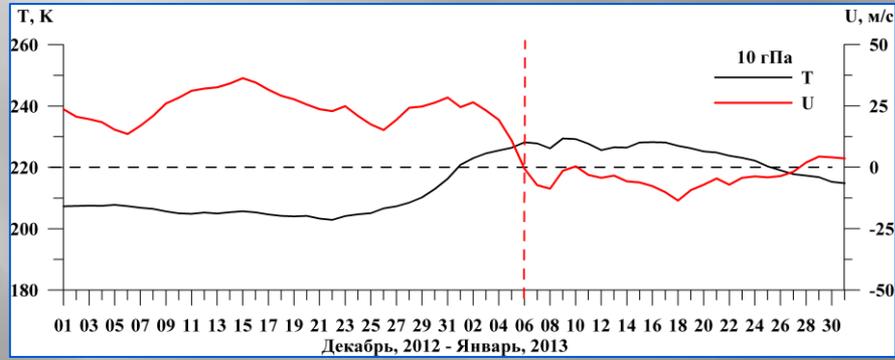
Среднезональная температура



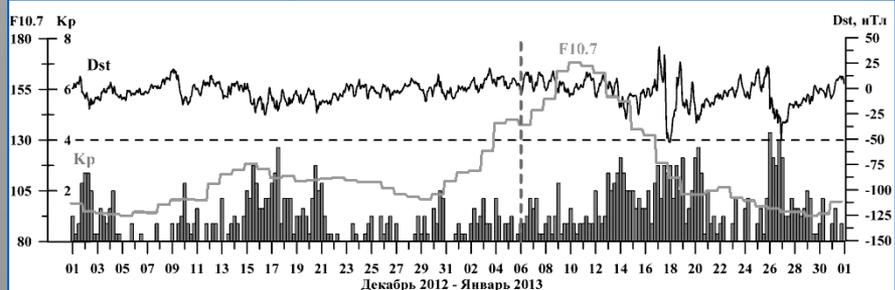
Среднезональный зональный ветер



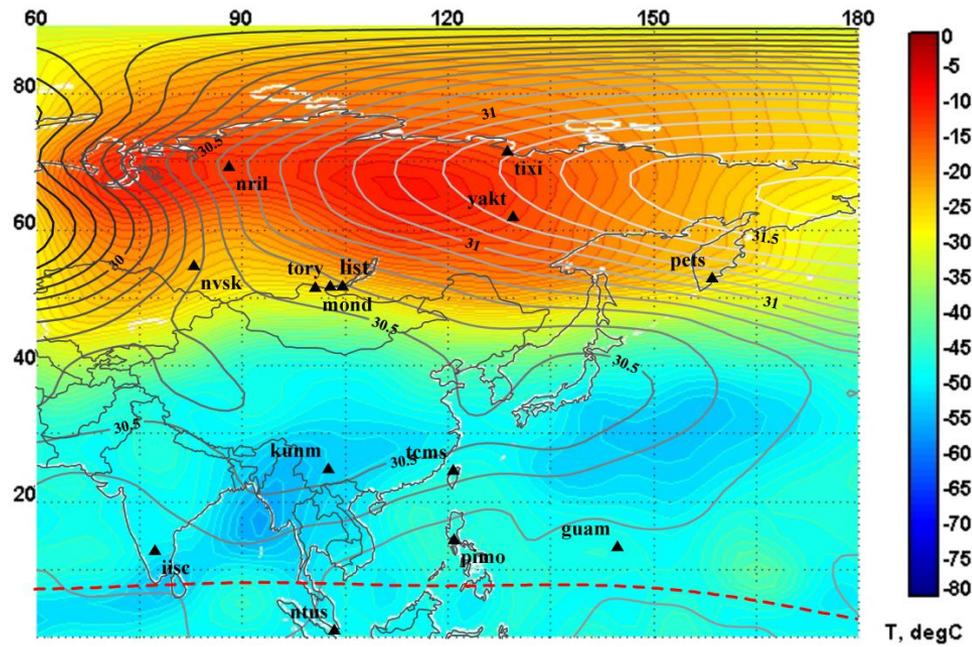
Среднезональные температура и зональный ветер



Геофизическая обстановка

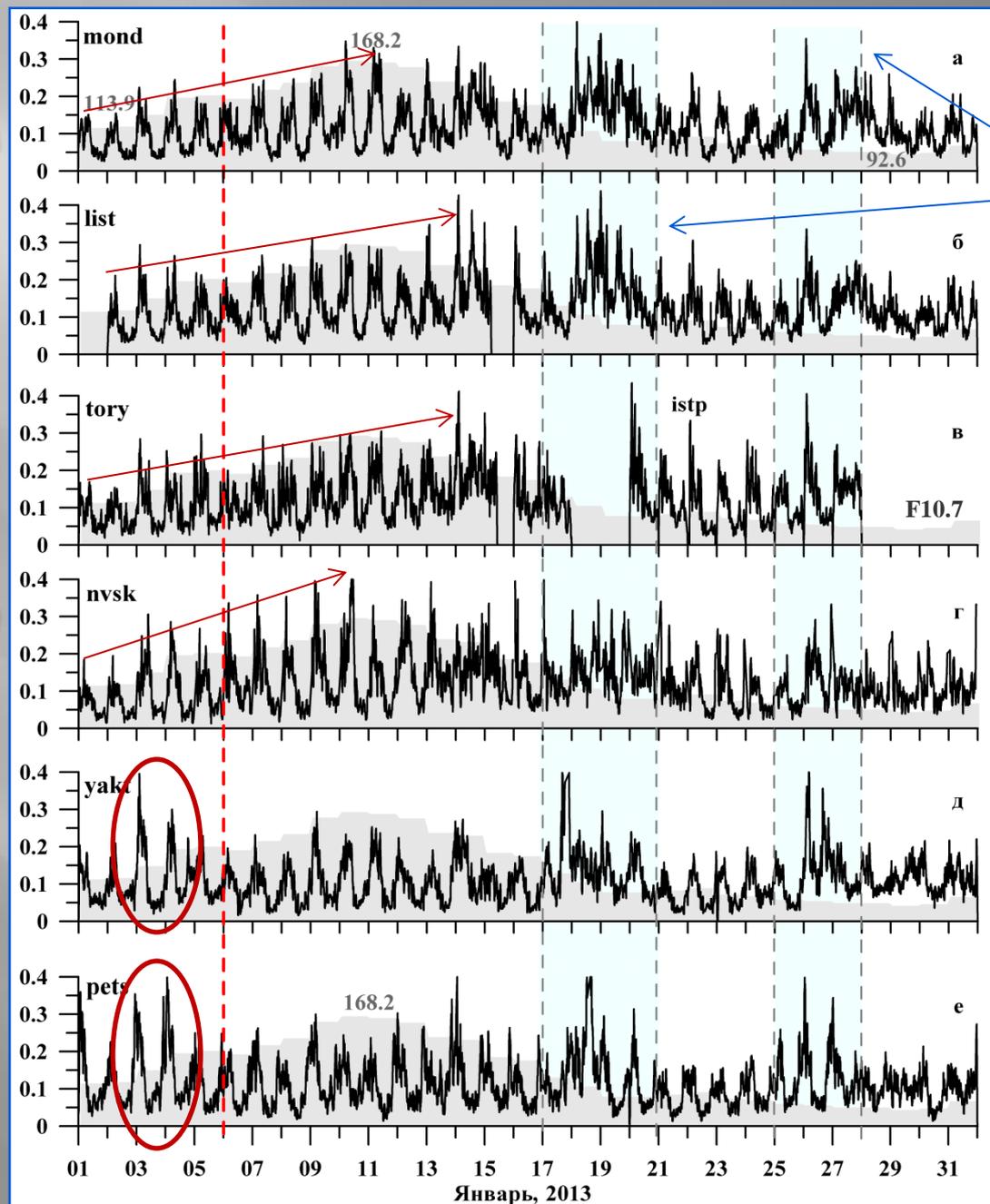


06.01.2013 UT: 00 P(hPa)=10



Интенсивность вариаций ПЭС с периодами до 60 мин на средних широтах

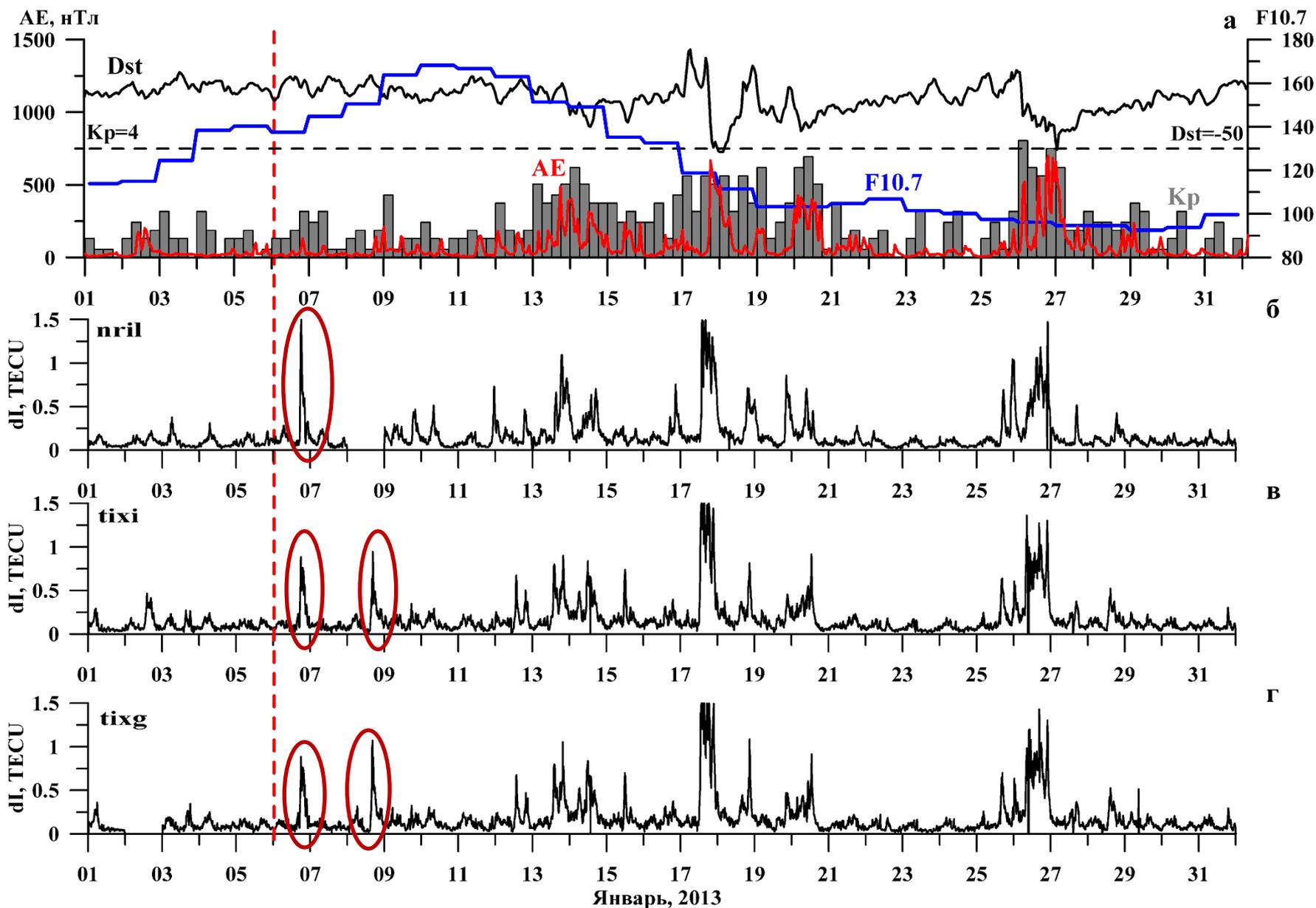
Очаг ВСП



**Геомагнитные
возмущения**

**Граница очага
ВСП**

Интенсивность вариаций ПЭС с периодами до 60 мин на высоких широтах



Заключение

На основе анализа данных ПЭС, полученных на сети двухчастотных приемников GPS/ГЛОНАСС, расположенных в азиатском регионе России, показано:

- ✓ В период фазы активного развития ВСП и в течение нескольких дней после его максимума в среднеширотной ионосфере регистрируется рост интенсивности вариаций ПЭС с периодами до 60 мин. Наибольший эффект наблюдается в пунктах, расположенных вблизи очага ВСП.
- ✓ Величина интенсивности вариаций во время ВСП оказывается сопоставимой с интенсивностью вариаций ПЭС, наблюдающихся во время слабых геомагнитных возмущений, и практически в два раза превышает фоновый уровень флуктуаций ПЭС в спокойных условиях.
- ✓ В высокоширотных областях усиление интенсивности вариаций, возможно связанное с событием ВСП, может наблюдаться в отдельные дни, однако однозначного проявления эффектов ВСП в динамике высокоширотной ионосферы выявить не удалось.
- ✓ Наблюдаемые эффекты свидетельствуют о том, что в периоды потеплений в атмосфере происходит возрастание активности ВГВ, и, как следствие, рост интенсивности возмущений в ионосферной плазме. Данный результат находится в согласии с выводами теоретических работ.
- ✓ Методика построения многодневных рядов интенсивности вариаций ПЭС адекватно отображает состояние ионосферы над станцией GPS/ГЛОНАСС и может быть использована для его оценки как в спокойных, так и возмущенных условиях.

Спасибо за внимание!