



ВЛИЯНИЕ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ГНСС НА СРЕДНИХ И ВЫСОКИХ ШИРОТАХ

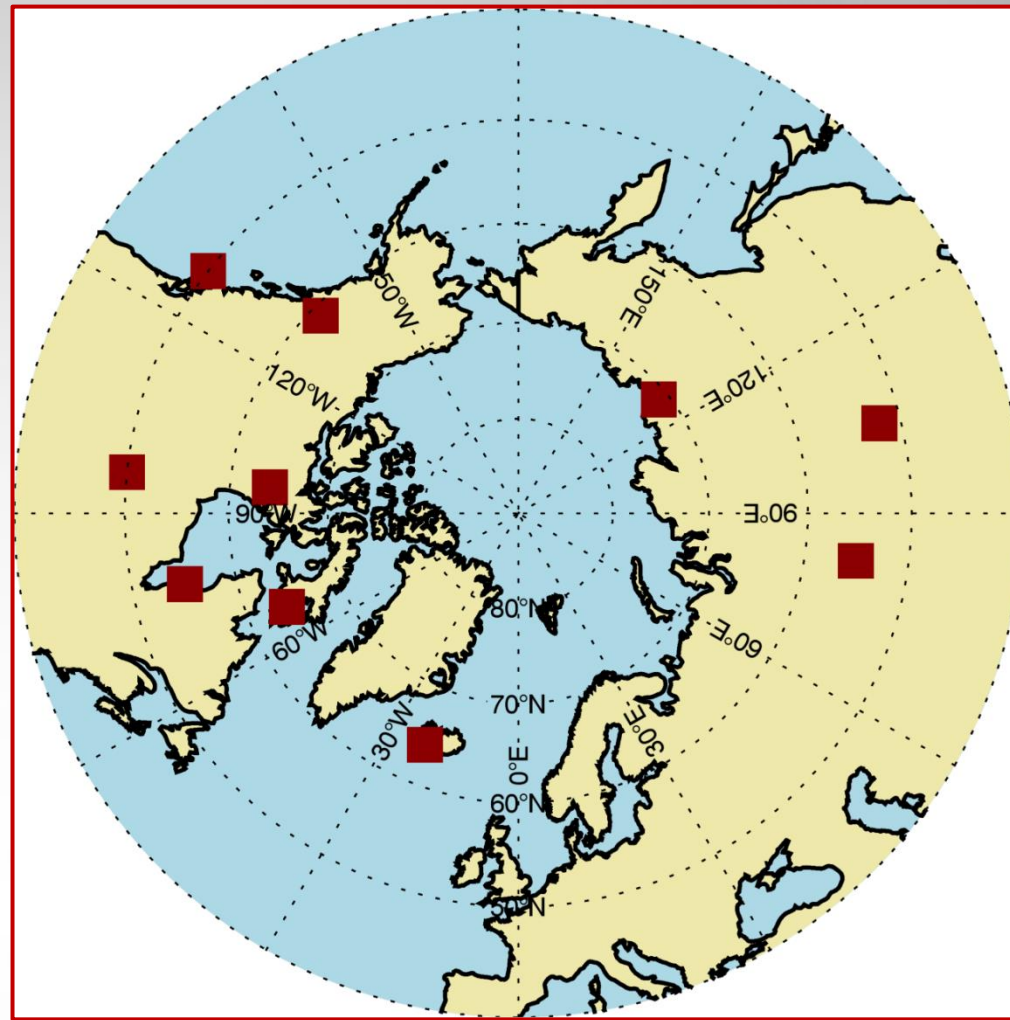
А.С. ЯСЮКЕВИЧ¹, Ю.В. ЯСЮКЕВИЧ¹, С.В. СЫРОВАТСКИЙ^{1,2}, А.В. ЖУКОВ¹,
А.М. ВЕСНИН¹, Б.М. МАЛЕЦКИЙ¹

⁽¹⁾ *Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия*

⁽²⁾ *Московский Государственный Университет, 119234, Москва, Россия*

annpol@iszf.irk.ru

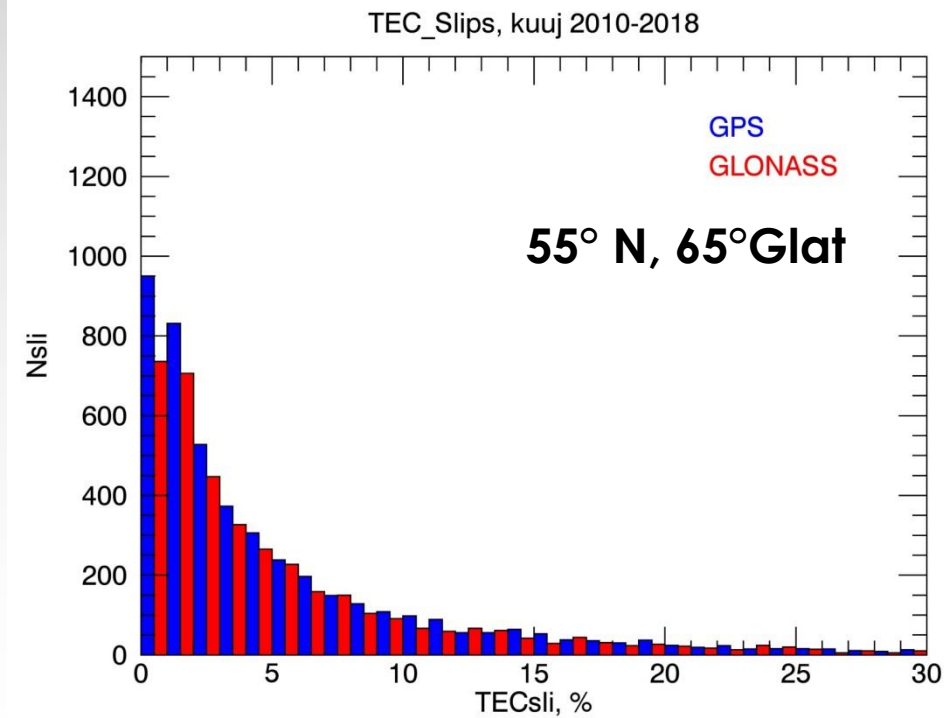
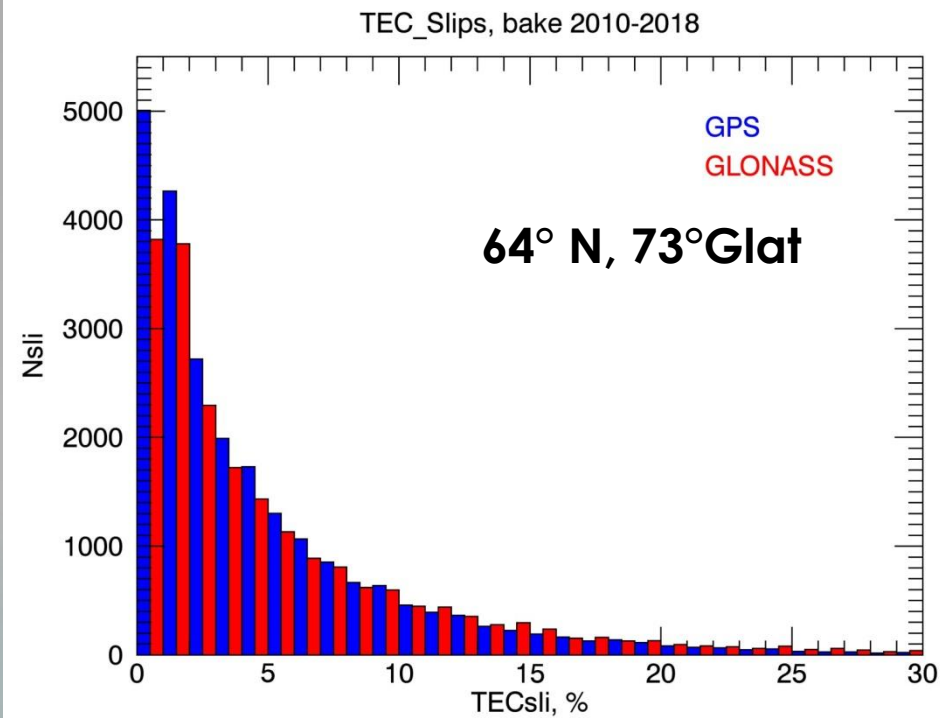
Местоположение	Станция ГНСС	Lon, °E	Lat, °N	Glat, °
Средние широты				
Lac du Bonnet, Canada	dubo	-96	50	60
Holberg, Canada	holb	-128	50	54
Irkutsk, Russia	irkj	104	52	47
Irkutsk, Russia	istp	104	52	47
Novosibirsk, Russia	novm	82	55	50
Высокие широты				
Kuujjuarapik, Canada	kuuj	-78	55	65
Whitehorse, Canada	whit	-135	61	64
Baker Lake, Canada	bake	-96	64	73
Iqaluit, Canada	iqal	-68	64	72
Reykjavik, Iceland	reyk	-22	64	65
Tixi, Russia	tixi	129	71	66



- Рассчитывались свои ПЭС на цепи станций, расположенных в высокоширотном и среднеширотном регионах Канады и Азии за период 2010- 2018 гг.

- ▶ Под сбоями ПЭС понимались скачки ПЭС, определяемого по данным ГНСС, величина которых превышают скорость регулярной изменчивости ионосферы. Порог скорости изменения ПЭС варьируется в зависимости от широты станции ГНСС. В рассматриваемого нами региона в качестве порога выбрана величина **1 TECU/30**.
- ▶ Для каждой спутниковой группировки (GPS, GLONASS) вычислялась средняя плотность (или вероятность) сбоев ПЭС как отношение числа сбоев (M_T) к общему числу измерений (S) в течение часа.

$$N_T = 100\% \frac{M_T}{S}$$

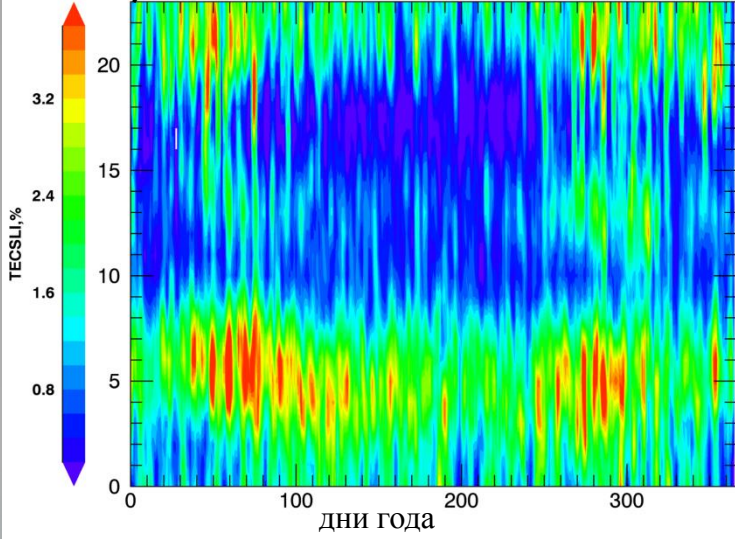


Распределения вероятности сбоев ПЭС

Высокие широты

64°N, 73°Glat

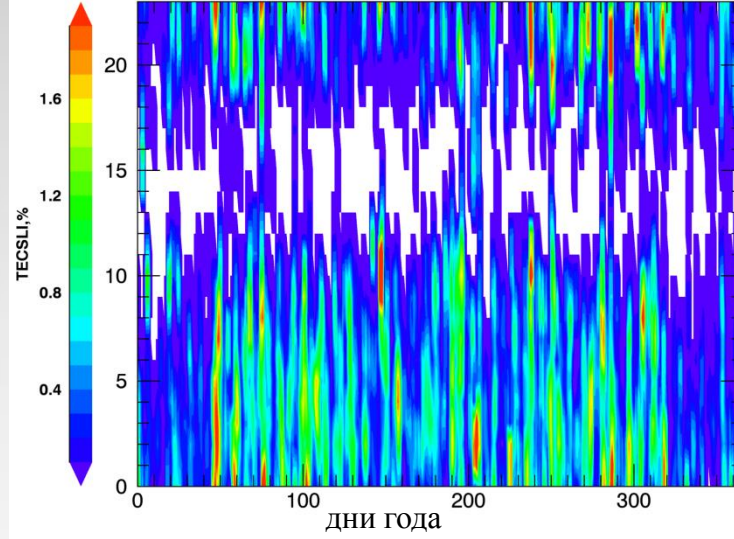
TECSLI bake G



Высокие широты

55°N, 65°Glat

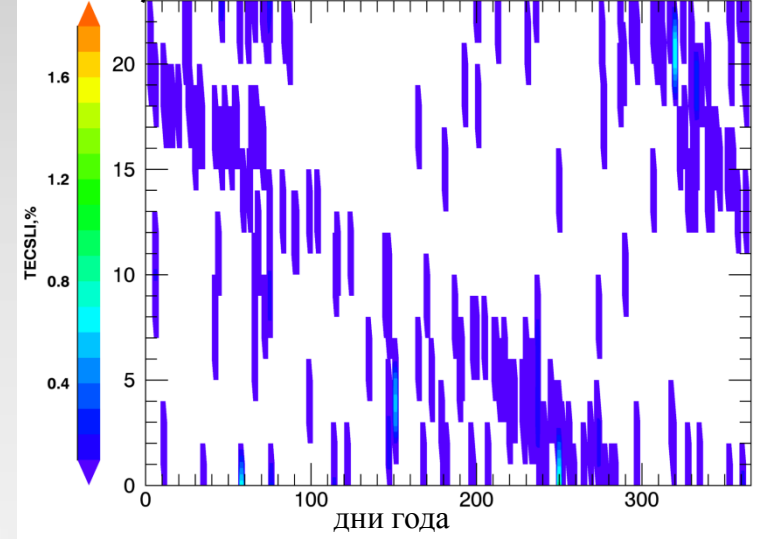
TECSLI kuuj G



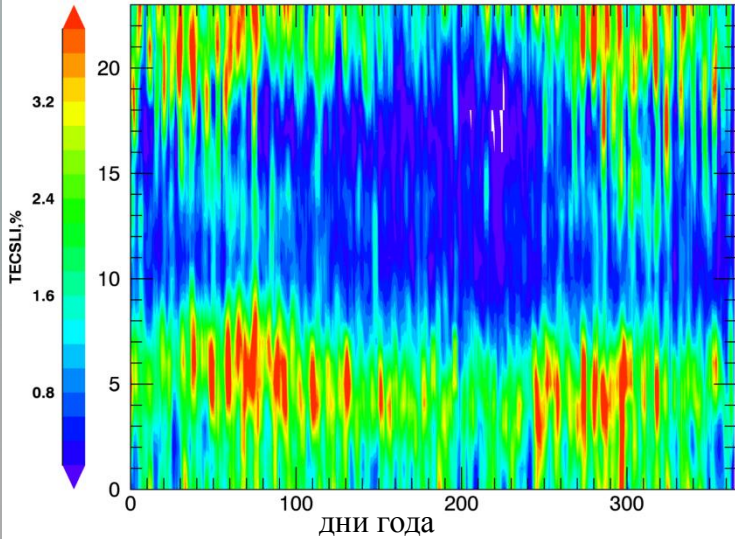
Средние широты

50°N, 54°Glat

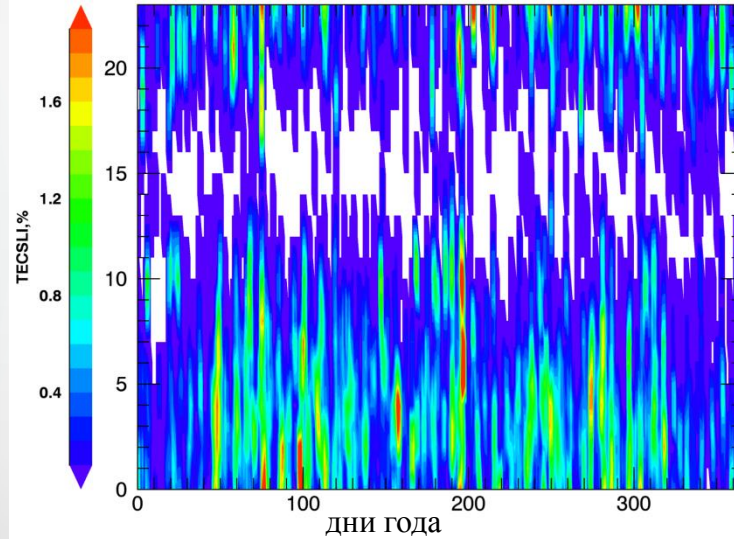
TECSLI holb G



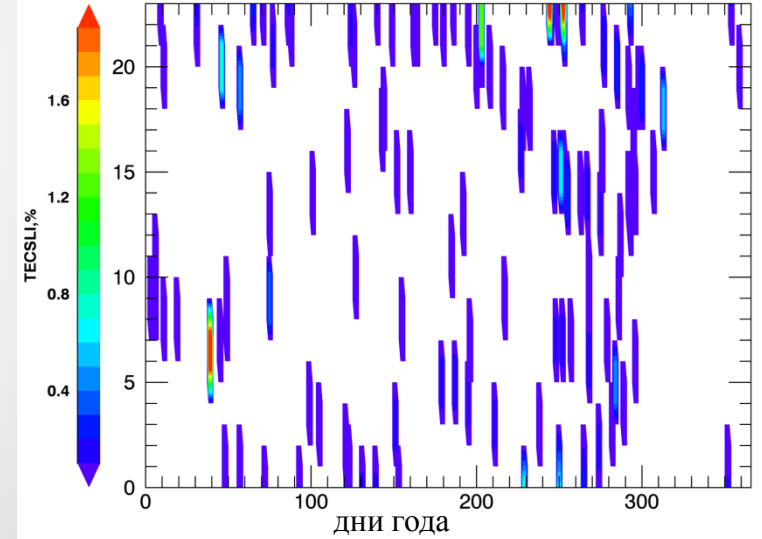
TECSLI bake R



TECSLI kuuj R



TECSLI holb R



GPS

GLONASS

Суточная и сезонная динамика сбоев ПЭС

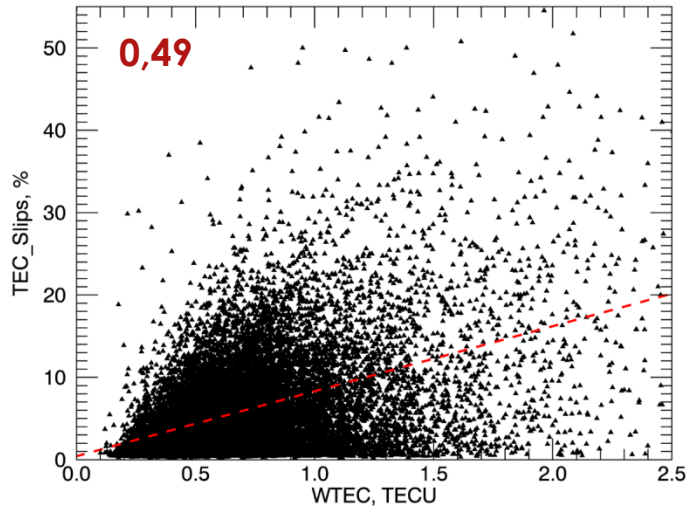
- ▶ Для анализа возможного влияния среды распространения на динамику сбоев использовался обобщенный индекс ионосферной возмущенности **WTEC**.
- ▶ Индекс отражает среднюю интенсивность вариаций ПЭС (dI) в заданном интервале периодов (≤ 60 мин) над выбранной станцией ГНСС.

- ▶
$$A(t) = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} dI(t + \tau) d\tau$$

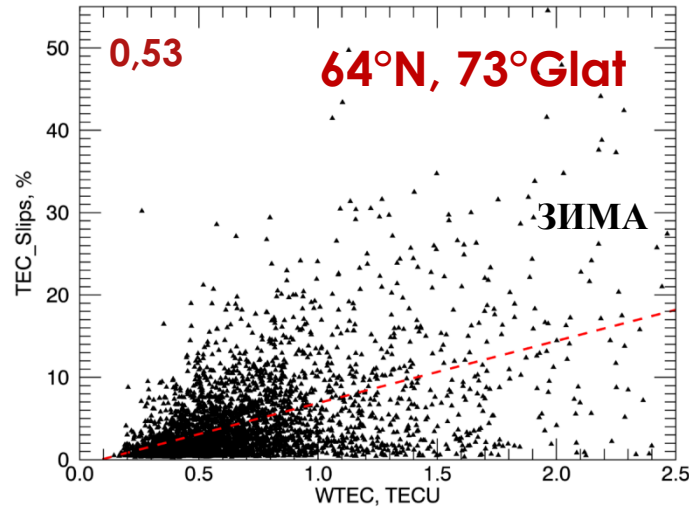
- ▶
$$WTEC(t) = \frac{\sum_1^N A_i(t) F_i(t)}{\sum_1^N F_i(t)}$$

- ▶ [Voeykov et al., *Results in Physics* 11 (2018) 1056–1057]

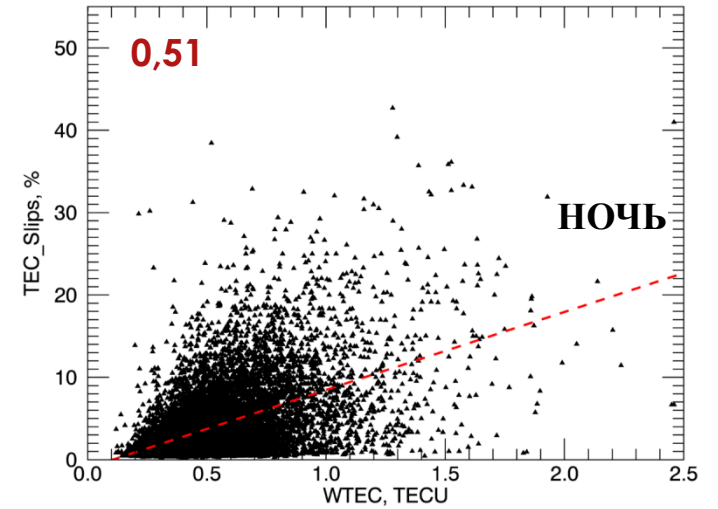
bake G TEC Slips vs WTEC



bake G TEC Slips vs WTEC Winter

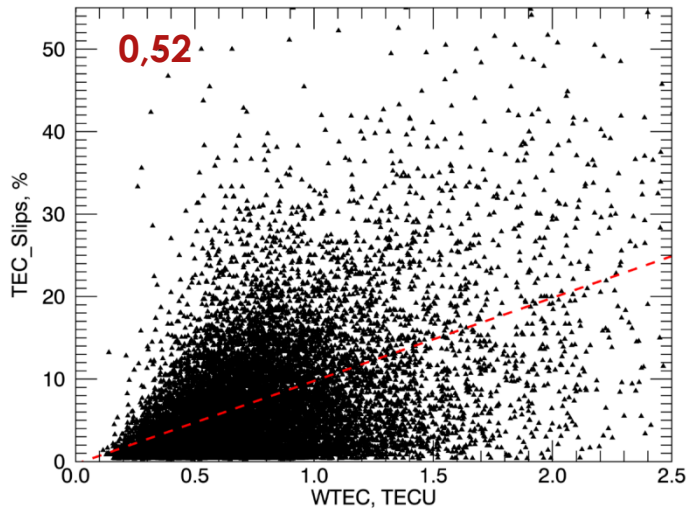


bake G TEC Slips vs WTEC Night

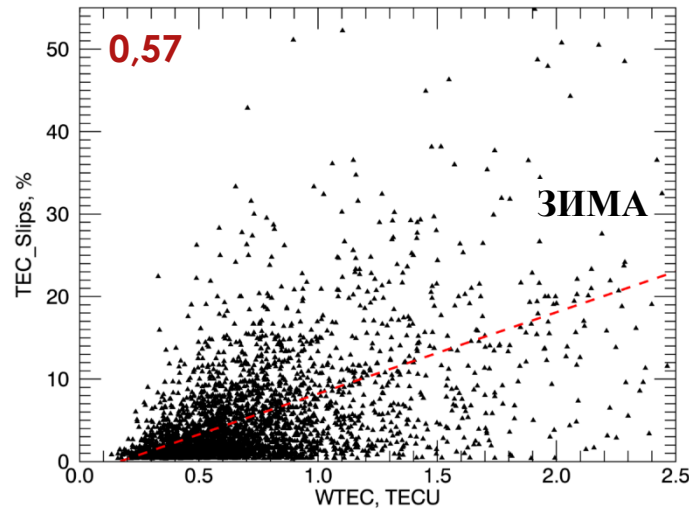


GPS

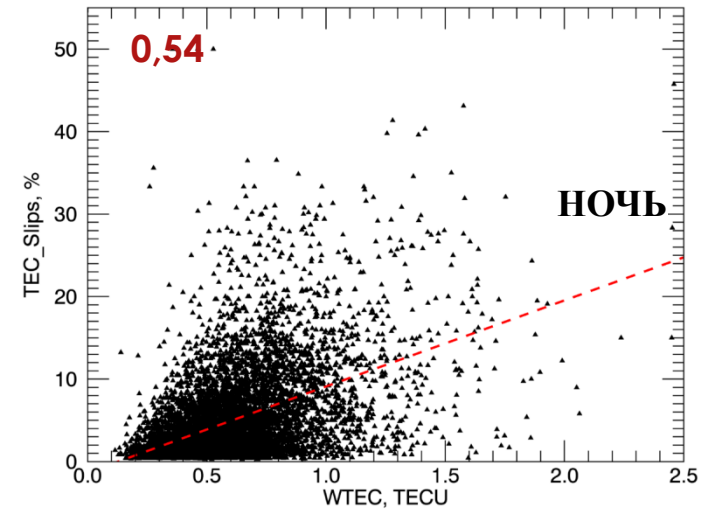
bake R TEC Slips vs WTEC



bake R TEC Slips vs WTEC Winter

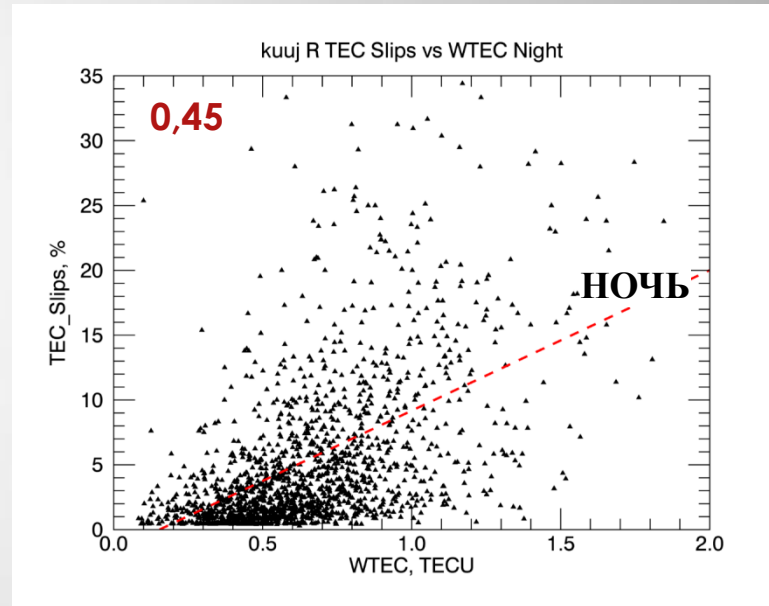
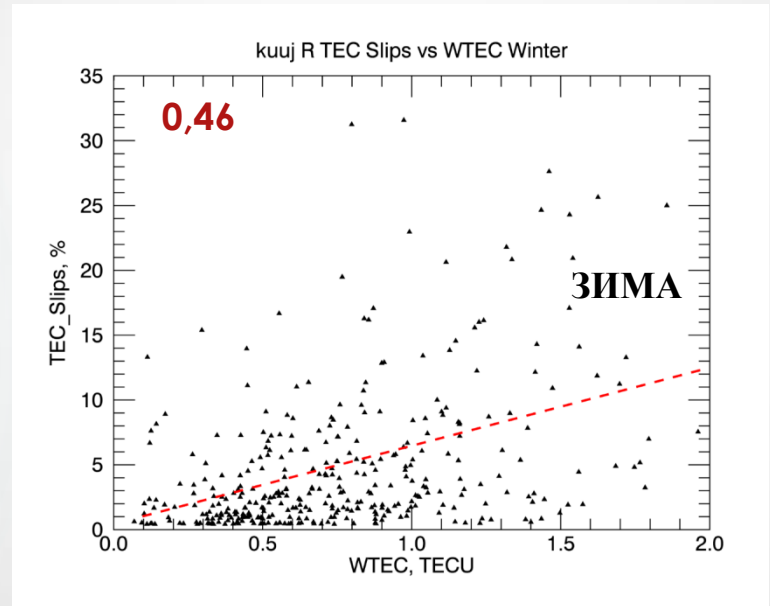
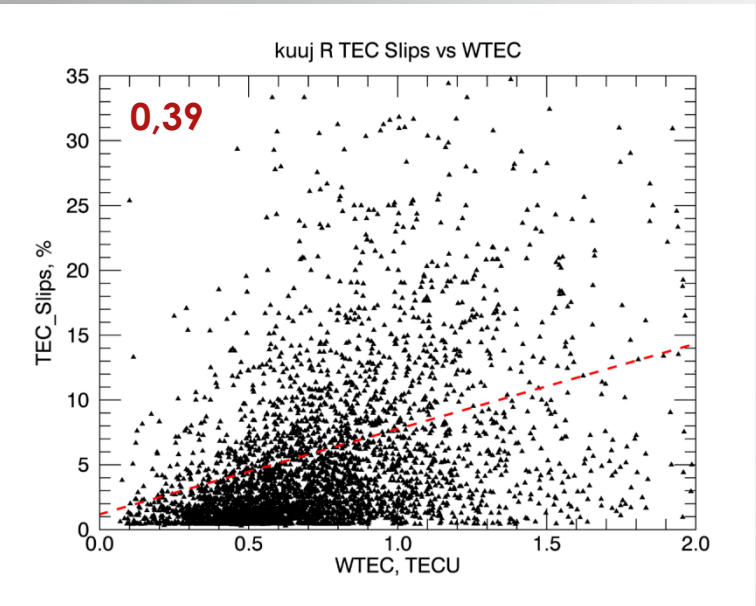
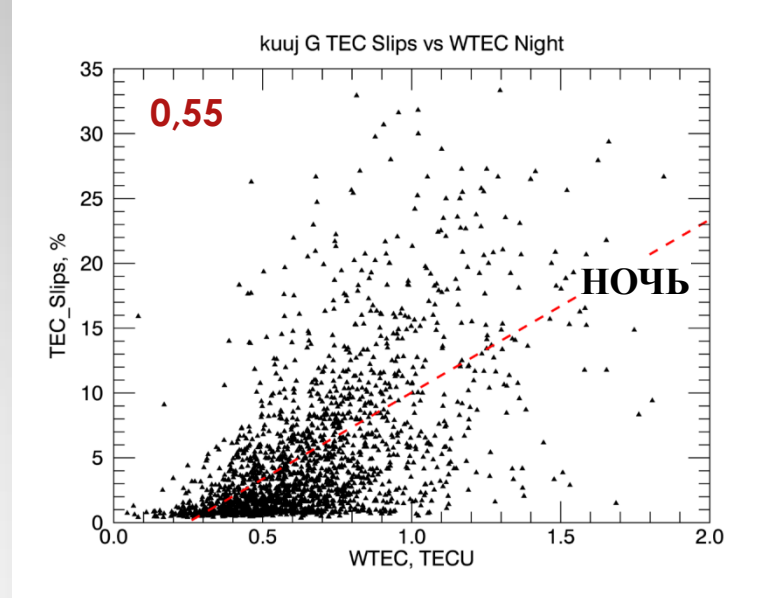
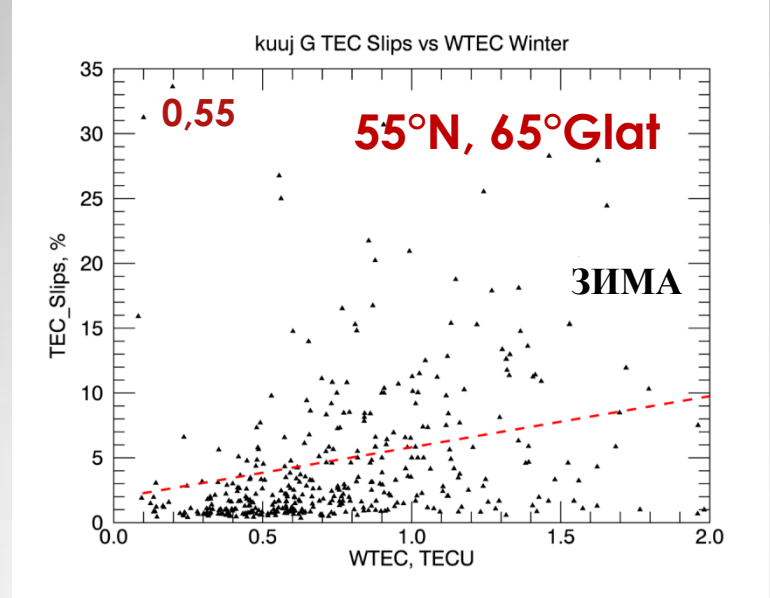
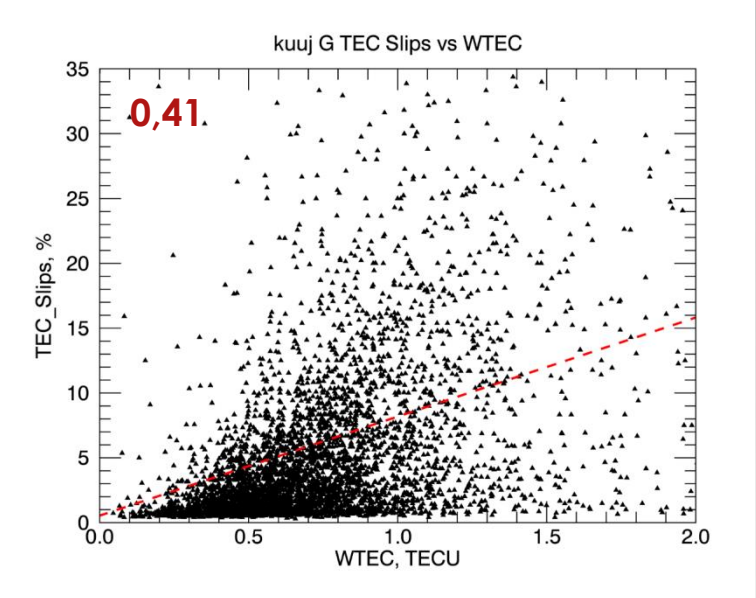


bake R TEC Slips vs WTEC Night



GLONASS

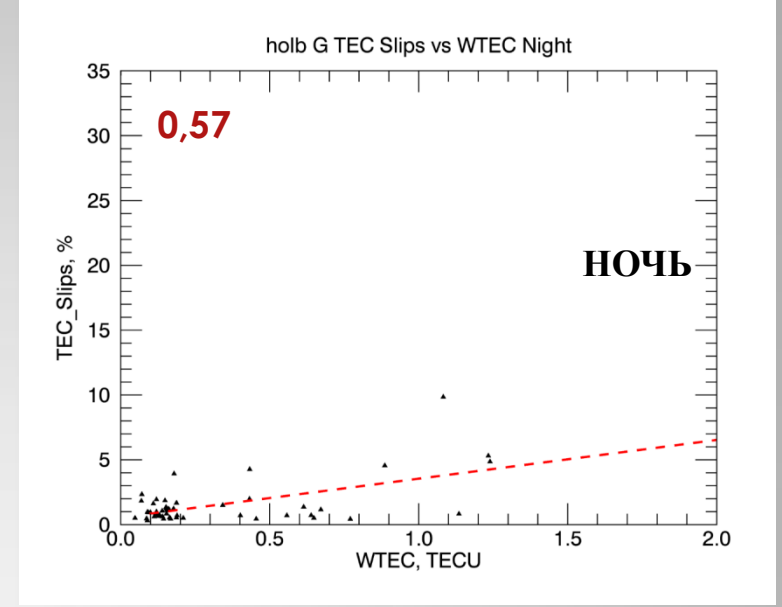
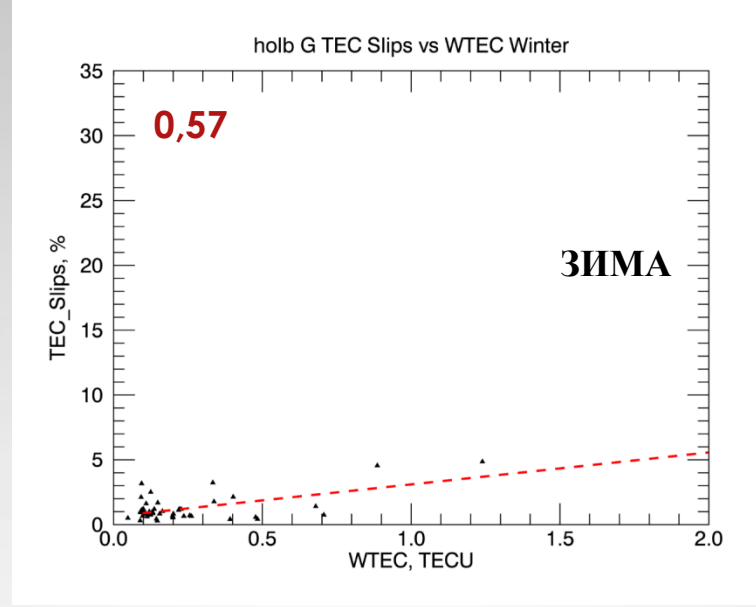
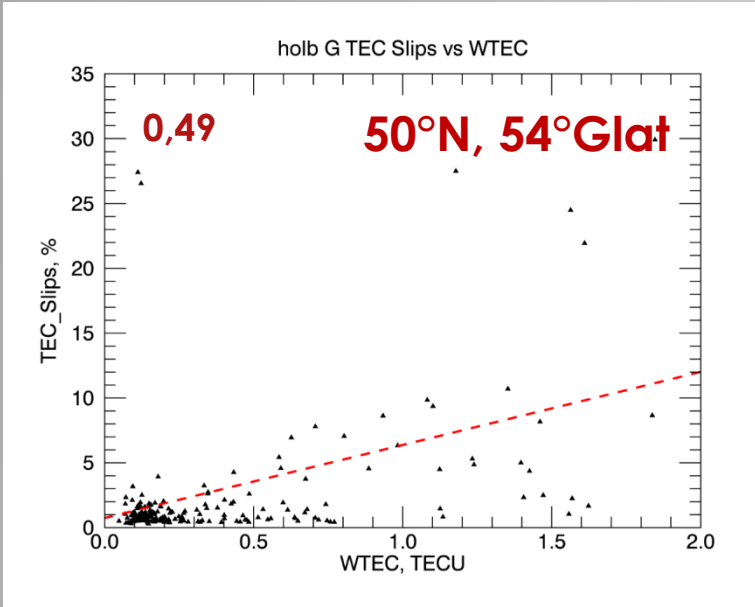
Сбои ПЭС и WTEC: высокие широты



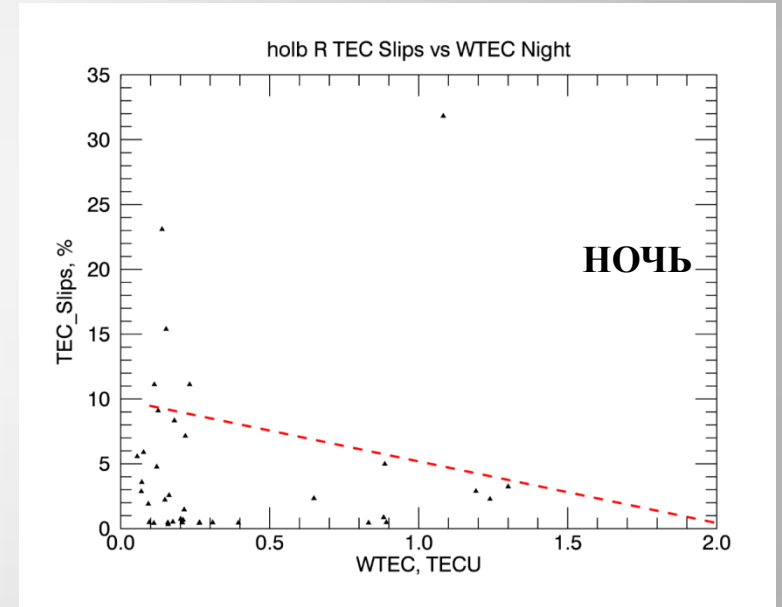
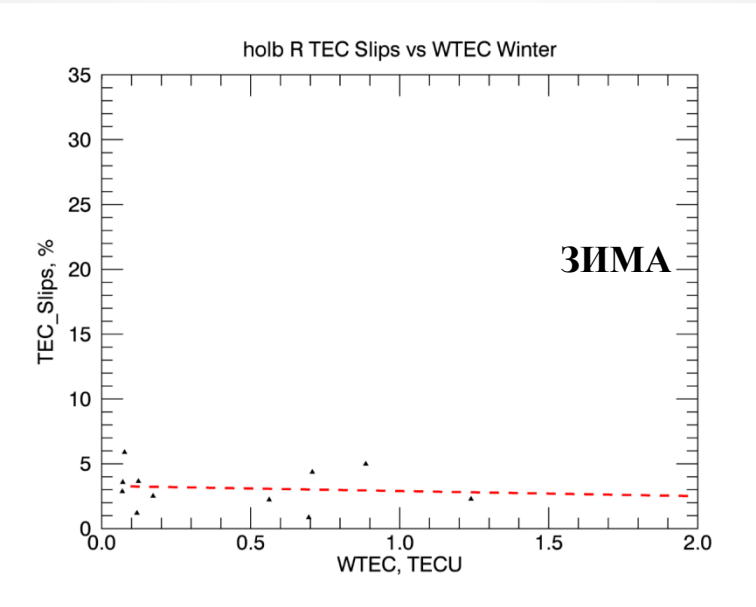
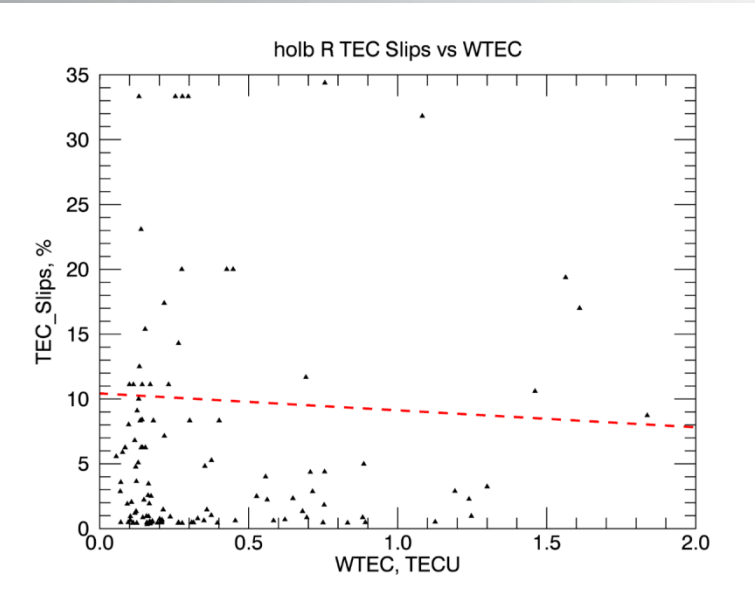
GPS

GLONASS

Сбои ПЭС и WTEC: высокие широты



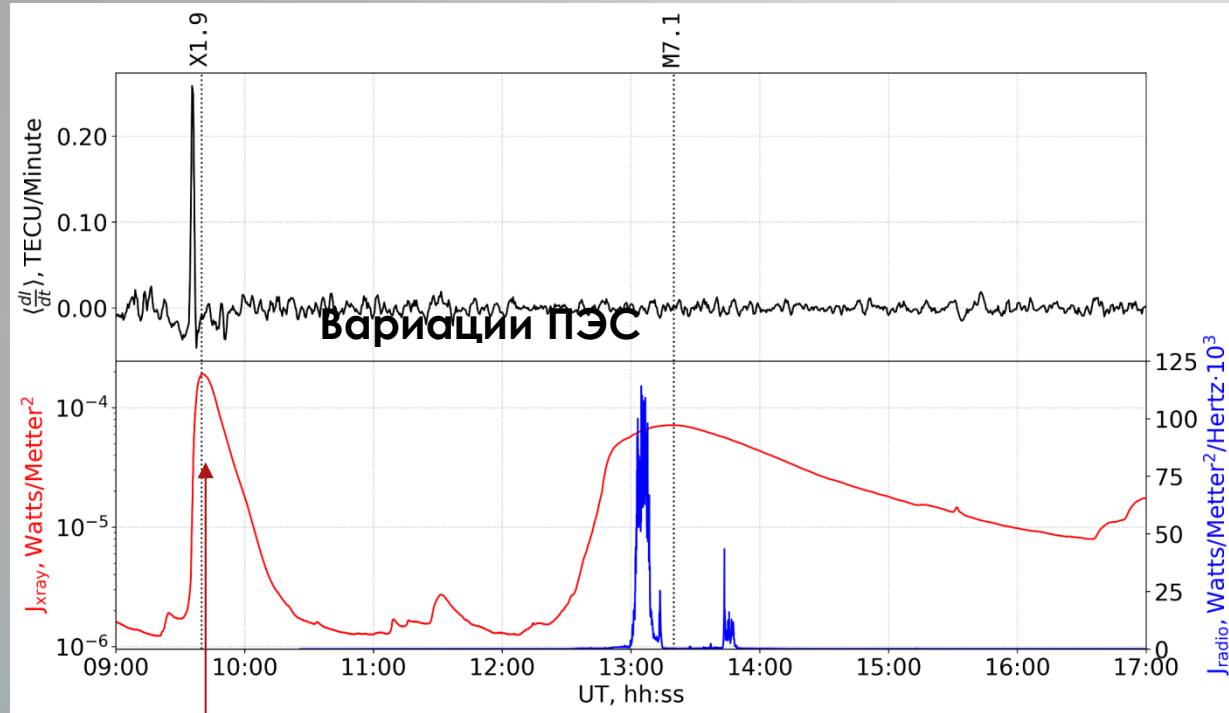
GPS



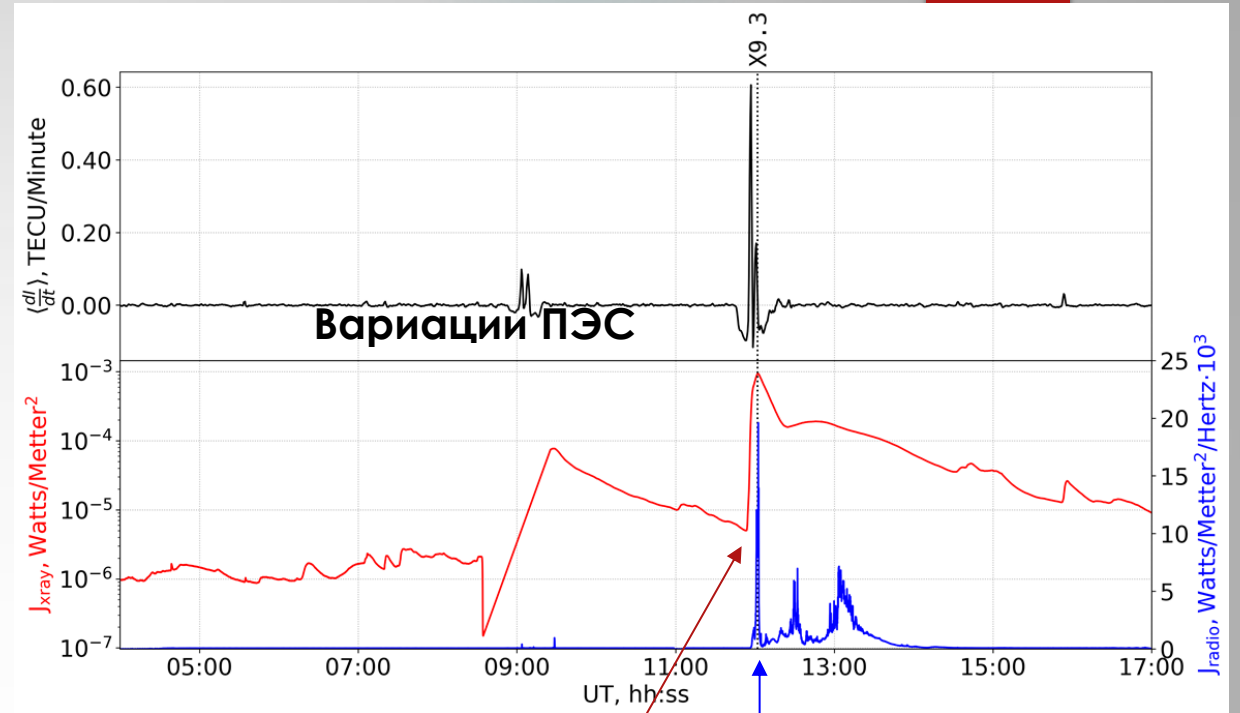
GLONASS

Сбои ПЭС и WTEC: средние широты

24.09.2011



06.09.2017



вспышка в рентгене

радиовсплеск

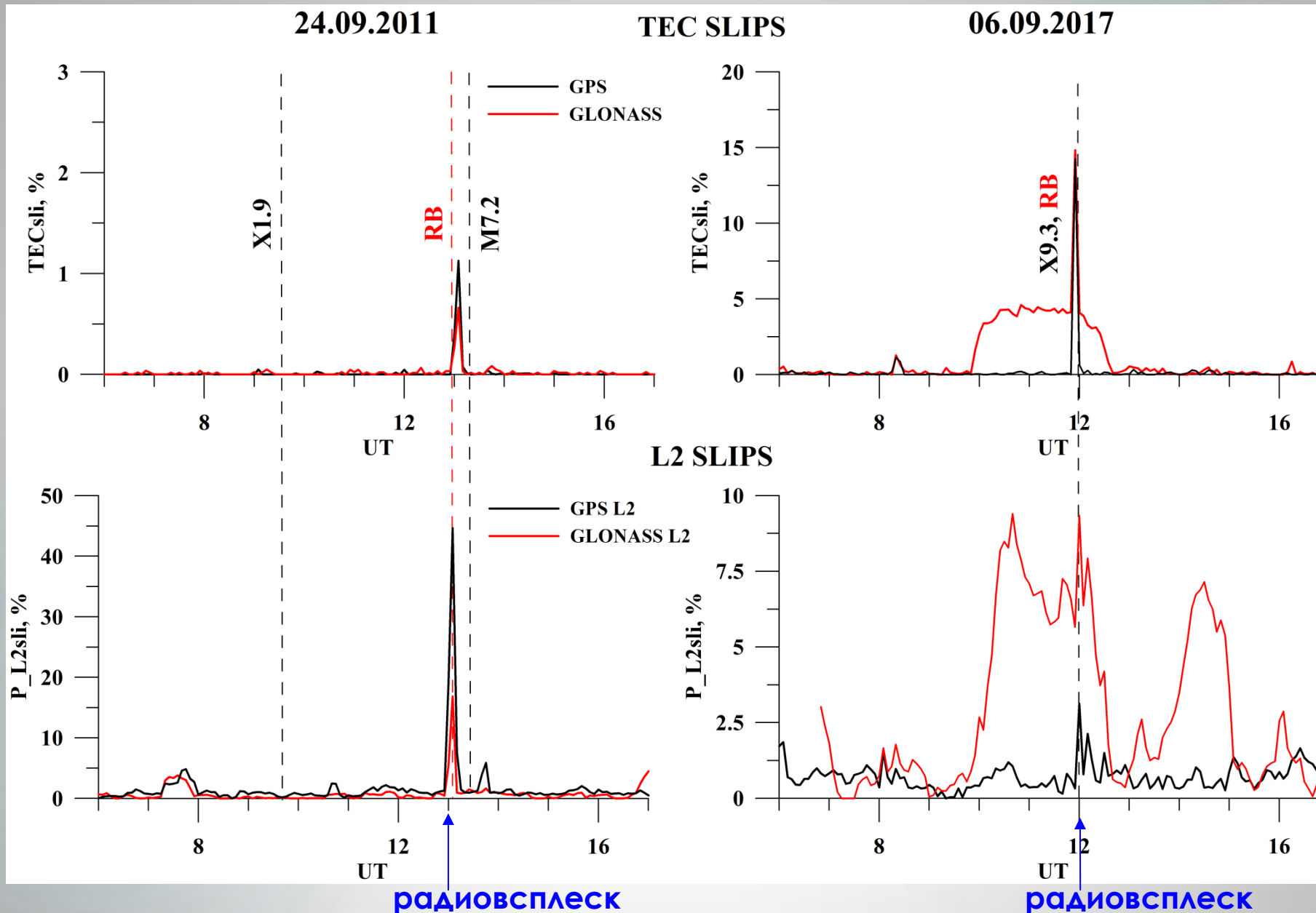
вспышка в рентгене

радиовсплеск

Солнечные вспышки

СБОИ ПЭС

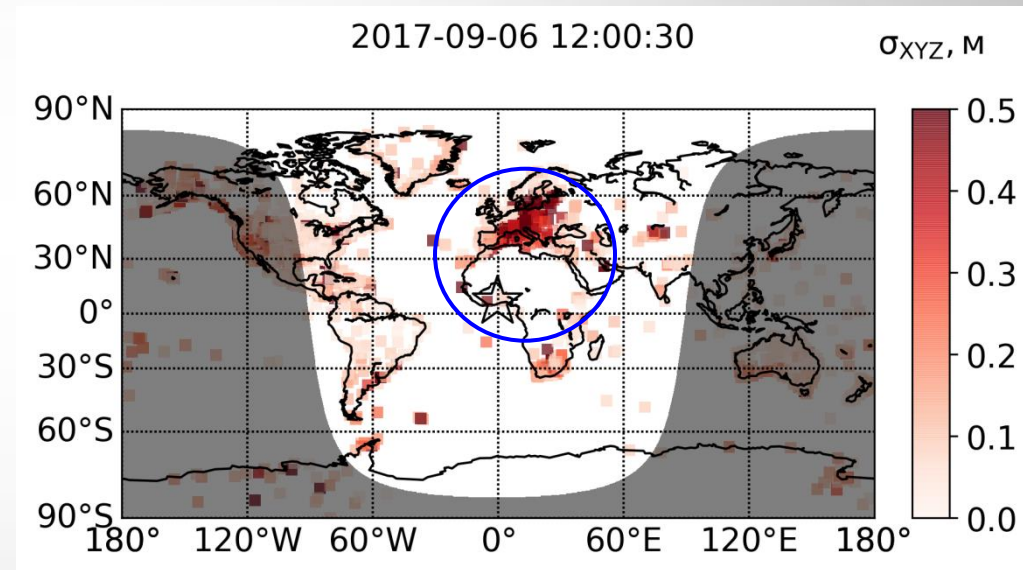
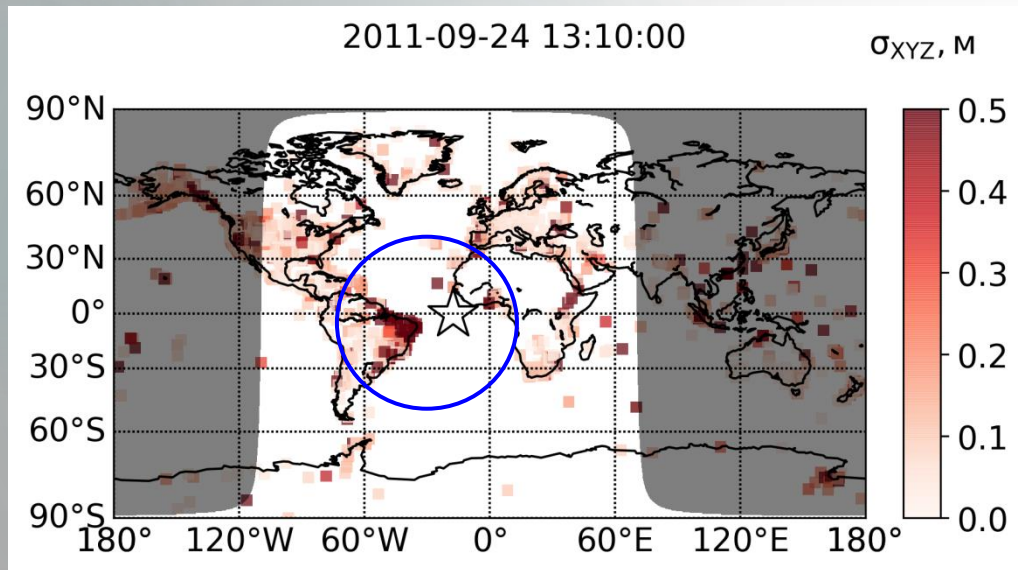
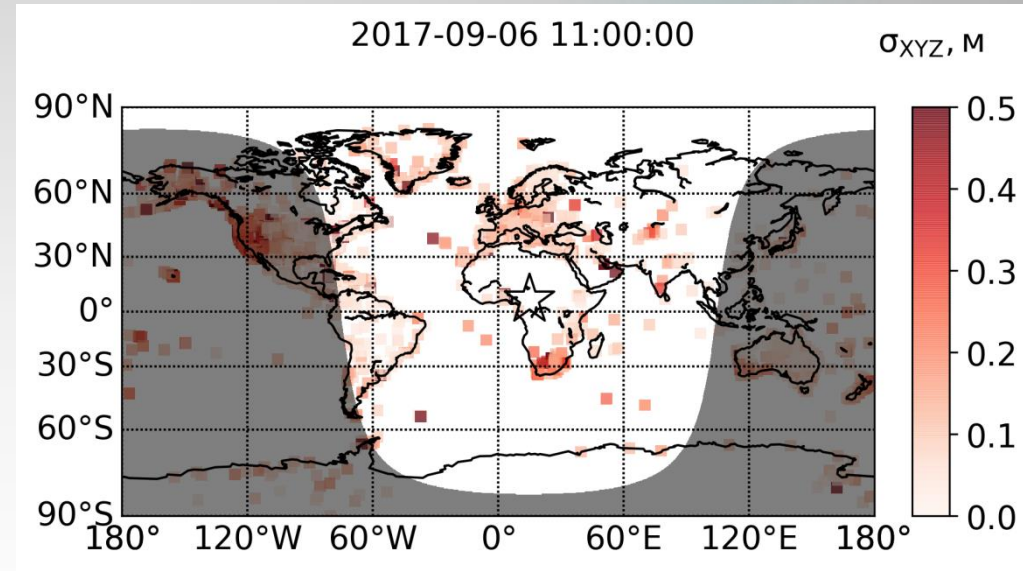
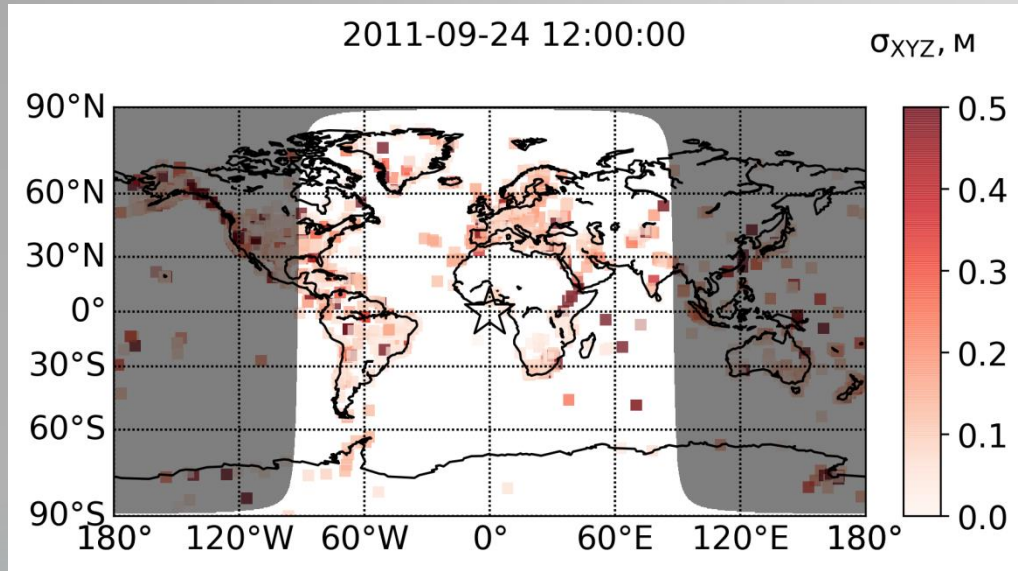
СБОИ L2



Сбои ПЭС во время солнечных вспышек

24.09.2011

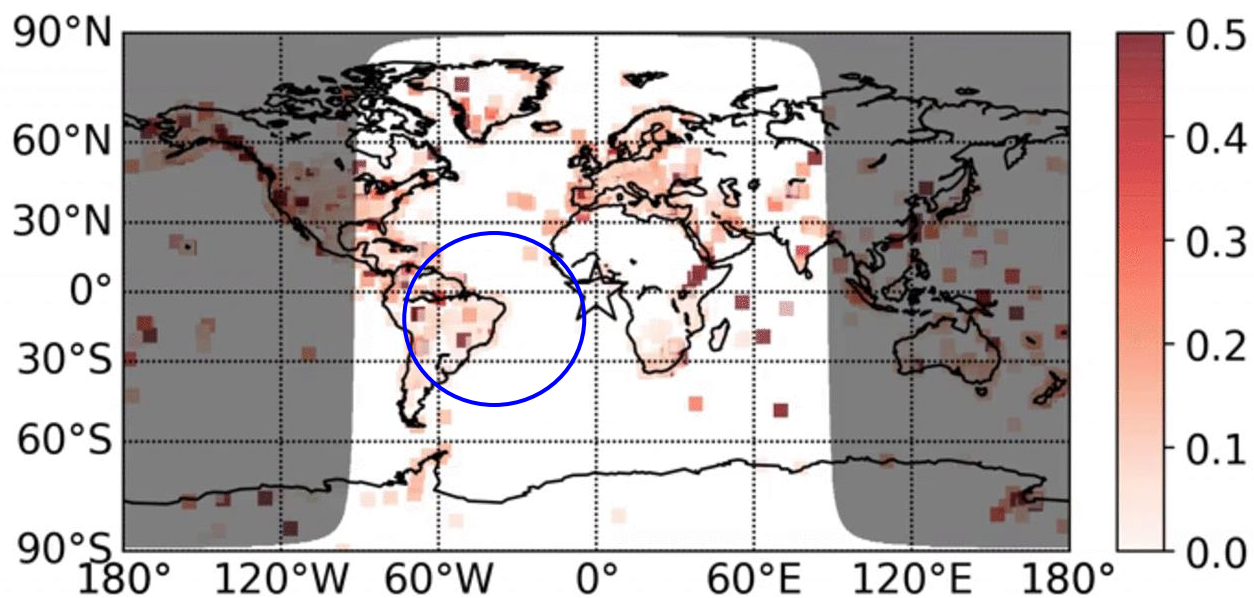
06.09.2017



Ошибки позиционирования

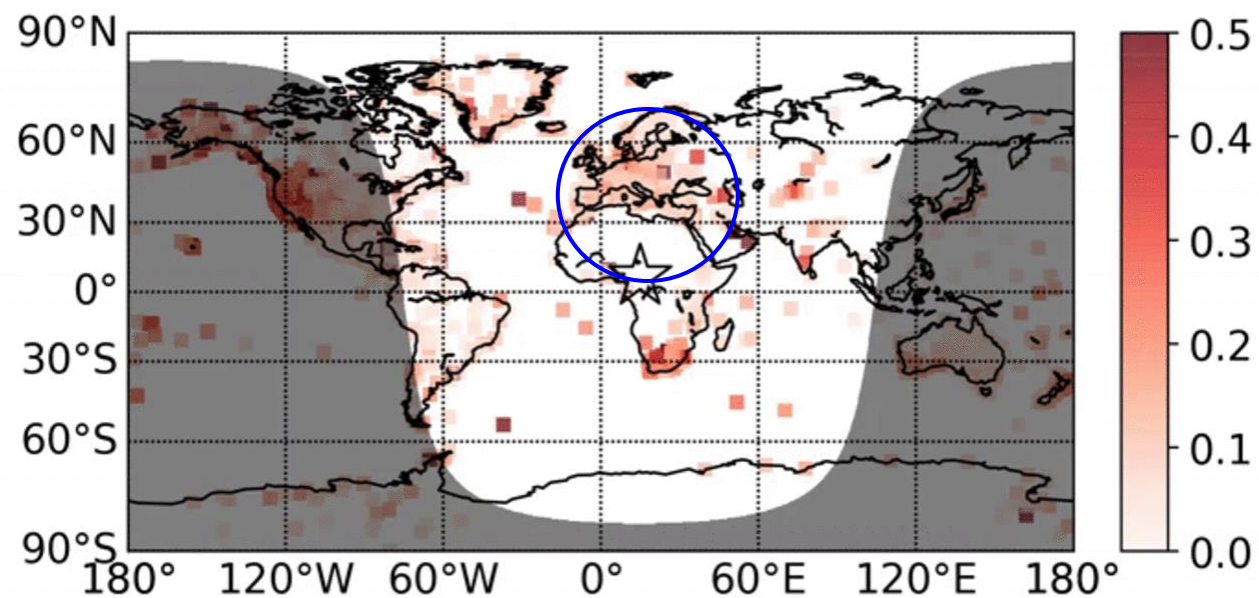
2011-09-24 12:00:00

σ_{XYZ} , M



2017-09-06 11:00:00

σ_{XYZ} , M



Ошибки позиционирования

- В распределениях сбоев ПЭС на высокоширотных станциях наблюдается выраженный суточный ход с максимумами вблизи солнечного терминатора, и сезонная зависимость с максимумами в равноденствия.
- На высоких широтах наблюдается зависимость вероятности сбоев ПЭС от уровня ионосферной возмущенности, определяемого с помощью индекса WTEC. Наибольший уровень корреляции наблюдается в ночное время и в зимний период.
- На средних широтах зависимость вероятности сбоев ПЭС от уровня ионосферной возмущенности не наблюдается.
- В периоды солнечных вспышек, сопровождаемых радиовсплесками, регистрируется увеличение плотности сбоев ПЭС и ошибки позиционирования в высокоточном режиме. При этом мощность вспышки в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах не имеет определяющего значения.



Спасибо за внимание!

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ № МК-3265.2019.5