

Всероссийская астрометрическая конференция «Пулково-2015»

Результаты обработки ГНСС-измерений в ИПА РАН

В. В. Суворкин, С. Л. Курдубов, И. С. Гаязов

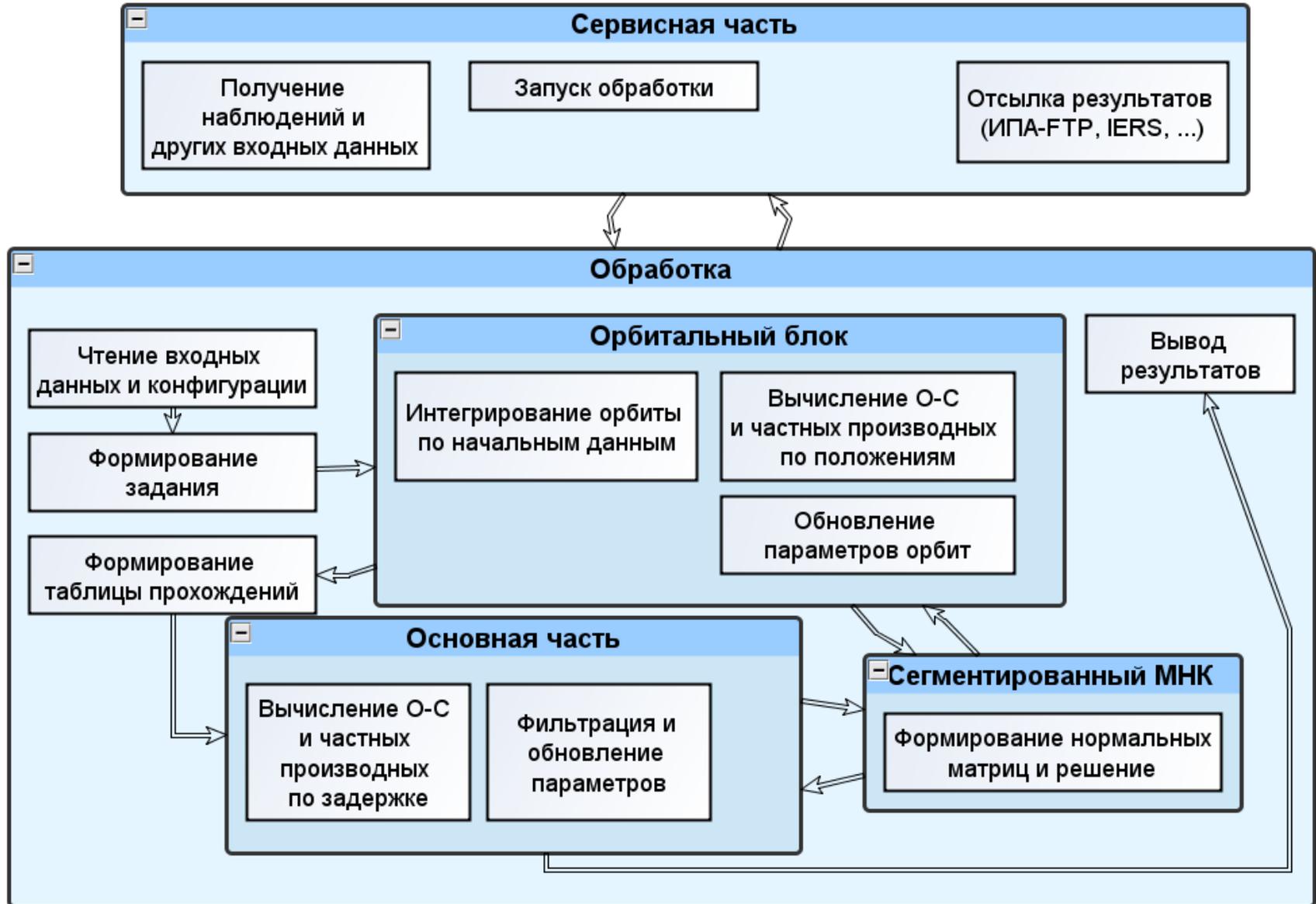
*Институт прикладной астрономии РАН,
г. Санкт-Петербург, Россия*

- Безразностные наблюдения GPS и ГЛОНАСС
- Следование рекомендациям IGS и IERS
- Обработка больших сетей станций (50-100-150 и больше)
- Гибкая система параметров
- Современные средства разработки
- Сегментированный МНК

Основной режим работы:

Служба ПВЗ (определение ПВЗ (X_p , Y_p , X_p_rate , Y_p_rate и **LOD**))

Схема обработки





Модели редуциций и обработки

- **Координаты станций:** положения и скорости в системе **IGb08**;
- **Модели смещений:** твердотельные приливы, океаническая нагрузка, полюсной прилив, согласно **IERS 2010**
- **Геометрическая модель:** эксцентриситеты антенн, абсолютные калибровки фазовых центров (обновляемые данные **IGS08.atx**), учёт изменения взаимной ориентации антенн (**Wind-Up Effect**)
- **Распространение сигнала:** полная зенитная задержка с картирующей функцией **GMF** (IERS), горизонтальные градиенты с картирующей функцией **Херринга**
- **Релятивистские эффекты:** эффект **Шапиро**, коррекция часов спутника
- **Трансформация систем координат:** **IAU 2006** precession + **IAU 2000A** nutation, **ПВЗ** с учётом внутрисуточных вариаций.

-
- 24-h серии наблюдений (RINEX)
 - Ионосферно-свободные комбинации фазовых и кодовых (с малым весом) измерений ГЛОНАСС и GPS с 30-секундным шагом.
 - Вещественные фазовые неоднозначности

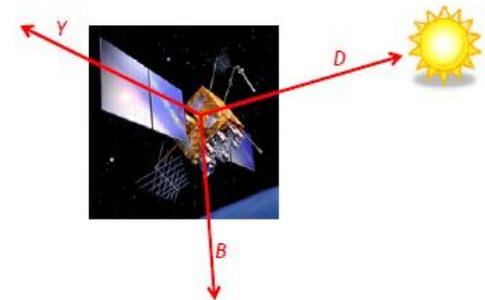
Моделирование орбиты:

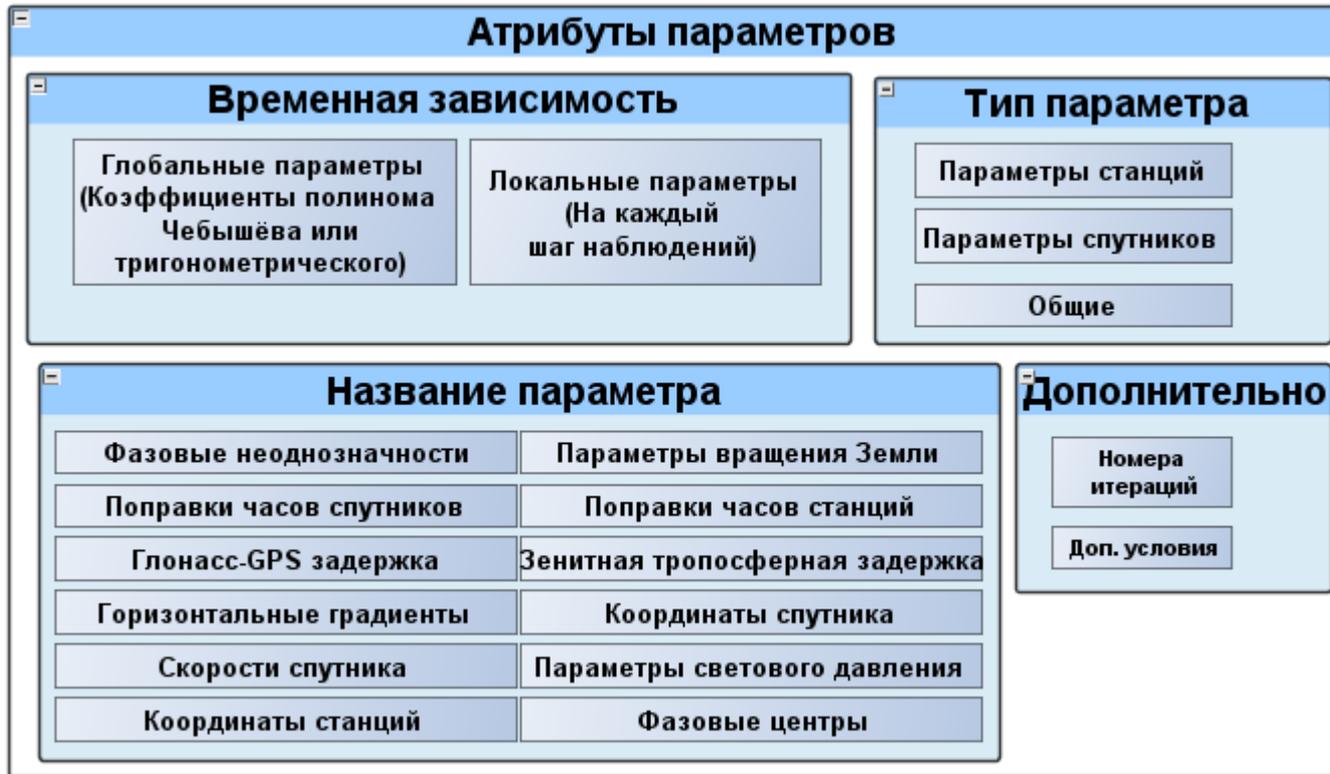
- В небесной системе
- Модель прецессии и нутации: IAU 2006A + IAU 2000A
- статический геопотенциал по рекомендациям **IERS 2010 Ch.6** (на основе **EGM2008**, усечённый до степени и порядка **12** + приливные коррекции)
- Коническая функция тени
- Постньютоновские коррекции (поле Шварцшильда)

Модели светового давления:

- «Старая» модель - Гаязов, 2002 (априорная модель (~РОСК) + 3 эмпирических параметра – **для GPS**)
- 9/5-параметрическая модель – **для GPS и ГЛОНАСС**

$$\begin{bmatrix} D(u) \\ Y(u) \\ B(u) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_0 \\ Y_0 \\ B_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D_C \\ Y_C \\ B_C \end{bmatrix} \cdot \cos(u) + \begin{bmatrix} D_S \\ Y_S \\ B_S \end{bmatrix} \cdot \sin(u)$$





Векторы параметров

Матрицы частных производных

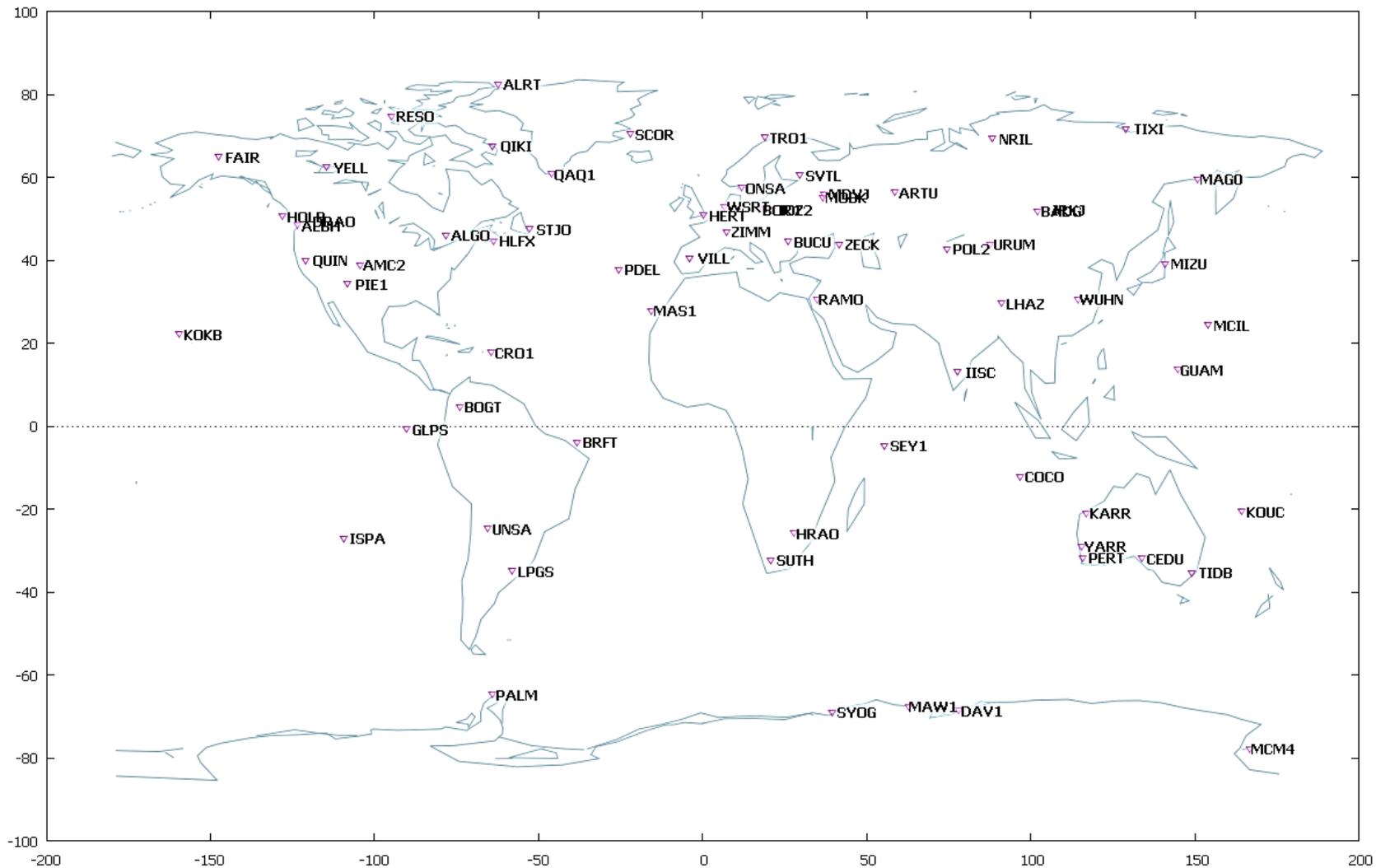
X	Y1	Y2	Y3	...	Ym	Z
A1	B1					Z1
A2		B2				Z2
A3			B3			Z3
...			
Ak					Bk	Zk

Режим обработки

- **GPS** ~60-70 станций, ежедневно за прошедшие сутки.
- **ГЛОНАСС** – в тестовом режиме.
- **GPS+ГЛОНАСС** – планируется.

Определяются:

- ПВЗ
- фазовые неоднозначности
- орбиты спутников и параметры СД
- поправки часов
- тропосфера и градиенты.



- Тропосфера оценивается как полином Чебышёва 12-й степени
В сравнении с данными IGS, 2015 год:

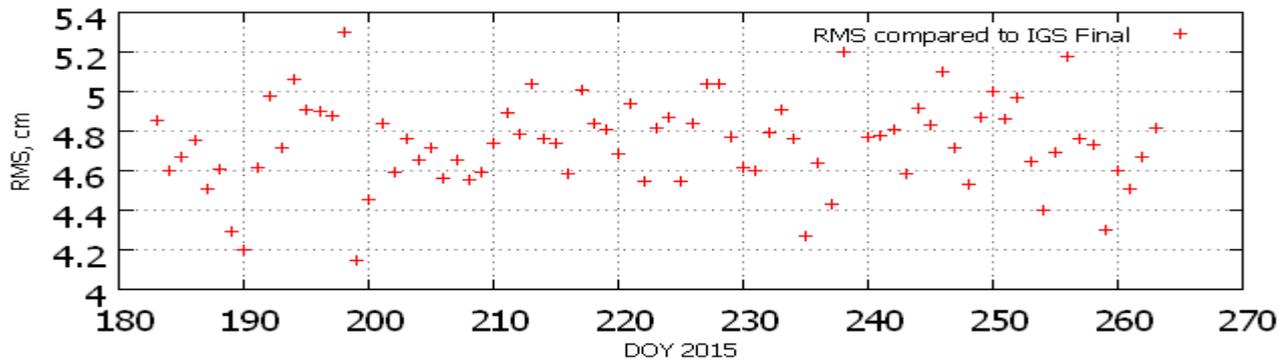
ID	mean (mm)	rms (mm)	std (mm)
SVTL	3.9	4.8	2.9
ZECK	-2.2	3.6	2.9
BADG	-3.7	4.8	3.1

- Часы оцениваются независимо на каждый шаг наблюдений для каждой станции и спутника.

В сравнении с IGS (по отдельным дням):

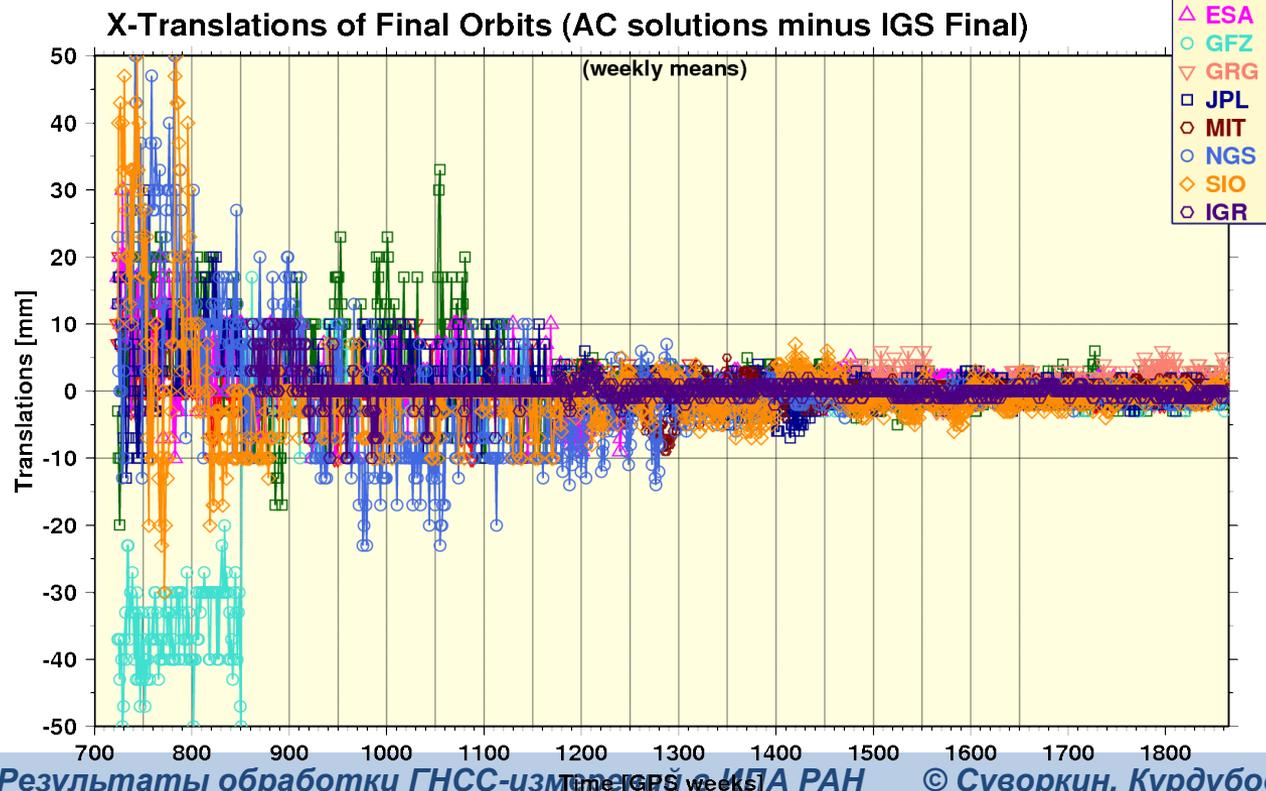
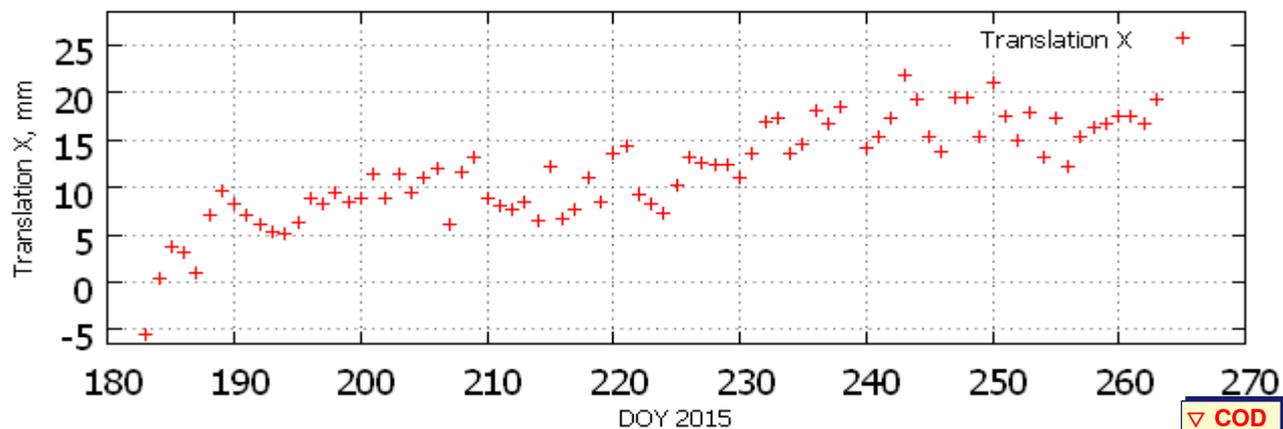
	rms (ps)	std (ps)
satellites	~400-800	~50-90
stations	~500-800	~80-150
sat-sat diff.	~40-100	~20-50
sta-sta diff.	~90-130	~20-50

- Орбиты **GPS**, «старая» модель СД:
от 2.5 до 5.5 см (50-70 станций)

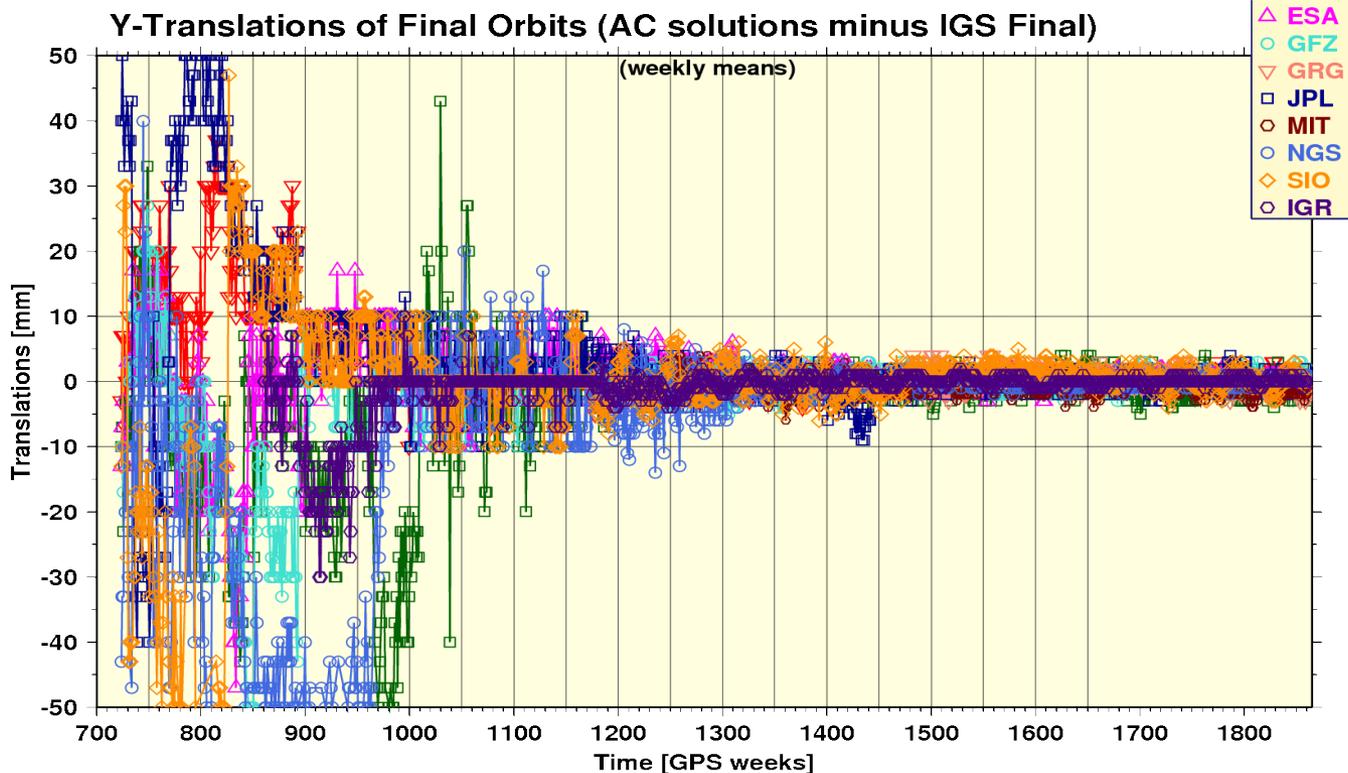
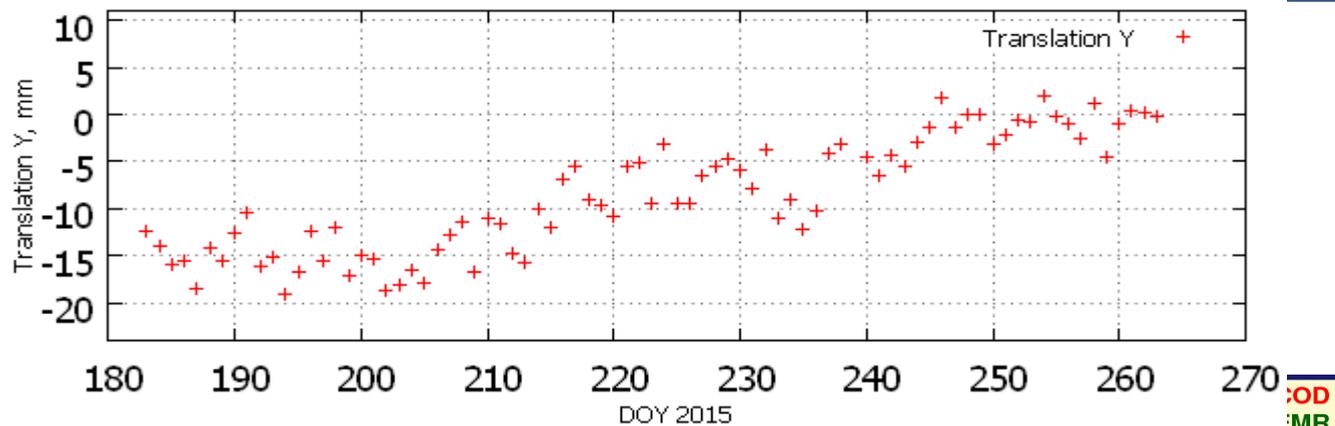


- Орбиты **GPS**, новая модель СД:
от 2.5 до 5.5 см (>100 станций с ГЛОНАСС)
- Орбиты **ГЛОНАСС**, новая модель СД: ~7-11см, (~60 станций),
~3-6 см (совместно с GPS, > 100 станций)

X-Translation

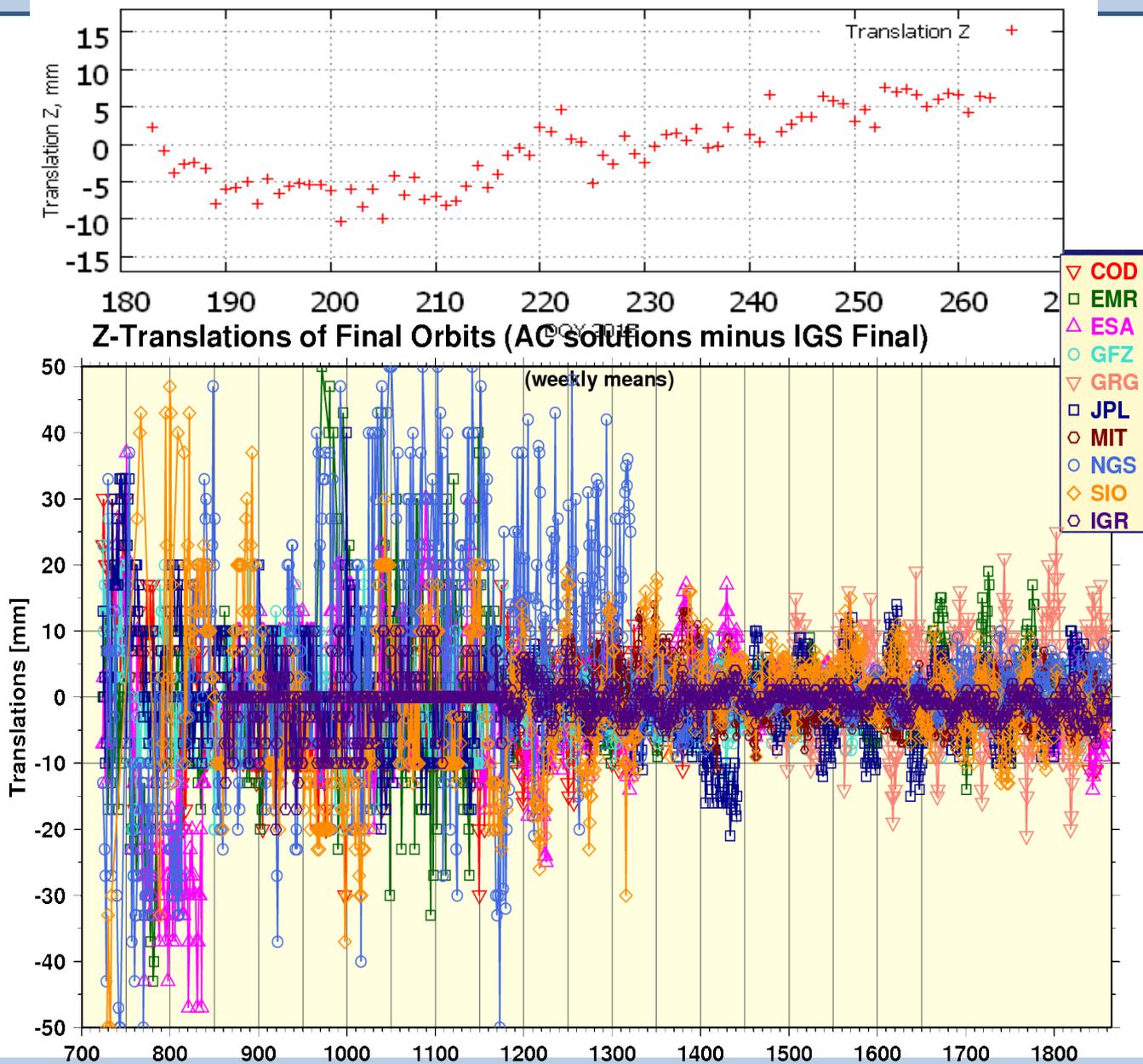


Y-Translation

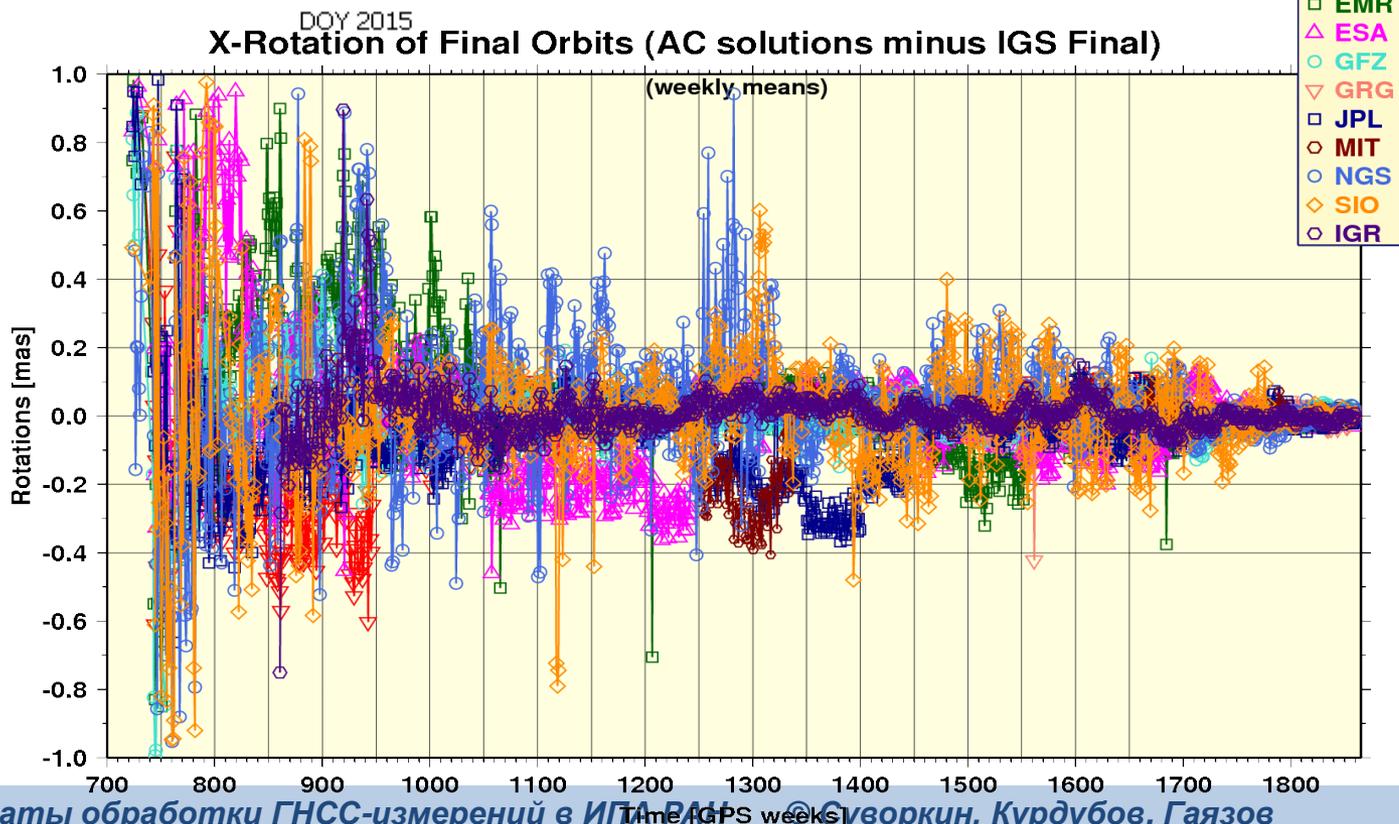
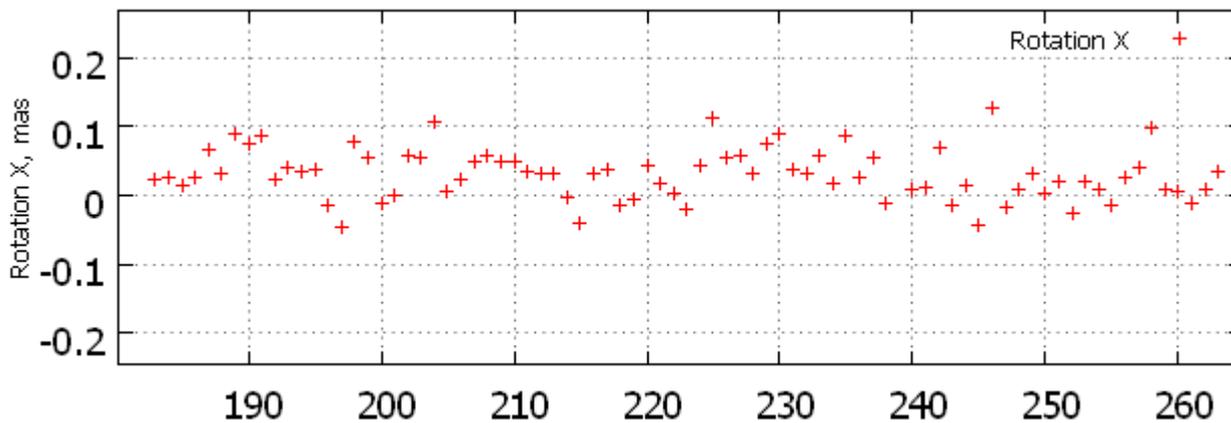


NOAA NGS, 19.09.2015 19:19 (GMT)

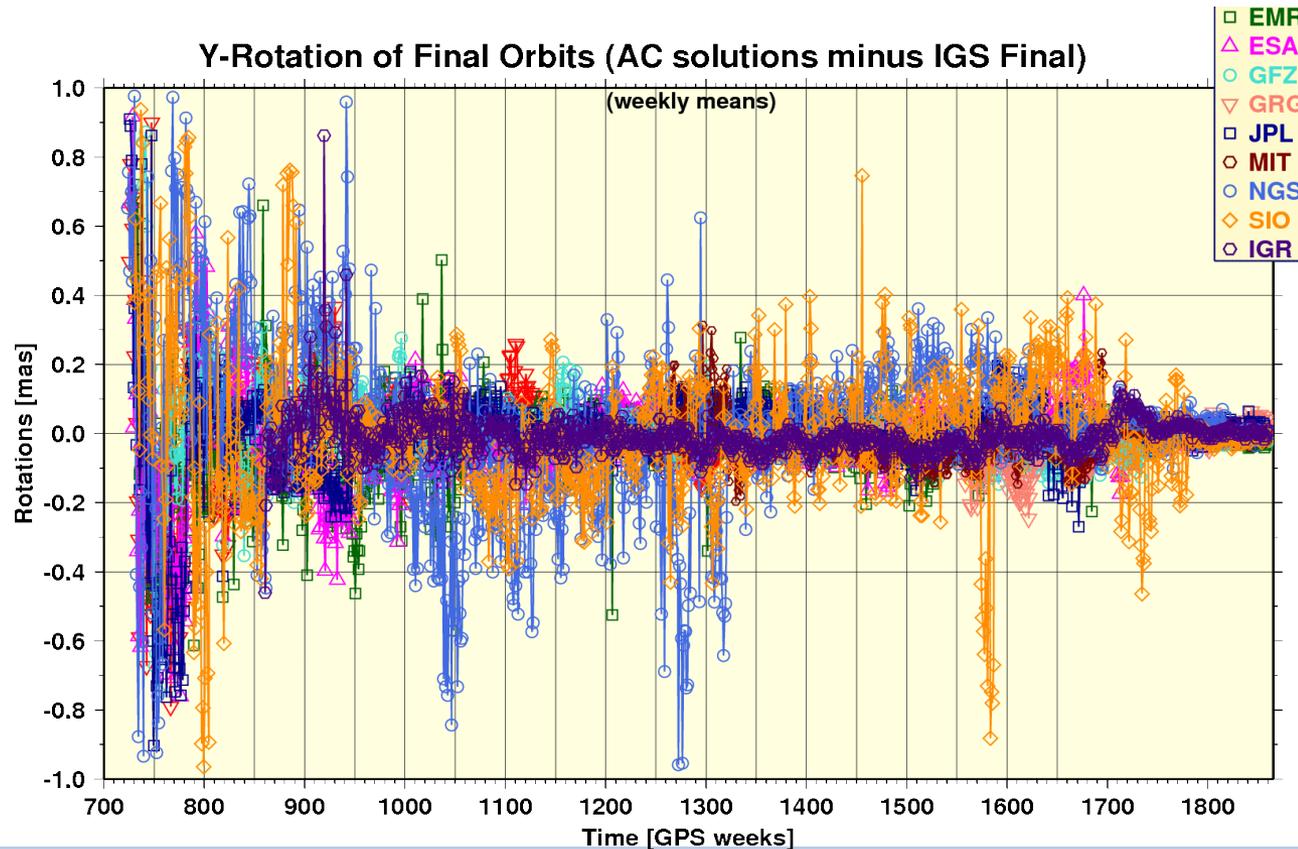
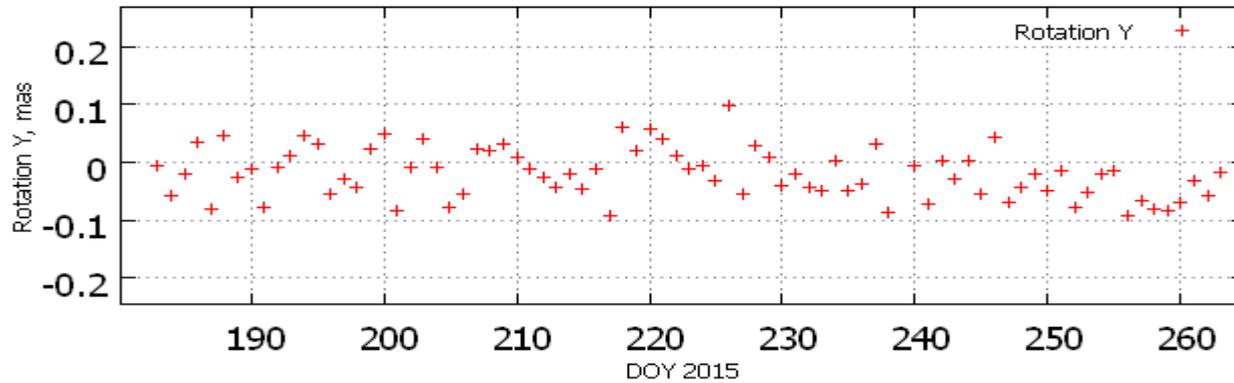
Z-Translation



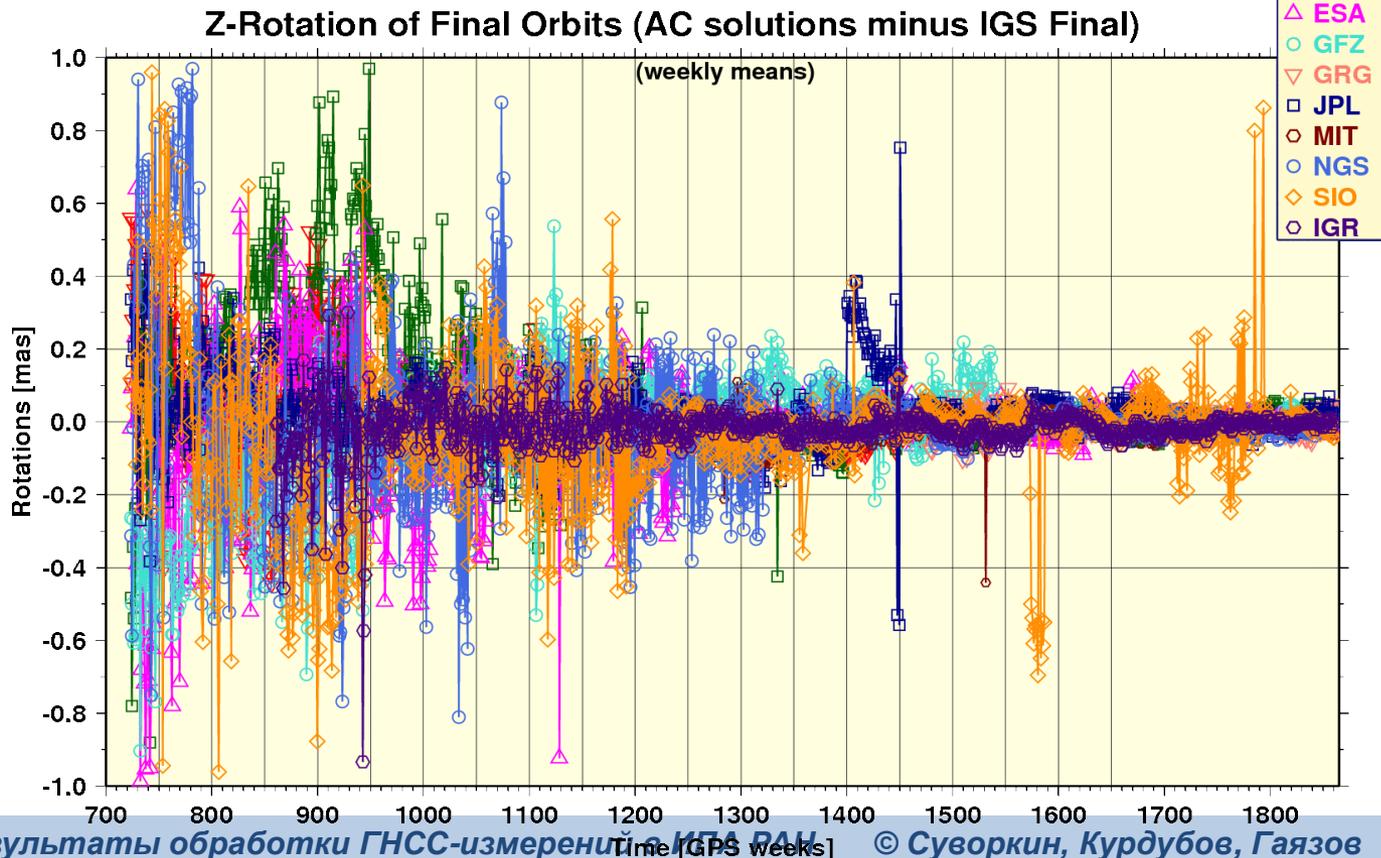
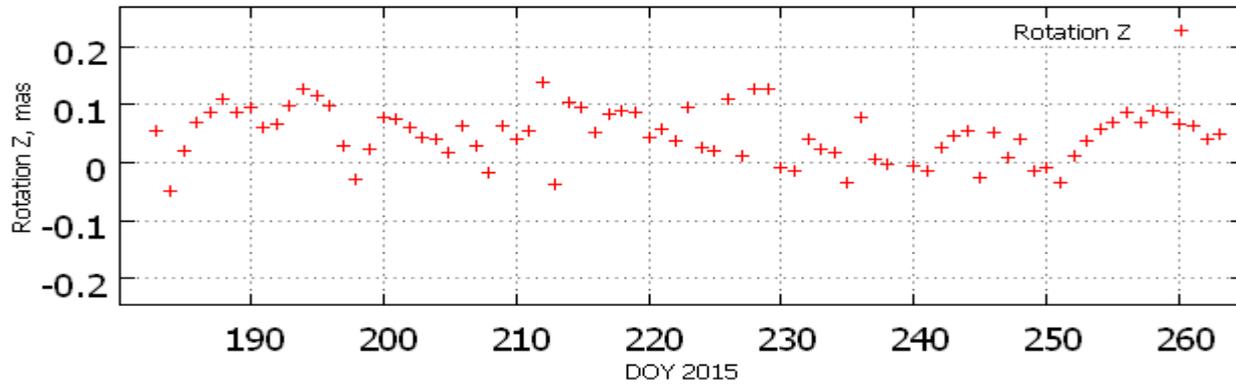
X-Rotation



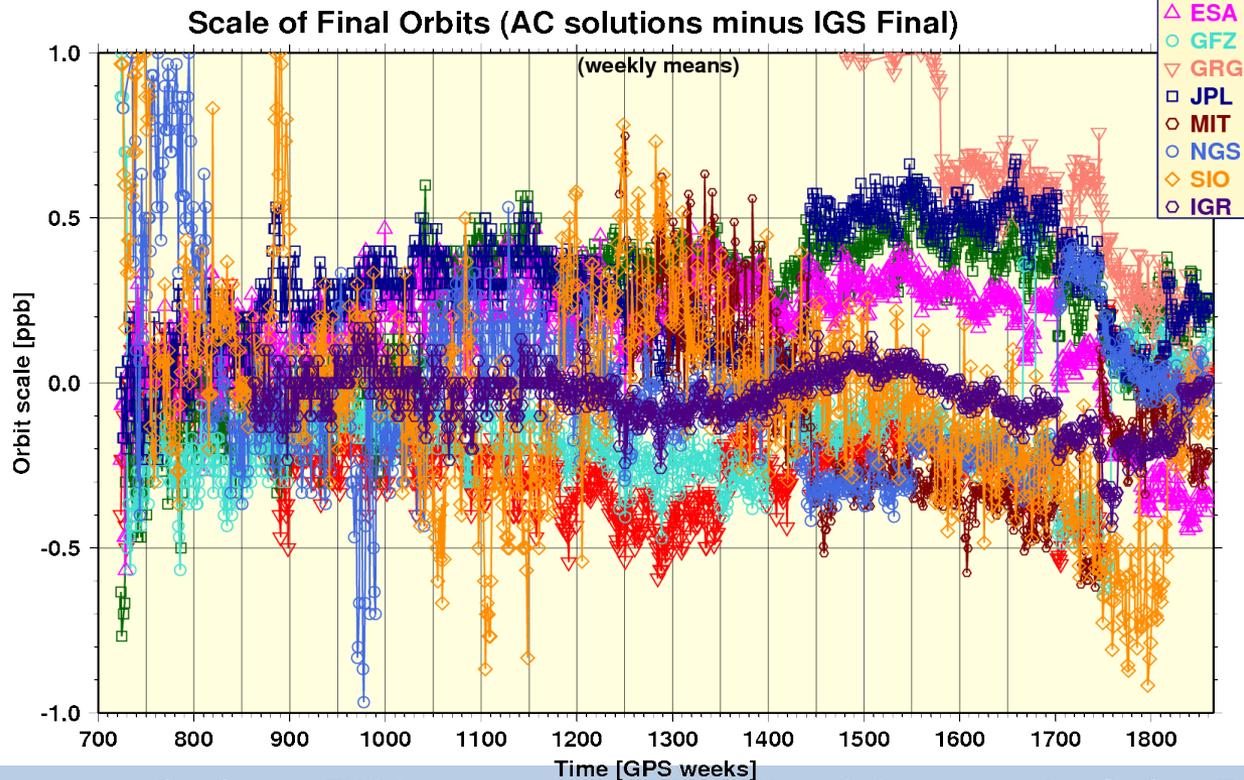
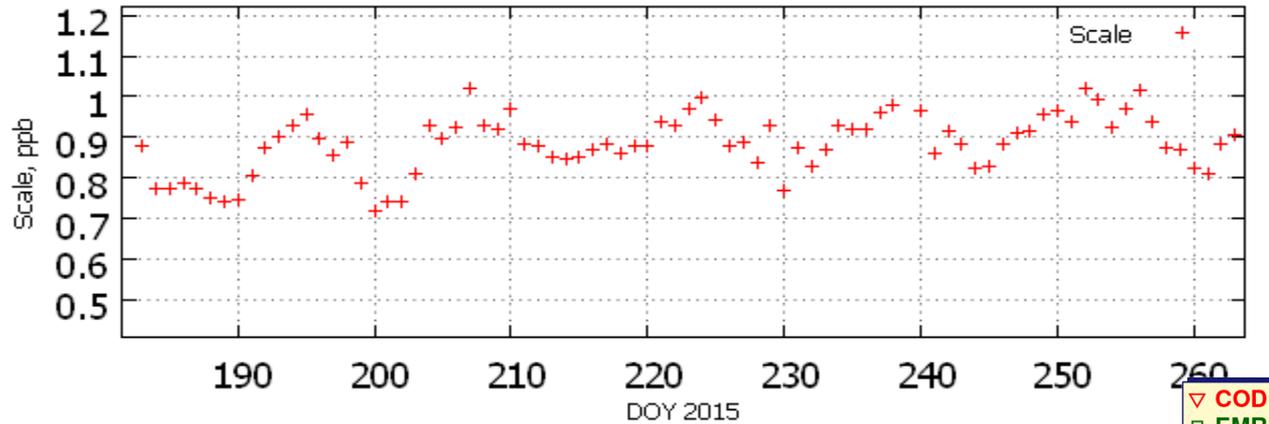
Y-Rotation



Z-Rotation



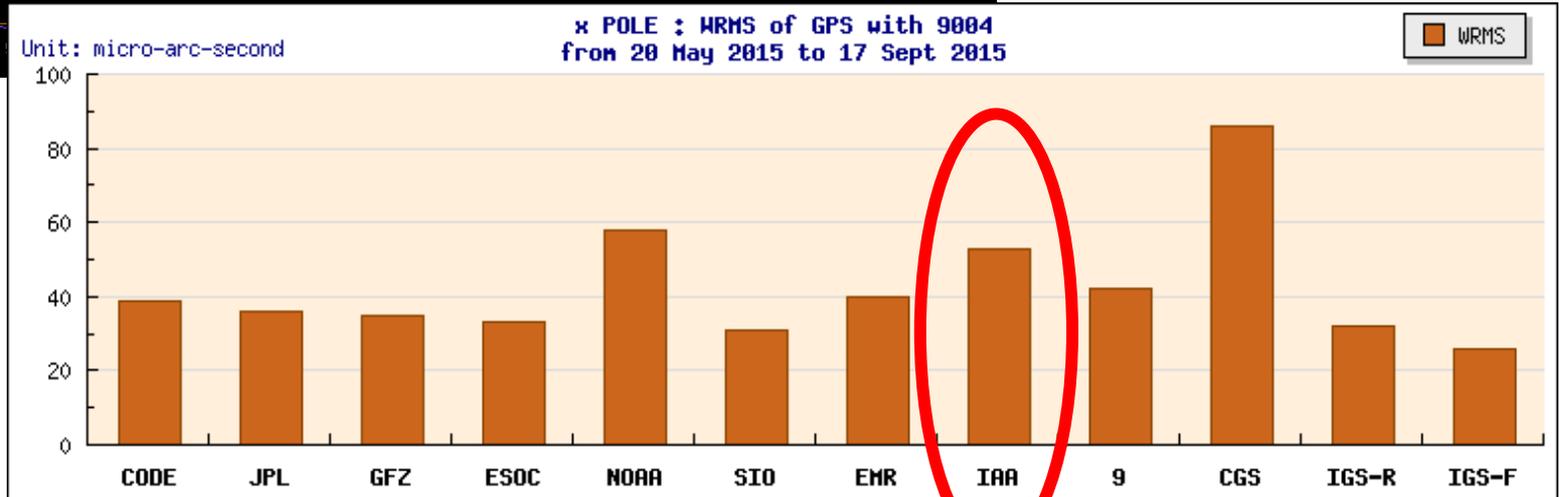
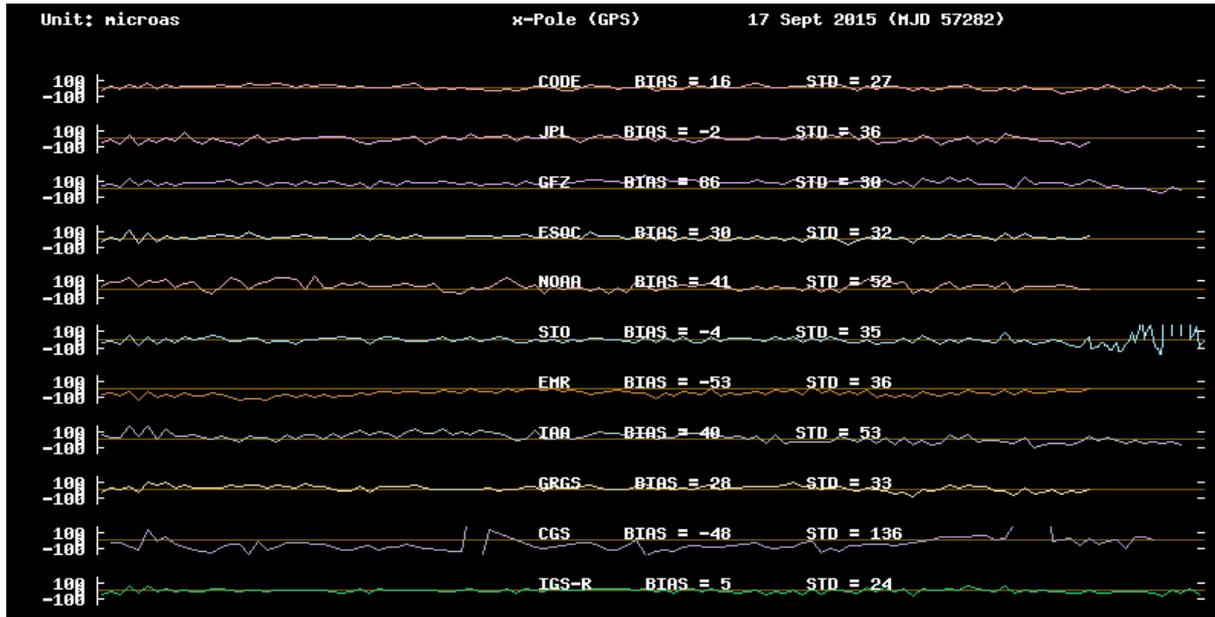
Scale



Временной интервал	Хр, мкс дуги	Ур, мкс дуги	LOD, мкс
Янв. 2015	37	50	10
Фев. 2015	36	41	12
Мар. 2015	39	53	7
Апр. 2015	43	36	12
Май. 2015	35	56	12
Июн. 2015	54	43	13
Июл. 2015	44	42	8
Авг. 2015	38	52	9



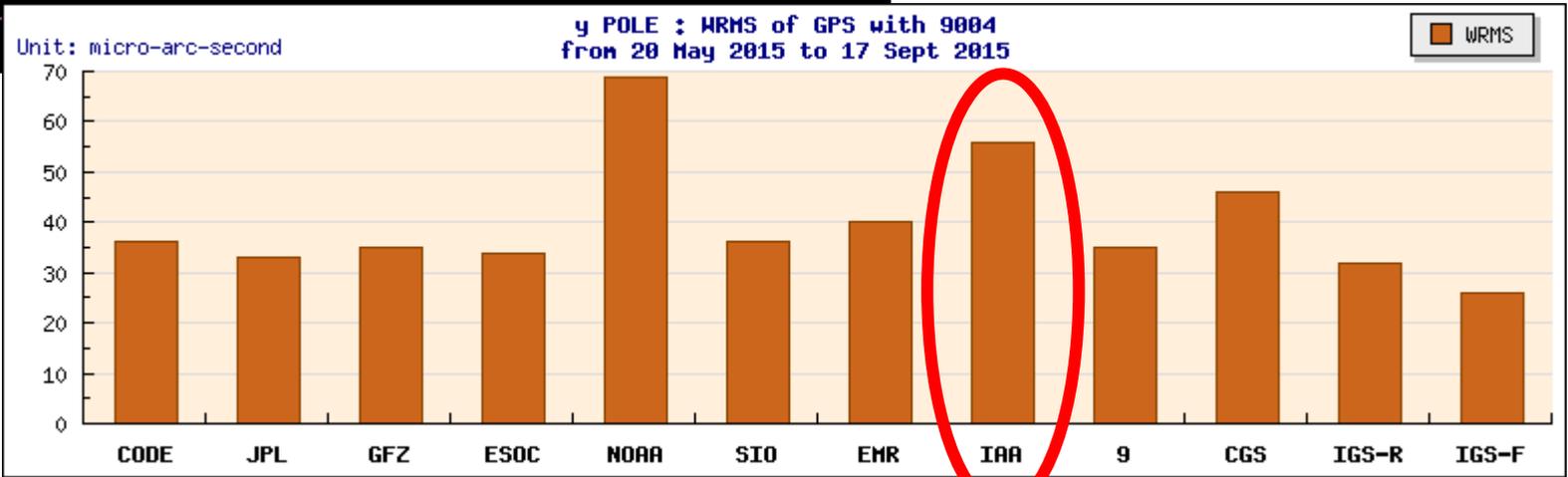
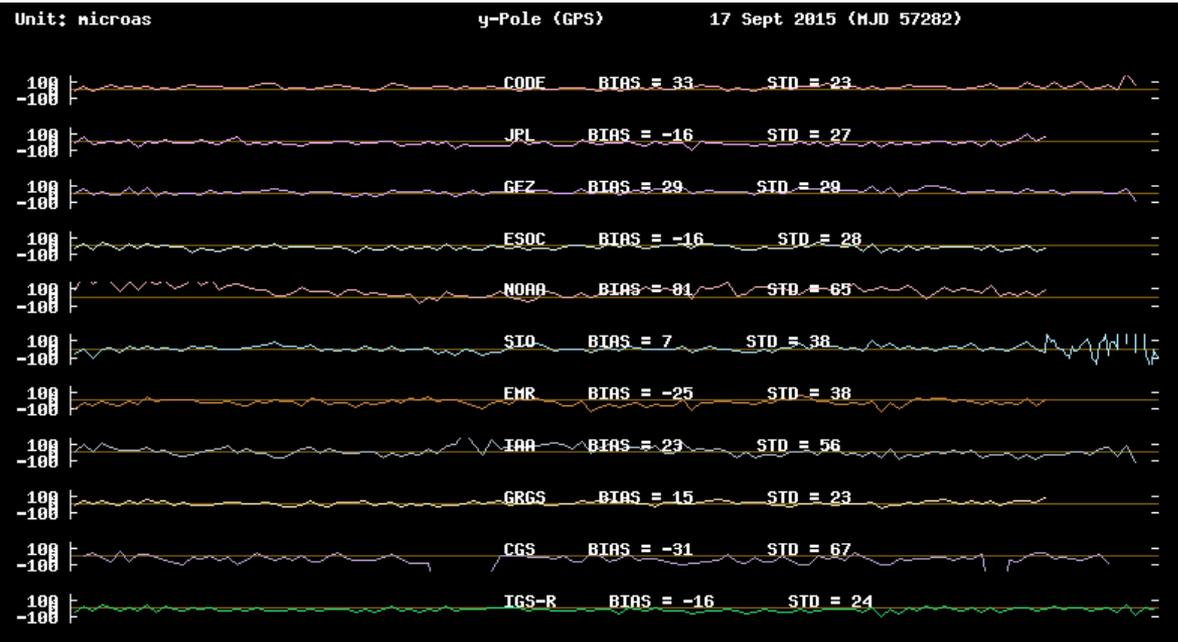
Результаты ПВЗ, X_p



hpiers.obspm.fr/eop-pc/products/combined/verif.html



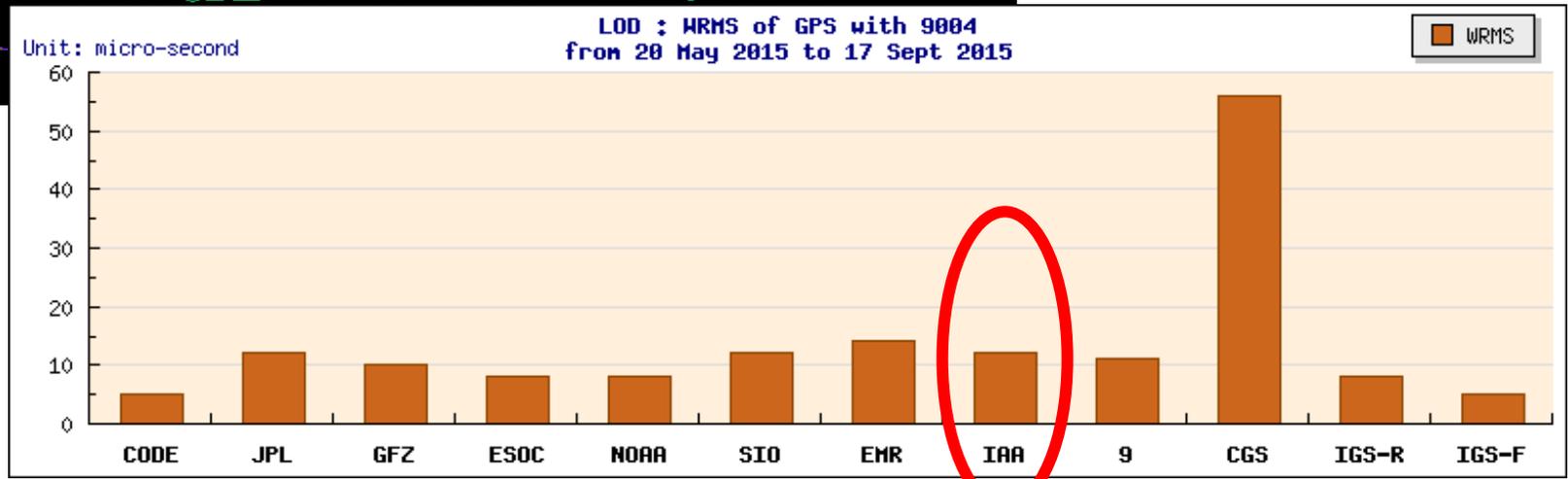
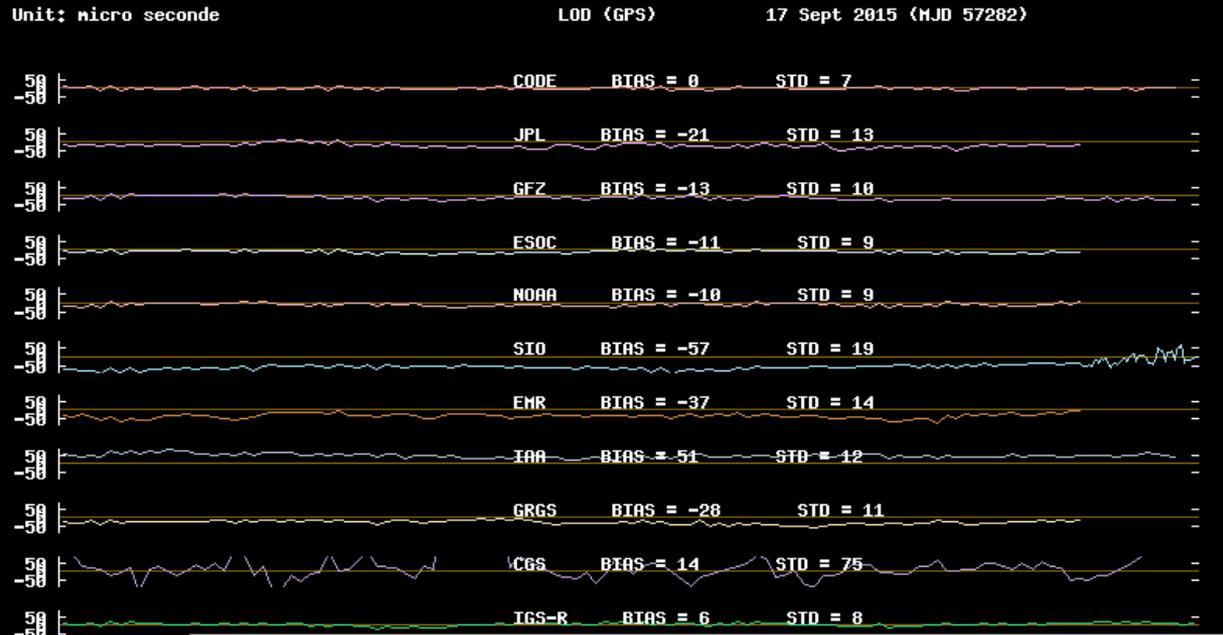
Результаты ПВЗ, Y_p



hpiers.obspm.fr/eop-pc/products/combined/verif.html



Результаты ПВЗ, LOD



hpiers.obspm.fr/eop-pc/products/combined/verif.html

Развитие программного пакета:

- совершенствование модели светового давления
- учёт атмосферной нагрузки
- комбинированная обработка
- включение лазерных ГНСС-измерений

Развитие службы ПВЗ:

- Регулярная ГЛОНАСС+GPS обработка > 120 станций
- Вывод всех результатов в принятых в IGS форматах
- Доступ к результатам обработки для всех

Вычисления вне ГНСС-службы:

- Уточнение параметров физических моделей, отдельные координатные решения и др.

Спасибо
за
внимание!