



# Текущее состояние общеземной системы координат ГЛОНАСС

Докладчик: ИГОРЬ ГУСЕВ

ШЕСТНАДЦАТОЕ ЗАСЕДАНИЕ МЕДУНАРОДНОГО КОМИТЕТА ПО  
ГЛОБАЛЬНЫМ НАВИГАЦИОННЫМ СПУТНИКОВЫМ СИСТЕМАМ

МКГ-16

9 – 14 октября 2022 г.

Абу-Даби, Объединённые Арабские Эмираты

# Содержание



- **Часть I:** Развитие системы координат ПЗ-90.11 на территории Российской Федерации
- **Часть II:** Оценка совместимости земных систем координат (ЗСК), распространяемых ГНСС, на основе обработки орбитальных данных
- **Часть III:** Сравнение оценок совместимости земных систем координат, распространяемых в навигационных сообщениях ГЛОНАСС и GPS в течение 8-недельного периода 2019 г., полученных Национальным агентством геопроостранственной разведки (США) и ИАЦ КВНО АО «ЦНИИмаш» (РФ)



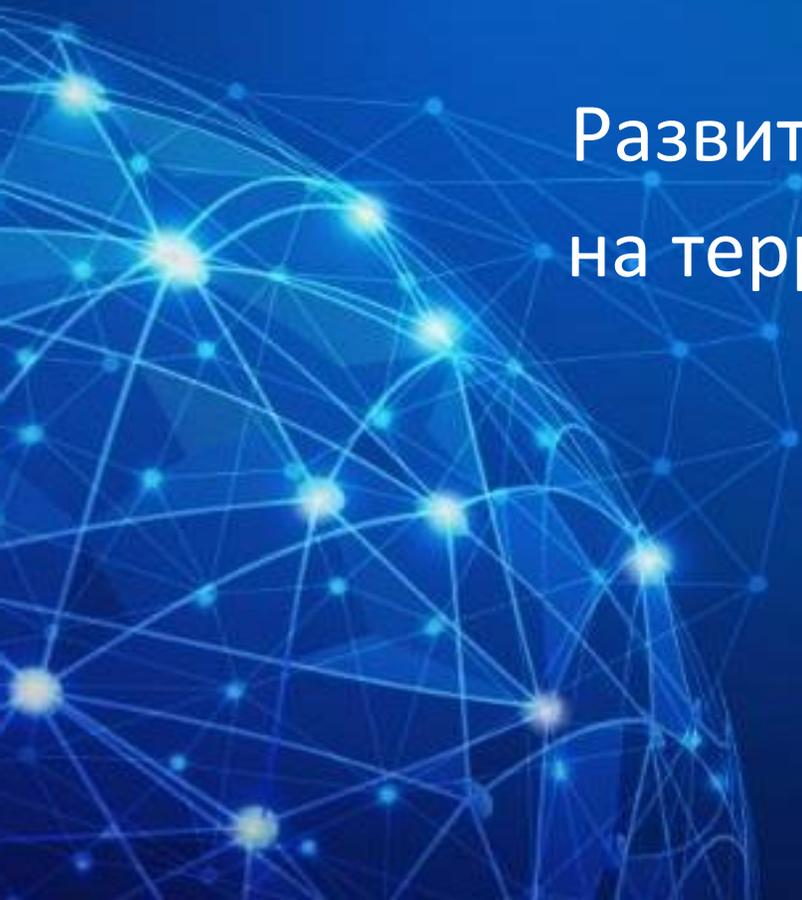
International Committee on  
Global Navigation Satellite Systems





# Часть I

Развитие системы координат ПЗ-90.11  
на территории Российской Федерации



# Государственные системы координат в Российской Федерации



Параметр	ГСК-2011	ПЗ-90.11
Назначение	Для геодезических и картографических работ	Для геодезического обеспечения орбитальных полётов и решения навигационных задач
Статус системы координат	Региональная (национальная)	Глобальная
Эпоха	01.01.2011	01.01.2010
Геоцентрическая гравитационная постоянная, км <sup>3</sup> /с <sup>2</sup> (включая атмосферу)	398 600,4415	398 600,4418
Угловая скорость вращения Земли, рад/с	7,292 115×10 <sup>-5</sup>	7,292 115×10 <sup>-5</sup>
Экваториальный радиус общеземного эллипсоида, м	6 378 136,5	6 378 136,0
Сжатие общеземного эллипсоида	1/298,2564151	1/298,25784
Геодезическая сеть	Государственная геодезическая сеть (ФАГС)	Космическая геодезическая сеть (КГС)
Количество опорных пунктов	47	9

# Развитие общеземной системы координат ПЗ-90.11 в Российской Федерации



- ✔ 47 опорных станций ФАГС (фундаментальная астрономо-геодезическая сеть) определены в системе ПЗ-90.11.
- ✔ Станции ФАГС используются в обеих системах координат.
- ✔ В настоящее время система координат ПЗ-90.11 базируется на 56 опорных станциях на территории Российской Федерации.
- ✔ Строительство новых опорных станций ФАГС осуществляется в соответствии с техническими требованиями Международной службы по ГНСС (IGS).

## Часть II

Оценка совместимости земных систем координат,  
распространяемых ГНСС на основе обработки  
орбитальных данных

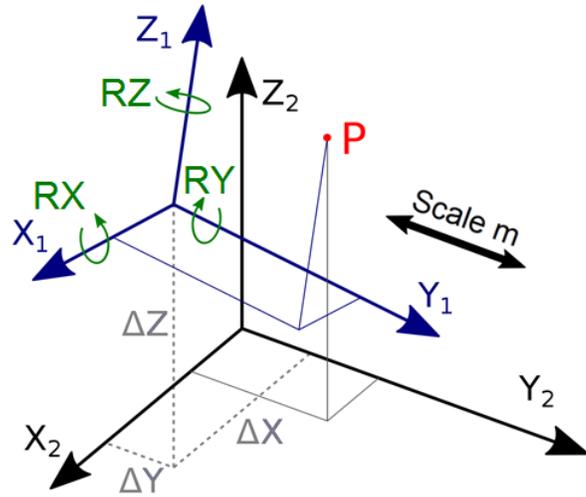
# Ряды данных, используемые для определения параметров преобразования



Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения (ИАЦ КВНО)

<https://www.glonass-iac.ru>

# Определение параметров преобразования ЗСК. Математический формализм



$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  – 3 параметра, определяющие начало ЗСК

$RX, RY, RZ$  – 3 угла вращения, определяющие ориентацию ЗСК

$m$  – масштабный коэффициент

Единицы измерения для всех 7 параметров – **см.**

Углы вращения и масштаб выражены через значение среднего радиуса Земли

$R_e = 6\,371\,000,0$  м

1 угл. миллисек. (mas) =  $10^{-3}$  угл. сек.

1 mas = 3,09 см в  $R_e$

1 часть на миллиард (ppb) =  $10^{-9}$

1 ppb = 0,64 см в  $R_e$

Суточное решение  $x_i = (\Delta X, \Delta Y, \Delta Z, RX, RY, RZ \text{ or } m)_i$ .

Среднее значение за год  $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$

где  $n$  – количество суточных решений.

Корень из суммы квадратов есть

$$RSS_7 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2 + \omega_x^2 + \omega_y^2 + \omega_z^2 + m^2}$$

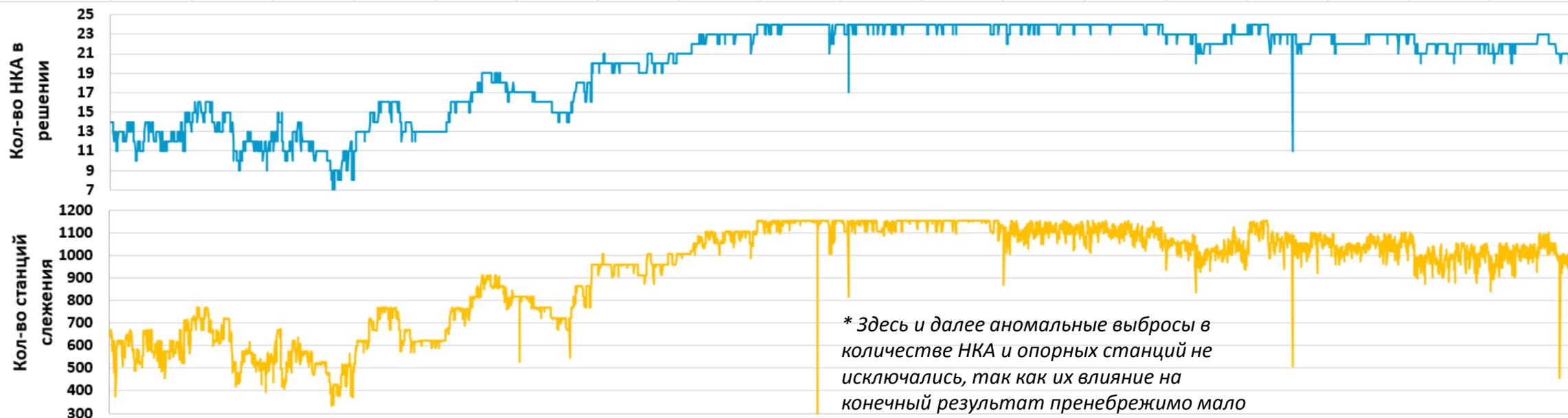
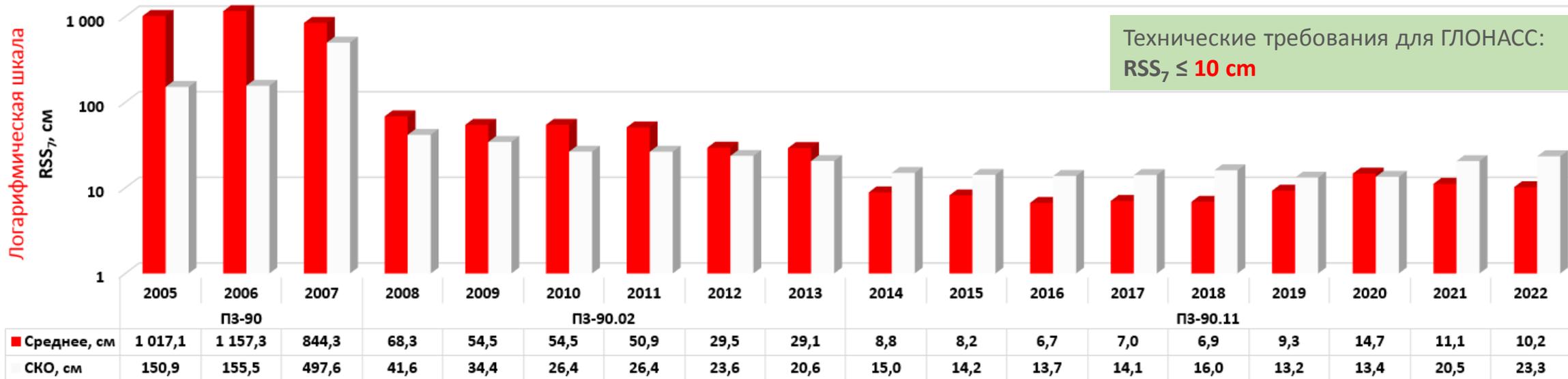
Стандартное отклонение (СКО)  $StD = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$

# Параметры преобразования Гельмерта между ПЗ-90 и МЗСК (ITRF), полученные из обработки орбитальных данных ГЛОНАСС в ИАЦ КВНО



ЗСК	Год	Кол-во решений	Значение	$\Delta X$ , м	$\Delta Y$ , м	$\Delta Z$ , м	$R_X \times 10^{-6}$ , рад	$R_Y \times 10^{-6}$ , рад	$R_Z \times 10^{-6}$ , рад	m, ppb	$\Delta X$ , см	$\Delta Y$ , см	$\Delta Z$ , см	RX, см	RY, см	RZ, см	m, см	RSS <sub>7</sub> , см
ПЗ-90	2005	171	Среднее	-0,003	0,006	-0,683	0,146	0,055	-1,585	2,202	-0,3	0,6	-68,3	93,1	35,2	-1009,9	1,4	<b>1017,1</b>
			СКО	0,095	0,093	0,708	0,077	0,122	0,150	2,065	9,5	9,3	70,8	49,2	77,5	95,6	1,3	150,9
	2006	365	Среднее	0,000	-0,004	-0,754	-0,032	-0,023	-1,812	1,673	0,0	-0,4	-75,4	-20,3	-14,9	-1154,6	1,1	<b>1157,3</b>
СКО			0,088	0,095	0,736	0,105	0,133	0,131	2,827	8,8	9,5	73,6	66,9	84,6	83,3	1,8	155,5	
2007	365	365	Среднее	-0,001	0,013	-0,398	-0,003	-0,001	-1,324	1,048	-0,1	1,3	-39,8	-1,8	-0,7	-843,3	0,7	<b>844,3</b>
			СКО	0,113	0,117	0,472	0,029	0,038	0,776	3,100	11,3	11,7	47,2	18,3	24,2	494,1	2,0	497,6
ПЗ-90.02	2008	366	Среднее	0,001	-0,006	0,252	0,000	0,001	-0,100	1,179	0,1	-0,6	25,2	0,2	0,9	-63,5	0,8	<b>68,3</b>
			СКО	0,056	0,059	0,188	0,016	0,016	0,052	3,067	5,6	5,9	18,8	10,5	10,1	33,0	2,0	41,6
	2009	365	Среднее	0,002	-0,009	0,197	-0,001	0,000	-0,079	-5,675	0,2	-0,9	19,7	-0,6	0,3	-50,6	-3,6	<b>54,5</b>
			СКО	0,039	0,043	0,109	0,011	0,012	0,048	1,623	3,9	4,3	10,9	7,0	7,6	30,4	1,0	34,4
	2010	365	Среднее	0,005	-0,010	0,182	0,000	-0,001	-0,080	-8,371	0,5	-1,0	18,2	0,2	-0,5	-51,1	-5,3	<b>54,5</b>
			СКО	0,023	0,023	0,100	0,008	0,009	0,036	1,435	2,3	2,3	10,0	5,3	5,8	22,9	0,9	26,4
	2011	365	Среднее	-0,003	-0,004	0,186	0,001	-0,001	-0,074	-8,533	-0,3	-0,4	18,6	0,8	-0,9	-47,0	-5,4	<b>50,9</b>
СКО			0,026	0,024	0,089	0,007	0,008	0,037	1,232	2,6	2,4	8,9	4,7	5,2	23,6	0,8	26,4	
2012	366	Среднее	-0,003	-0,002	0,128	0,001	0,000	-0,042	0,448	-0,3	-0,2	12,8	0,7	-0,1	-26,5	0,3	<b>29,5</b>	
		СКО	0,026	0,035	0,068	0,006	0,007	0,033	6,689	2,6	3,5	6,8	3,9	4,4	20,9	4,3	23,6	
2013	365	Среднее	-0,004	-0,001	0,114	-0,001	0,000	-0,042	4,488	-0,4	-0,1	11,4	-0,5	0,2	-26,6	2,9	<b>29,1</b>	
		СКО	0,018	0,015	0,074	0,006	0,007	0,029	0,815	1,8	1,5	7,4	3,6	4,3	18,2	0,5	20,6	
ПЗ-90.11	2014	365	Среднее	-0,003	-0,001	0,066	0,000	0,002	0,008	4,624	-0,3	-0,1	6,6	0,1	1,0	5,0	2,9	<b>8,8</b>
			СКО	0,015	0,015	0,053	0,004	0,004	0,021	0,805	1,5	1,5	5,3	2,4	2,8	13,3	0,5	15,0
	2015	364	Среднее	-0,001	0,000	0,076	0,001	0,001	-0,001	4,305	-0,1	0,0	7,6	0,6	0,7	-0,9	2,7	<b>8,2</b>
			СКО	0,017	0,014	0,057	0,004	0,005	0,019	0,999	1,7	1,4	5,7	2,5	3,4	12,0	0,6	14,2
	2016	364	Среднее	0,002	0,001	0,060	0,000	0,001	0,002	3,705	0,2	0,1	6,0	0,1	0,7	1,4	2,4	<b>6,7</b>
			СКО	0,016	0,015	0,051	0,004	0,005	0,019	0,849	1,6	1,5	5,1	2,8	3,2	11,8	0,5	13,7
	2017	362	Среднее	0,001	0,000	0,066	0,000	-0,001	0,001	3,547	0,1	0,0	6,6	0,2	-0,4	0,5	2,3	<b>7,0</b>
			СКО	0,014	0,015	0,056	0,004	0,005	0,019	0,965	1,4	1,5	5,6	2,7	3,4	12,0	0,6	14,1
	2018	365	Среднее	0,001	0,001	0,064	0,000	0,000	-0,002	3,196	0,1	0,1	6,4	0,3	-0,1	-1,3	2,0	<b>6,9</b>
			СКО	0,016	0,015	0,059	0,005	0,005	0,022	0,878	1,6	1,5	5,9	3,0	3,0	14,1	0,6	16,0
2019	357	Среднее	0,002	0,000	0,091	0,001	0,000	0,001	2,601	0,2	0,0	9,1	0,4	0,2	0,6	1,7	<b>9,3</b>	
		СКО	0,014	0,014	0,058	0,004	0,005	0,017	0,759	1,4	1,4	5,8	2,8	3,1	10,9	0,5	13,2	
2020	363	Среднее	0,001	0,003	0,144	-0,001	0,002	0,003	2,375	0,1	0,3	14,4	-0,4	1,4	1,9	1,5	<b>14,7</b>	
		СКО	0,015	0,014	0,056	0,005	0,005	0,018	0,725	1,5	1,4	5,6	2,9	3,3	11,2	0,5	13,4	
2021	364	Среднее	0,001	0,002	0,106	0,000	0,001	0,005	2,468	0,1	0,2	10,6	0,0	0,4	3,1	1,6	<b>11,1</b>	
		СКО	0,015	0,015	0,069	0,006	0,006	0,029	0,845	1,5	1,5	6,9	3,5	4,0	18,4	0,5	20,5	
2022	236	Среднее	0,000	-0,002	0,092	-0,001	0,000	0,006	2,220	0,0	-0,2	9,2	-0,4	0,2	4,1	1,4	<b>10,2</b>	
		СКО	0,018	0,016	0,057	0,006	0,007	0,034	0,960	1,8	1,6	5,7	3,8	4,3	21,7	0,6	23,3	

# Ежегодная эволюция совместимости между ПЗ-90 и МЗСК (ITRF)

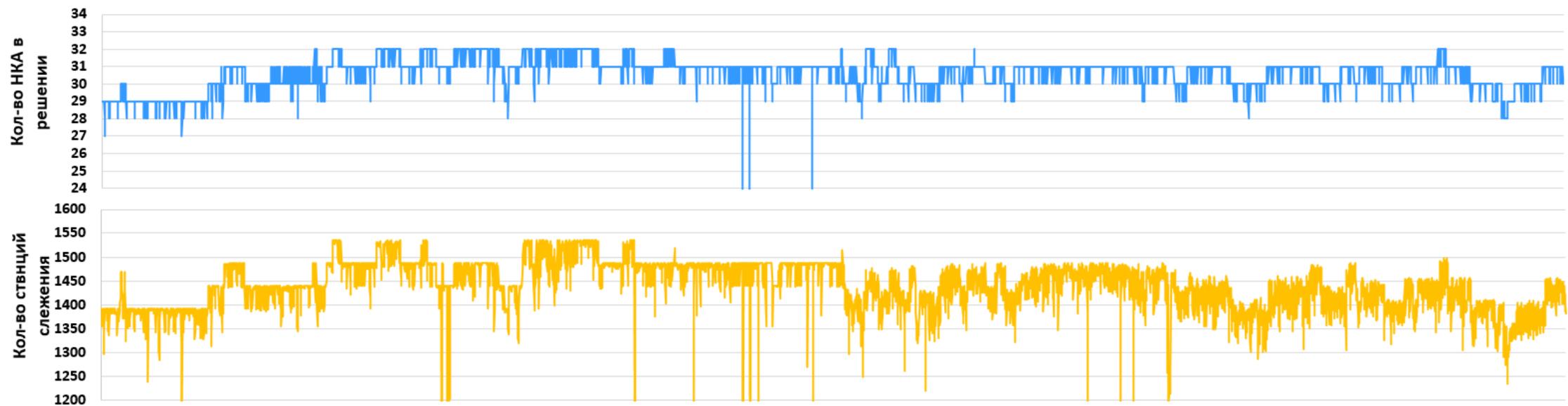
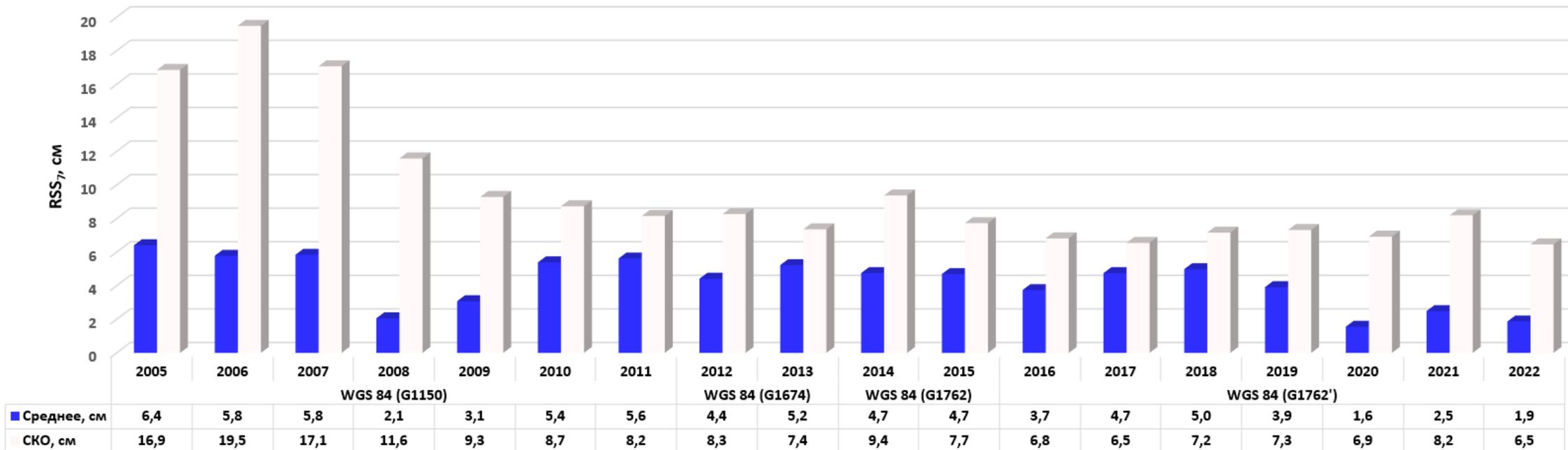


# Параметры преобразования Гельмерта между WGS 84 и МЗСК (ITRF), полученные из обработки орбитальных данных GPS в ИАЦ КВНО



ЗСК	Год	Кол-во решений	Значение	$\Delta X$ , м	$\Delta Y$ , м	$\Delta Z$ , м	$R_X \times 10^{-6}$ , рад	$R_Y \times 10^{-6}$ , рад	$R_Z \times 10^{-6}$ , рад	m, ppb	$\Delta X$ , см	$\Delta Y$ , см	$\Delta Z$ , см	$R_X$ , см	$R_Y$ , см	$R_Z$ , см	m, см	RSS <sub>7</sub> , см
WGS 84 (G1150)	2005	171	Среднее	-0,001	0,004	0,014	-0,006	0,007	0,003	-0,040	-0,1	0,4	1,4	-3,7	4,5	2,2	0,0	<b>6,4</b>
			СКО	0,021	0,021	0,086	0,013	0,015	0,011	0,794	2,1	2,1	8,6	8,0	9,6	6,7	0,5	16,9
	2006	365	Среднее	-0,001	0,000	0,001	0,002	-0,006	0,007	0,154	-0,1	0,0	0,1	1,4	-3,5	4,3	0,1	<b>5,8</b>
			СКО	0,015	0,015	0,063	0,014	0,022	0,012	0,825	1,5	1,5	6,3	9,0	14,0	7,6	0,5	19,5
	2007	365	Среднее	0,001	-0,002	-0,005	-0,003	0,000	0,009	0,210	0,1	-0,2	-0,5	-1,9	0,0	5,5	0,1	<b>5,8</b>
			СКО	0,014	0,017	0,043	0,010	0,020	0,012	0,957	1,4	1,7	4,3	6,5	12,9	7,6	0,6	17,1
	2008	366	Среднее	-0,002	0,000	-0,017	0,000	-0,001	-0,001	-0,297	-0,2	0,0	-1,7	0,0	-0,9	-0,5	-0,2	<b>2,1</b>
			СКО	0,012	0,013	0,036	0,010	0,012	0,008	0,699	1,2	1,3	3,6	6,1	7,5	5,0	0,4	11,6
	2009	365	Среднее	-0,001	0,002	-0,001	-0,001	-0,002	-0,004	-0,339	-0,1	0,2	-0,1	-0,5	-1,0	-2,9	-0,2	<b>3,1</b>
			СКО	0,012	0,014	0,040	0,005	0,007	0,010	0,496	1,2	1,4	4,0	3,4	4,3	6,1	0,3	9,3
	2010	365	Среднее	-0,001	0,002	0,006	0,000	-0,001	-0,008	-0,204	-0,1	0,2	0,6	0,1	-0,6	-5,3	-0,1	<b>5,4</b>
			СКО	0,012	0,013	0,044	0,004	0,006	0,009	0,595	1,2	1,3	4,4	2,8	3,8	5,6	0,4	8,7
	2011	365	Среднее	0,001	0,000	0,026	0,000	-0,001	-0,008	-0,331	0,1	0,0	2,6	-0,1	-0,6	-5,0	-0,2	<b>5,6</b>
			СКО	0,013	0,012	0,059	0,003	0,004	0,006	0,518	1,3	1,2	5,9	2,0	2,9	4,1	0,3	8,2
WGS 84 (G1674)	2012	366	Среднее	-0,001	0,002	-0,002	0,000	-0,001	-0,007	-0,407	-0,1	0,2	-0,2	-0,3	-0,7	-4,3	-0,3	<b>4,4</b>
			СКО	0,012	0,012	0,057	0,004	0,005	0,006	0,413	1,2	1,2	5,7	2,8	3,2	3,8	0,3	8,3
2013	365	Среднее	-0,002	-0,001	0,006	-0,001	-0,001	-0,008	-0,493	-0,2	-0,1	0,6	-0,5	-0,4	-5,1	-0,3	<b>5,2</b>	
		СКО	0,011	0,010	0,048	0,004	0,005	0,006	0,423	1,1	1,0	4,8	2,4	3,1	3,7	0,3	7,4	
WGS 84 (G1762)	2014	365	Среднее	0,000	0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,007	-0,485	0,0	0,1	0,0	-0,9	-0,2	-4,6	-0,3	<b>4,7</b>
			СКО	0,011	0,011	0,046	0,004	0,005	0,011	0,430	1,1	1,1	4,6	2,5	3,2	6,9	0,3	9,4
2015	364	Среднее	0,000	0,002	0,024	-0,001	0,000	-0,006	-0,484	0,0	0,2	2,4	-0,3	0,1	-4,0	-0,3	<b>4,7</b>	
		СКО	0,010	0,010	0,044	0,004	0,006	0,007	0,404	1,0	1,0	4,4	2,5	3,6	4,4	0,3	7,7	
WGS 84 (G1762')	2016	364	Среднее	-0,001	0,001	0,019	-0,001	-0,001	-0,005	-0,777	-0,1	0,1	1,9	-0,5	-0,6	-3,1	-0,5	<b>3,7</b>
			СКО	0,010	0,009	0,035	0,004	0,005	0,006	0,430	1,0	0,9	3,5	2,5	3,2	3,9	0,3	6,8
	2017	362	Среднее	0,002	0,001	0,033	0,000	0,000	-0,005	-0,992	0,2	0,1	3,3	-0,1	-0,2	-3,4	-0,6	<b>4,7</b>
			СКО	0,014	0,010	0,035	0,004	0,005	0,005	0,357	1,4	1,0	3,5	2,7	3,2	3,1	0,2	6,5
	2018	365	Среднее	-0,002	-0,001	0,044	0,000	0,000	-0,003	-1,284	-0,2	-0,1	4,4	0,0	-0,3	-2,1	-0,8	<b>5,0</b>
			СКО	0,008	0,010	0,042	0,004	0,005	0,006	0,406	0,8	1,0	4,2	2,8	3,3	3,7	0,3	7,2
	2019	357	Среднее	-0,002	-0,002	0,037	-0,001	-0,001	0,000	-1,260	-0,2	-0,2	3,7	-0,6	-0,4	0,2	-0,8	<b>3,9</b>
			СКО	0,009	0,009	0,047	0,004	0,005	0,005	0,395	0,9	0,9	4,7	2,6	3,3	3,5	0,3	7,3
	2020	363	Среднее	0,002	0,001	0,012	-0,001	0,000	0,000	-0,970	0,2	0,1	1,2	-0,7	-0,3	0,3	-0,6	<b>1,6</b>
			СКО	0,008	0,008	0,038	0,004	0,005	0,007	0,438	0,8	0,8	3,8	2,3	3,1	4,2	0,3	6,9
	2021	364	Среднее	0,001	-0,001	0,006	0,000	-0,001	-0,003	2,542	0,1	-0,1	0,6	-0,3	-0,5	-1,7	1,6	<b>2,5</b>
			СКО	0,008	0,009	0,046	0,004	0,005	0,006	5,361	0,8	0,9	4,6	2,3	3,3	4,1	3,4	8,2
	2022	236	Среднее	-0,001	-0,002	0,013	-0,001	-0,001	0,001	0,506	-0,1	-0,2	1,3	-0,4	-0,9	0,8	0,3	<b>1,9</b>
			СКО	0,009	0,008	0,033	0,004	0,006	0,005	0,428	0,9	0,8	3,3	2,4	3,7	3,1	0,3	6,5

# Ежегодная эволюция совместимости между WGS 84 и МЗСК (ITRF)

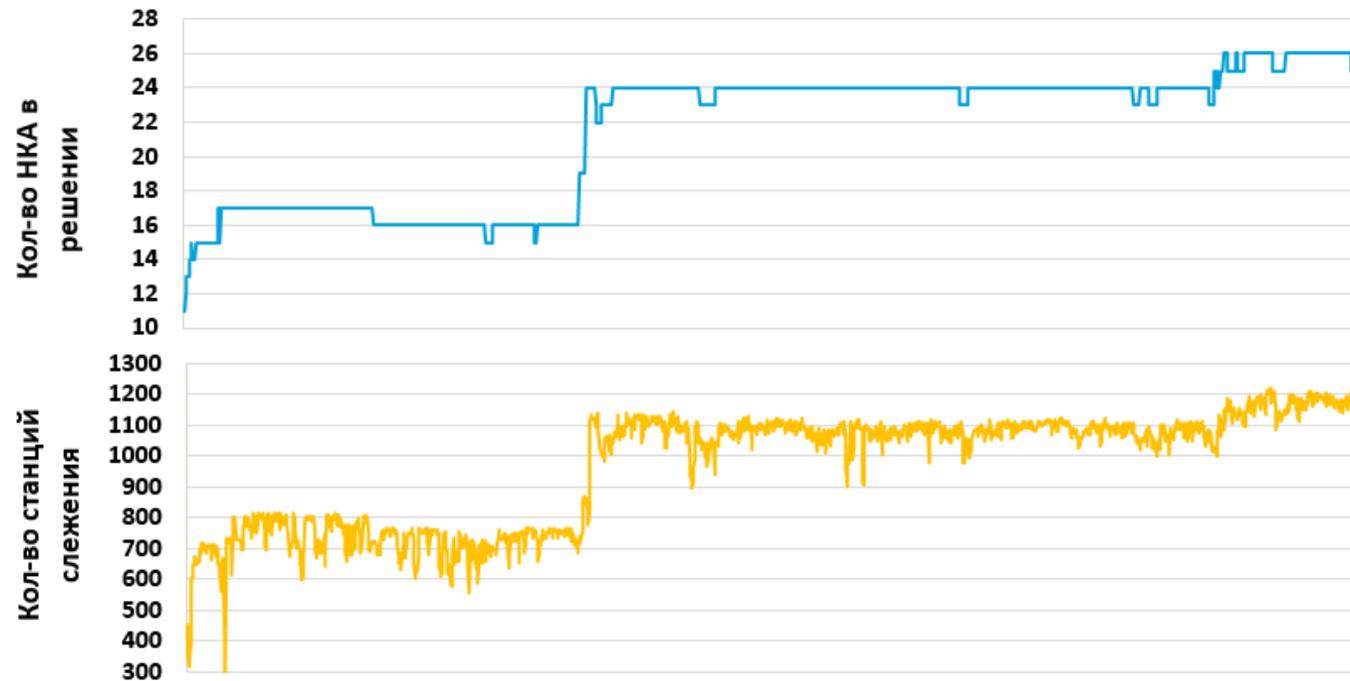
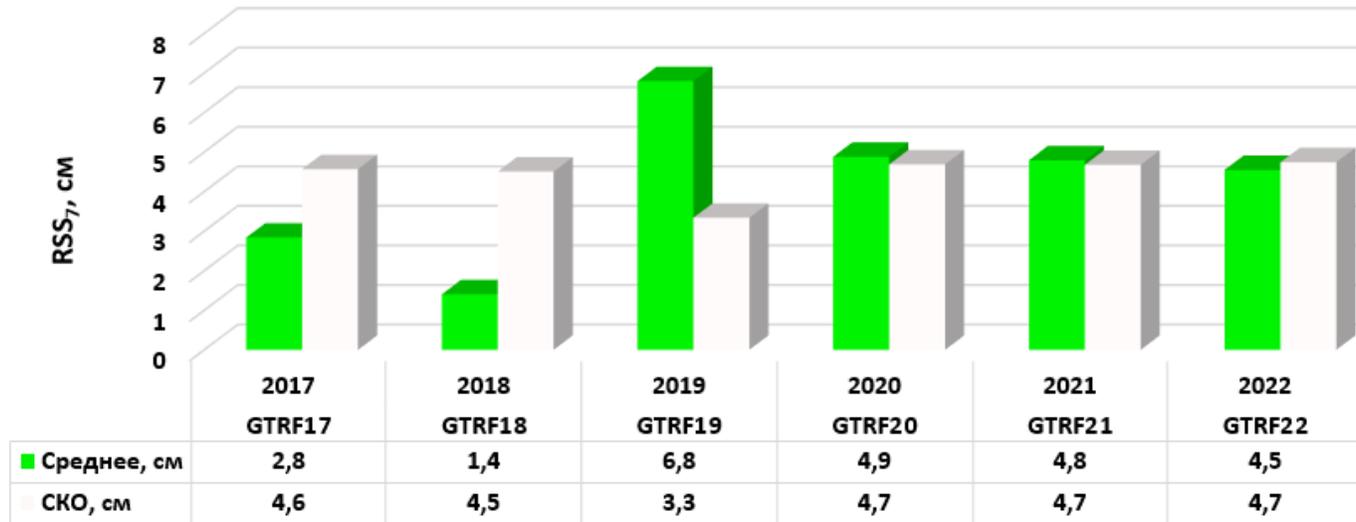


# Параметры преобразования Гельмерта между GTRF и МЗСК (ITRF), полученные из обработки орбитальных данных Galileo в ИАЦ КВНО



ЗСК	Год	Кол-во решений	Значение	$\Delta X$ , м	$\Delta Y$ , м	$\Delta Z$ , м	$R_X \times 10^{-6}$ , рад	$R_Y \times 10^{-6}$ , рад	$R_Z \times 10^{-6}$ , рад	m, ppb	$\Delta X$ , см	$\Delta Y$ , см	$\Delta Z$ , см	$R_X$ , см	$R_Y$ , см	$R_Z$ , см	m, см	RSS <sub>7</sub> , см
GTRF17	2017	278	Среднее	0,008	0,002	0,001	-0,001	0,001	-0,003	-2,845	0,8	0,2	0,1	-0,4	0,4	-1,9	-1,8	<b>2,8</b>
			СКО	0,021	0,018	0,031	0,001	0,002	0,002	0,466	2,1	1,8	3,1	0,9	1,1	1,3	0,3	4,6
GTRF18	2018	263	Среднее	0,001	-0,001	0,002	0,000	0,000	-0,002	-0,721	0,1	-0,1	0,2	0,1	0,1	-1,3	-0,5	<b>1,4</b>
			СКО	0,016	0,015	0,031	0,002	0,002	0,002	2,363	1,6	1,5	3,1	1,0	1,0	1,3	1,5	4,5
GTRF19	2019	76	Среднее	-0,011	-0,004	-0,043	-0,001	0,000	-0,003	7,534	-1,1	-0,4	-4,3	-0,4	-0,3	-1,7	4,8	<b>6,8</b>
			СКО	0,015	0,014	0,020	0,001	0,001	0,002	0,405	1,5	1,4	2,0	0,8	0,9	1,1	0,3	3,3
GTRF20	2020	363	Среднее	-0,004	-0,001	-0,004	0,000	0,000	-0,003	7,113	-0,4	-0,1	-0,4	0,1	-0,3	-1,7	4,5	<b>4,9</b>
			СКО	0,015	0,014	0,039	0,001	0,001	0,002	0,397	1,5	1,4	3,9	0,7	0,9	1,1	0,3	4,7
GTRF21	2021	364	Среднее	0,000	0,007	-0,006	0,000	0,000	-0,002	7,050	0,0	0,7	-0,6	-0,1	0,0	-1,4	4,5	<b>4,8</b>
			СКО	0,014	0,015	0,039	0,001	0,001	0,002	0,386	1,4	1,5	3,9	0,8	0,9	1,1	0,2	4,7
GTRF22	2022	236	Среднее	-0,003	0,007	0,008	-0,001	0,000	0,000	6,894	-0,3	0,7	0,8	-0,3	-0,1	-0,1	4,4	<b>4,5</b>
			СКО	0,013	0,013	0,041	0,001	0,001	0,001	0,421	1,3	1,3	4,1	0,7	0,8	0,9	0,3	4,7

# Ежегодная эволюция совместимости между GTRF и ITRF



## Часть III

Сравнение оценок совместимости земных систем координат, распространяемых в навигационных сообщениях ГЛОНАСС и GPS за 8-недельный период 2019 г., полученных Национальным агентством геопространственной разведки (США) и ИАЦ КВНО АО «ЦНИИмаш» (РФ)

# Параметры преобразования Гельмерта для ГЛОНАСС и GPS, полученные NGA и ИАЦ КВНО для периода 21.07.2019-14.09.2019



Организация	Значение	$\Delta X$ , см	$\Delta Y$ , см	$\Delta Z$ , см	$R_X$ , mas	$R_Y$ , mas	$R_Z$ , mas	$m$ , ppb	$\Delta X$ , см	$\Delta Y$ , см	$\Delta Z$ , см	$R_X$ , см	$R_Y$ , см	$R_Z$ , см	$m$ , см	RSS, см	$\Lambda$ , см
<b>ГЛОНАСС (PZ-90.11)</b>																	
ИАЦ КВНО	Среднее	0,3	-0,3	9,3	0,12	0,10	2,01	2,48	0,3	-0,3	9,3	0,4	0,3	6,2	1,6	<b>11,3</b>	<b>10,7</b>
	СКО	1,3	1,4	5,0	0,82	0,91	3,15	0,65	1,3	1,4	5,0	2,5	2,8	9,7	0,4	11,7	10,1
NGA	Среднее	0,0	0,0	10,0	0,21	0,00	1,76	-9,71	0,0	0,0	10,0	0,6	0,0	5,4	-6,2	<b>13,0</b>	<b>12,6</b>
	СКО	2,0	2,0	6,0	0,26	0,52	2,78	0,57	2,0	2,0	6,0	0,8	1,6	8,6	0,4	11,0	9,8
	Разность	0,3	-0,3	-0,7	-0,1	0,1	0,3	12,2	0,3	-0,3	<b>-0,7</b>	-0,3	0,3	<b>0,8</b>	<b>7,8</b>	-1,6	-1,8
<b>GPS (WGS-84)</b>																	
ИАЦ КВНО	Среднее	0,0	0,1	5,3	-0,15	0,25	0,94	-0,86	0,0	0,1	5,3	-0,5	0,8	2,9	-0,5	<b>6,1</b>	<b>5,9</b>
	СКО	1,0	0,8	1,9	0,71	1,07	1,33	0,29	1,0	0,8	1,9	2,2	3,3	4,1	0,2	6,2	5,2
NGA	Среднее	0,0	0,0	5,0	0,01	0,28	1,06	-0,27	0,0	0,0	5,0	0,0	0,9	3,3	-0,2	<b>6,0</b>	<b>5,7</b>
	СКО	1,0	1,0	2,0	0,57	0,87	1,17	0,11	1,0	1,0	2,0	1,8	2,7	3,6	0,1	5,4	4,6
	Разность	0,0	0,1	0,3	-0,2	0,0	-0,1	-0,6	0,0	0,1	<b>0,3</b>	-0,5	-0,1	<b>-0,4</b>	<b>-0,4</b>	0,1	0,2

\* Майлс С. и др. Совместимость земных систем координат, используемых в навигационных сообщениях ГНСС в течение 8-недельного периода 2019 года // Достижения в области космических исследований, – 2021. – №67. – С. 834–844

\*\*  $\Lambda$  – альтернативная оценка, определяемая как

$$\Lambda^2 \approx \Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2 + m^2 R_e^2 + (\omega_X^2 + \omega_Y^2 + \omega_Z^2) \frac{2R_e^2}{3}$$

$\omega_X, \omega_Y, \omega_Z$  – углы вращения в радианах

# Параметры преобразования Гельмерта для ГЛОНАСС и GPS, полученные NGA и ИАЦ КВНО для периода 21.07.2019-14.09.2019



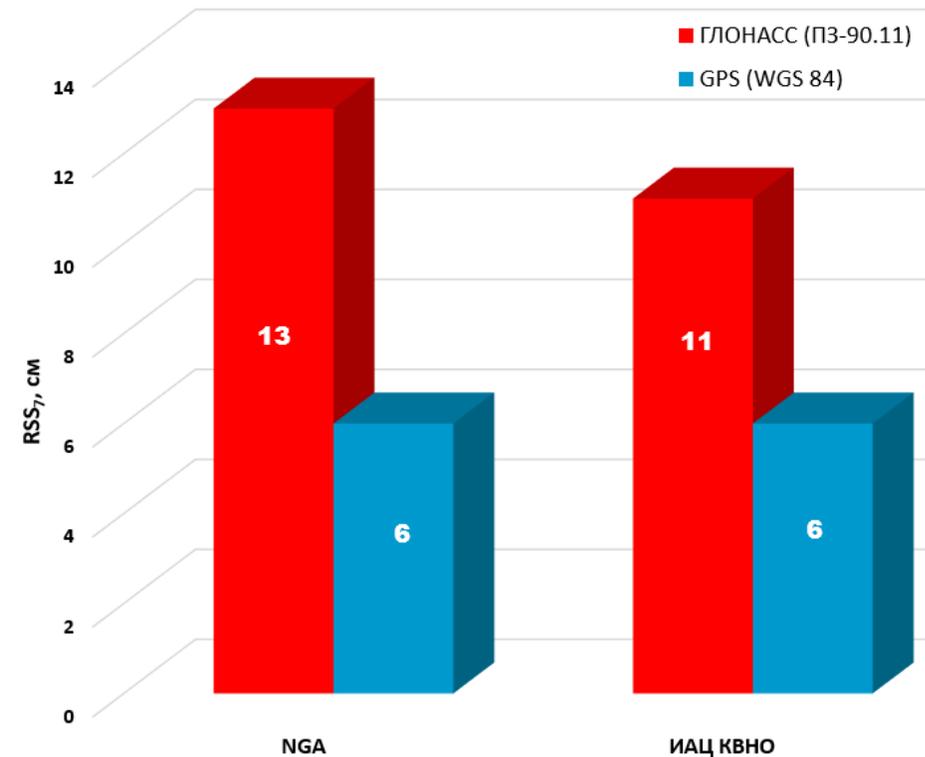
ГНСС	ЗСК	NGA (США)*			ИАЦ КВНО АО «ЦНИИмаш» (РФ)		
		RSS <sub>7</sub> , см	Количество НКА	Количество станций слежения	RSS <sub>7</sub> , см	Количество НКА	Количество станций слежения
ГЛОНАСС	ПЗ-90.11	<b>13,0</b>	21	128	<b>11,3</b>	22	1015
GPS	WGS 84	<b>6,0</b>	31	140	<b>6,1</b>	31	1434

\* Майлс С. и др. Совместимость земных систем координат, используемых в навигационных сообщениях ГНСС в течение 8-недельного периода 2019 года // Достижения в области космических исследований, – 2021. – №67. – С. 834–844

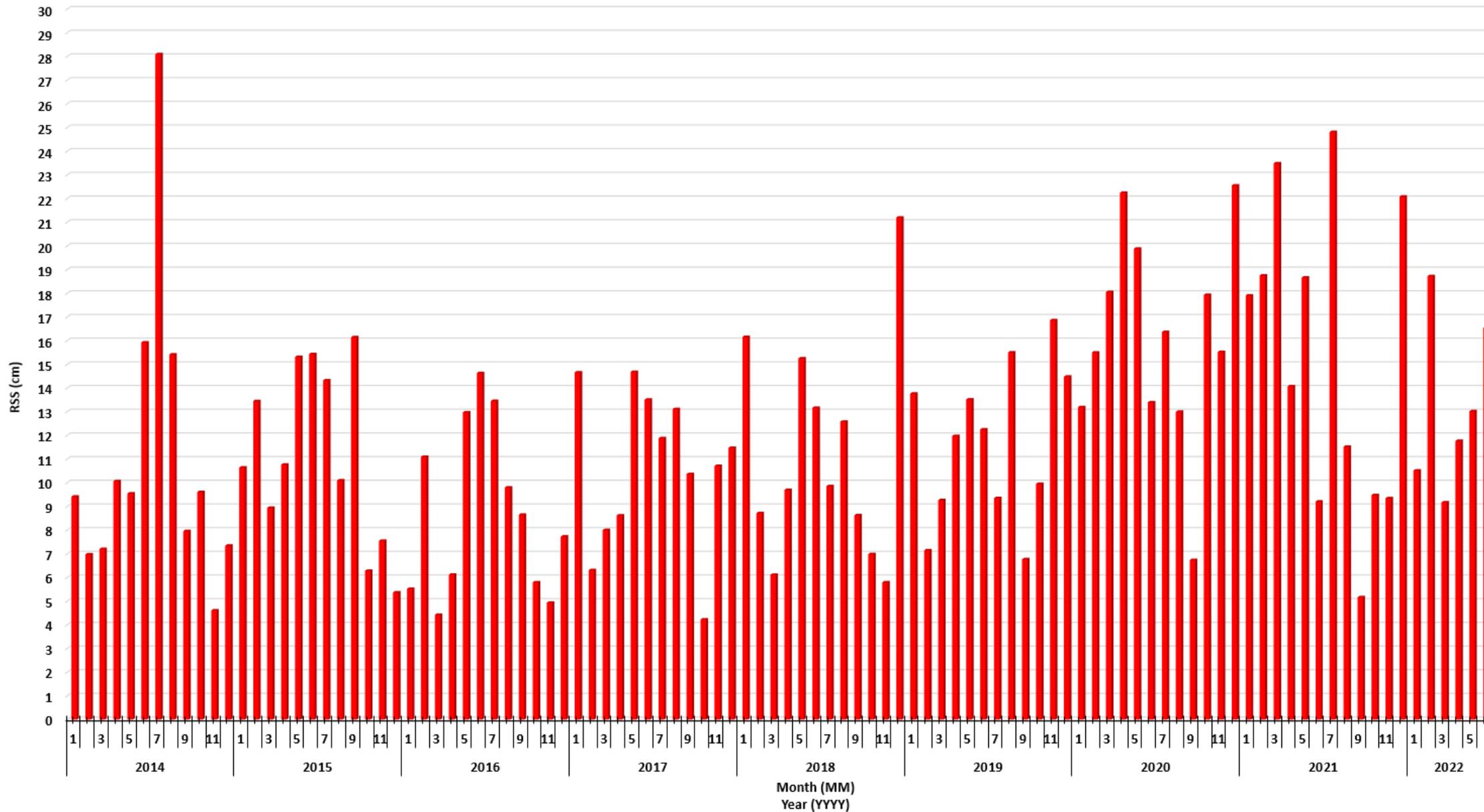
\*\* IGS, Роскосмос, Росстандарт, РАН

## Выводы:

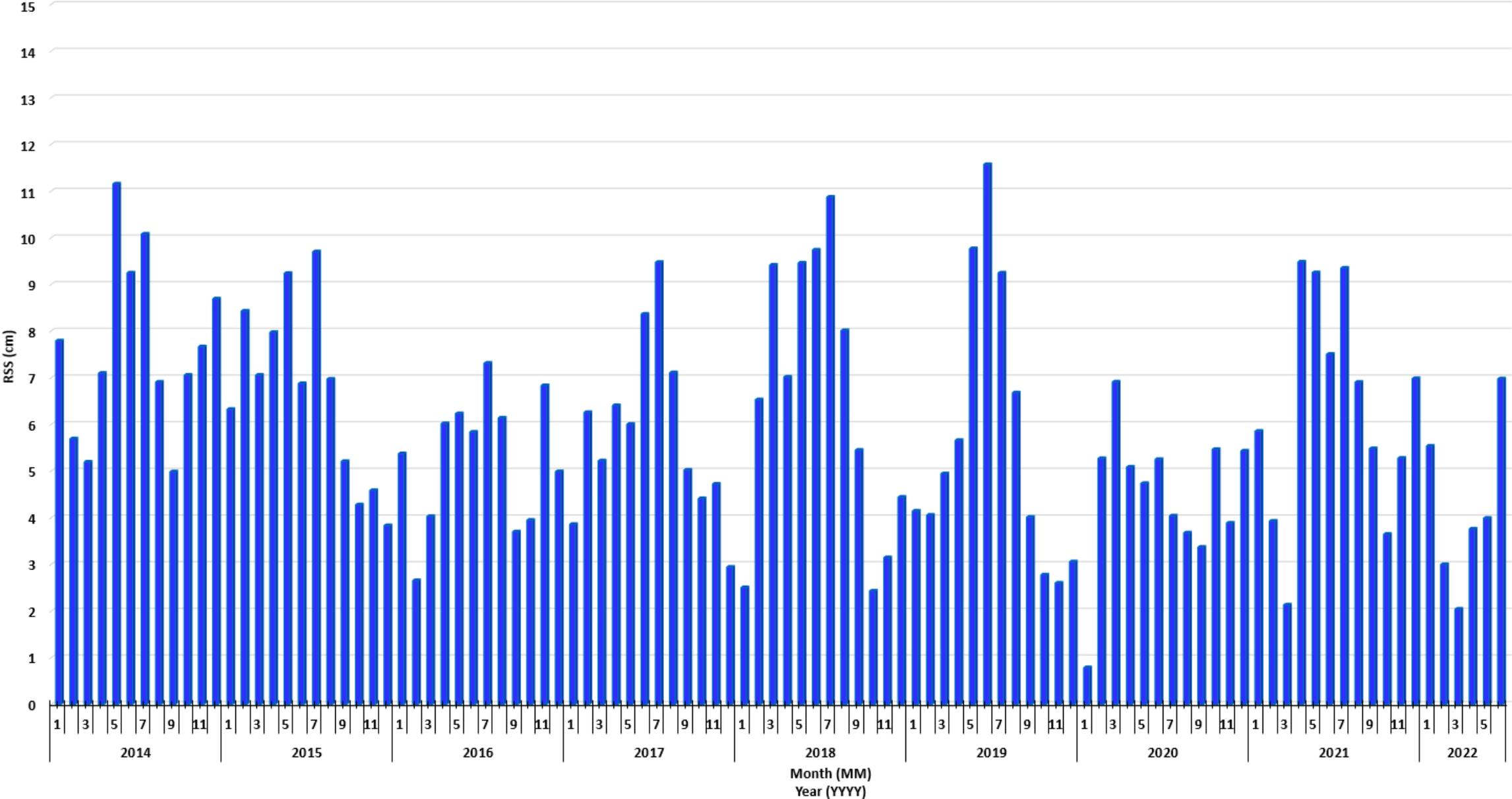
- Оценки совместимости ЗСК (RSS), полученные NGA и ИАЦ КВНО на основе анализа эфемерид ГНСС, преимущественно совпадают.
- Различия в оценках RSS для спутников ГЛОНАСС незначительны и предположительно зависят от точности учёта фазовых центров антенн и других систематических ошибок.



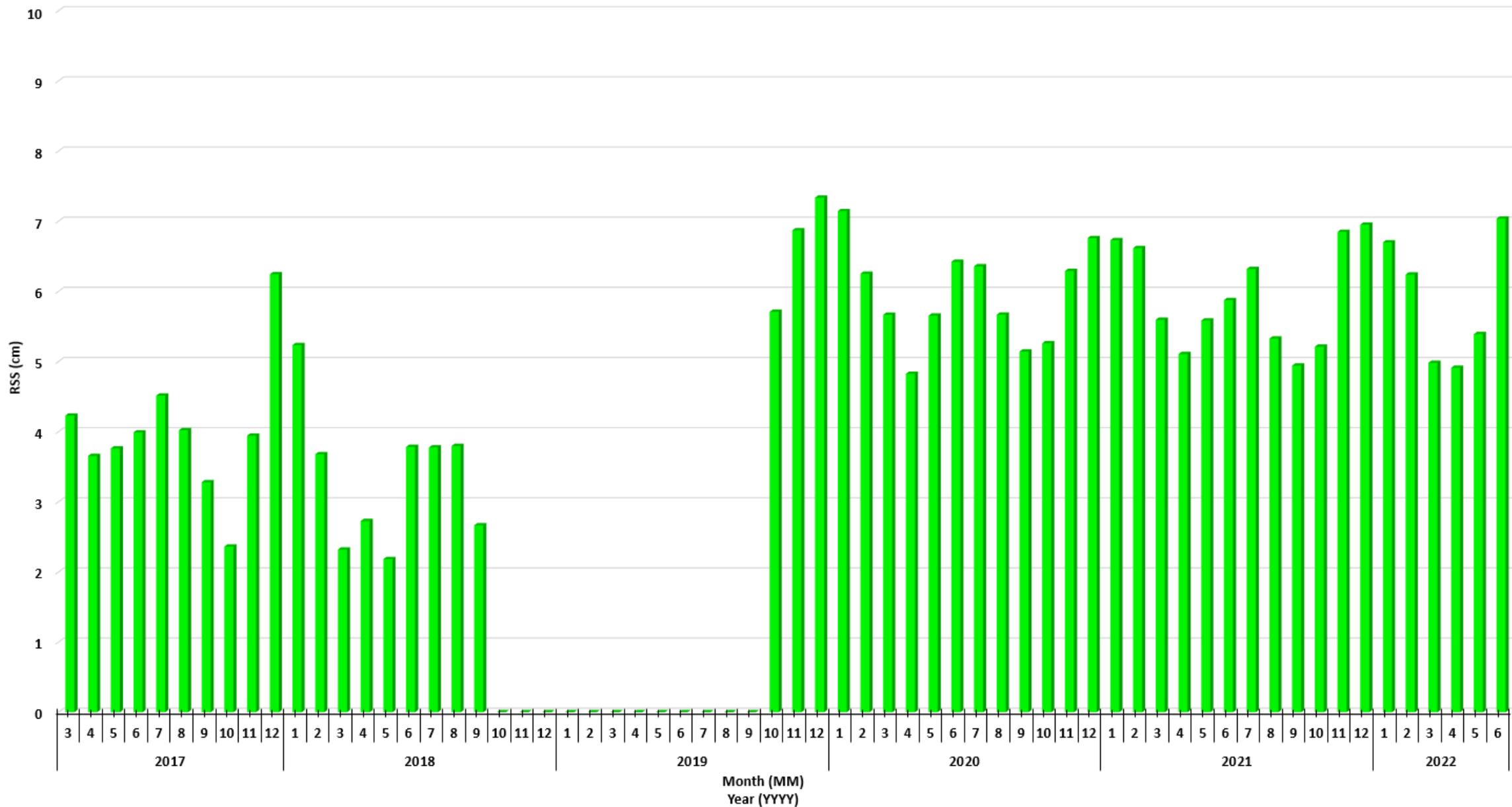
# Ежемесячная эволюция совместимости между ПЗ-90.11 и МЗСК (ITRF)



# Ежемесячная эволюция совместимости между WGS 84 и МЗСК (ITRF)



# Ежемесячная эволюция совместимости между GTRF и МЗСК (ITRF)



- ✓ Земные системы координат трёх ГНСС согласованы с Международной земной системой координат (ITRF) на уровне нескольких сантиметров и совместимы между собой.
- ✓ ПЗ-90.11, распространяемая посредством навигационных сообщений ГЛОСС, согласована с Международной земной системой координат (ITRF) на уровне 10 см, что соответствует заданным техническим требованиям.
- ✓ В ближайшее время будут определены новые параметры преобразования между ПЗ-90.11 и ITRF2020. Краткое описание ПЗ-90.11 (шаблон) будет обновлено.
- ✓ Планируется создание новой реализации земной системы координат ПЗ-90.

## Предложение (рекомендация)



- ✔ Было бы полезно, чтобы все члены рабочей группы D оценивали параметры преобразования земных систем координат, распространяемых ГНСС, с Международной земной системой ITRF2020 на основе информации навигационных сообщений и представляли альтернативные и независимые результаты на ежегодных заседаниях Международного комитета по ГНСС (ICG).