



Национальные и международные системы координат, применяемые в гражданской авиации РФ

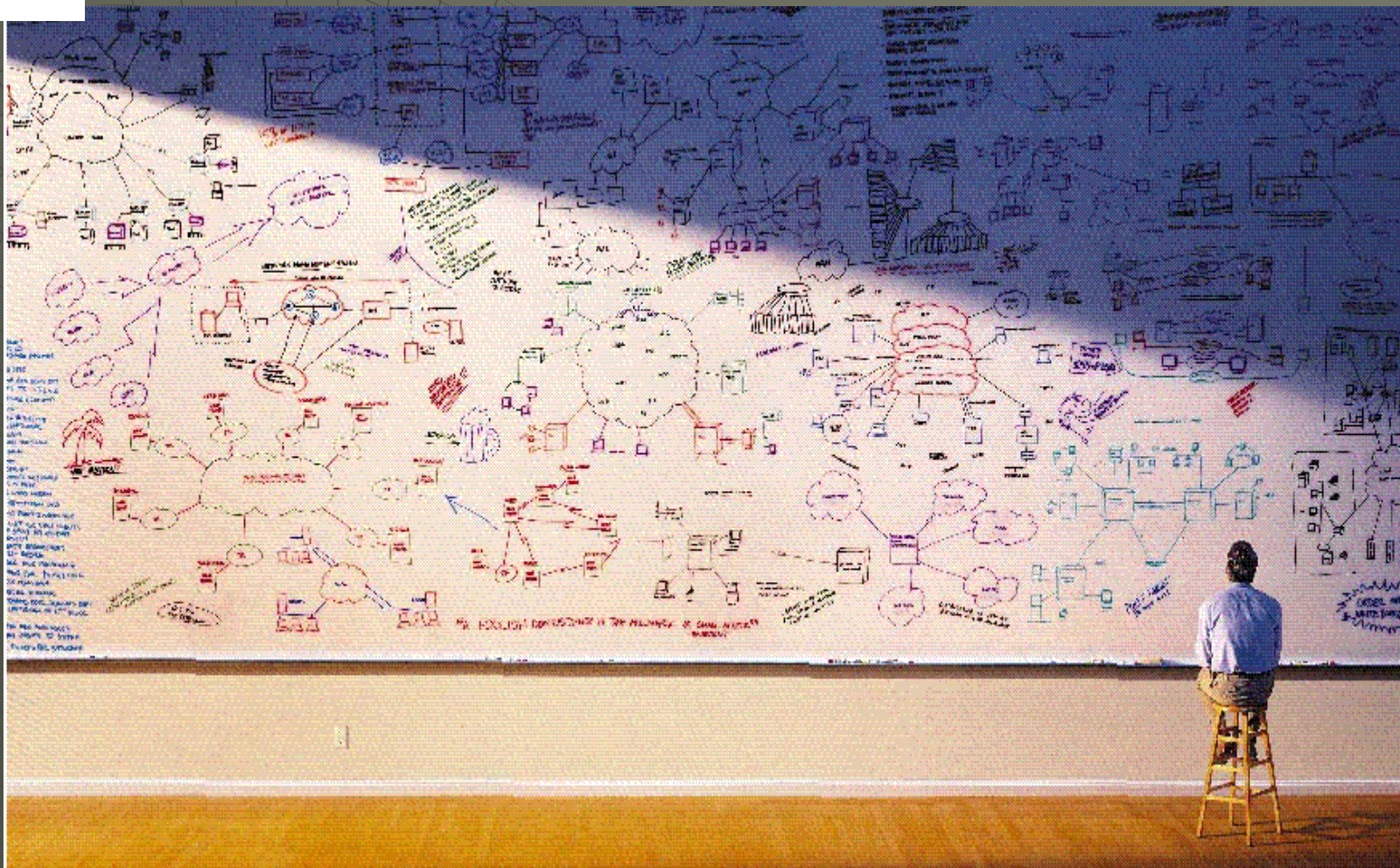
**Лобазов В.Я. – Руководитель НИЦ
«Геодинамика» МИИГАиК**

**Рогозин В.П. – Начальник отдела 29 НИИ
МО**

С.Петербург 2008



В чем проблема?



С.Петербург 2008



Многообразие систем координат

СК - 42

Нац. СК

WGS-84

=

СК - 95

ПЗ - 90

ITRF 2005

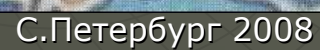
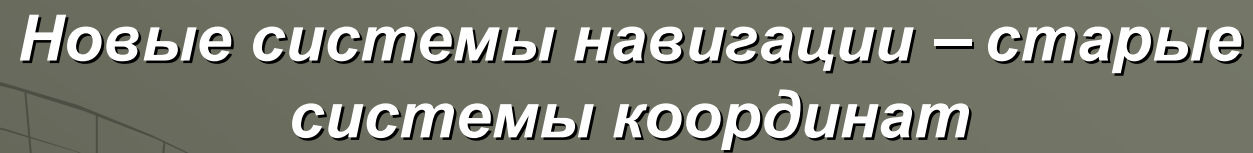
С.Петербург 2008



Переход на навигацию по GNSS



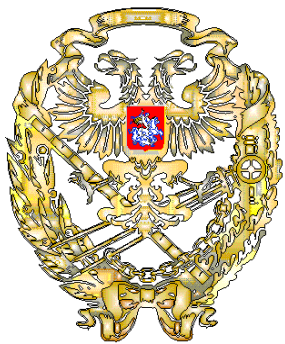
С.Петербург 2008



Теоретические основы геодезического обеспечения авионавигации



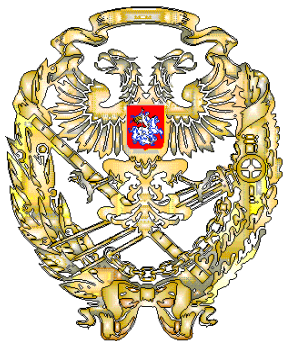
- ◆ Физическая и математические поверхности
- ◆ Различия математических основ для традиционных и современных технологий
- ◆ Картографические проекции
- ◆ Современные технологии определения координат объектов в пространстве и во времени



Модель геоида



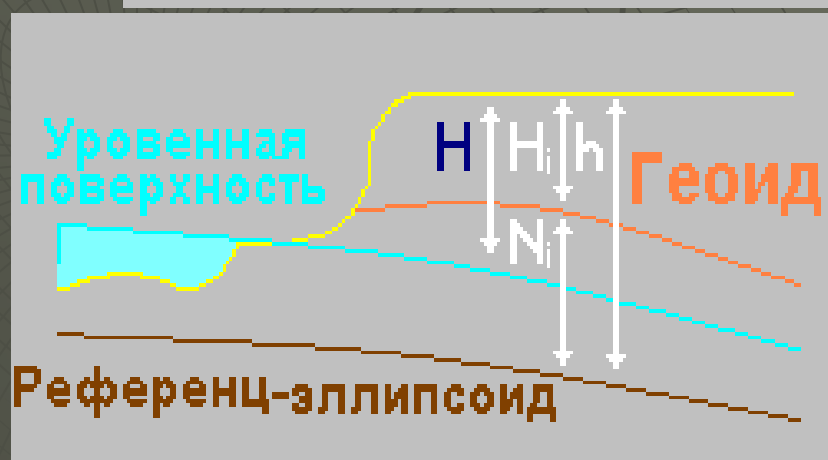
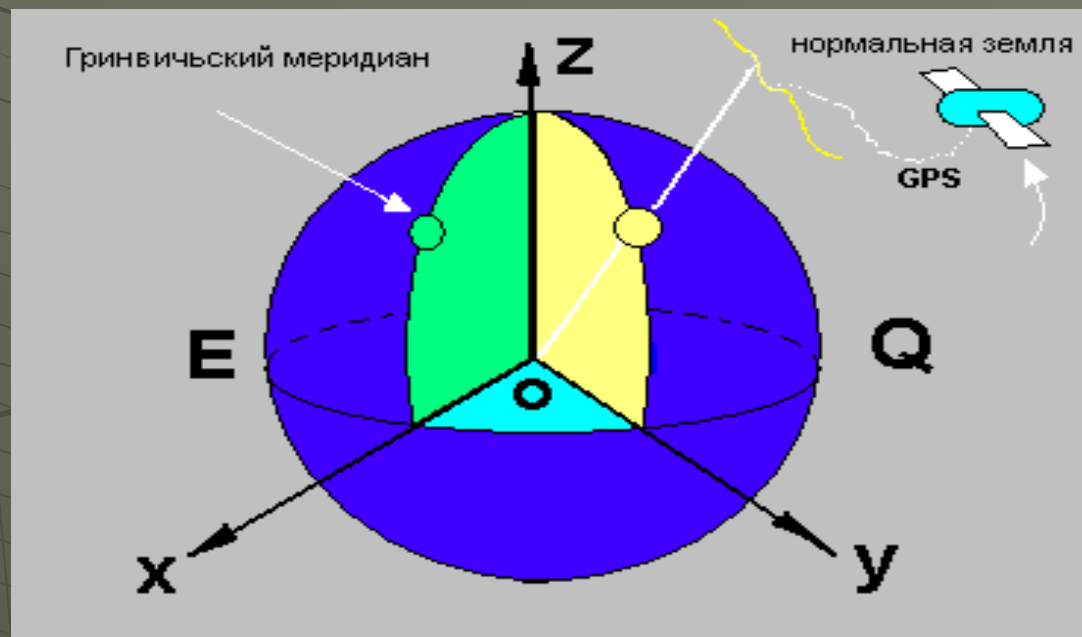
С.Петербург 2008



Системы координат и высот в ГА

МИИГАиК

Геодинамика

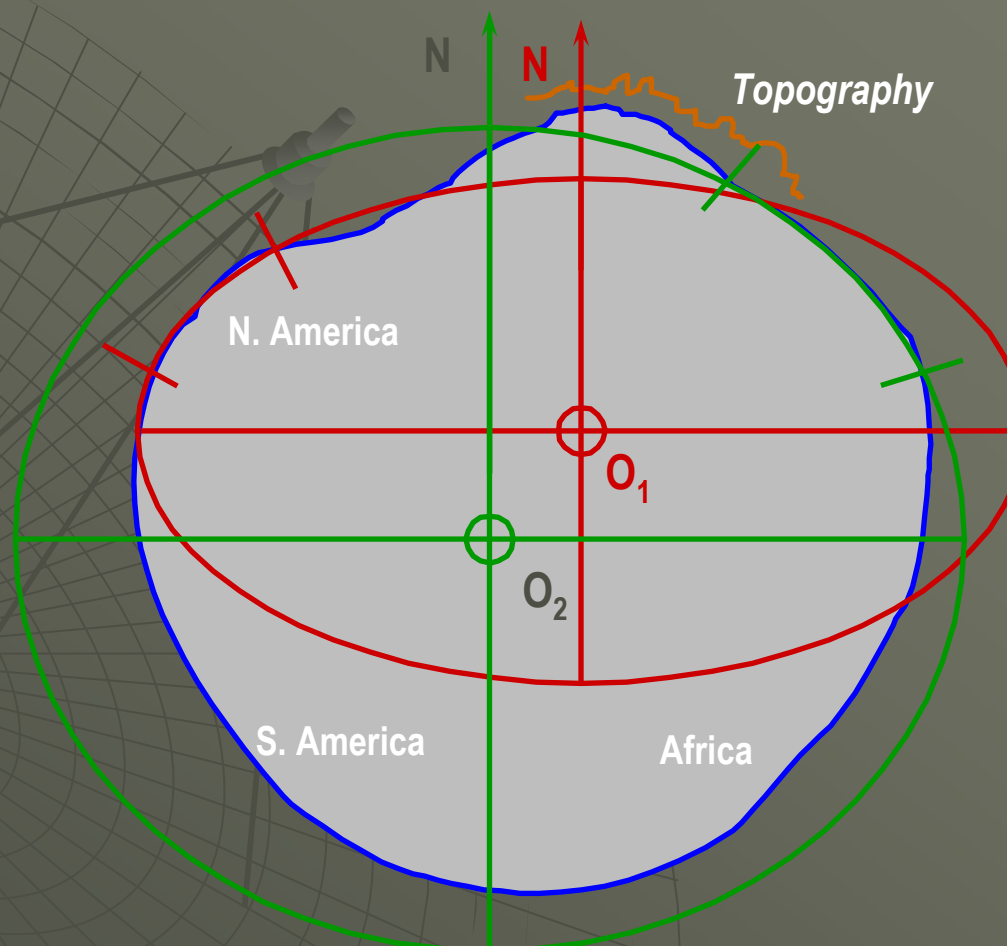


- h = WGS84 высоты (с GPS)
- N_i = геод-эллипсоид расстояние
- H_i = ортометрическая высота
- H = уровенная высота



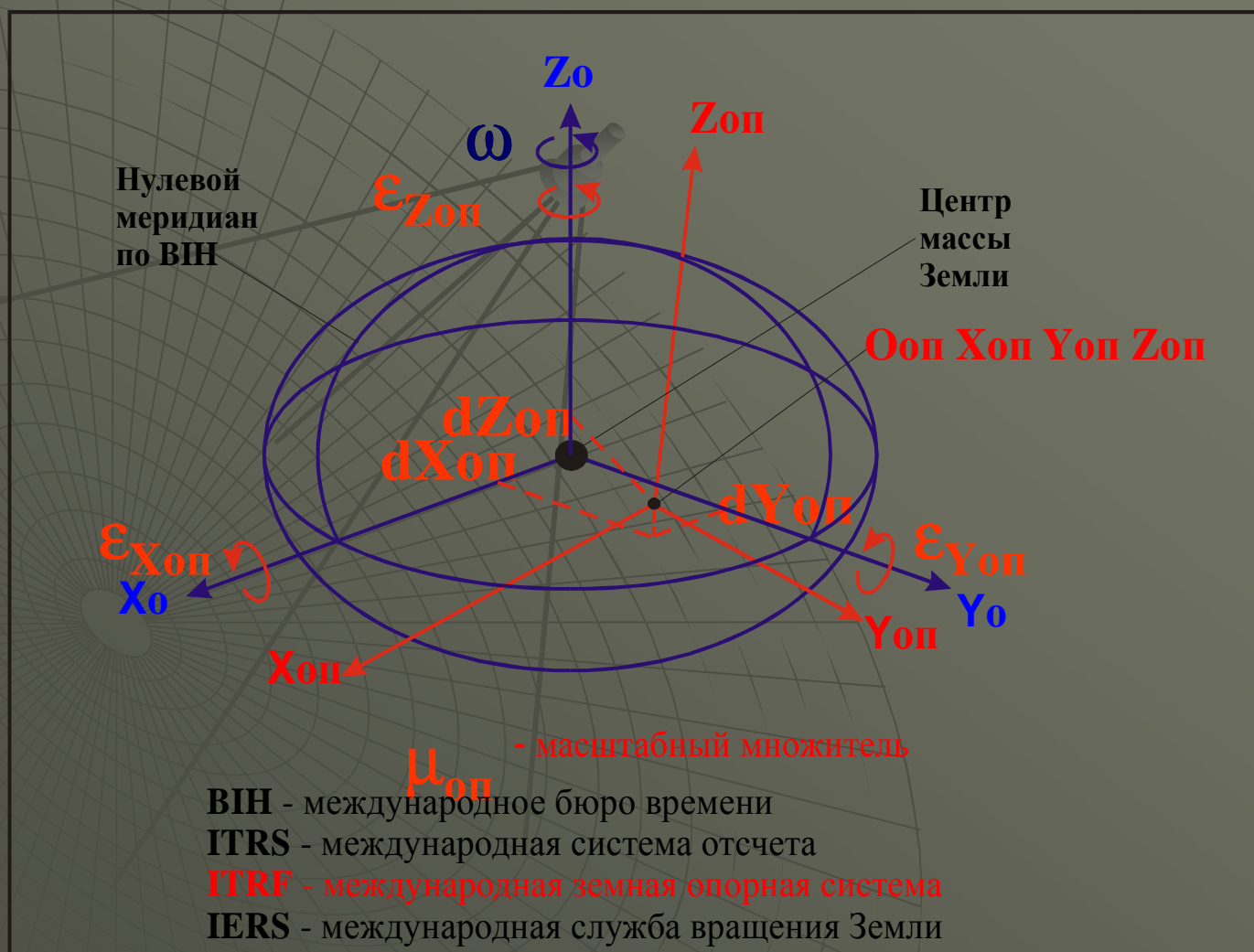
Общеземные и референчные системы координат

- ◆ Наземные геодезические измерения производятся на физической поверхности и привязаны к геоиду
- ◆ Спутниковые геодезические измерения привязаны к общеземному эллипсоиду WGS84 или референц - эллипсоиду ПЗ90
- ◆ Проекты строятся на плоскости в соответствующих проекциях, обеспечивающих максимальное приближение физических элементов к их математическому отображению





Геодезическая система отсчета $O_oX_oY_oZ_o$ Опорная система $O_{оп}X_{оп}Y_{оп}Z_{оп}$



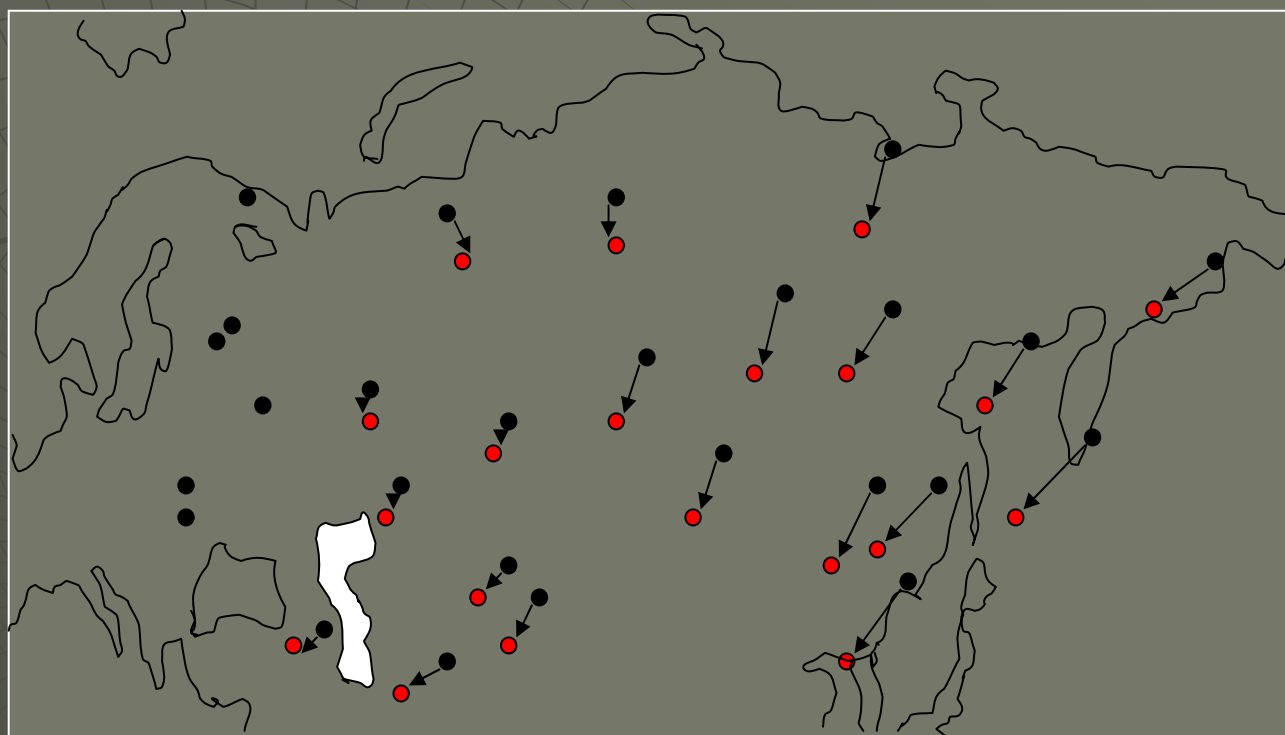


Исторические аспекты. Государственные системы координат

- ◆ **Национальная система координат СК 32**
 - 1930 год. Переуравнивание геодезических сетей Европейской части России. Эллипсоид Бесселя. Исх. Пункт Саблино
- ◆ **Национальная система координат СК 42**
 - 4 июня 1942. Переуравнивание геодезической сети всей страны. Эллипсоид Красовского. Большая полуось $a = 6378245,0$ м и обратное сжатие $\alpha = 298,3$. Исх. пункт Пулково.
- ◆ **Национальная система координат СК 95**
 - 28 июля 2000 года № 586. Совместное уравнивание Космической ГС, Доплеровской ГС, астрономо-геодезической сети. Эллипсоид Красовского. Большая полуось $a = 6378245,0$ м и обратное сжатие $\alpha = 298,3$. Исх. пункт Пулково



Схема расхождений координат СК-95 и СК-42



● СК-95

● СК-42

10 м

С.Петербург 2008



Система геодезических параметров

"Параметры Земли 1990 года" (ПЗ–90)

- ◆ *Постановление Правительства Российской Федерации от 28 июля 2000 года № 568*
- ◆ *Закреплена пунктами космической геодезической сети. Точность отнесения системы к центру масс Земли порядка 1 м.*
- ◆ *За отсчетную поверхность в ПЗ-90 принят общий земной эллипсоид со следующими параметрами:*
 - *большая полуось 6378 136 м;*
 - *сжатие 1:298,257839.*
 - *гравитационная постоянная $fM = 39860044 \times 10^7 \text{ м}^3/\text{с}^2$,*
 - *угловая скорость вращения Земли $7292115 \times 10^{-11} \text{ рад/с}$,*
 - *гармонический коэффициент геопотенциала второй степени J_2 , принят равным 108263×10^{-8} .*



Сеть действующих станций наблюдения ГЛОНАСС

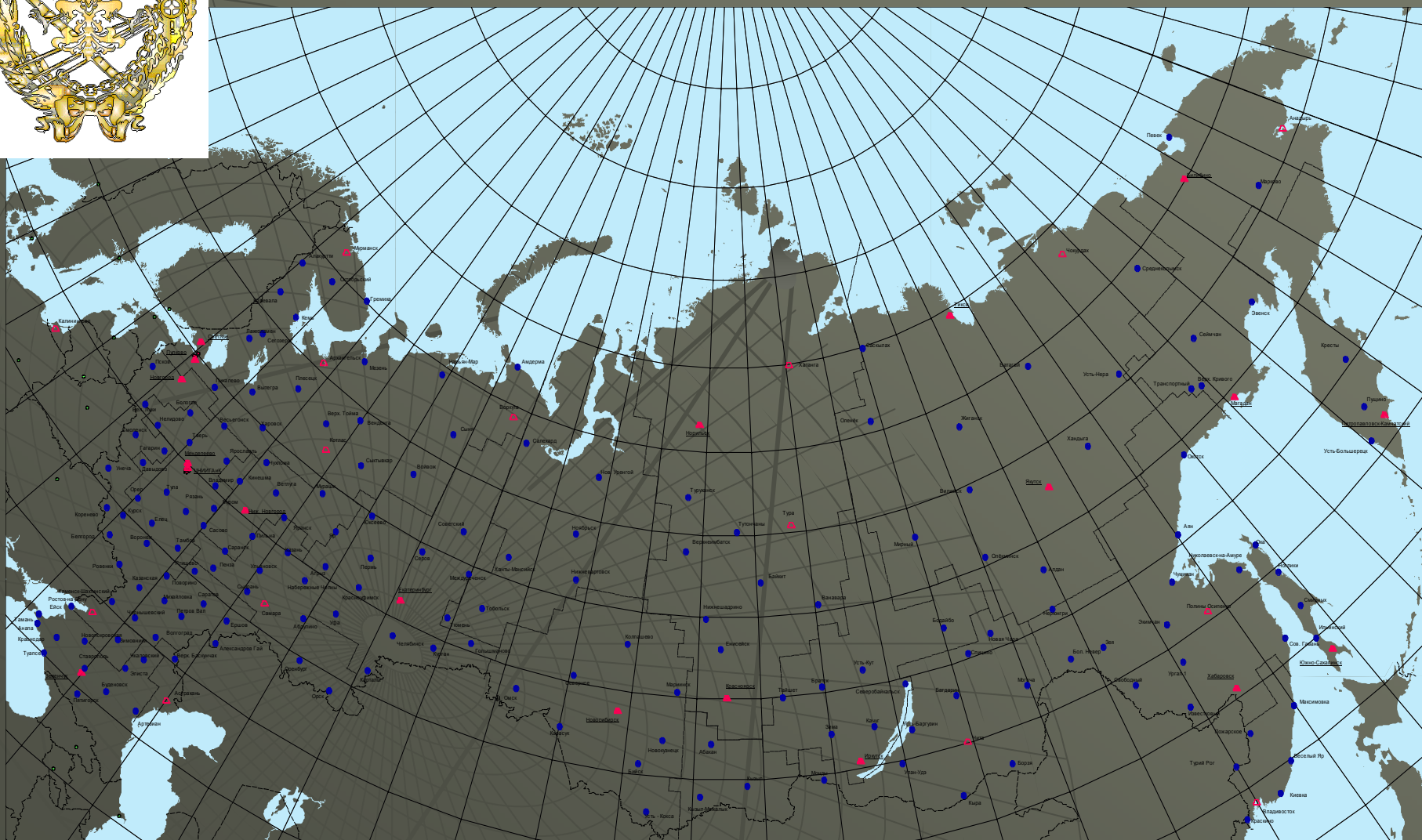


Рис. 2

С.Петербург 2008



Сеть международных постоянно действующих станций наблюдения ГЛОНАСС



GMT 2008 Sep 25 17:31:01

С.Петербург 2008



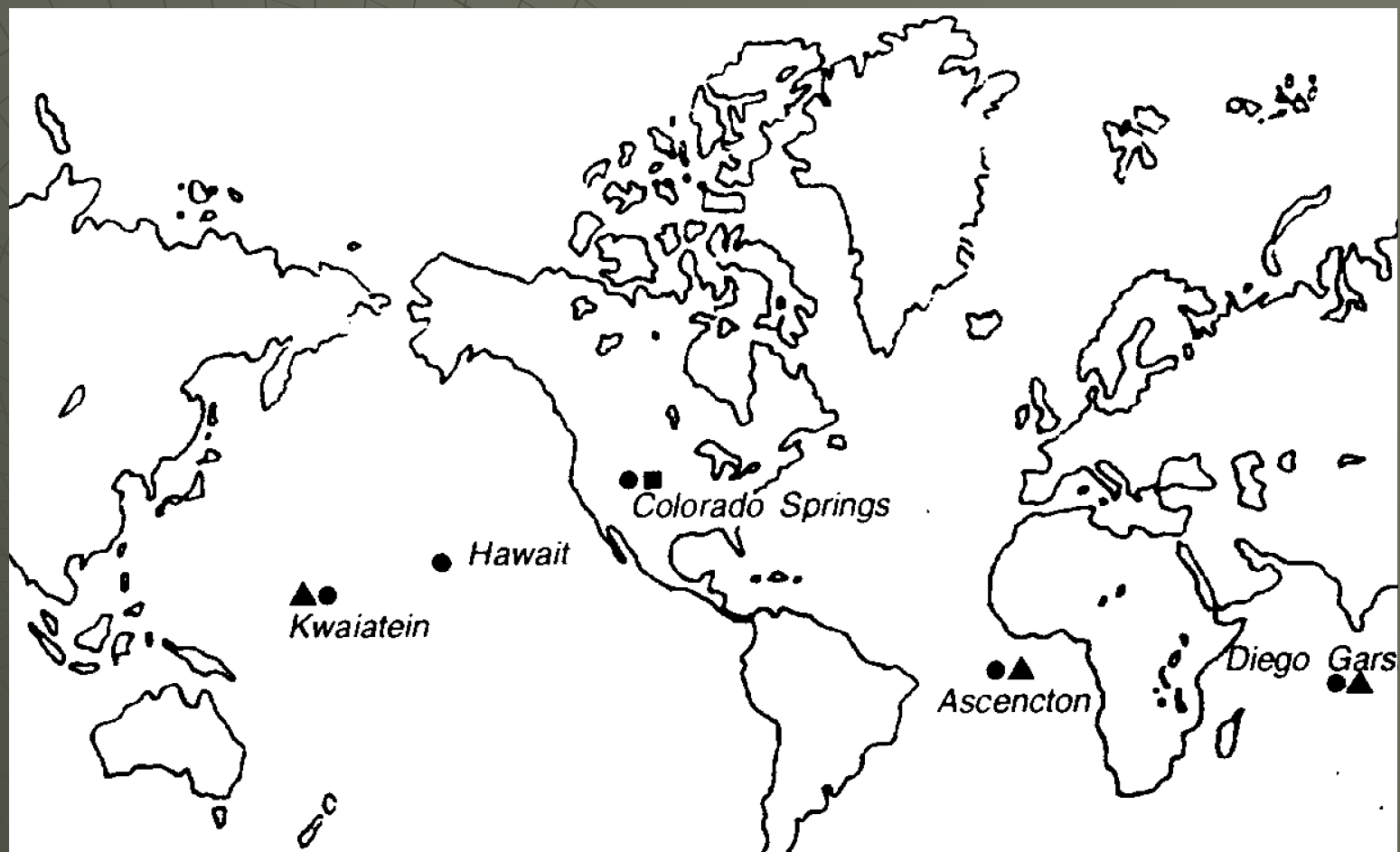
Система геодезических параметров

WGS 84

- ◆ *Установлена Министерством обороны США в 1987 г.,*
- ◆ *Доплеровские наблюдения, полученные с помощью (Navy Navigation Satellite System – NNSS) "ТРАНЗИТ".*
- ◆ *С 1994 г. реализация системы WGS–84 полностью основана на GPS-наблюдениях*
- ◆ *Последняя реализация WGS–84 - (G873) относится к 0 ч. 00 м. 29 сентября 1996 г*
- ◆ *(G873) определена относительно позиционных координат 15 станций слежения GPS*
 - *большая полуось -6 378 137.1 м;*
 - *сжатие 1:298.257 223 563.*



Сеть постоянно действующих станций наблюдения GPS (WGS)





Система координат 1988 г. (ITRF88)

- ◆ В конце 80-х Международная служба вращения Земли (IERS) учредила ITRS с целью поддержки направлений, которые требуют высокоточных координат местоположения
- ◆ Ежегодно, начиная с момента появления системы ITRF88, служба IERS представляет новые версии ITRS – ITRF89, ITRF90,...
- ◆ Так система ITRF96 характеризуется положениями и скоростями изменения 508 станций на 290 глобально рассредоточенных пунктах



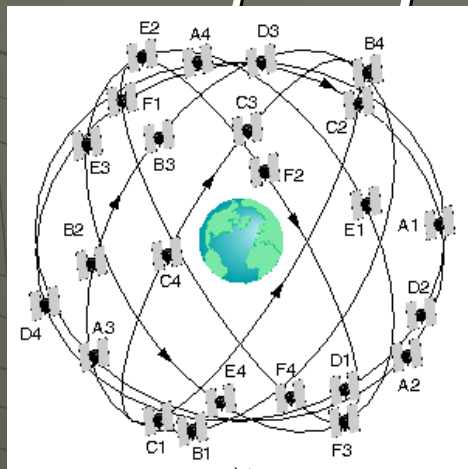
Сеть постоянно действующих станций наблюдения GPS (ITRF)



С.Петербург 2008

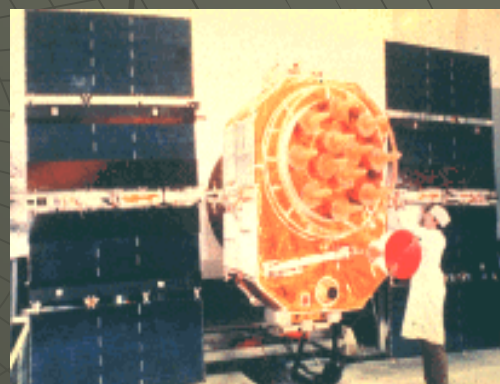


Технология спутникового позиционирования ГЛОНАСС/GPS

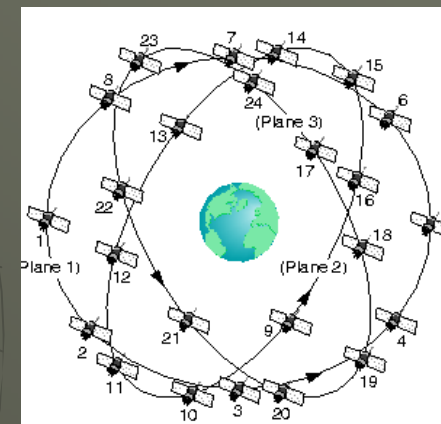


- ◆ Система GPS (США) – 24 спутника на 6 орбитах

- Система ГЛОНАСС (Россия) - 24 спутника на 3-х орбитах



С.Петербург 2008





Основные характеристики GPS и ГЛОНАСС

Характеристика	GPS	ГЛОНАСС
1	2	3
Количество спутников	24	24
Количество орбитальных плоскостей	6	3
Угол наклона орбиты, (°)	55	65,8
Радиус орбиты, (км)	26 560	25 510
Период обращения, (час:мин)	11:58	11:16
Характеристики сигнала, (МГц)	$L_1=1575,42$ $L_2=1227,60$	$L_1=(1602+0,5625*n)$ $L_2=(1246+0,4375*n)$, где $n=1...24$ – номер спутника
Код	CDAM	FDAM
	C/A код на L_1	C/A код на L_1
	P на L_1 и L_2	P код на L_1 и L_2
Частота кодов	C/A код 1,023	C/A код 0,511
	P ко 10,23	P код 5,11
Референц. система координат	WGS84	SG85
Время	UTC (USNO)	UTS (SU)

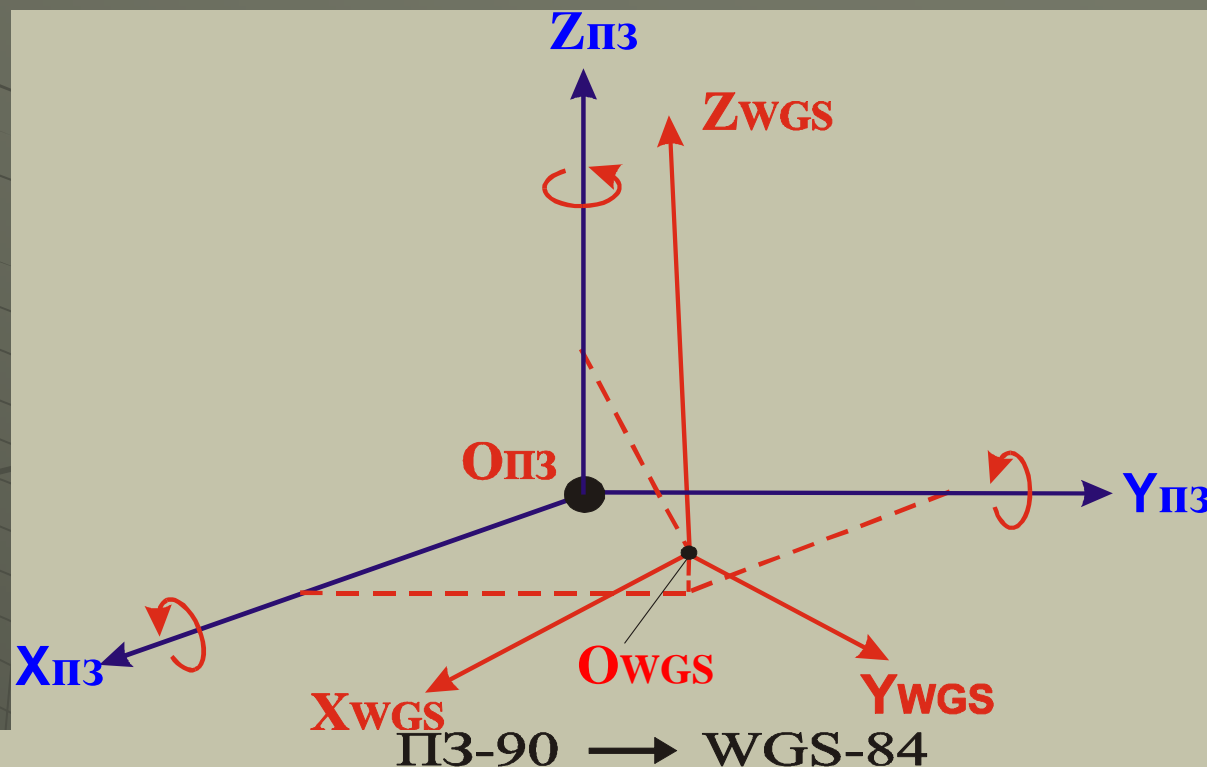


$$\Delta z_{\Pi 3} = -80 \text{ m} \pm 3 \text{ m}; \quad \epsilon_{z_{\Pi 3}} = -0.66'' \pm 0.1'';$$

■ $dm_{\Pi 3} = (0.00 \pm 0.25) 10^{-6}$
С.Петербург 2008



Параметры связи ПЗ-90 и WGS-84



$$\square dX_{WGS} = -1.08 \text{ м} \pm 0.2 \text{ м};$$

$$\square \epsilon_{WGS} = 0$$

$$\square dY_{WGS} = -0.27 \text{ м} \pm 0.2 \text{ м};$$

$$\square \epsilon_{WGS} = 0$$

$$\square dZ_{WGS} = -0.90 \text{ м} \pm 0.3 \text{ м};$$

$$\square \epsilon_{WGS} = -0.16'' \pm 0.01'';$$

$$\square dm_{WGS} = (-0.12 \pm 0.06) 10^{-8}$$



Параметры связи между системами координат СК-95 и ПЗ-90

- ◆ ***$X_{ПЗ-90} = X_{1995} + \Delta X_0$,***
- ◆ ***$Y_{ПЗ-90} = Y_{1995} + \Delta Y_0$,***
- ◆ ***$Z_{ПЗ-90} = Z_{1995} + \Delta Z_0$,***

- ***где $\Delta X_0, \Delta Y_0, \Delta Z_0$ - линейные элементы ориентирования,***
- ***$\Delta X_0 = +25,90$ м; $\Delta Y_0 = -130,94$ м; $\Delta Z_0 = -81,76$ м.***



Параметры связи между системами координат СК-95 и WGS-84

- ◆ $\Delta X = +24.653 \text{ м}; \Delta Y = -129.136 \text{ м}; \Delta Z = -83.057 \text{ м};$
- ◆ $\omega X = -0.06696''; \omega Y = +0.00391, \omega Z = -0.12902'';$
- ◆ $m = -0.175 \cdot 10^{-6}.$



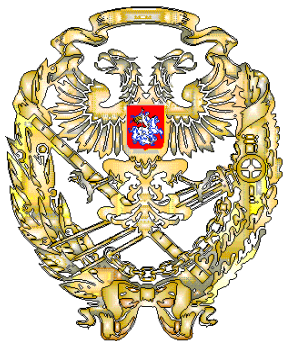
Система геодезических параметров, "Параметры Земли 1990 года" (ПЗ–90.02)

- ◆ 20.09.2007 спутники системы ГЛОНАСС переведены на новую систему координат
- ◆ С 21.09.2007 ИАЦ ГЛОНАСС рекомендует использовать нулевые параметры перехода между ПЗ 90.02 к ITRF 2000



Параметры связи между системами координат ITRF-2000 (WGS-84) и ПЗ 90.02

- ◆ $\Delta X = +0,36 \text{ м}; \Delta Y = -0,08 \text{ м}; \Delta Z = -0,18 \text{ м};$
- ◆ $\omega X = 0.0''; \omega Y = 0.0'', \omega Z = -0.0'';$



Разночтение по системам координат

WGS-84	45	5	39,843	N	37	22	55,194	E
ПЗ90	45	5	39,838	N	37	22	55,014	E
СК95	45	5	40,270	N	37	23	0,491	E
СК42	45	5	40,351	N	37	23	0,384	E



Благодарю за внимание

*Лобазов В.Я. МИИГАиК, НИЦ «Геодинамика»,
Рабочая группа АНИО, МАК, (+7 925 514 7189)
www.avia.geodinamika.ru*