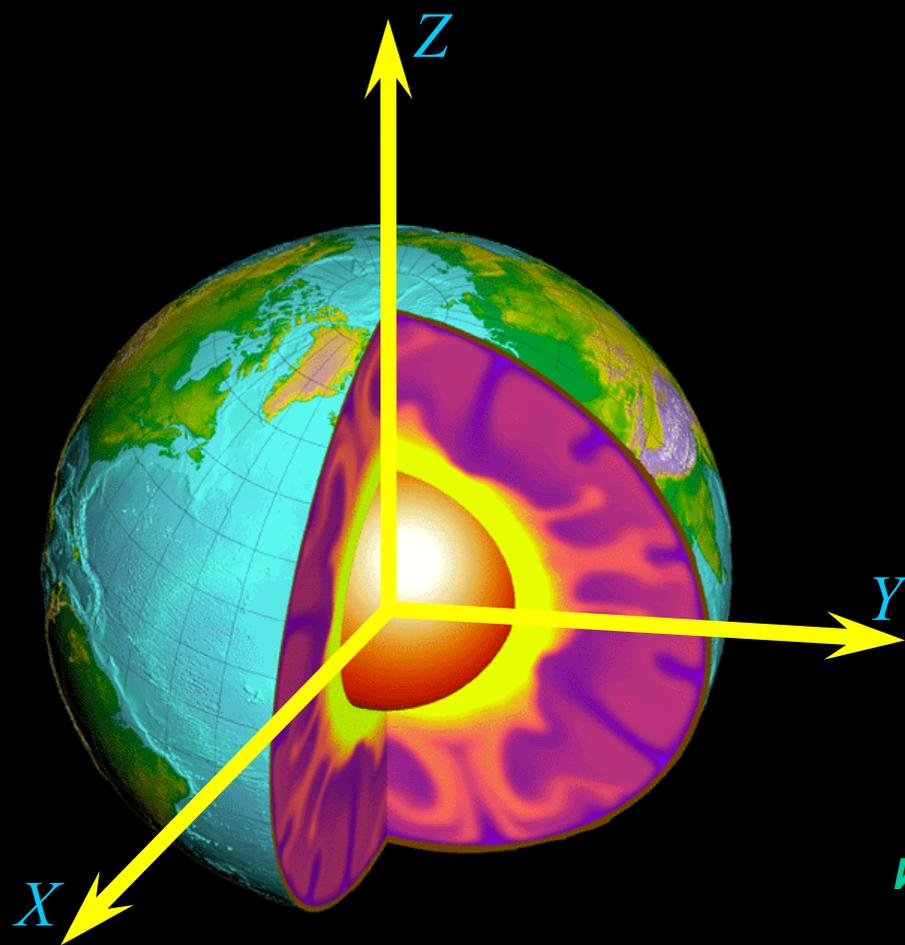


ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ЗЕМНОЙ ОПОРНОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ



«Сагитовские чтения»
4-5 февраля 2008г
ГАИШ
Москва

Д.т.н. С.К.Татевян

Институт астрономии РАН

Земная опорная система координат (TRS) – это пространственная опорная система координат, вращающаяся вместе с Землей (суточный период). Координаты точек, закрепленных в земной коре, подвергаются только малым тектоническим и приливным деформациям. В IERS принята геоцентрическая прямоугольная система с началом в *геоцентре* и направлением главной оси на полюс вращения Земли.

В настоящее время различают два типа координатных систем: *динамическая и кинематическая* - в зависимости от того, какой метод используется для вычисления координат пунктов – динамический или геометрический.

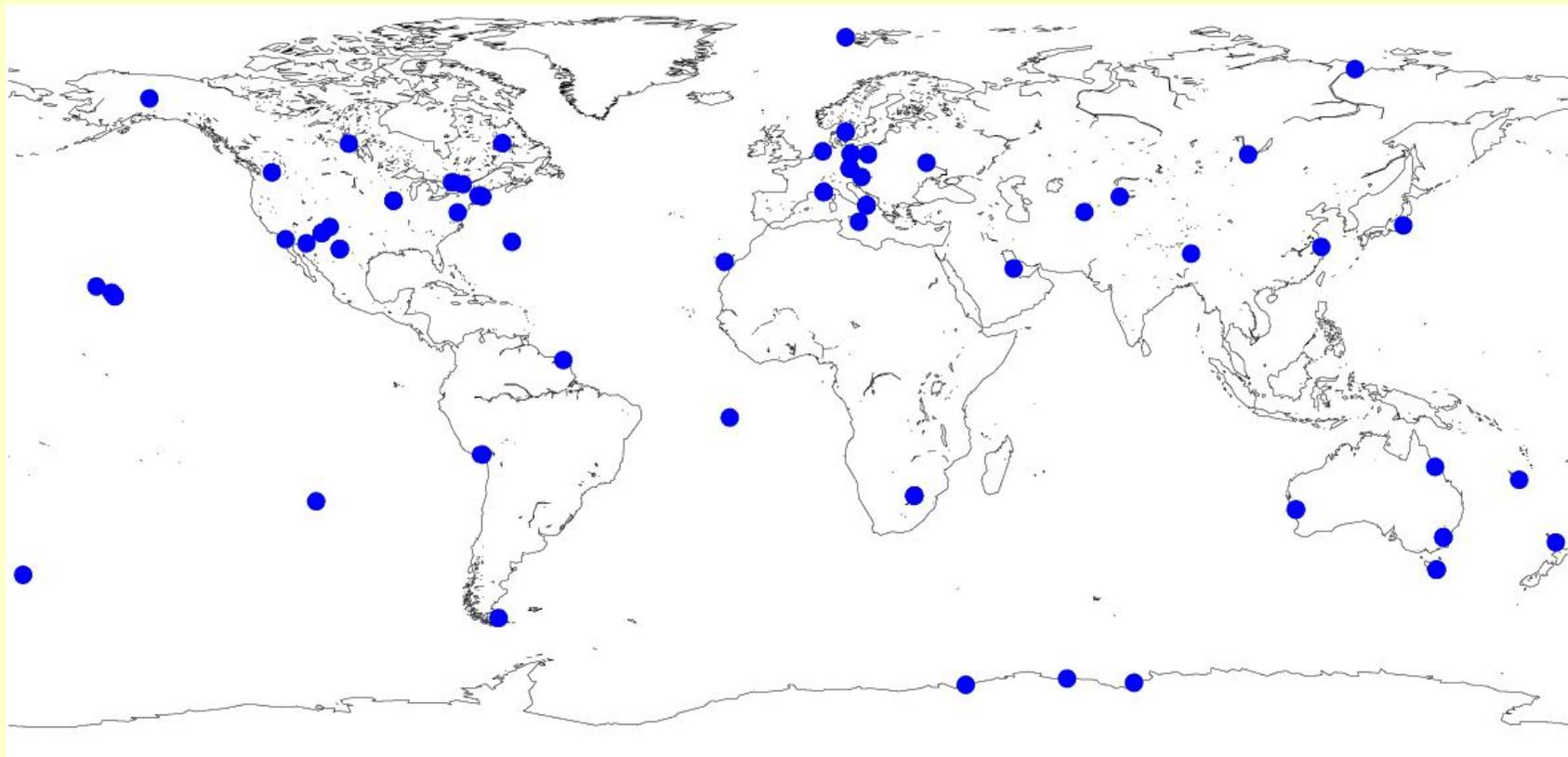
Земная опорная система (сетка) TRF – представляет из себя совокупность физических точек с точно определенными координатами в системе TRS.

Формирование системы ITRS осуществляется Центром МСВЗ и публикуется под названием ITRF. Эта процедура включает совместную обработку различных TRF решений по данным всех техник космической геодезии.

Перевод координат какой либо точки вблизи поверхности земли из одной системы TRS 1 в систему TRS 2 выражается следующим равенством

$$X^{(2)} = T_{1,2} + \lambda_{1,2} \cdot R_{1,2} \cdot X^{(1)}$$

**Станции сети IERS, используемые для перевода
координат из ITRF2000 к системе ITRF2005**



**Transformation parameters at epoch 2000.0 and their rates
from ITRF2005 to ITRF2000 (ITRF2000 *minus* ITRF2005)**

	T₁	T₂	T₃	D	R₁	R₂	R₃
	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	10^{-9}	<i>mas</i>	<i>mas</i>	<i>mas</i>
	0.1	- 0.8	- 5.8	0.40	0.000	0.000	0.000
±	0.3	0.3	0.3	0.05	0.012	0.012	0.012
Rates	-0.2	0.1	-1.8	0.08	0.000	0.000	0.000
±	0.3	0.3	0.3	0.05	0.012	0.012	0.012

Сравнительные характеристики точности определения параметров Земной системы координат (ITRF)

по данным различных технических средств космической геодезии

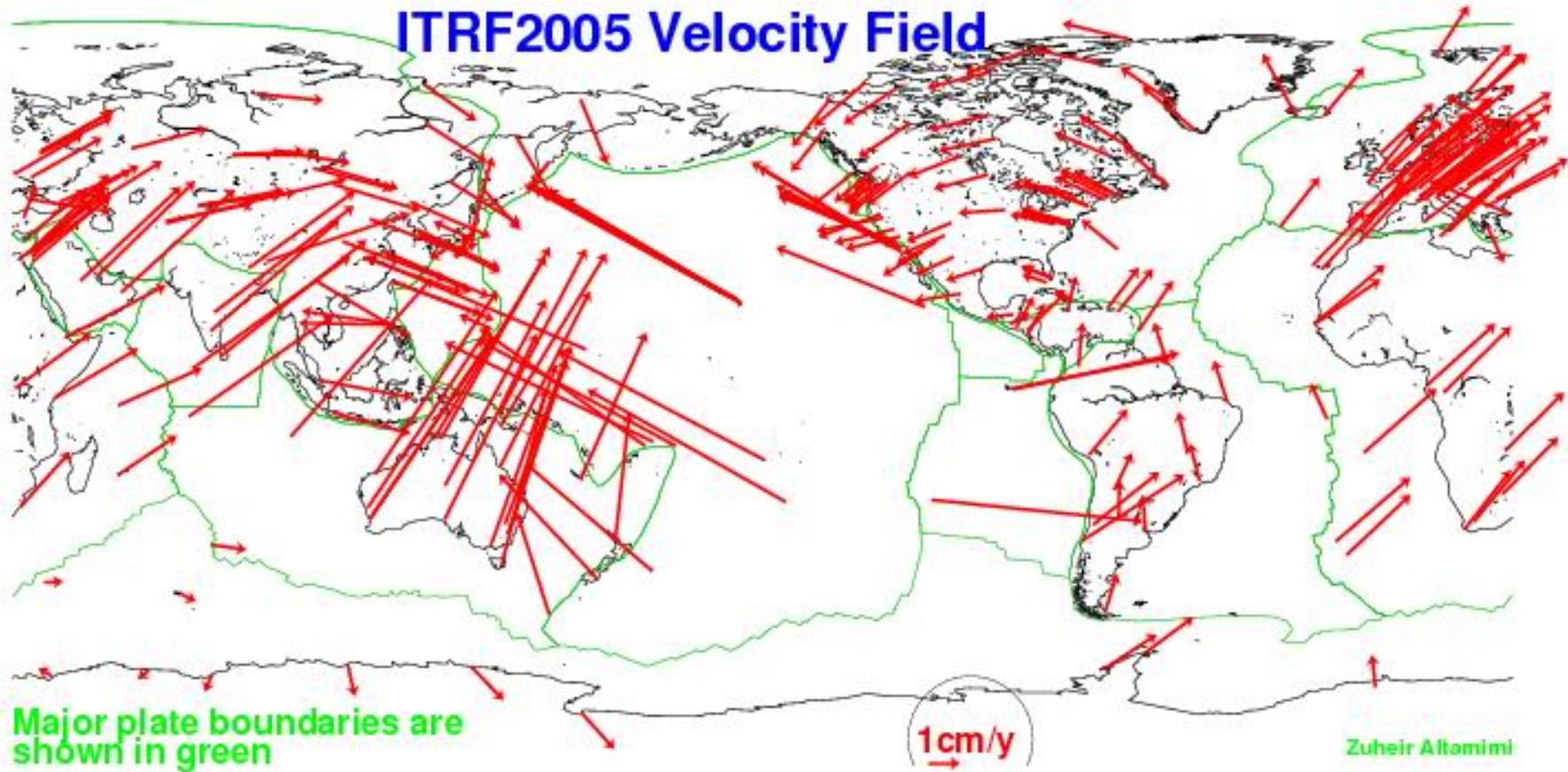
Начало координат	~ 20 мм ~ 40 мм	x, y z
Масштаб	$2 \cdot 10^{-9} \sim 12$ мм (на поверхности Земли)	
Отдельные решения		
Координаты: σ (ср.кв.ош.)	3-5 мм 4- 20 мм 3-8 мм 25-30 мм 1 мм/Г	РСДБ Лазер. дальн. GPS ДОРИС
Скорости: σ (ср.кв.ош.)	1-3 мм/Г 10 мм/Г	РСДБ Лаз.дал.,GPS ДОРИС

**Изменения точности определения параметров вращения Земли (на 5
дневных интервалах) за период 1962-2005**

(X, Y – координаты полюса оси вращения, UT1-Всемирное время)

<i>Годы</i> -- <i>Единицы</i>	$\sigma(X)$ - <i>0.001''</i>	$\sigma(Y)$ - <i>0.001''</i>	$\sigma(UT1)$ - <i>0.0001s</i>	$\sigma(\psi\delta)$ - <i>0.001''</i>	$\sigma(\varepsilon\delta)$ - <i>0.001''</i>
1962-1967	30	30	20	-	-
1968-1971	25	25	17	-	-
1972-1979	11	11	10	-	-
1980-1983	2	2	3	2	1
1984-1989	.40	.40	.20	.5	.2
1990-2000	.20	.20	.20	.3	.1
2001-2005	.15	.15	.1	.3	.1

ITRF2005 Velocity Field



1993 - 2003

Indonesia 110E

Polynesia 120W

Indonesia

Polynesia

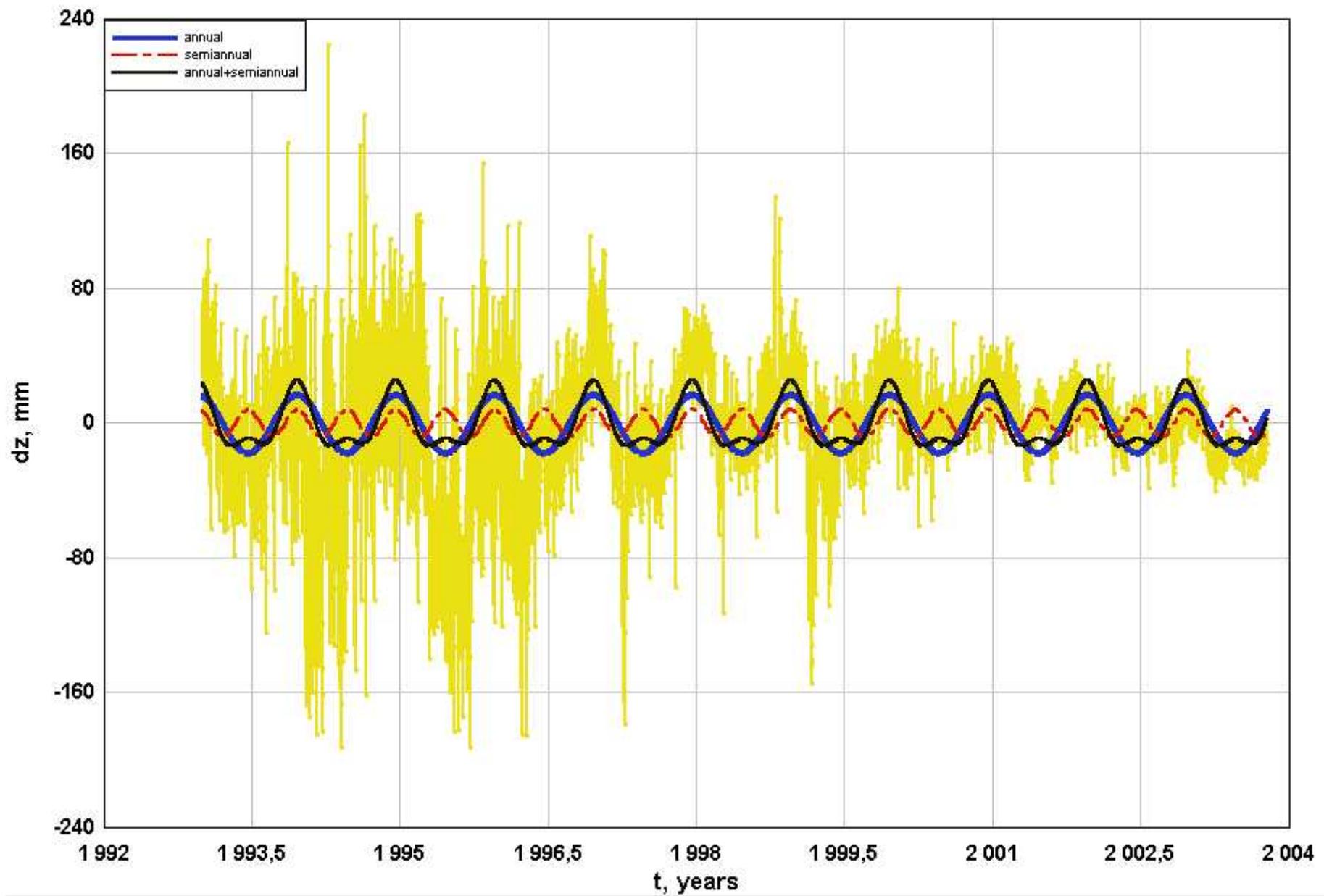
Δy [mm]

Δx [mm]

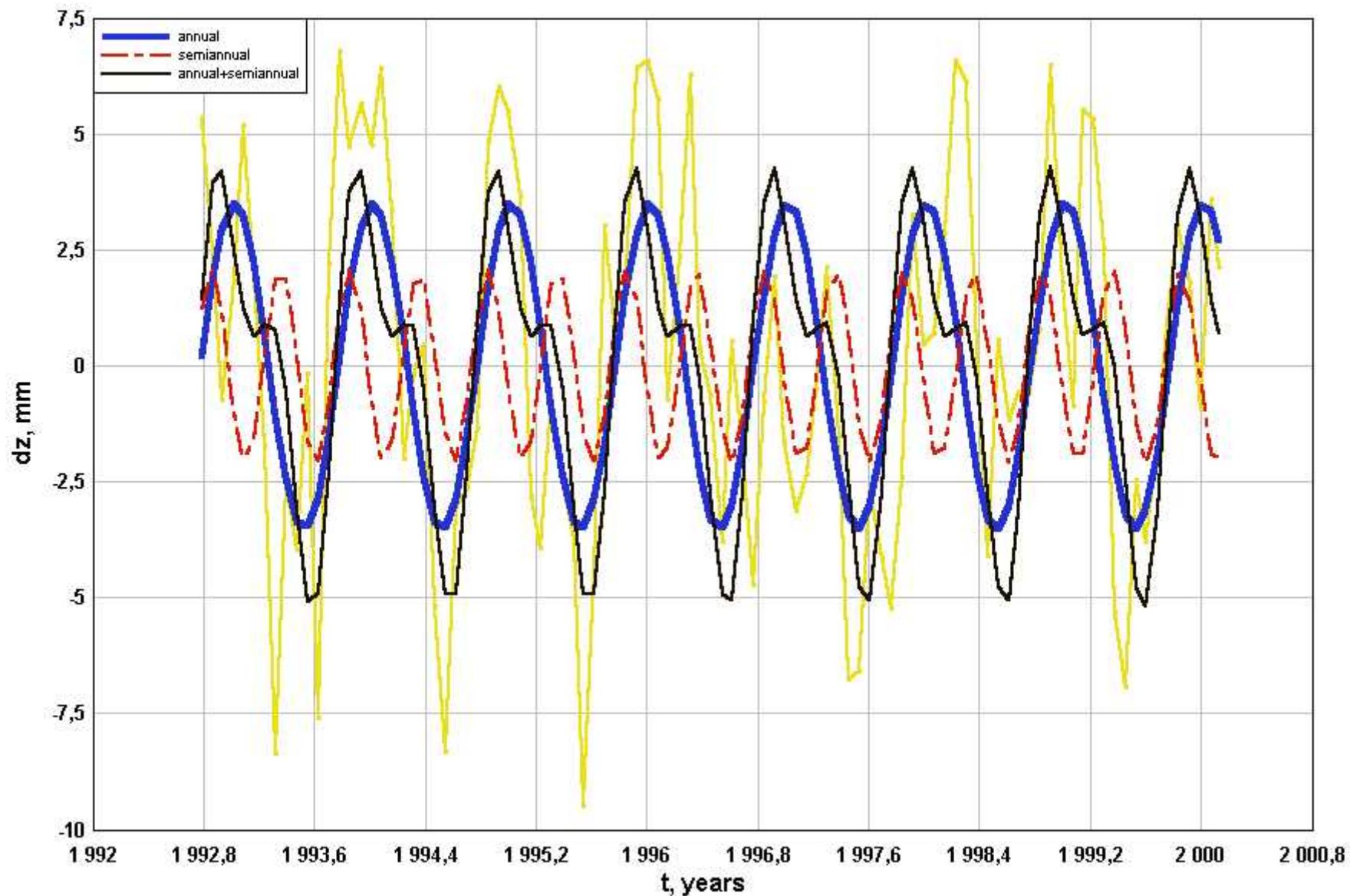
Equatorial Trajectory of the Geocenter



GPS daily geocenter variations (TZ component) compared to ITRF00 with superimposed annual, semiannual, annual+semiannual



SLR monthly geocenter variations (TZ component) with superimposed annual, semiannual and annual+semiannual



Измеренные и предсказанные по моделям сезонные движения геоцентра

РЕШЕНИЕ	Интервал	X		Y		Z	
		Годовой	Полу- годовой	Годовой	Полу- годовой	Годовой	Полу- годовой
		Ампл., мм	Ампл., мм	Ампл., мм	Ампл., мм	Ампл., мм	Ампл., мм
DORIS (недельное)	1993.0 – 2005.5	5.5 ± 0.3	2.0 ± 0.4	4.3 ± 0.3	1.9 ± 0.5	23.7 ± 1.2	11.0 ± 1.6
GPS (суточное)	1993.0 – 2005.7	3.0 ± 0.1	14.1 ± 0.2	5.0 ± 0.1	3.3 ± 0.3	13.2 ± 0.4	6.0 ± 0.4
SLR (месячное)	1993.0 – 2000.2	3.1 ± 0.5	1.1 ± 0.5	5.5 ± 0.5	0.8 ± 0.5	3.6 ± 0.5	1.4 ± 0.6

Сезонные смещения по геофизическим моделям

Dong et al. [1997]	1.6	0.83	3.2	0.43	3.5	1.1
Chen et al. [1999]	4.2	0.75	2.0	0.89	4.1	0.5
Bouille et al. [2000]	2.4		1.8		3.1	

- Согласно рекомендациям Международной службы вращения Земли, координаты точки на земной поверхности в заданный момент времени t определяются по формуле

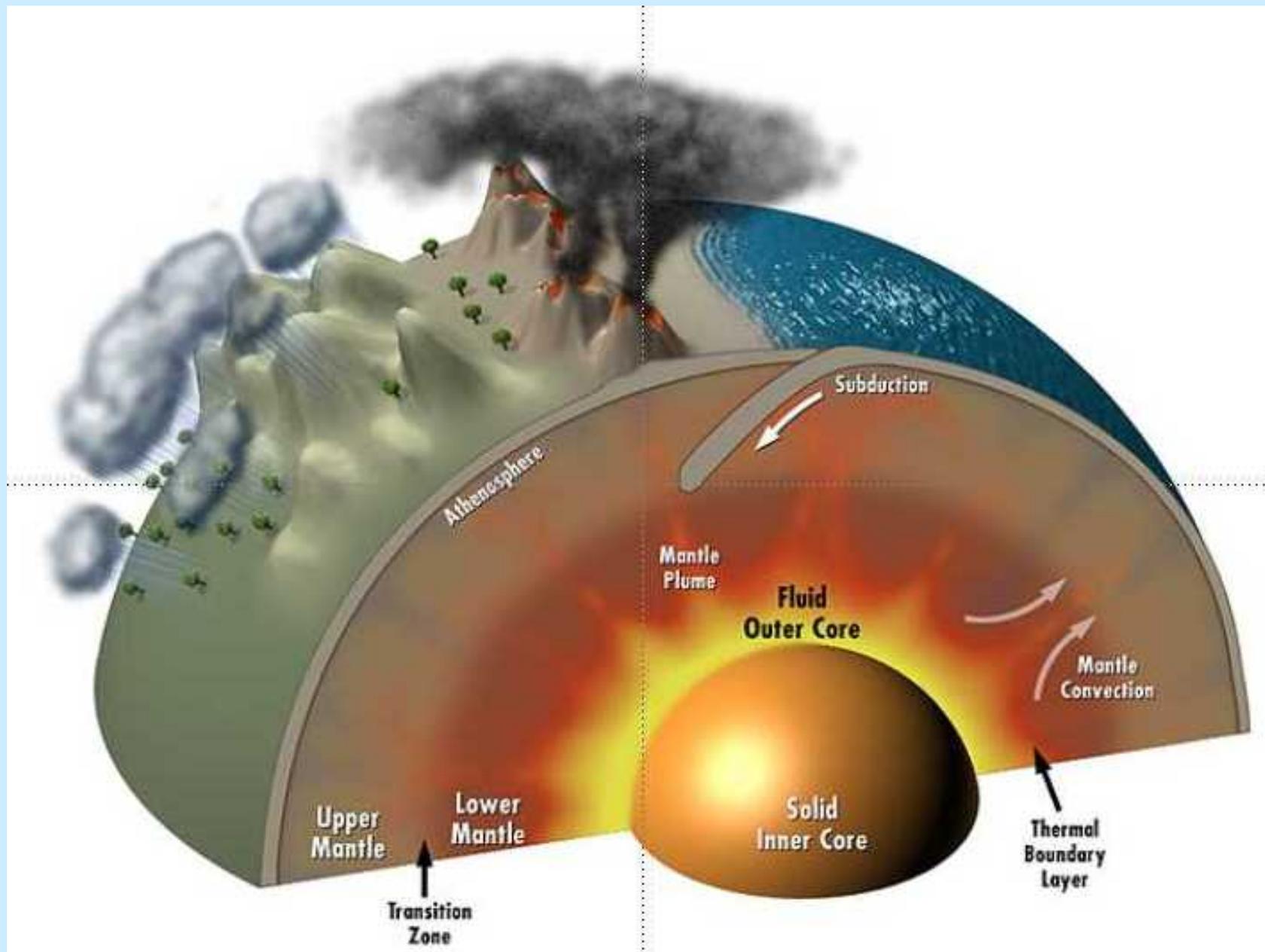
$$X_m(t) = X_0 + V_0(t - t_0) + \sum dX_i(t)$$

- где X_0 и V_0 значения координат и скорости согласно ITRF на начальную эпоху, а суммирование $\sum dX_i(t)$ включает эффекты от суточных и полусуточных приливов твердой Земли, океанских приливов, полюсного прилива, атмосферной нагрузки и смещения геоцентра.
- В настоящее время в рекомендациях МСВЗ приводятся достоверные модели только для трех первых членов, поэтому рекомендуется при вычислении нелинейных отклонений учитывать только те из них, которые могут быть выражены точными формулами и имеют периоды около 1 суток и короче. Модели для учета суточных и полусуточных атмосферных нагрузок и движений геоцентра находятся пока в стадии разработки.

Международная служба вращения Земли рекомендует также обратить внимание на учет движения геоцентра при переходе от земной *ITRF* к небесной *ICRF* системе координат. Уравнение, связывающее эти две системы, в этом случае выражается следующим образом:

$$ICRF = Q \cdot R \cdot W \cdot [TRF + O(t)],$$

- где Q – матрица прецессии-нутаии, R – матрица вращения, W - матрица координат полюса,
- $O(t)$ – остаточный вектор перехода от центра мгновенной $TRF(t)$ системы к началу системы $ITRF$, т.е. смещение геоцентра.
- Показанное выше уравнение предполагает, что параметры вращения Земли отнесены к исходному началу системы $ITRF$, а не к мгновенной $TRF(t)$ системе. Для учета смещений геоцентра наиболее эффективно использовать метод трансформации Гельмерта, в котором переходным параметром является вектор смещения геоцентра.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !