

**Глобальная геодезическая система
наблюдений GGOS.
Научные задачи и перспективы развития.**

**С.К. Татевян
Институт астрономии РАН.**

Сагитовские чтения.

**ГАИШ МГУ, 2 февраля 2009.
Г. Москва**

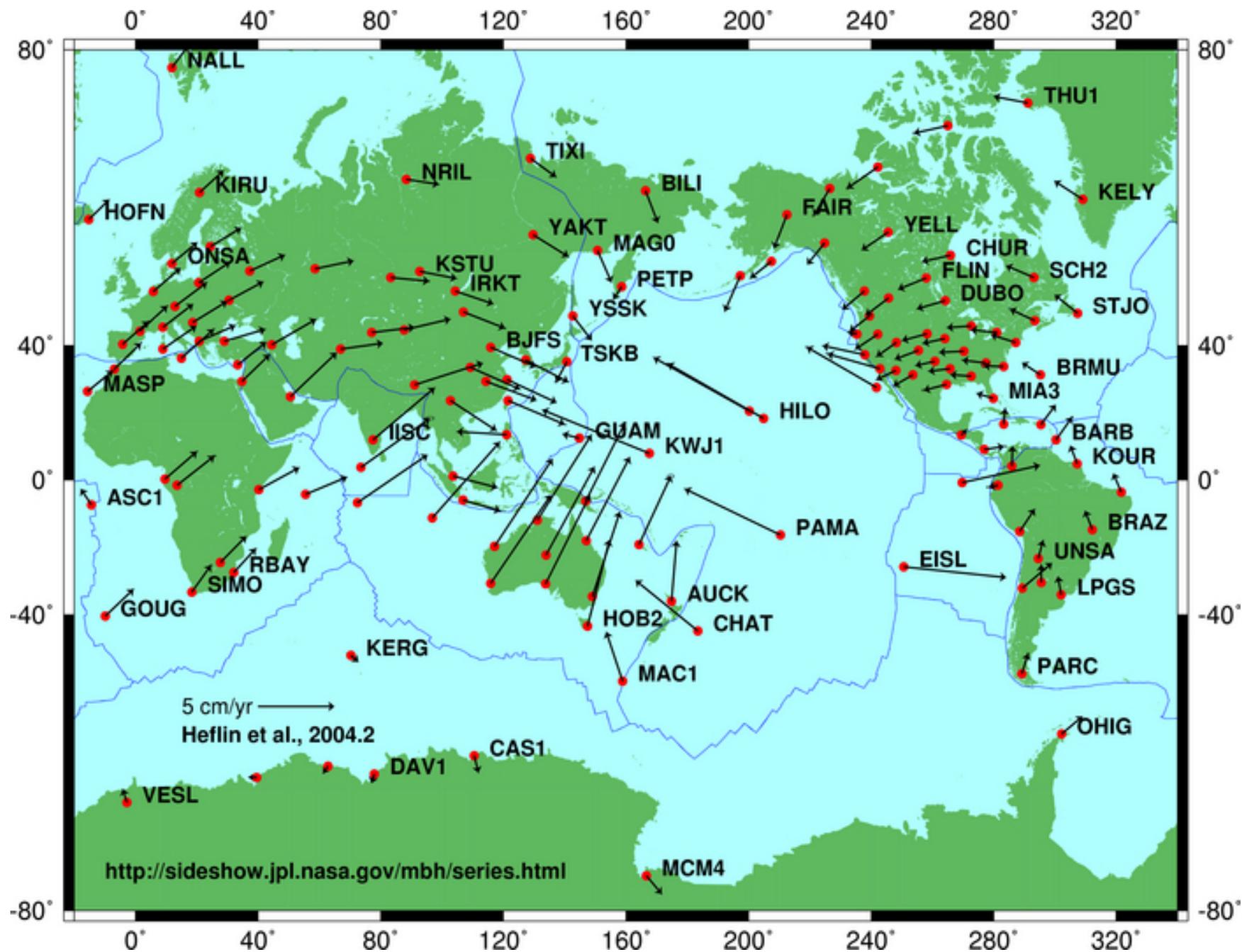
Определяемые параметры системы Земля:

Parameter Type	VLBI	GPS/ GLON.	DORIS/ PRARE	SLR	LLR	Alti- metry
ICRF {	QuasarCoord. (ICRF)	X				
	Nutation	X	(X)		(X)	X
	Polar Motion	X	X	X	X	X
	UT1	X				
	Length of Day (LOD)	(X)	X	X	X	X
ITRF {	Coord.+Veloc.(ITRF)	X	X	X	X	(X)
	Geocenter		X	X	X	X
	Gravity Field		X	X	X	(X) X
Atmosphere {	Orbits		X	X	X	X
	LEO Orbits		X	X	X	X
	Ionosphere	X	X	X		X
	Troposphere	X	X	X		X
	Time/Freq.; Clocks	(X)	X		(X)	

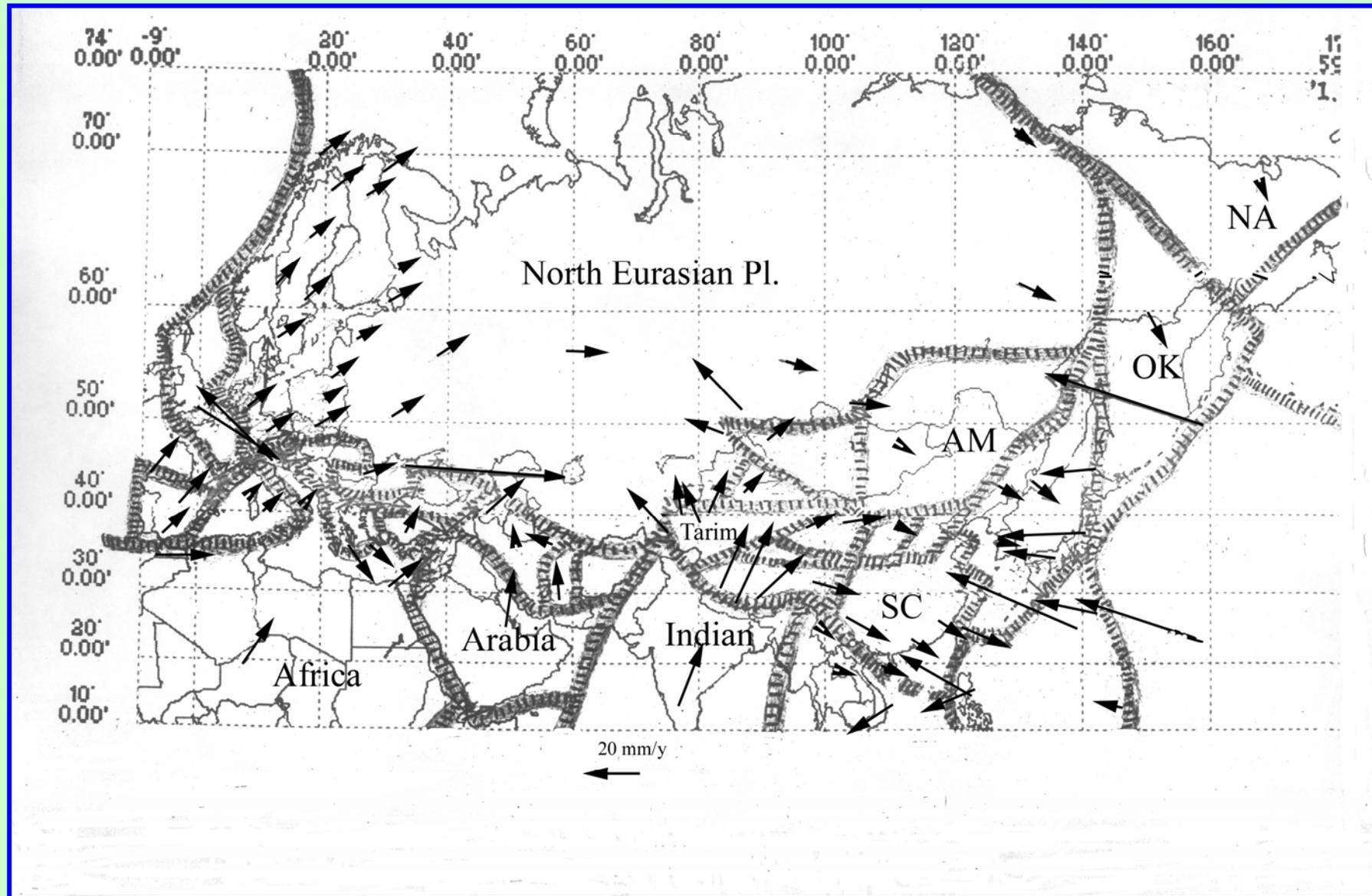
} Earth Rotation
} Gravity Field

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

Годы	$\sigma(X)$	$\sigma(Y)$	$\sigma(UT1)$	$\sigma(\delta\psi)$	$\sigma(\delta\varepsilon)$
--	--	--	--	--	--
Единицы	0.001''	0.001''	0.0001s	0.001''	0.001''
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



Тектонические блоки Евразийской плиты по спутниковым данным



Современные данные об изменениях уровня Мирового Океана

Согласно отчетам Межправительственной комиссии IPCC
за 1990,1996, 2001 и 2007 г.г.

« Потепление климата не вызывает сомнения, поскольку это очевидно из наблюдений глобальных средних значений температуры воздуха и океана, широкого распространения зон таяния льдов и снега и поднятия глобального среднего уровня моря».

По наблюдениям в 20 веке уровень моря повышается
на 1-2 мм в год (1.8 мм).

Возможно объяснить:

таянием льдов

0.2 мм/год,

расширением вследствие повышения
общей температуры

0.5 мм/год.

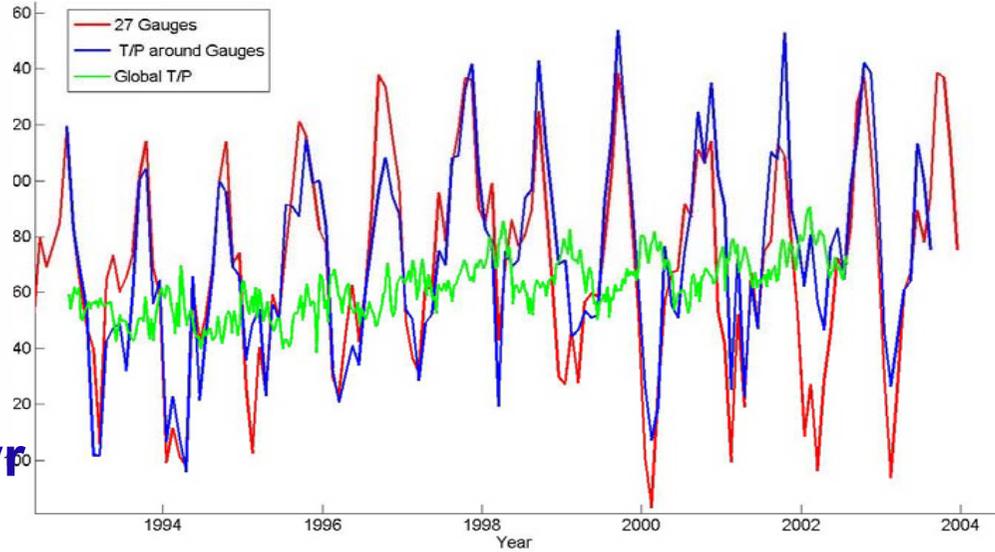
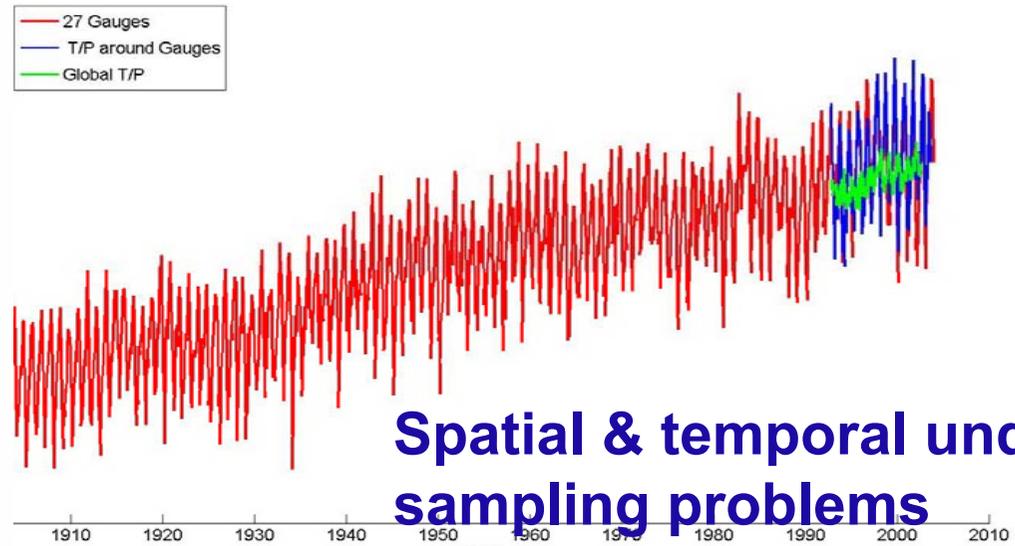
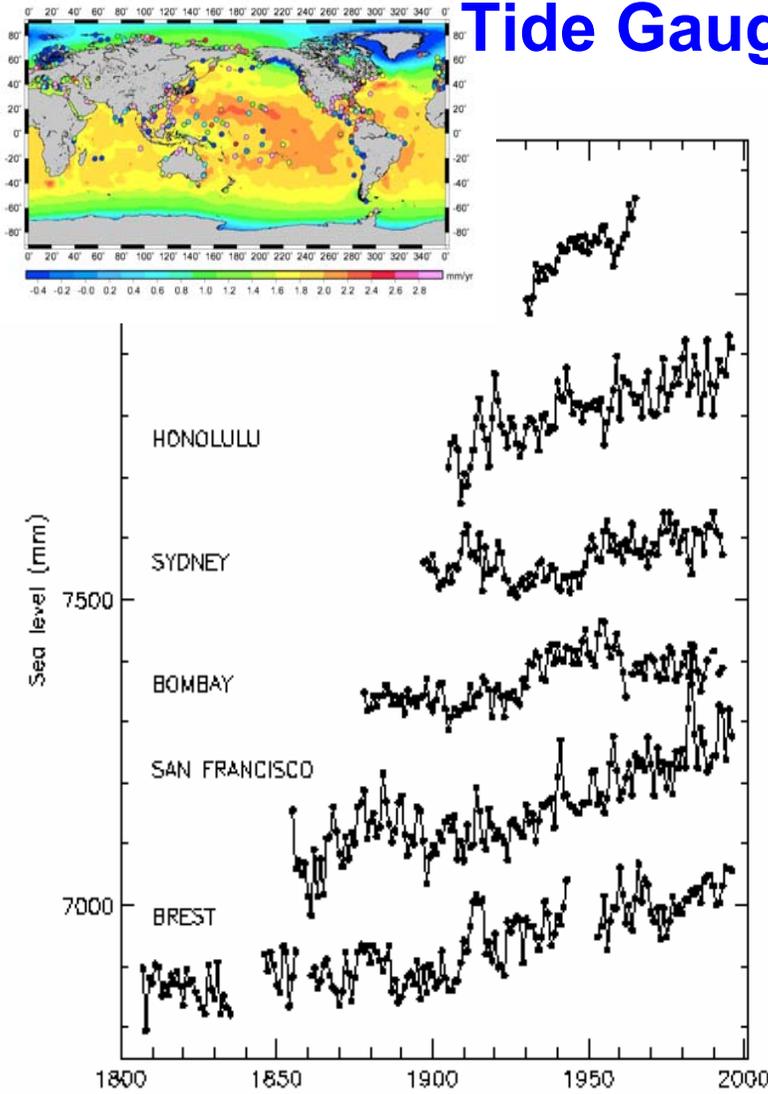
Не найдено уверенных обоснований для 1.3 мм/год.

Наиболее вероятно, что потепление в последние 50 лет (90 %) связано с увеличением парникового эффекта. В связи с этими наблюдаемыми явлениями возникают следующие научные вопросы:

- 1) Ускоряется ли повышение уровня моря начиная с 1990-х годов?
- 2) Можем ли мы установить и объяснить причины повышения уровня моря?
- 3) Можем ли мы улучшить точность предсказания дальнейшего повышения уровня моря в 21 веке.

Колебания климатических условий в ледниковые и межледниковые периоды за последние 3 миллиона лет характеризуются перераспределением огромных объемов воды между двумя крупнейшими резервуарами на Земле — ледниковыми щитами и океанами. Со времени последнего из этих колебаний (последний ледниковый максимум 30000 – 19000 лет назад), примерно 50 миллионов кубических километров льда поверхностных ледниковых щитов растаяло, за счет чего глобальный уровень моря поднялся на 130 метров. Столь быстрые изменения уровня моря есть часть сложной модели взаимодействия между атмосферой, океанами, ледниковыми щитами и твердой Землей. При этом каждый компонент имеет различный по времени масштаб отдачи. Триггер колебаний уровня моря по всей вероятности связан с резкими изменениями направленной на Землю энергии солнца, вызванными астрономическими силами. Однако внутренние геологические циклы также должны учитываться для понимания сложной модели причин и следствий.

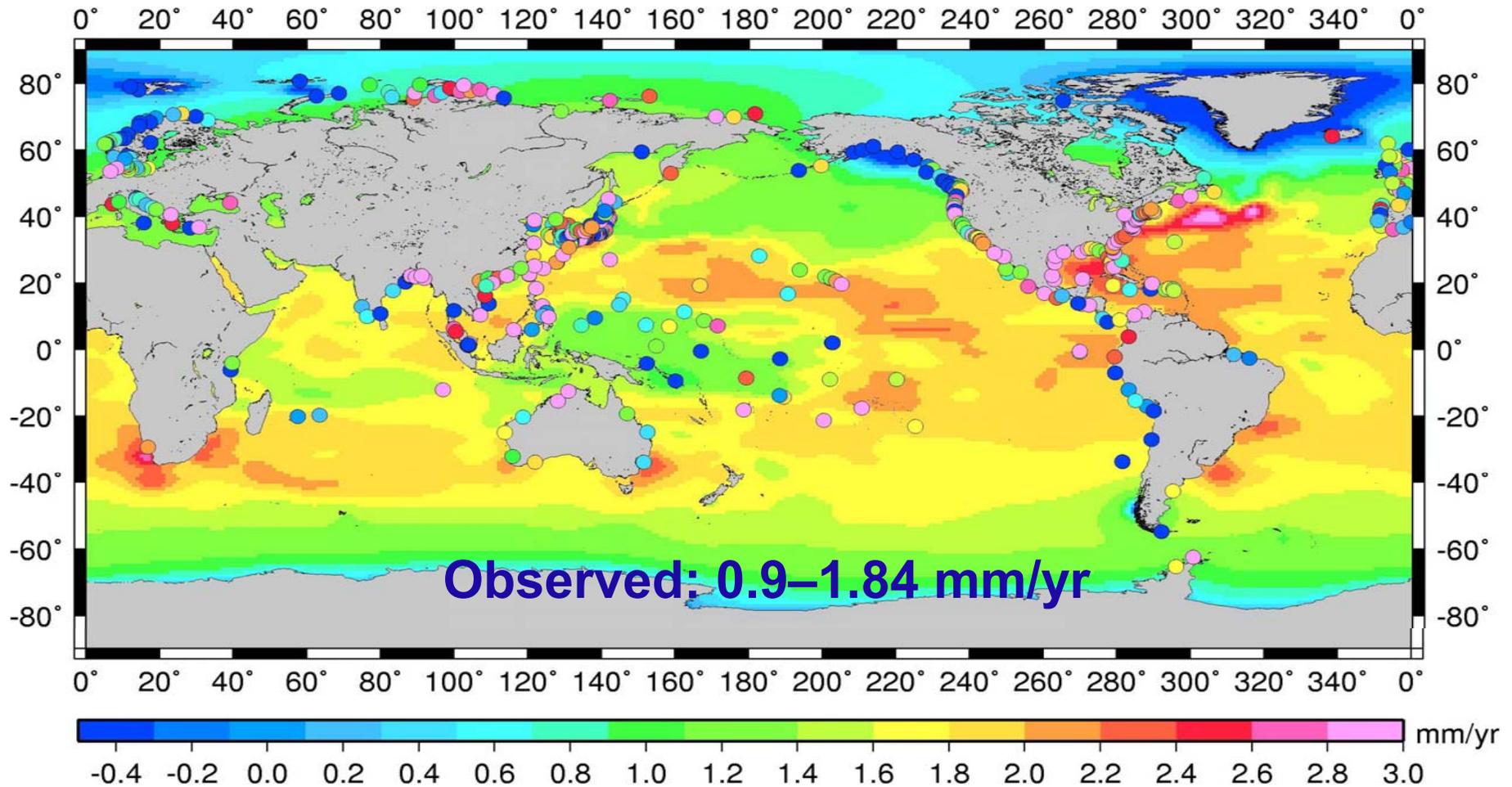
Tide Gauge vs Altimetry Observed Sea Level



**Sea level rise: ~ 1.7–1.8 mm/yr
100–200 year records**

Douglas, 2001; Church et al., 2004, 2006; Cazenave & Nerem [2004]; Holgate & Woodworth [2004]

Estimated Global Sea Level Rise Using Tide Gauges and Satellite Altimetry (1900–2003)



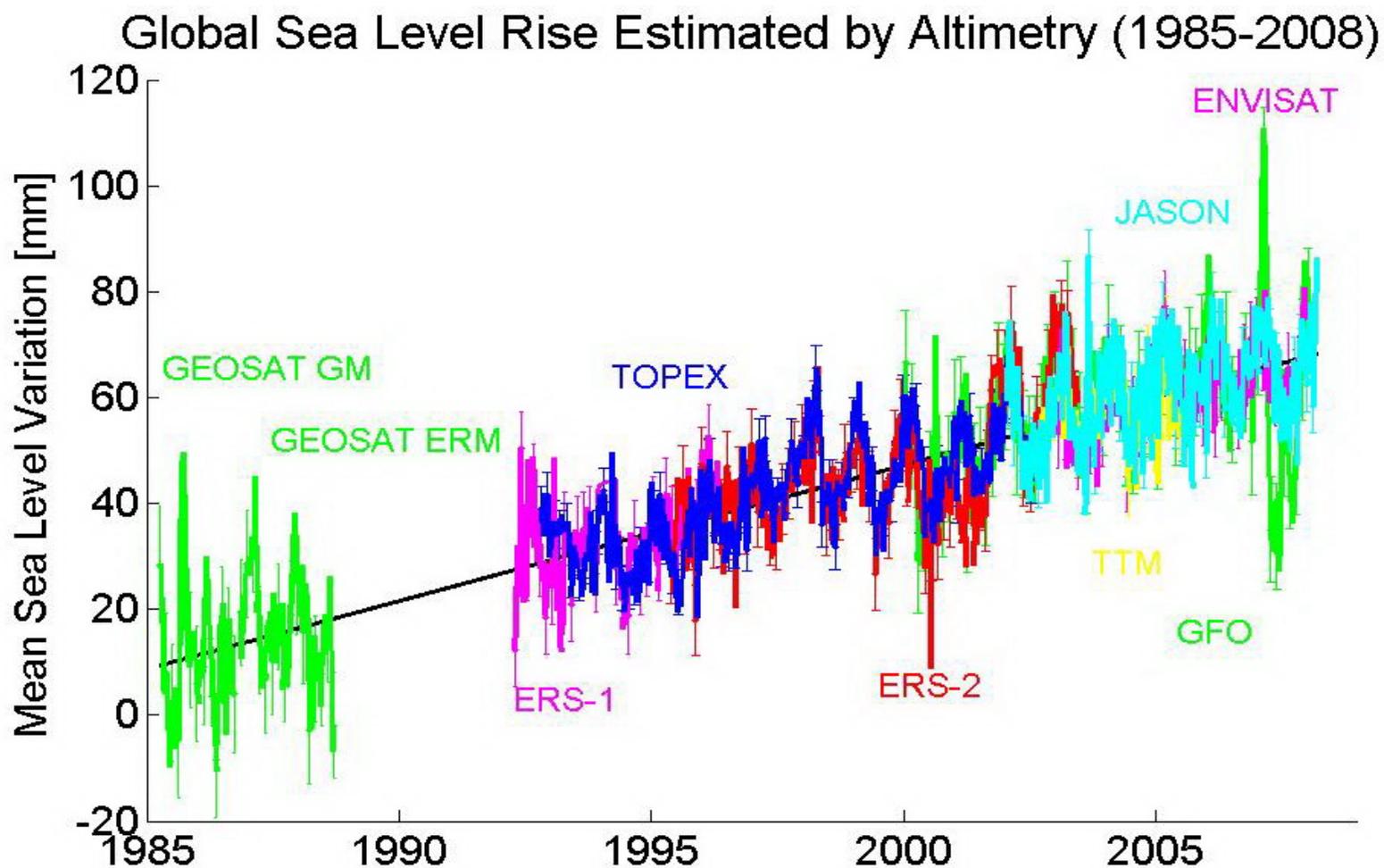
Estimated Sea Level Rise = 1.62 ± 0.22 mm/yr
525 selected tide gauges, multiple satellite altimetry used

Assuming geographical patterns of sea level change due to glacier/ice sheet melt, thermal expansion.

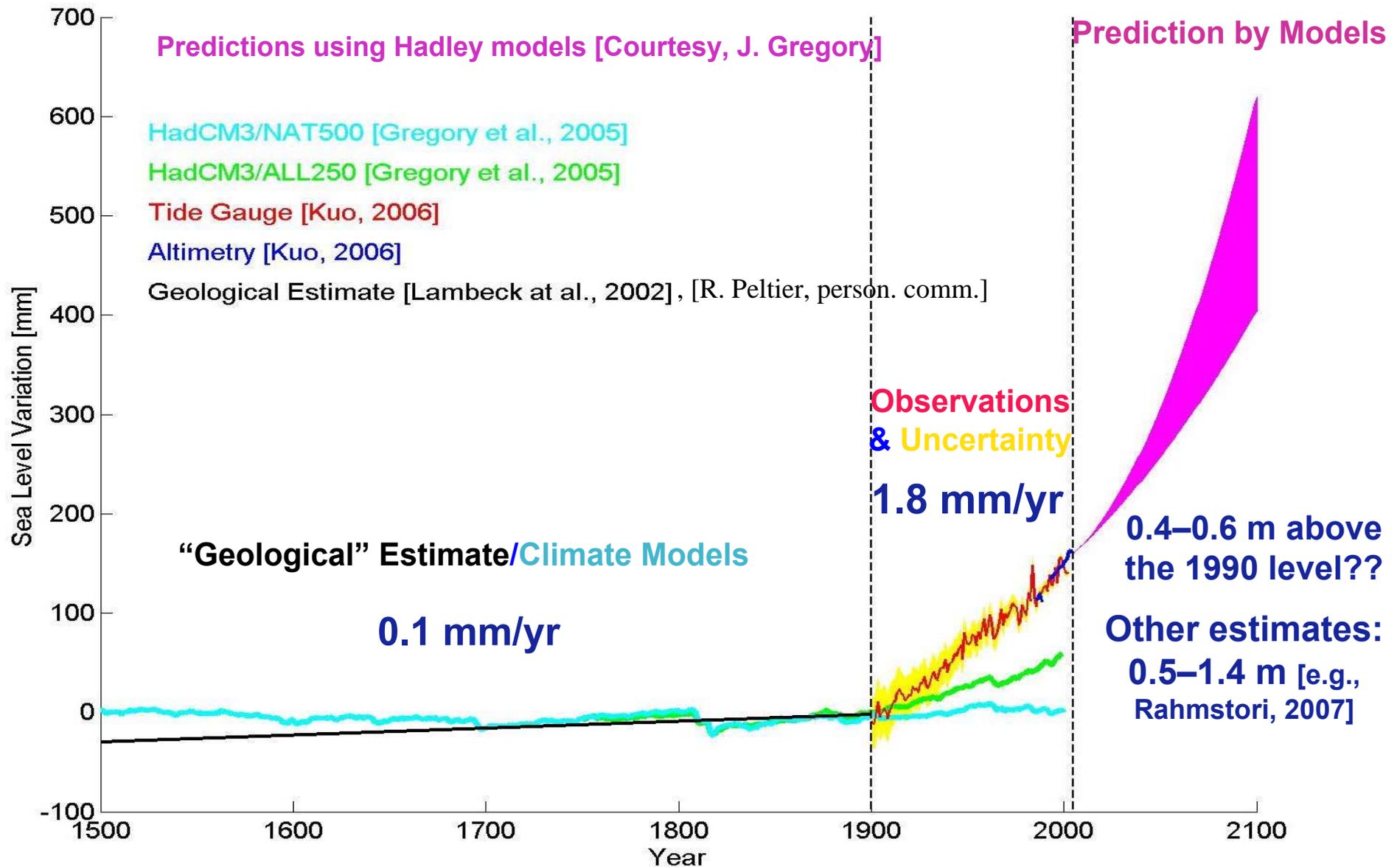
Глобальное повышение уровня моря по данным альтиметрии (1985-2008).



School of
Earth Sciences
www.earthsciences.osu.edu



Global Sea Level Rise: Estimation & Prediction (1500-2100)



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Есть очевидные подтверждения того, что скорость повышения глобального уровня моря начала увеличиваться со времени индустриальной революции, с учетом активизации деятельности человека.

В 20 веке (1900-2002) скорость повышения уровня мирового океана оценивается как **1.62 ±0.22 мм/год**, основываясь на принятых моделях уровня моря. Уровень моря за период 1500-1900 гг. увеличивался на 0.1-0.2 мм/год.

Известные геофизические факторы, ответственные за изменения уровня Мирового океана, в сумме дают **0.81 до 2.54 мм/год** (при том, что наблюдения показывают **0.9-1.84 мм/год**).

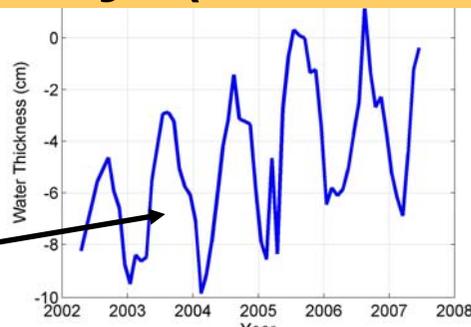
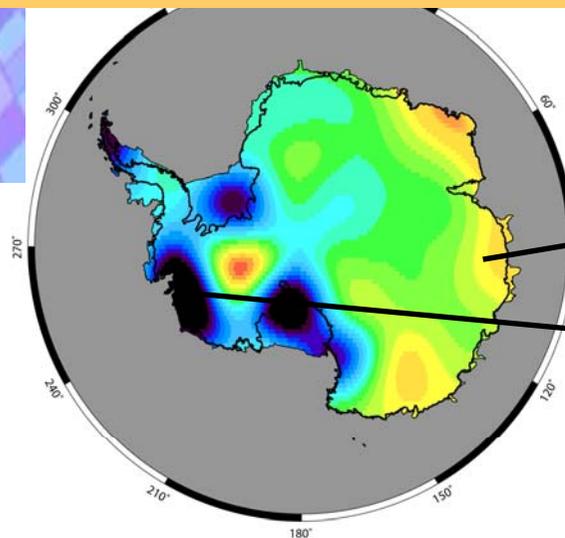
Однако расхождение между этими оценками станет намного хуже, если будут приняты во внимание недавно опубликованные данные об антропогенном водном бюджете. К тому же еще плохо изучен бюджет подземных вод и их распределение, а также налицо большие расхождения в оценках современного массового баланса ледниковых масс.

(equivalent sea level): **Large Discrepancies!**
Antarctica: -0.03 to 0.57 mm/yr (1992–2005)
Greenland: -0.12 to 0.17 mm/yr (1992–2006)

Balance
2002–2008

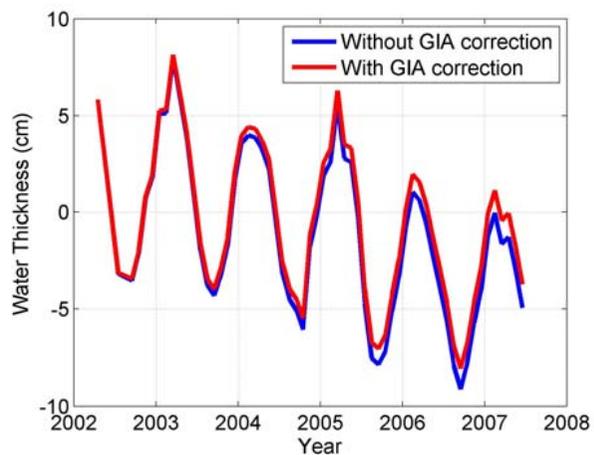
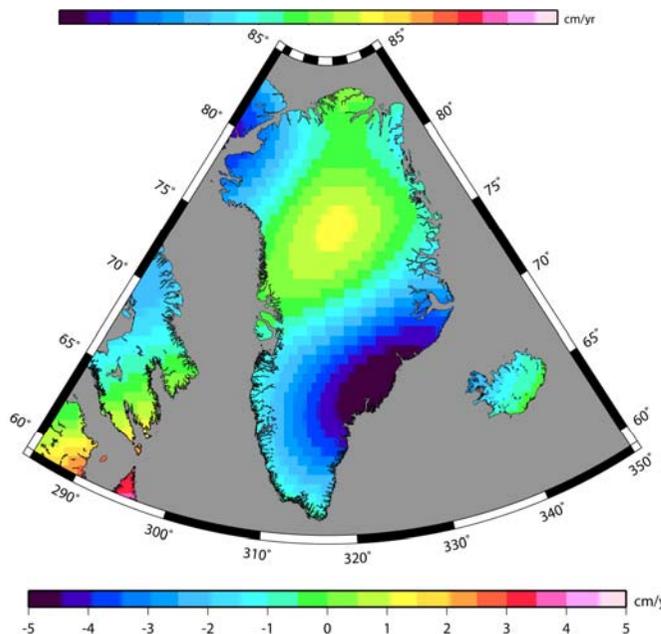
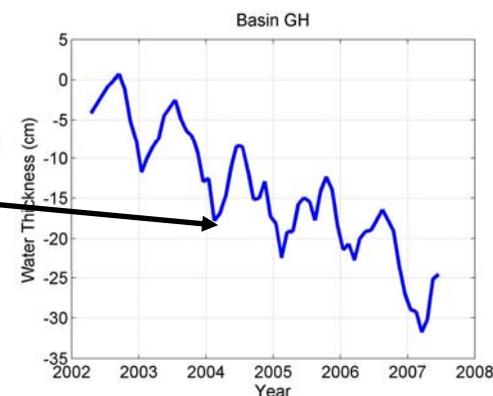


Credit: NASA, CSR



E. Antarctica

W. Antarctica



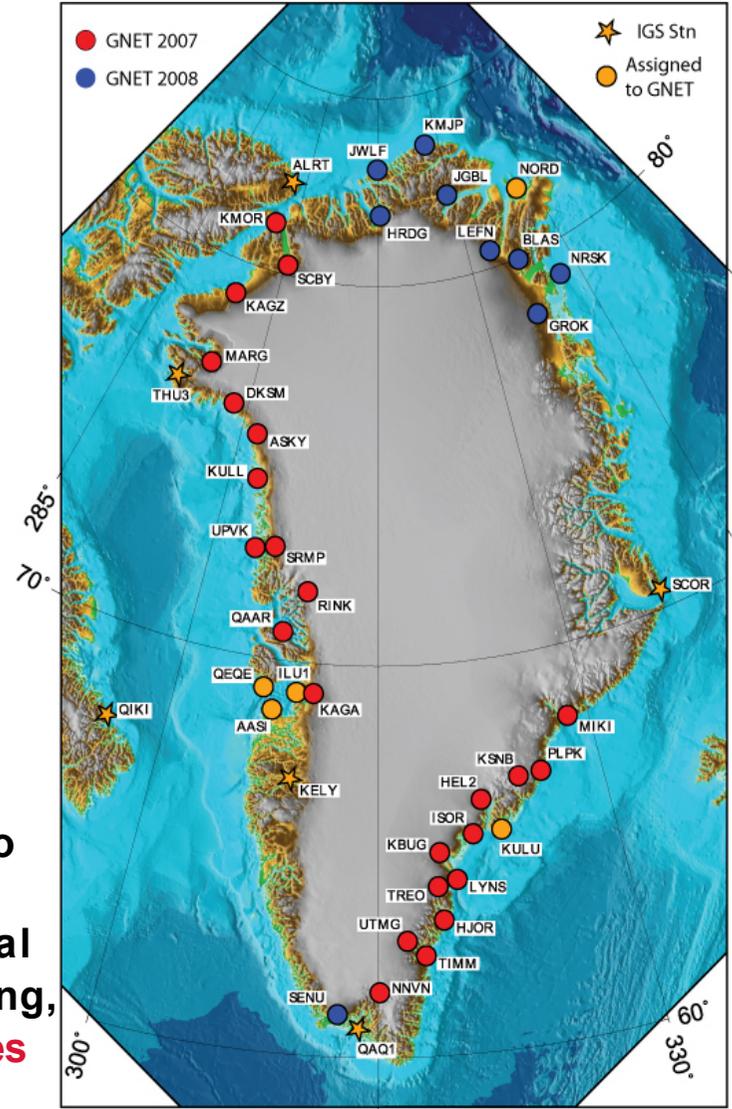
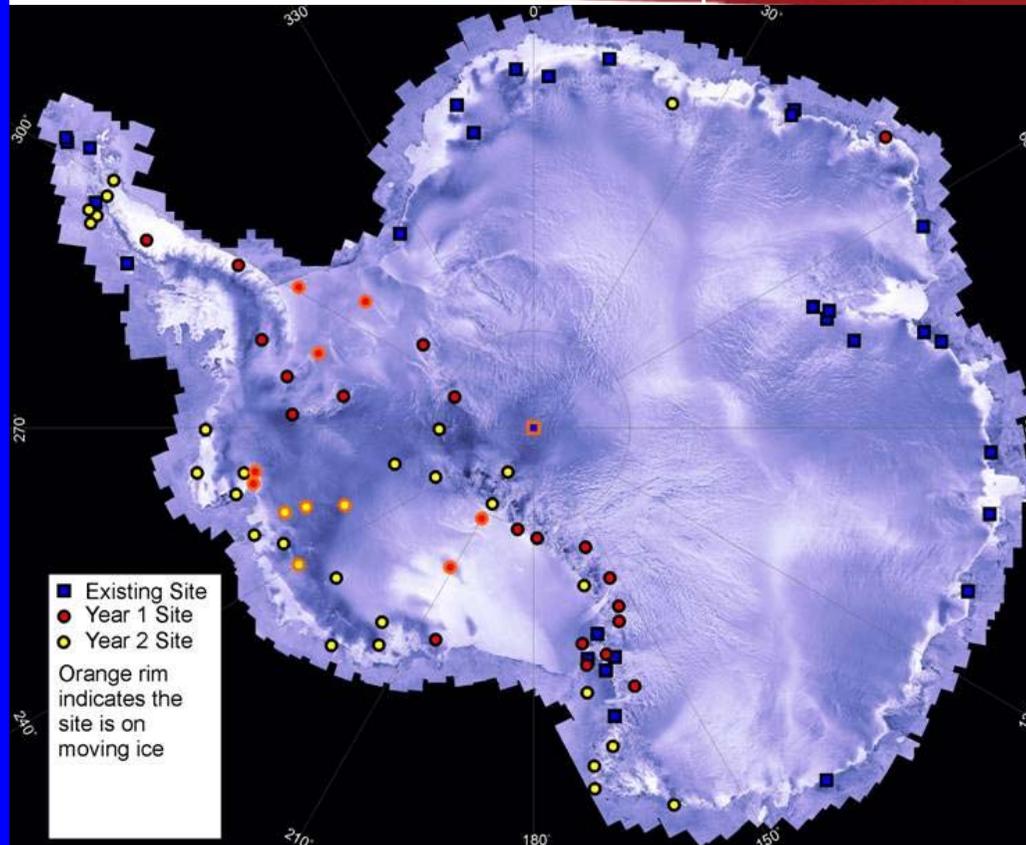
**Averaged
Greenland
mass loss**

**ICE-5G (VM4) GIA
correction model (Peltier,
2004) used**



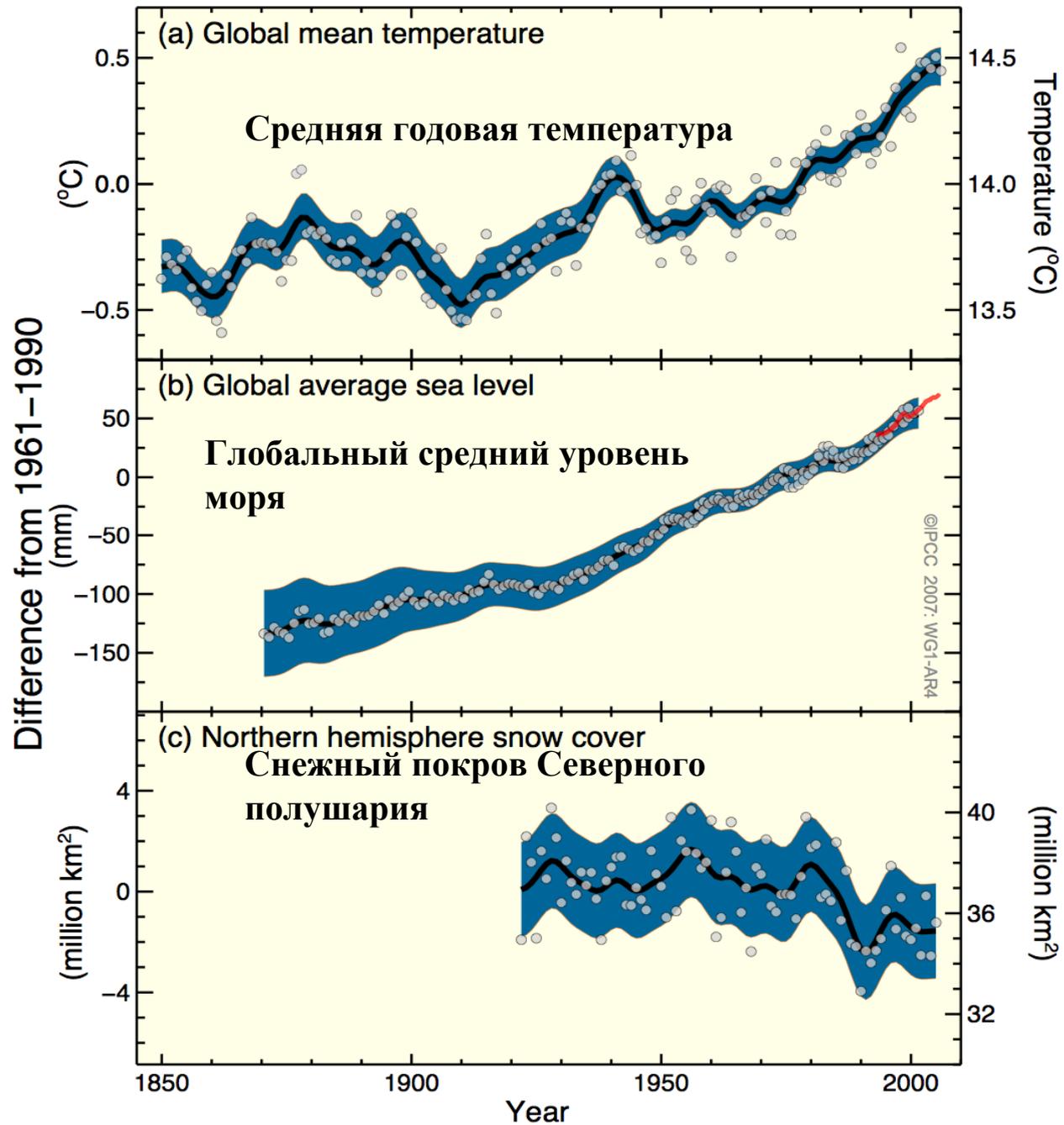
POLENET

The Polar Earth Observation Network



POLENET GPS network is designed to measure 3D velocities of subglacial topography caused primarily by glacial isostatic adjustment and elastic loading, **to improve ice mass balance estimates**
Figure Credit: T. Wilson, M. Bevis, M. Willis

Changes in Temperature, Sea Level, and Northern Hemisphere Snow Cover



1993 - 2003

Indonesia 110E

Polynesia 120W

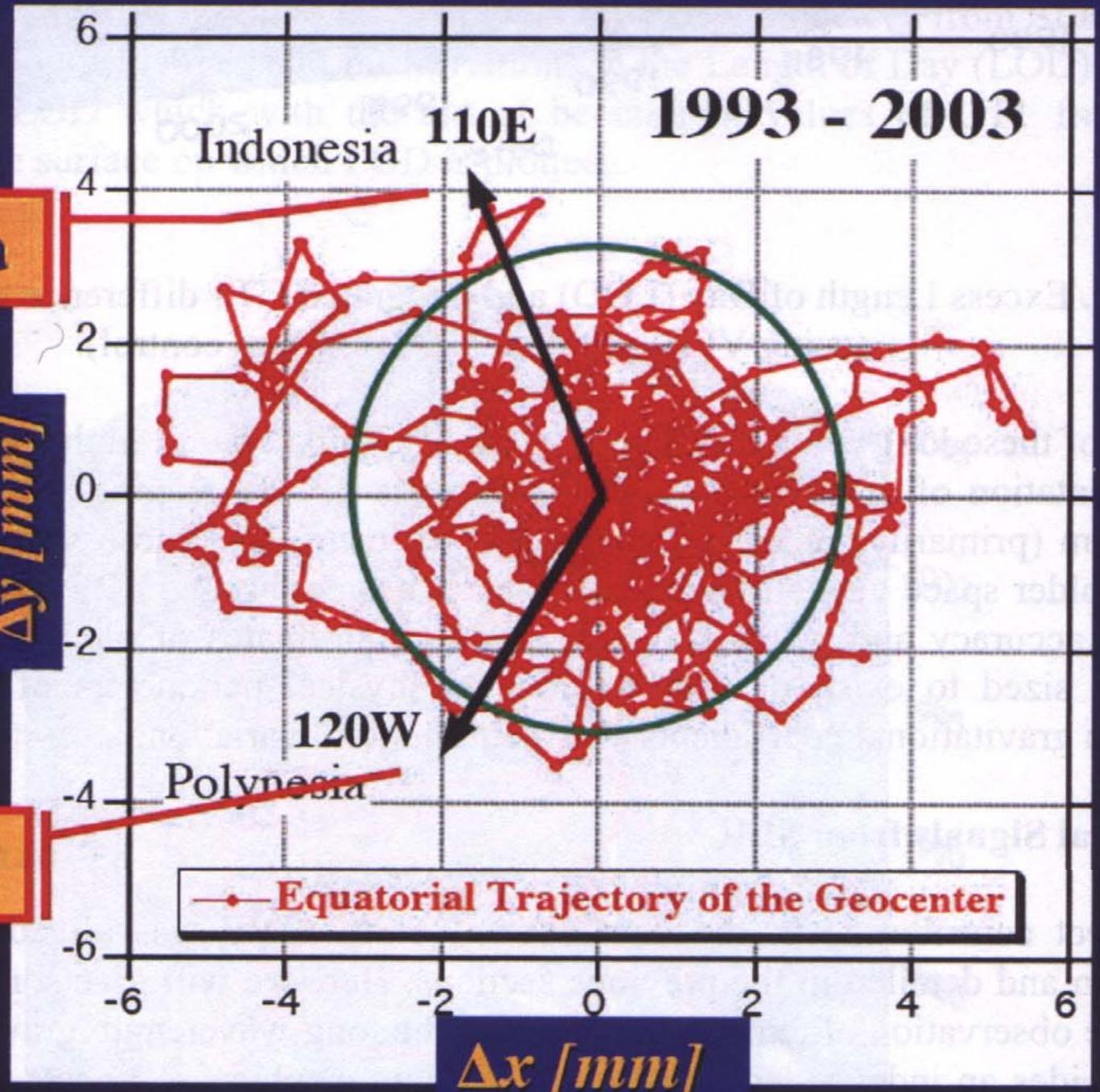
Indonesia

Polynesia

Δy [mm]

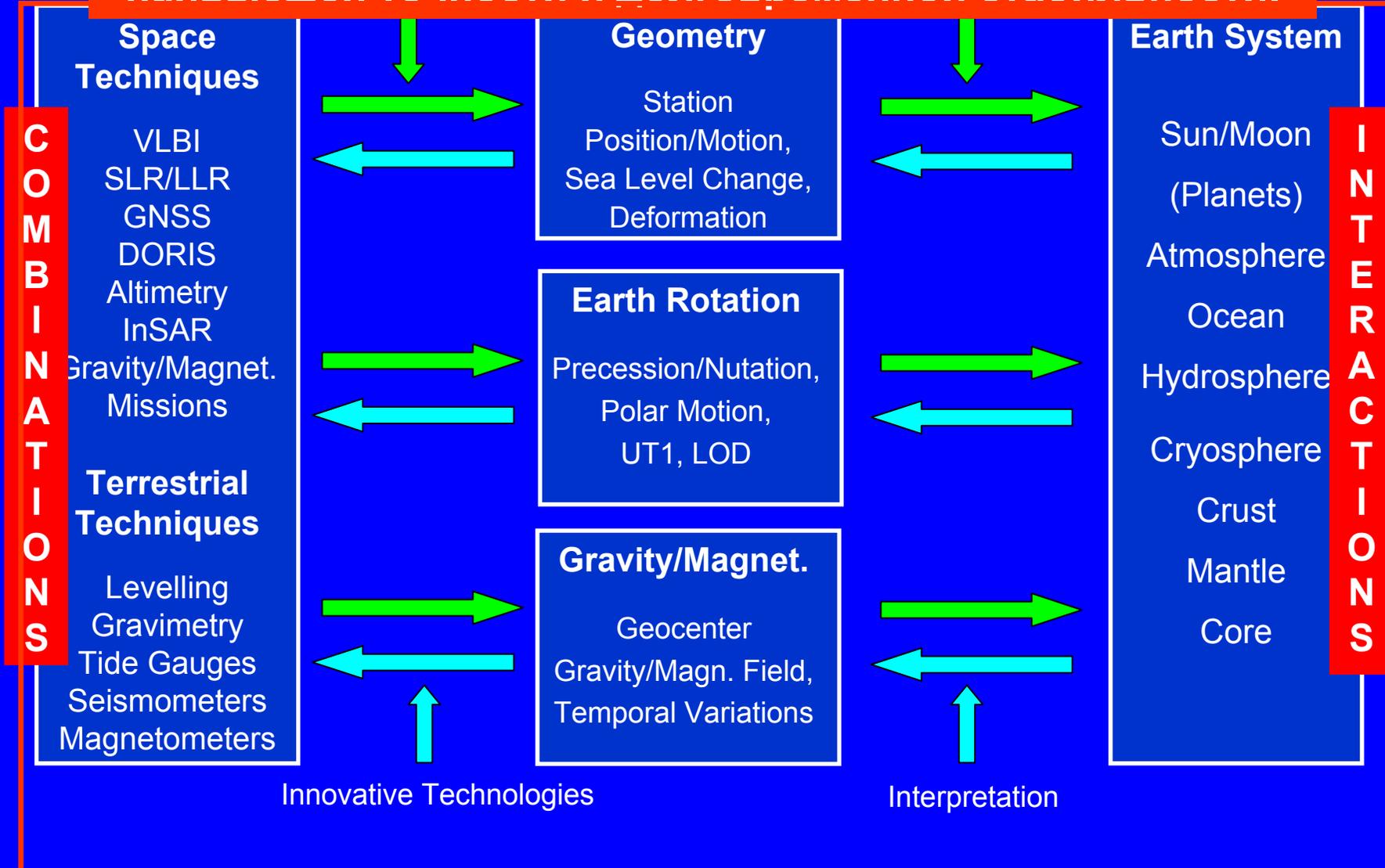
Δx [mm]

Equatorial Trajectory of the Geocenter

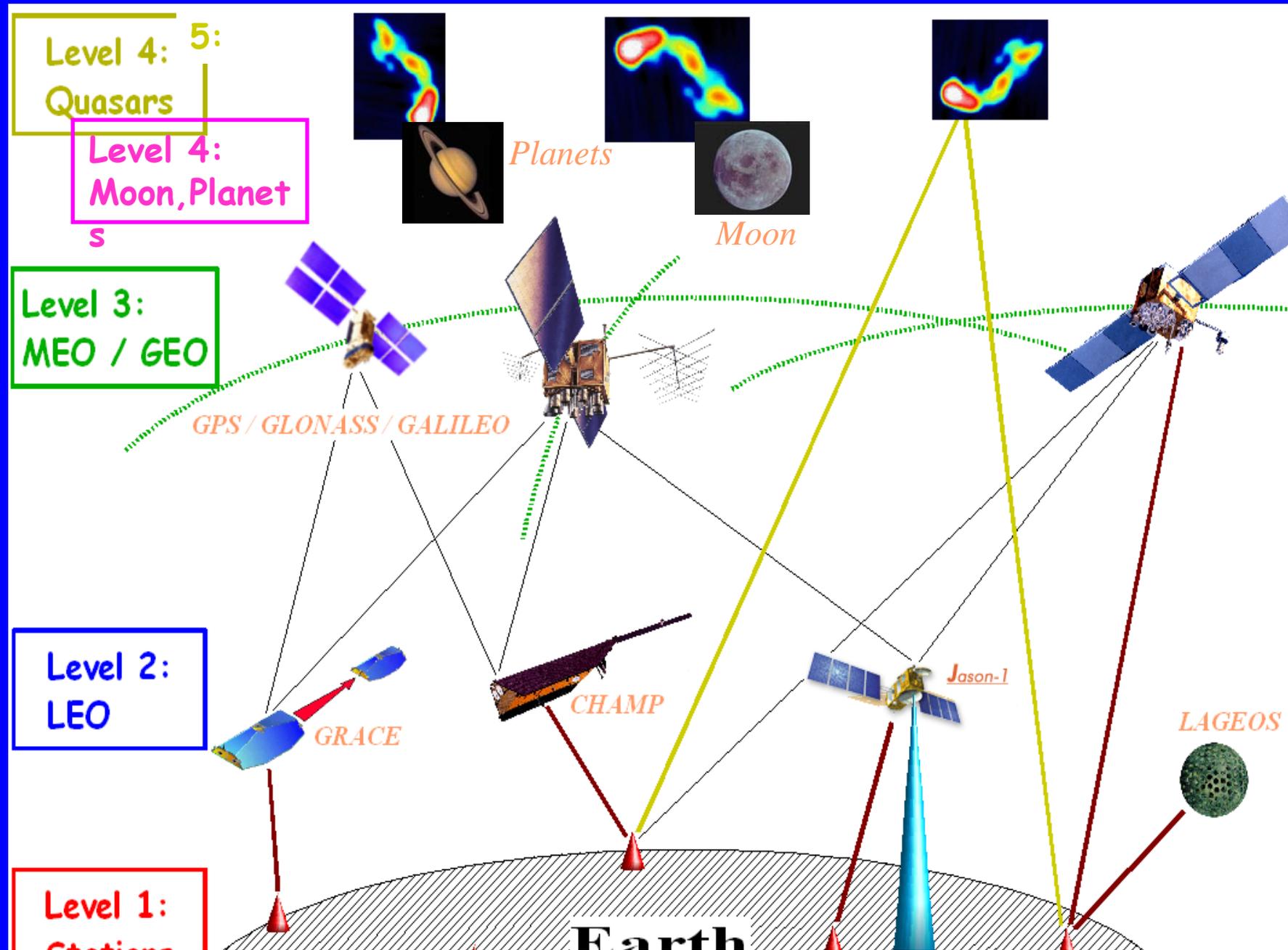


GGOS: Контроль и моделирование системы Земля

Опорная геоцентрическая система координат
наивысшей точности и долговременной стабильности.



Технические средства GGOS: 5 уровней.



Уровень 1: Наземная система.

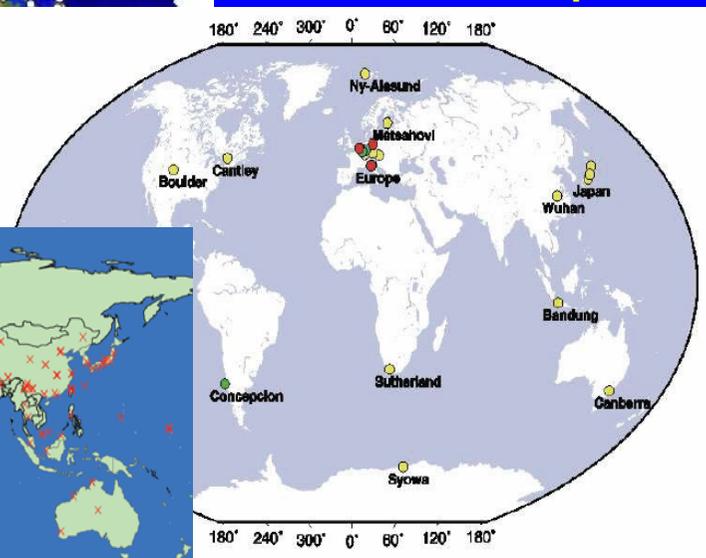
VLBI



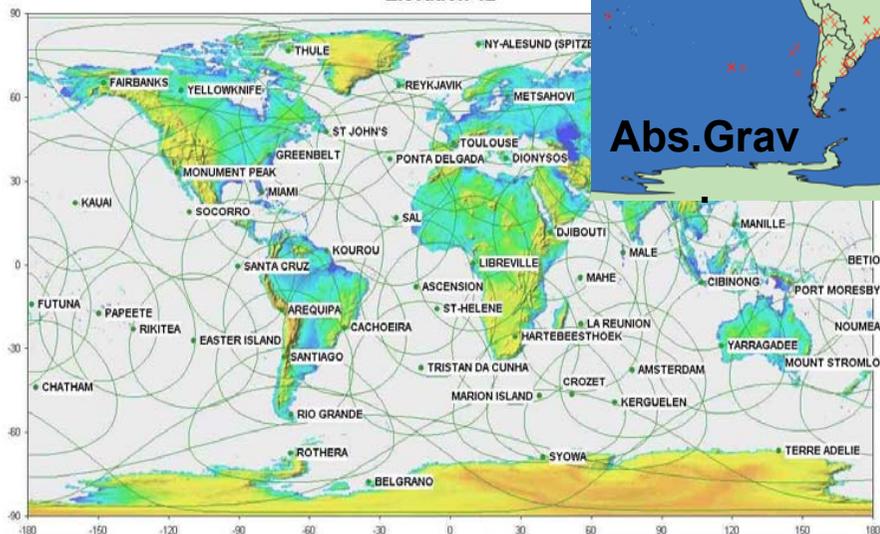
GPS



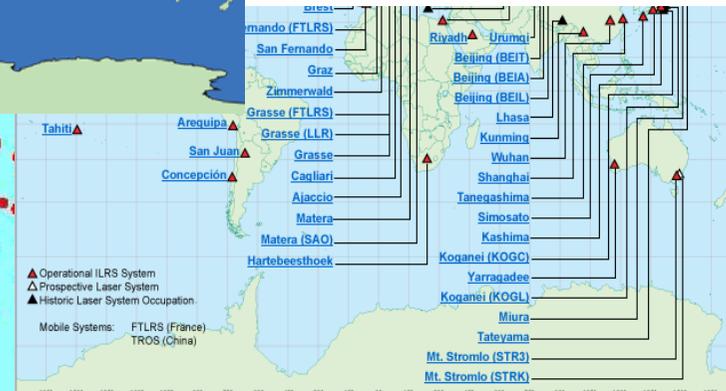
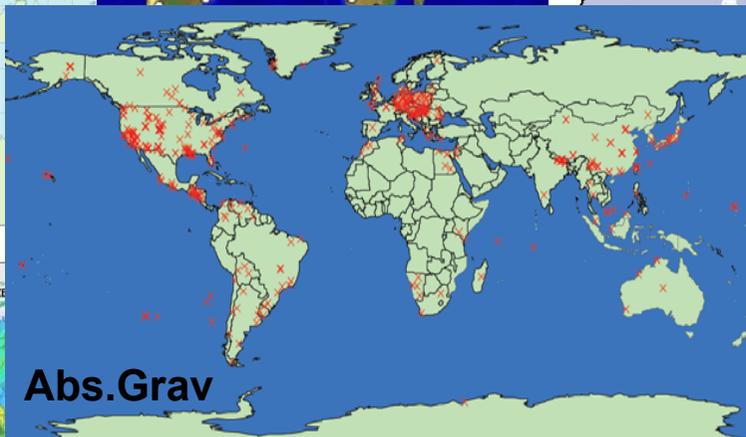
Sup.Grav.



Elevation 12°

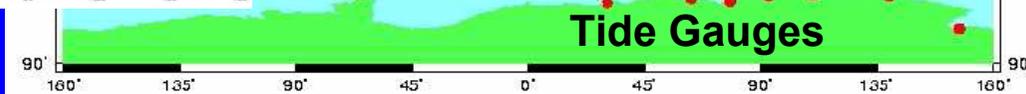


Abs.Grav



SLR/LLR

DORIS



Tide Gauges

Состав оборудования будущей опорной наземной станции GGOS.

Опорная сеть (~ 40 станций):

- 2-3 VLBI телескопа для непрерывных наблюдений.
- SLR/LLR инструмент для наблюдений всех возможных спутников.
- По крайней мере 3 GNSS антенны и приемника (для контроля).
- DORIS маяк последнего поколения.
- Ультра-стабильный осциллятор для хранения и передачи времени.
- Геодезические инструменты для локальных привязок и контроля.
- Сверхпроводимые и абсолютные гравиметры (gravity missions, geocenter).
- Метеорологические датчики (pressure, temperature, humidity).
- Сейсмометр для совместного анализа деформаций, измеренных методами космической геодезии и GNSS сейсмологии.
- Дополнительные датчики : радиометр, инклинометр, и др.
- Главное требование к аппаратуре : полная автоматизация, 24-ч./365 дней, совершенная технология.

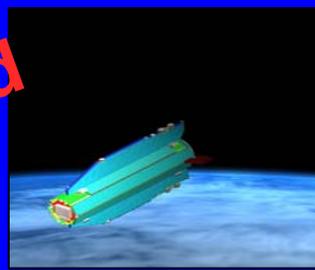
Уровень 2: Космический (спутниковый) компонент.



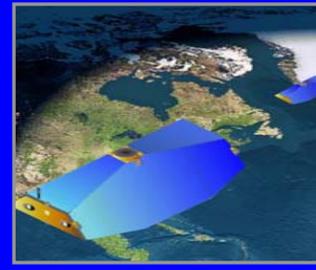
CHAMP



GRACE



GOCE

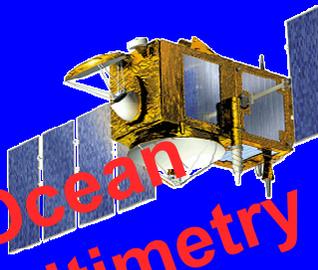


GRACE Follow-on ?

Gravity Field



Topex/Pos



Ocean Altimetry

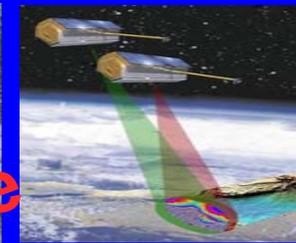
JASON-1



JASON-2



Terra SAR-X



TanDEM-X

Earth Surface



CHAMP



COSMIC



MetOp

Atmosphere



CHAMP



SWARM

Magnetic Field



IceSat-1



Cryosat-2



IceSat-2

Ice Altimetry

... and new mission concepts

Уровень 3, 4, 5: GNSS + внеземные объекты и КА.

GNSS и SLR спутники:

- Более 100 GNSS спутников в 2020: GPS (24/32) , GLONASS (24/19), GALILEO (30/1), QZSS (3/0), COMPASS (30/4), ...
- Недорогие типа LAGEOS и Эталон спутники с лазерными отражателями и с GNSS приемниками, образующие космическую сеть с точностью 1 мм (при расстояниях до 14'000 км)

Геодезические планетарные проекты:

- Veri Colombo, Mars missions, lunar exploration (GRAIL, LEO), ...

Звезды (наблюдаемые CCD камерами или в будущем с GAIA) **Квазары**

Заключение

- **Космическая геодезия может внести значительный вклад в исследования и контроль состояния системы Земля.**
- **Необходима интеграция большого числа различного типа новейших наземных и космических измерительных средств и аппаратов в единую систему GGOS.**
- **Создание системы унифицированного и оперативного сбора, передачи и обработки измерительной информации .**
- **Комбинирование и научная интерпретация геодезических и геофизических параметров в с целью построения комплексных численных моделей системы Земля.**
- **Все это откроет путь к пониманию причин глобальных изменений в системе Земля , а человеческое общество получит возможность предсказания и контроля природных катастроф.**

*Благодарю Вас за
внимание!*

