

Ломоносовские чтения - 2010
Секция астрономии и геофизики
(22 апреля 2010, ГАИШ, МГУ, Москва)

Ю.В. Баркин

Государственный астрономический ин-т им. П.К. Штернберга при МГУ

Решение задачи М.В. Ломоносова «о возможных смещениях притягивающего центра Земли» и фундаментальных проблем небесной механики, геодинамики и геофизики

Фундаментальные проблемы небесной механики, гравиметрии и геодинамики

1. **Вековой дрейф центра масс Земли**
2. **Вековые вариации силы тяжести**
3. **Вариации коэффициентов геопотенциала**
4. **Вековой дрейф полюса оси вращения Земли**
5. **Неприливное ускорение осевого вращения Земли**
6. **Вековое изменение уровня океана**

Решение фундаментальной проблемы геодинамики и геодезии

1. Вековой дрейф центра масс Земли



"... сделал четыре новоизобретенных мною пендула (маятника)... чтобы узнать всегда ли с Земли центр, притягивающий к себе тяжелые тела, стоит неподвижно или переменяет место".

М.В. Ломоносов о смещениях притягивающего центра Земли (из переписки)

В переписке М.В. Ломоносова можно прочитать следующее (Куликовский, 1985):

При помощи этого прибора проводились измерения непрерывно с 1756 года по 1764 год, но так как точность не отвечала требованиям поставленного исследования, М.В. Ломоносов вынужден был констатировать: "колебания силы тяжести столь малы, что упомянутым прибором не могли быть подмечены".

К ВОПРОСУ М.В. ЛОМОНОСОВА О ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ ЦЕНТРА ЗЕМЛИ

*Член-корреспондент РАН Ю.Н. Авсюк
Доктор физ.-мат. наук Б.В. Левин
(РФФИ)*

АСТРОНОМИЯ

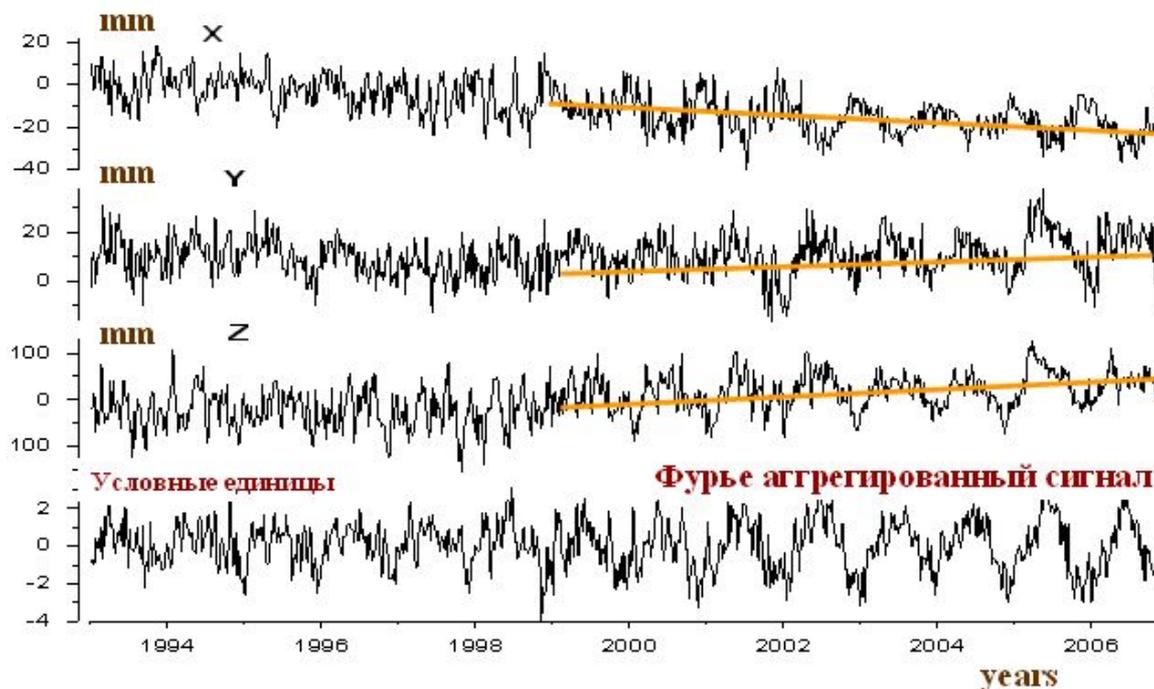
УДК 521.9:521.91

О ДВИЖЕНИИ ЦЕНТРА МАСС ЗЕМЛИ, ОБУСЛОВЛЕННОМ ГЛОБАЛЬНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ ЕЕ ДИНАМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ПРИЛИВНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ

Ю. В. Баркин
(ГАИШ)

На основе простейшей модели изменяемой Земли изучается смещение ее центра масс по отношению к характерной точке на оси Земли, для которой коэффициент третьей зональной гармоники геопотенциала равен нулю. Вследствие глобального изменения динамического строения Земли скорость векового смещения ее центра масс по направлению к Северному полюсу может достигать 2 см/год. Основное периодическое движение центра масс, обусловленное приливной деформацией Земли, характеризуется амплитудой 8,9 см и периодом 27,32 сут.

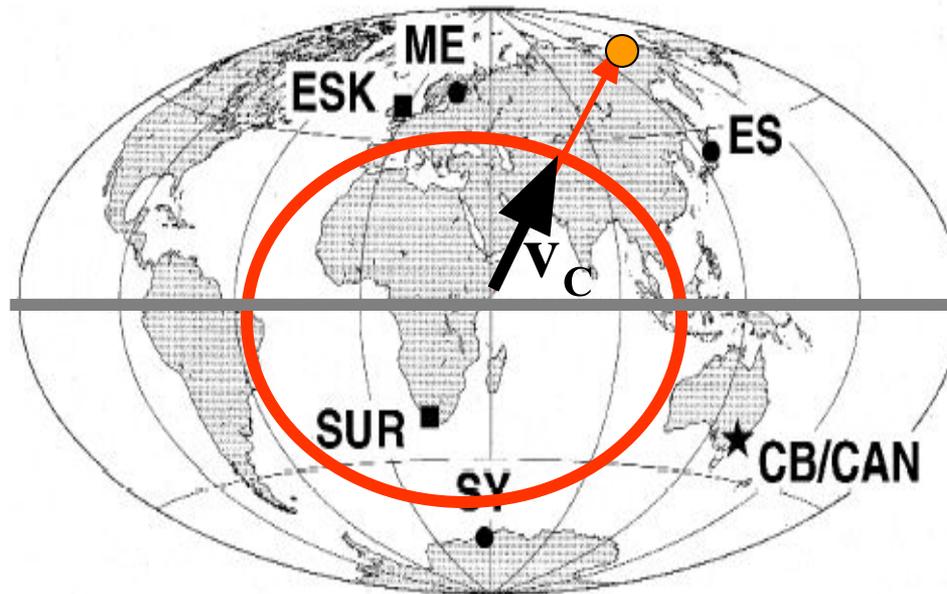
Полярный вековой дрейф центра масс Земли к Северу 5-6 мм/год. По данным DORIS-JPL за 1993-2007.



Параметры векового дрейфа центра масс Земли

| Parameters | Theory | Observations | Deviations |
|-------------|------------|---------------|------------|
| v_C | 5.4 | 5.2 ± 0.4 | 3.6% |
| φ_C | 70^{00} | 72^{09} | 4.0% |
| λ_C | 104^{03} | 115^{07} | 9.9% |

Вековой тренд центра масс Земли к северу (к п-ву Таймыр)

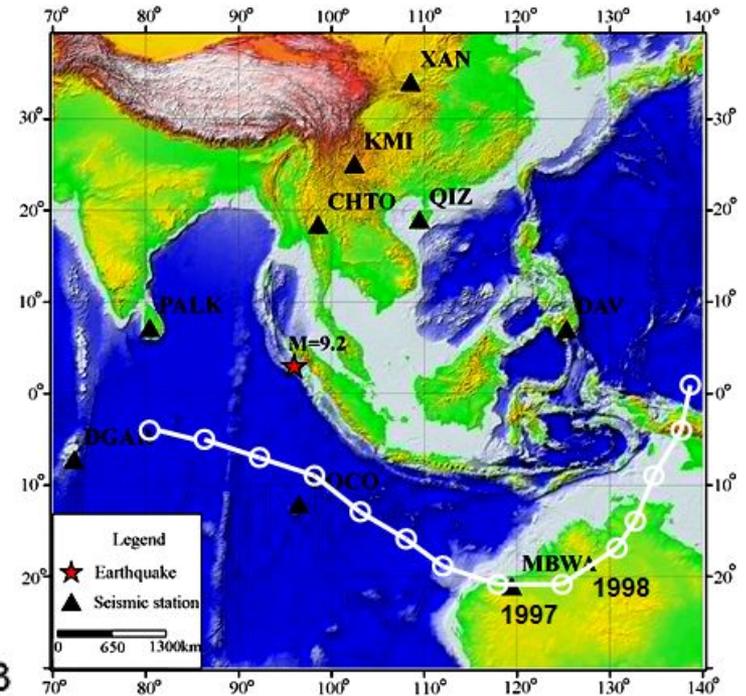
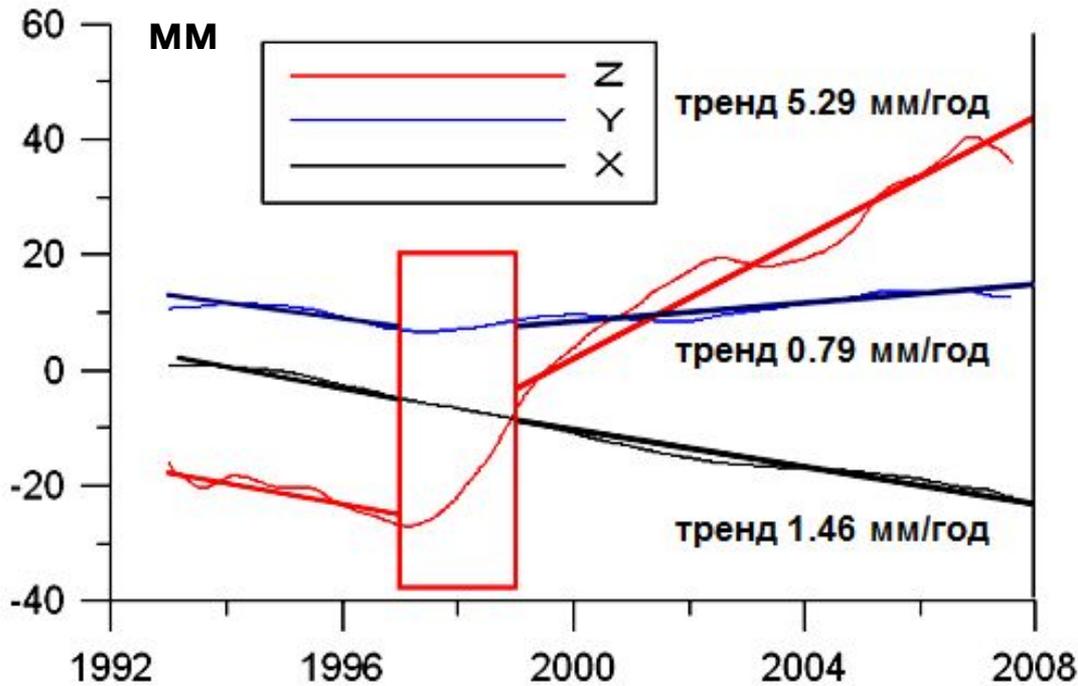


| Авторы год | Баркин 1995 | Barkin 2001 | Gayazov 2003, SLR | Tatevian, Kuzin, Kaftan, 2003, DORIS | Zotov, Barkin, Lyubushin 2008, DORIS |
|------------------|----------------------|----------------|----------------------|---|---|
| V_C | 18 ± 7 мм/год | 6.69 мм/год | 6.05 мм/год | 6.8 мм/год | 5.54 мм/год |
| φ_C с.ш. | $90^{\circ}0$ | $70^{\circ}0$ | $72^{\circ}9$ | $62^{\circ}6$ | $72^{\circ}6$ |
| λ_C в.д. | --- | $104^{\circ}3$ | $115^{\circ}7$ | $190^{\circ}9$ | $118^{\circ}4$ |

Table 5. Values of components of velocity of drift of the Earth centre of mass in the Greenwich terrestrial system of coordinates (in mm / yr).

| N | \dot{x}_G mm/yr | \dot{y}_G mm/yr | \dot{z}_G mm/yr | Base data of observations | Authors, year |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|--|--------------------------------|
| 1 | --- | --- | 10-20 | Theory of change of the Earth pear-shaped form | Barkin (1995) |
| 2 | 0.3 ± 1.5 | -2.4 ± 2.0 | 5.1 ± 4.4 | LAGEOS 1,2 (1991-1994) | Montag (1997) |
| 3 | -1.9 ± 0.1 | 0.1 ± 0.1 | 5.1 ± 0.4 | IGN/JPL DORIS | Tatevian, Kuzin (2003) |
| 4 | -1.2 ± 0.1 | 0.4 ± 0.1 | 3.7 ± 0.5 | INASAN DORIS | Tatevian, Kuzin (2003) |
| 5 | -0.2 ± 0.1 | -1.6 ± 0.1 | 3.8 ± 0.2 | JPL GPS | Tatevian, Kuzin (2003) |
| 6 | -0.3 ± 0.1 | -2.2 ± 0.1 | 4.8 ± 0.2 | GPS | Tatevian, Kuzin (2003) |
| 7 | -1.75 ± 0.07 | 0.24 ± 0.08 | 5.20 ± 0.37 | DORIS | Barkin, Zotov, Lubushin (2007) |

Тренд центра масс Земли в мантийной системе координат и его следа на поверхности Земли



| Координата | A, мм/год | RMS, мм/год | B, мм | RMS, мм |
|------------|-----------|-------------|--------|---------|
| X | -1.75 | 0.06 | 2.16 | 0.47 |
| Y | 0.27 | 0.06 | 8.40 | 0.48 |
| Z | 5.24 | 0.29 | -33.83 | 2.43 |

$$Z = A \cdot t + B \quad (\text{Zotov, Barkin, Lyubushin, 2008})$$

Решение фундаментальной проблемы геодинамики и гравиметрии

2. Вековые вариации силы тяжести

Дрейф центра масс к северному полюсу и вариации силы тяжести, на станциях, расположенных в северном и южном полушариях

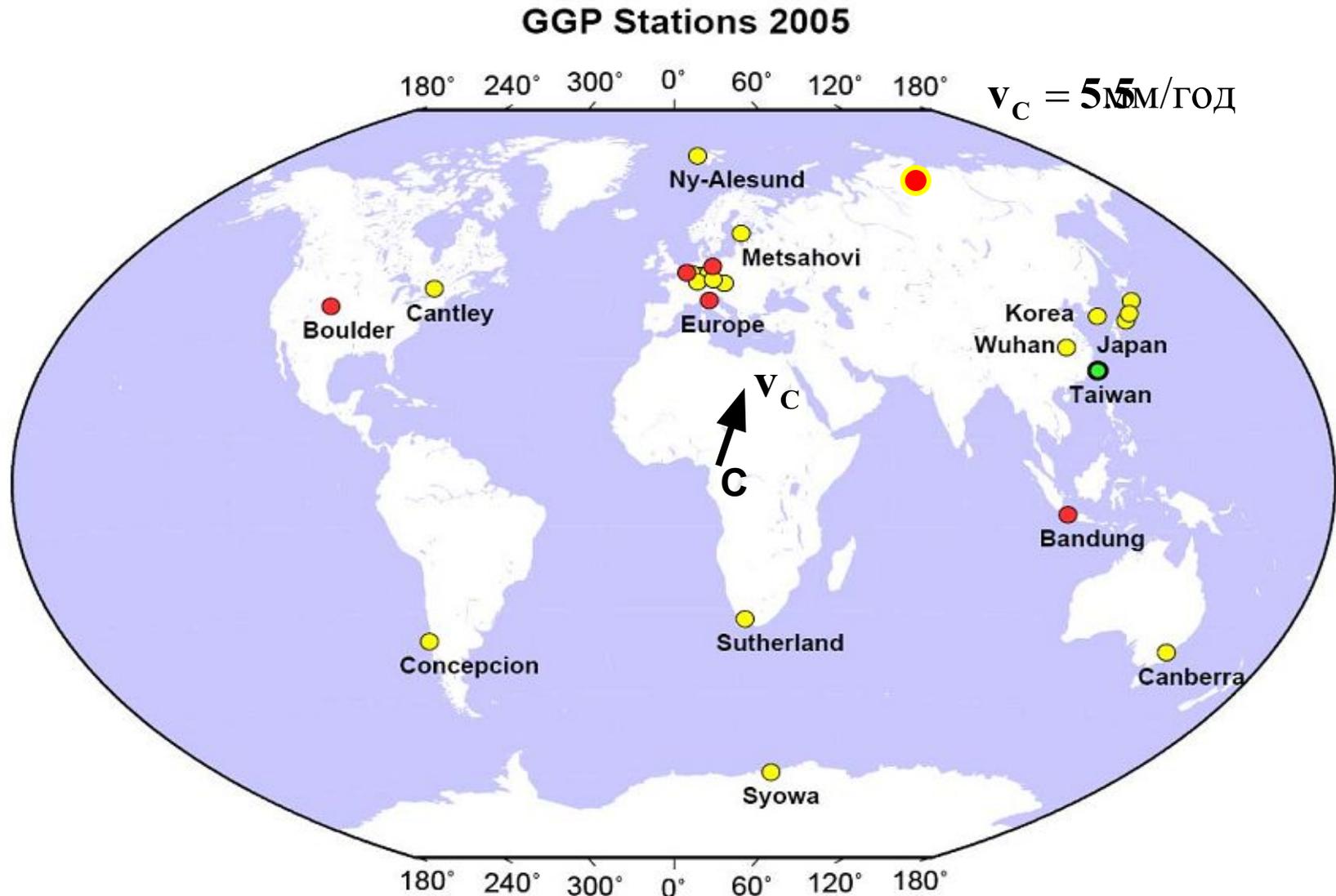


Таблица 1. Вековые вариации силы тяжести (в $\mu\text{Gal}/\text{год}$) и вариации высот (в $\text{мм}/\text{год}$) на гравиметрических станциях мира, обусловленные вековым дрейфом центра масс Земли. (Баркин, 2009)

| N | Ab. | Station | Country | φ (°) | λ (°) | \dot{g}_C ($\mu\text{Gal}/\text{yr}$) | \dot{h}_C (mm/yr) |
|----|------|---------------|------------|---------------|---------------|---|---------------------|
| 1 | NY | Ny-Alesund | Norway | 78.93 | 11.87 | +1.61±0.09 | -5.06±0.30 |
| 2 | ES | Esashi | Japan | 39.15 | 141.33 | +1.41±0.08 | -4.50±0.25 |
| 3 | CH | Churchill | Canada | 58.77 | -94.17 | +1.38±0.09 | -4.41±0.28 |
| 4 | KA | Ramioka | Japan | 36.43 | 137.31 | +1.35±0.08 | -4.29±0.24 |
| 5 | MA | Matsuchiro | Japan | 36.54 | 138.21 | +1.35±0.08 | -4.31±0.24 |
| 6 | KELY | Kellyville | Greenland | 67.01 | -50.71 | +1.35±0.09 | -4.31±0.30 |
| 7 | MG | MunGyung | S. Korea | 36.64 | 128.21 | +1.31±0.08 | -4.16±0.24 |
| 8 | KY | Kyoto | Japan | 35.03 | 135.79 | +1.31±0.07 | -4.18±0.24 |
| 9 | KULU | Kulusuk | Greenland | 65.57 | -37.18 | +1.30±0.04 | -4.13±0.30 |
| 10 | VA | Vaasa | Finland | 63.10 | 21.60 | +1.25±0.09 | -3.98±0.29 |
| 11 | IF | Intern. Falls | Canada | 48.59 | -93.41 | +1.20±0.08 | -3.82±0.26 |
| 12 | ME | Metsahovi | Finland | 60.22 | 24.40 | +1.20±0.09 | -3.81±0.29 |
| 13 | MO | Moxa | Germany | 59.65 | 11.62 | +1.16±0.09 | -3.68±0.29 |
| 14 | WU | Wuhan | China | 30.52 | 114.49 | +1.10±0.07 | -3.50±0.22 |
| 15 | CA | Cantley | Canada | 45.59 | 284.19 | +1.02±0.08 | -3.26±0.26 |
| 16 | HS | Hsinchu | Taiwan | 24.79 | 120.97 | +1.01±0.06 | -3.23±0.20 |
| 17 | SS | Sunspot NM | USA | 32.77 | -105.82 | +0.95±0.07 | -3.02±0.22 |
| 18 | PE | Pecny | Czech Rep. | 49.92 | 14.78 | +0.93±0.09 | -2.97±0.27 |
| 19 | BH | Bad Homburg | Germany | 50.23 | 8.61 | +0.93±0.08 | -2.95±0.27 |
| 20 | MB | Membach | Belgium | 50.61 | 6.01 | +0.93±0.08 | -2.97±0.27 |

$$\dot{g}_C = 2g[x_C \cos \varphi \cos \lambda + y_C \cos \varphi \sin \lambda + z_C \sin \varphi] / r_\oplus, \quad \dot{h}_C = -\dot{x}_C \cos \varphi \cos \lambda - \dot{y}_C \cos \varphi \sin \lambda - \dot{z}_C \sin \varphi$$

Таблица 1. Теоретические и наблюдаемые значения вековых вариаций силы тяжести, обусловленных вековым движением центра масс Земли, деформацией поверхности в районе станции и полный (теоретический) эффект в сравнении с наблюдаемыми вариациями силы тяжести.

| Station | Contribution of center of mass trend (μGal/yr) | Contribution of deformation of surface (μGal/yr) | Total effect in gravity variation (μGal/yr) | Observed variations of gravity (μGal/yr) |
|-------------------|--|--|---|--|
| Ny-Alesund | +1.61±0.09 | -3.76±0.38 | -2.2±0.5 | -2.5±0.9 |
| Syowa | -1.67±0.10 | +0.86±0.17 | -0.8±0.3 | -0.3±0.4 |
| Churchill | +1.38±0.09 | -4.21±0.37 | -2.8±0.5 | -2.1±0.2 |
| Wuhan | +1.10±0.07 | +0.92±0.13 | +2.0±0.2 | +1.9±0.1 |
| Medicine | +0.78±0.09 | +1.42±0.15 | +2.2±0.2 | +1.9±0.1 |
| Bolonga | +0.78±0.08 | +2.53±0.16 | +3.3±0.2 | +4.2±1.8 |
| Membach | +0.93±0.08 | -1.72±0.24 | -0.8±0.3 | -0.6±0.1 |
| Metsahovi | +1.20±0.09 | -2.30±0.25 | -1.1±0.3 | -1.1±0.1 |

$$\dot{g}_C = 2g [x_C \cos \varphi \cos \lambda + y_C \cos \varphi \sin \lambda + z_C \sin \varphi] / r_{\oplus},$$

$$\dot{g}_C = (-0.549 \cos \varphi \cos \lambda + 0.085 \cos \varphi \sin \lambda + 1.645 \sin \varphi) \cdot 10^{-9} g \text{ 1/год}$$

$$\dot{h}_C = 1.75 \cos \varphi \cos \lambda - 0.27 \cos \varphi \sin \lambda - 5.24 \sin \varphi$$

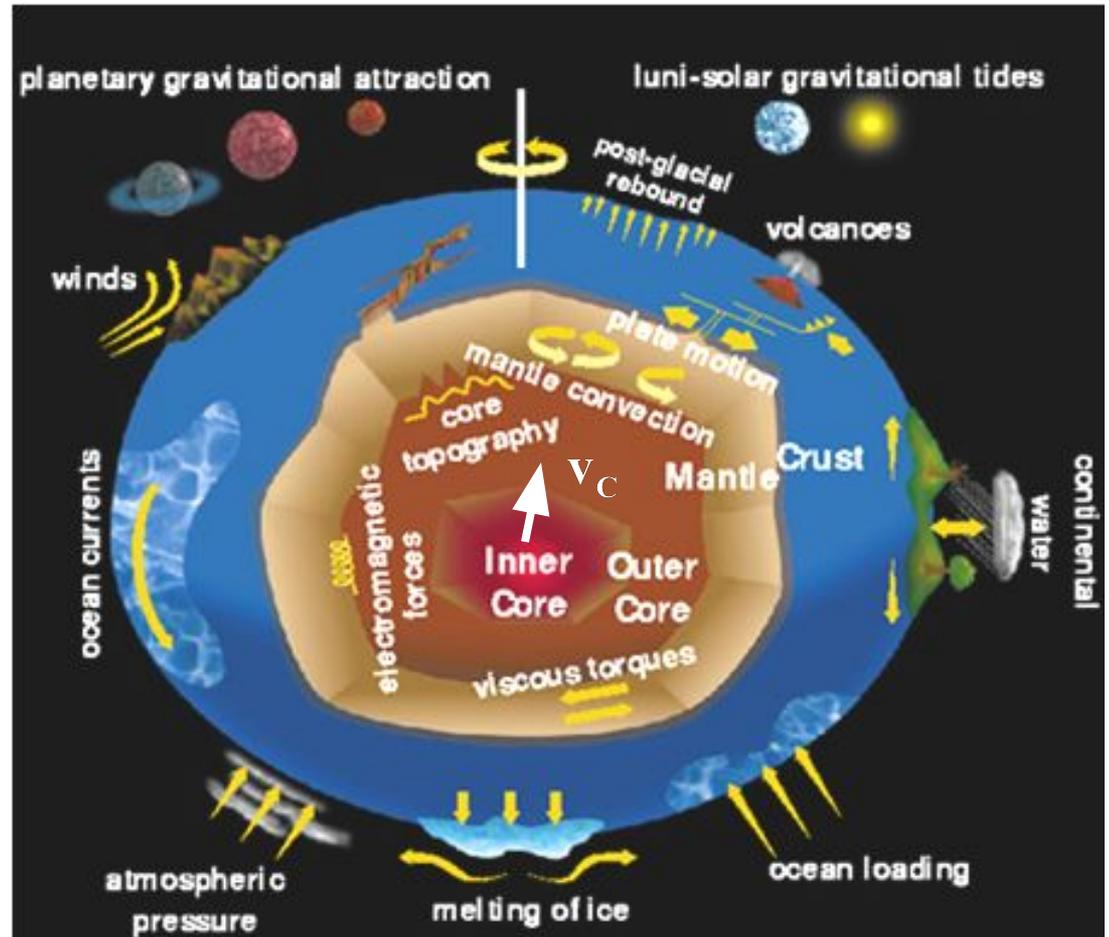
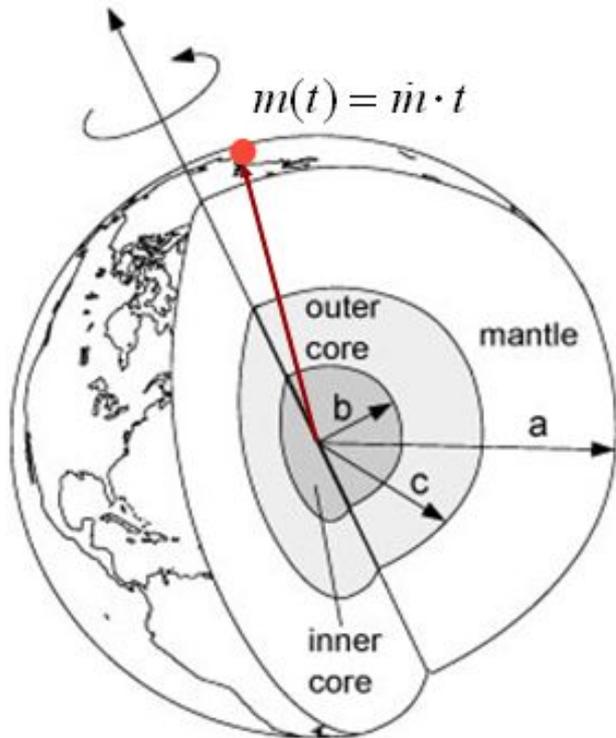
Решение фундаментальных проблем геодинамики, небесной механики, астрометрии и космической геодезии

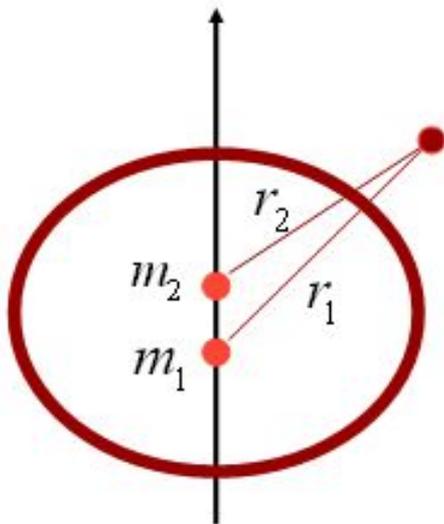
3. Вариации коэффициентов геопотенциала
4. Вековой дрейф полюса оси вращения Земли
5. Неприливное ускорение осевого вращения Земли

Направленное перераспределение масс Земли и его модель

Направленное перераспределение масс Земли и его моделирование

Баркин, 2000





$$m_1 = m(1 + i\sigma)$$

$$m_2 = m(1 - i\sigma)$$



Акс

Де

Гре

Эйлер

ГреДеАкса

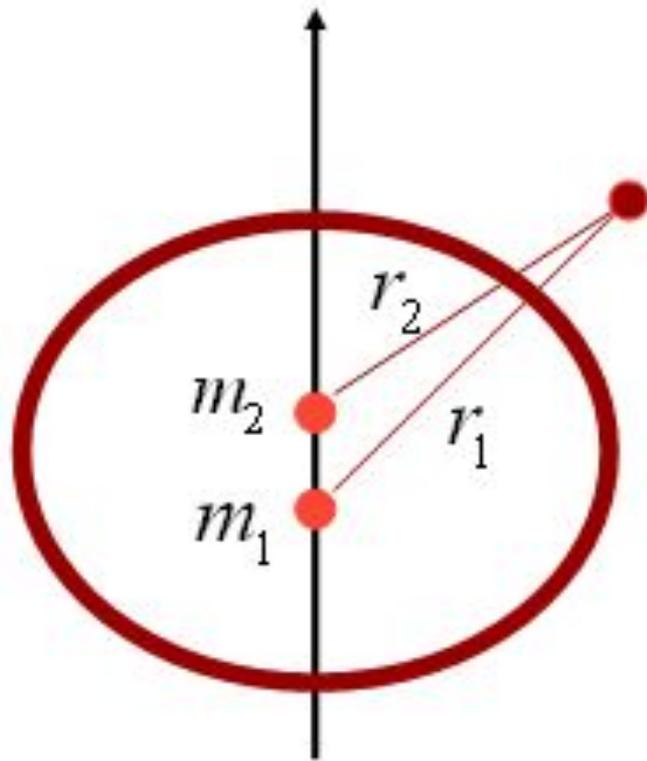
$$U = f \left\{ \frac{M_1}{R_1} + \frac{M_2}{R_2} \right\}$$

$$W = \frac{fm}{2} \left\{ \frac{1 + i\sigma}{r_1} + \frac{1 - i\sigma}{r_2} \right\}$$

$$\sigma = -0.035647,$$

$$c = 209.729 \text{ km}$$

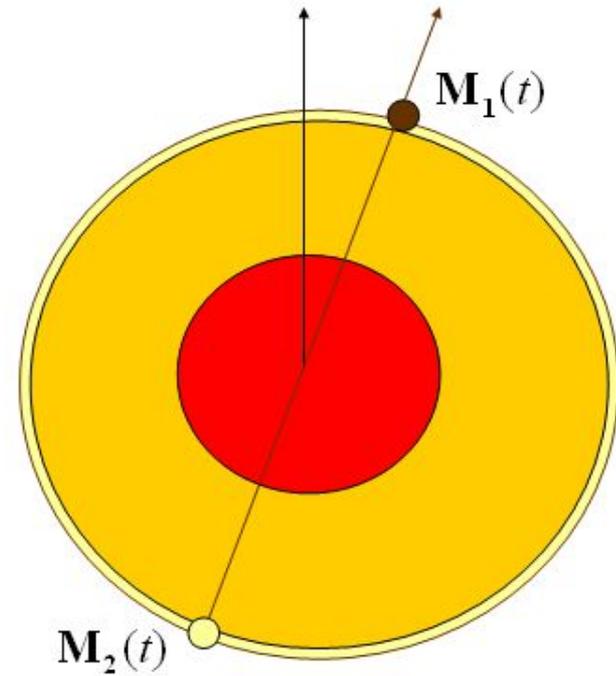
Модель ГрעדАкса



$$m_1 \equiv m(1 + i\sigma)$$

$$m_2 \equiv m(1 - i\sigma)$$

Модель Баркина

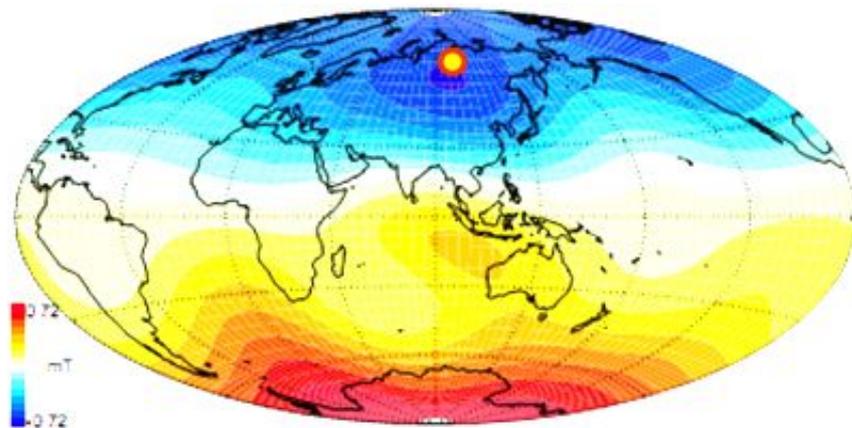
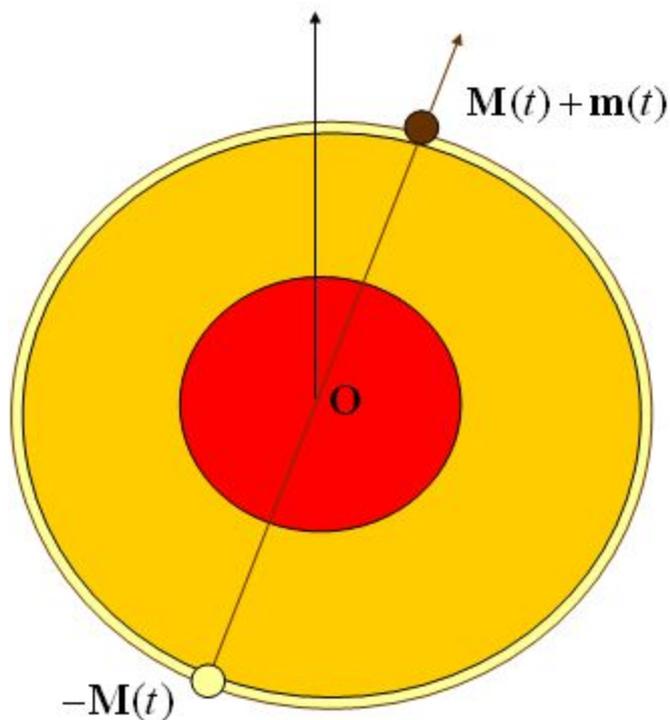


$$M_1(t) = (M + m)t$$

$$M_2(t) = (-M)t$$

Точечная модель направленного перераспределения масс Земли (Barkin, 2007)

$$\begin{array}{cccc}
 \dot{C}_{20}/(10^{-11} \text{ 1/}) & \dot{C}_{21}/(10^{-11} \text{ 1/}) & \dot{S}_{21}/(10^{-11} \text{ 1/}) & \dot{C}_{30}/(10^{-11} \text{ 1/}) \\
 \mathbf{2.7 \pm 0.4} & \mathbf{-0.303 \pm 0.013} & \mathbf{1.187 \pm 0.013} & \mathbf{1.3 \pm 0.5}
 \end{array}$$



$$\varphi = 67^{\circ}5 \pm 2^{\circ}8$$

$$\lambda = 104^{\circ}28 \pm 0^{\circ}74$$

$$\dot{m}/m_E = (3.46 \pm 0.51) \cdot 10^{-11} \text{ 1/}$$

$$\dot{M}/m_E = (1.62 \pm 0.97) \cdot 10^{-11} \text{ 1/}$$

Основные рабочие формулы

$$\begin{aligned}\dot{C}_{20} &= \frac{1}{2} \frac{\dot{m}}{m_E} (2 - 3 \cos^2 \varphi), & \dot{C}_{30} &= -\frac{1}{2} \frac{2\dot{M} + \dot{m}}{m_E} \sin \varphi (3 - 5 \sin^2 \varphi), \\ \dot{C}_{21} &= \frac{1}{2} \frac{\dot{m}}{m_E} \sin 2\varphi \cos \lambda, & \dot{S}_{21} &= \frac{1}{2} \frac{\dot{m}}{m_E} \sin 2\varphi \sin \lambda\end{aligned}$$

Определение долготы точечной массы: $\lambda = 104^{\circ}28 \pm 0^{\circ}74$

$$\tan \lambda = \dot{S}_{21} / \dot{C}_{21}$$

Определение широты точечной массы: $\varphi = 67^{\circ}5 \pm 2^{\circ}8$

$$\frac{\sin 2\varphi}{2 - 3 \cos^2 \varphi} = \frac{\sqrt{(\dot{C}_{21})^2 + (\dot{S}_{21})^2}}{\dot{C}_{20}}$$

Скорости вековых вариаций точечных масс:

$$\frac{\dot{m}}{m_{\oplus}} = \frac{2\dot{C}_{20}}{2 - 3 \cos^2 \varphi} \quad \frac{\dot{M}}{m_{\oplus}} = - \frac{\dot{C}_{30}}{\sin \varphi (3 - 5 \sin^2 \varphi)} - \frac{\dot{m}}{2m_{\oplus}}$$

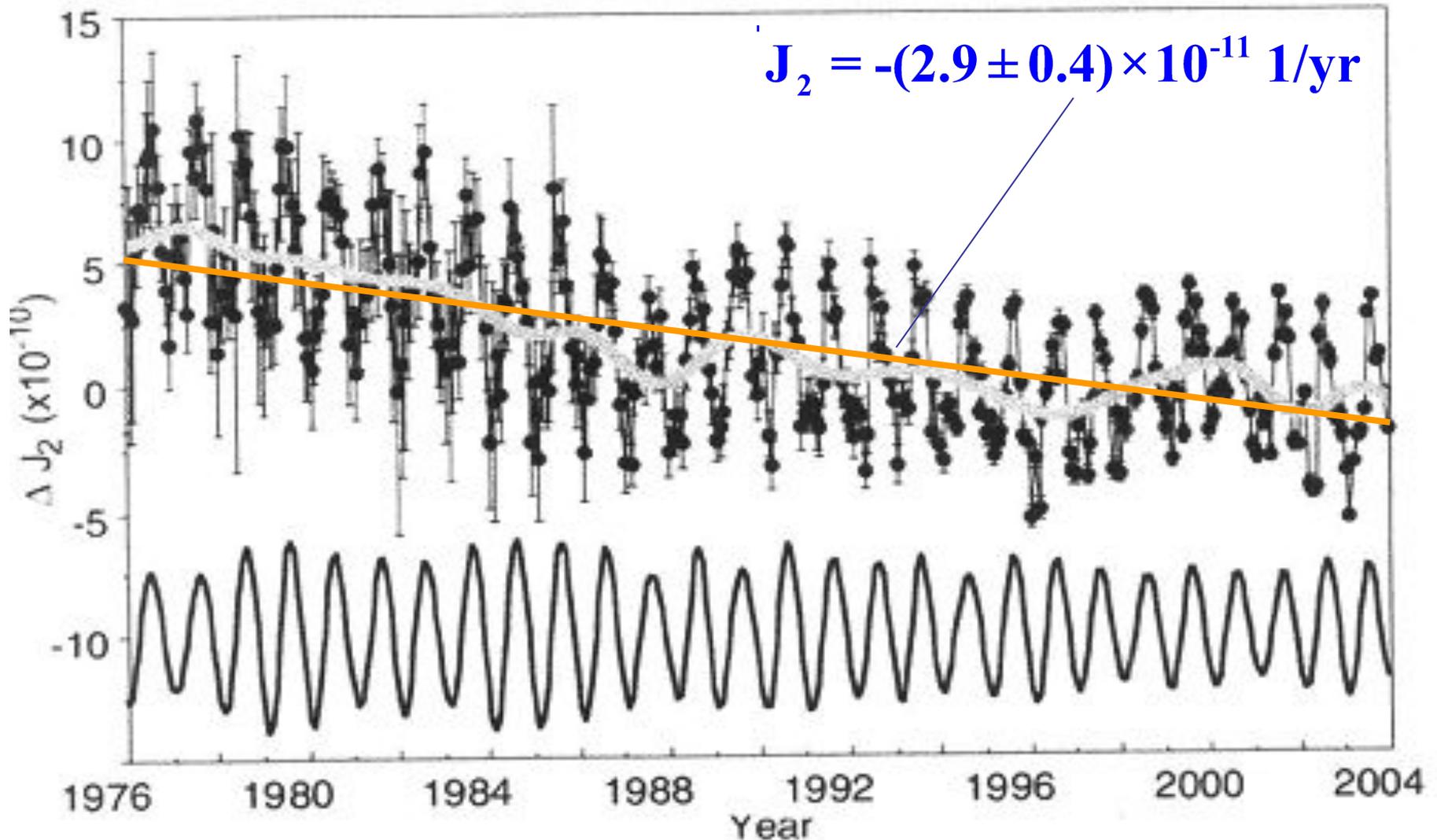
$$\underline{\underline{\dot{m}/m_{\oplus} = (3.46 \pm 0.74) \cdot 10^{-11} \text{ 1/}}}$$

$$\underline{\underline{\dot{M}/m_E = (-0.62 \pm 0.97) \cdot 10^{-11} \text{ 1/}}}$$

Решение фундаментальных проблем геодинамики

3 Вариации коэффициентов геопотенциала

Наблюдаемый тренд и годовые вариации коэффициента второй гармоники геопотенциала J_2 (Cheng, Shum, Tapley, 2004)



Модельные вариации коэффициентов геопотенциала

$$\dot{J}_1 = -\frac{2\dot{M} + \dot{m}}{m_{\oplus}} \sin \varphi \quad \dot{J}_3 = \frac{1}{2} \frac{2\dot{M} + \dot{m}}{m_{\oplus}} \sin \varphi (3 - 5 \sin^2 \varphi)$$

$$\dot{J}_2 = -\frac{1}{2} \frac{\dot{m}}{m_{\oplus}} (2 - 3 \cos^2 \varphi) \quad \dot{J}_4 = -\frac{1}{8} \frac{\dot{m}}{m_{\oplus}} (3 - 30 \sin^2 \varphi + 35 \sin^4 \varphi)$$

$$\dot{J}_5 = -\frac{1}{8} \frac{2\dot{M} + \dot{m}}{m_{\oplus}} \sin \varphi (15 - 70 \sin^2 \varphi + 63 \sin^4 \varphi)$$

$$\dot{J}_6 = -\frac{1}{16} \frac{\dot{m}}{m_{\oplus}} (-5 + 105 \sin^2 \varphi - 315 \sin^4 \varphi + 231 \sin^6 \varphi)$$

$$\dot{J}_7 = -\frac{1}{16} \frac{2\dot{M} + \dot{m}}{m_{\oplus}} \sin \varphi (-35 + 315 \sin^2 \varphi - 693 \sin^4 \varphi + 429 \sin^6 \varphi)$$

$$\dot{J}_8 = -\frac{1}{128} \frac{\dot{m}}{m_{\oplus}} (35 - 1260 \sin^2 \varphi + 6930 \sin^4 \varphi - 12012 \sin^6 \varphi + 6435 \sin^8 \varphi)$$

**To explanation of fundamental geodynamical phenomena:
Geopotential coefficients variations. 1 unit= $10^{(-11)}$ 1/yr. (Barkin, 2001).**

| P | Model | Observ. | Authors,year |
|----------|---------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| J_2 | -3.06 | -3.07 ± 0.4 | Cheng, Shum, Tapley, 1997 |
| J_3 | -1.51 | -1.3 ± 0.5 | Cheng, Shum, Tapley, 1997 |
| J_4 | -1.76 | -1.4 ± 1.0 | Cheng, Shum, Tapley, 1997 |
| J_6 | -0.27 | -0.3 ± 0.7 | Cheng, Shum, Tapley, 1997 |
| J_8 | 0.94 | 1.1 ± 0.8 | Cheng, Shum, Tapley, 1997 |
| C_{21} | -0.294 | -0.337 | IERS Conventions |
| S_{21} | 1.155 | 1.606 | IERS Conventions |
| C_{22} | -0.095 | -0.095 | Marchenko, Abrikosov, 2001 |
| S_{22} | -0.052 | -0.052 | Marchenko, Abrikosov, 2001 |

Point model: $m_2=0.179 \times 10^{(15)}$ kg/yr, $m_1=0.043 \times 10^{(15)}$ kg/yr;

Таблица 1. Модельные и наблюдаемые значения вековых вариаций коэффициентов геопотенциала

| C_{n0} | Модель | Cheng, Shum, Tapley (2004) (observations) |
|----------|------------------|---|
| C_{10} | 2.05 ± 0.79 | --- |
| C_{20} | 2.70 ± 0.40 | 2.70 ± 0.40 |
| C_{30} | 1.30 ± 0.50 | 1.30 ± 0.50 |
| C_{40} | 1.25 ± 0.18 | 1.40 ± 1.00 |
| C_{50} | 0.30 ± 0.11 | -2.10 ± 0.60 |
| C_{60} | -0.26 ± 0.04 | -0.30 ± 0.70 |
| C_{70} | -0.54 ± 0.21 | -2.40 ± 1.40 |
| C_{80} | -1.24 ± 0.18 | -1.10 ± 0.80 |

$\text{unit} = 10^{-11} \text{ 1/}$

Модельные (расчетные) значения вековых вариаций коэффициентов зональных гармоник геопотенциала (Barkin, 2001)

| Скорости | Вариации $1 \text{ ед} =$ $= 10^{-11} \text{ 1/}$ | Скорости | Вариации $1 \text{ ед} =$ $= 10^{-11} \text{ 1/}$ | Скорости | Вариации $1 \text{ ед} =$ $= 10^{-11} \text{ 1/}$ |
|------------|---|------------|---|------------|---|
| $C_{1,0}$ | 2.05 ± 0.79 | $C_{11,0}$ | -0.71 ± 0.27 | $C_{21,0}$ | 0.13 ± 0.05 |
| $C_{2,0}$ | 2.70 ± 0.40 | $C_{12,0}$ | -0.72 ± 0.11 | $C_{22,0}$ | -0.17 ± 0.03 |
| $C_{3,0}$ | 1.30 ± 0.50 | $C_{13,0}$ | -0.17 ± 0.07 | $C_{23,0}$ | -0.32 ± 0.12 |
| $C_{4,0}$ | 1.25 ± 0.18 | $C_{14,0}$ | 0.21 ± 0.03 | $C_{24,0}$ | -0.74 ± 0.11 |
| $C_{5,0}$ | 0.30 ± 0.11 | $C_{15,0}$ | 0.39 ± 0.15 | $C_{25,0}$ | -0.55 ± 0.21 |
| $C_{6,0}$ | -0.26 ± 0.04 | $C_{16,0}$ | 0.90 ± 0.13 | $C_{26,0}$ | -0.85 ± 0.13 |
| $C_{7,0}$ | -0.54 ± 0.21 | $C_{17,0}$ | 0.67 ± 0.26 | $C_{27,0}$ | -0.46 ± 0.18 |
| $C_{8,0}$ | -1.24 ± 0.18 | $C_{18,0}$ | 1.02 ± 0.15 | $C_{28,0}$ | -0.47 ± 0.07 |
| $C_{9,0}$ | -0.90 ± 0.35 | $C_{19,0}$ | 0.54 ± 0.21 | $C_{29,0}$ | -0.11 ± 0.04 |
| $C_{10,0}$ | -1.35 ± 0.20 | $C_{20,0}$ | 0.56 ± 0.08 | $C_{30,0}$ | 0.15 ± 0.02 |

Вековые вариации коэффициентов тессеральных гармоник геопотенциала (двухточечная модель)

$$\dot{C}_{2n,k} = \frac{\dot{2m}}{m_E \delta_k} \cdot \frac{(2n-k)!}{(2n+k)!} P_{2n}^{(k)}(\sin \varphi) \cos k \lambda$$

$$\dot{S}_{2n,k} = \frac{\dot{2m}}{m_E \delta_k} \cdot \frac{(2n-k)!}{(2n+k)!} P_{2n}^{(k)}(\sin \varphi) \sin k \lambda$$

$$\dot{C}_{2n+1,k} = \frac{2(\dot{2M} + \dot{m})}{m_E \delta_k} \cdot \frac{(2n+1-k)!}{(2n+1+k)!} P_{2n+1}^{(k)}(\sin \varphi) \cos k \lambda$$

$$\dot{S}_{2n+1,k} = \frac{2(\dot{2M} + \dot{m})}{m_E \delta_k} \cdot \frac{(2n+1-k)!}{(2n+1+k)!} P_{2n+1}^{(k)}(\sin \varphi) \sin k \lambda$$

$$\delta_0 = 2$$

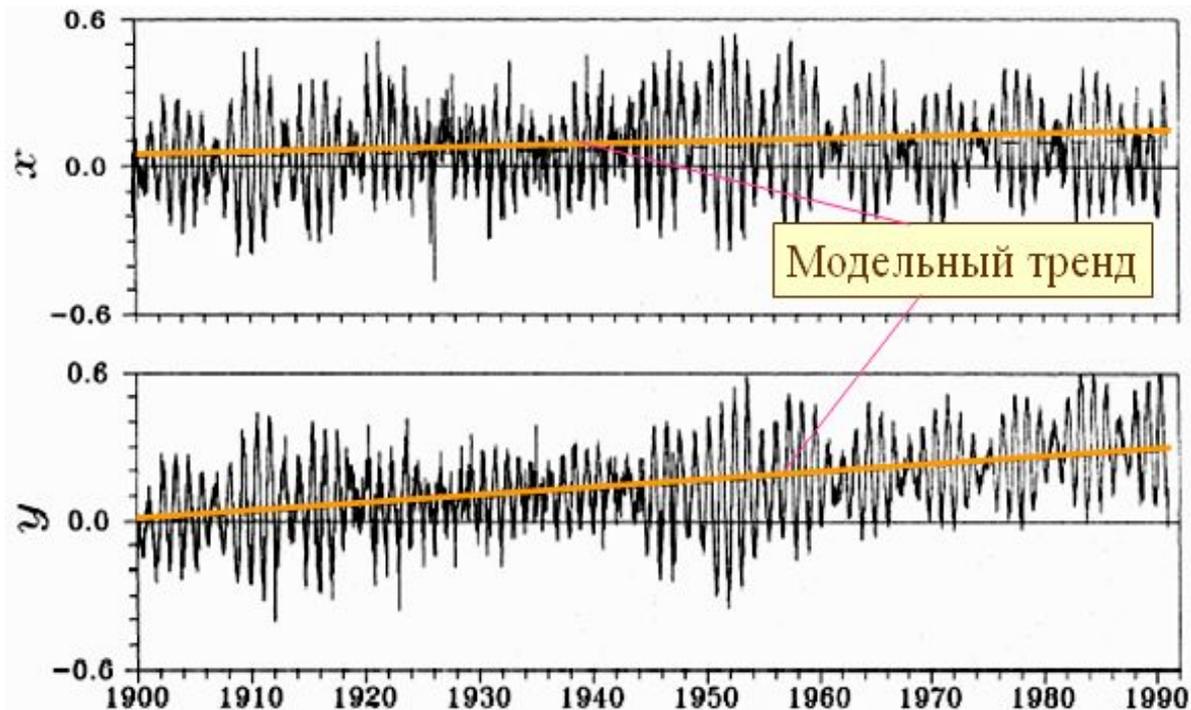
Решение фундаментальных проблем геодинамики

4 Вековой дрейф полюса оси вращения Земли

$$\frac{\dot{p}}{\omega} = \left(1 + \frac{\omega}{\Omega}\right) \left(\frac{C_{21}}{I} - \frac{p}{\omega C}\right), \quad \frac{\dot{q}}{\omega} = \left(1 + \frac{\omega}{\Omega}\right) \left(\frac{S_{21}}{I} - \frac{q}{\omega C}\right)$$

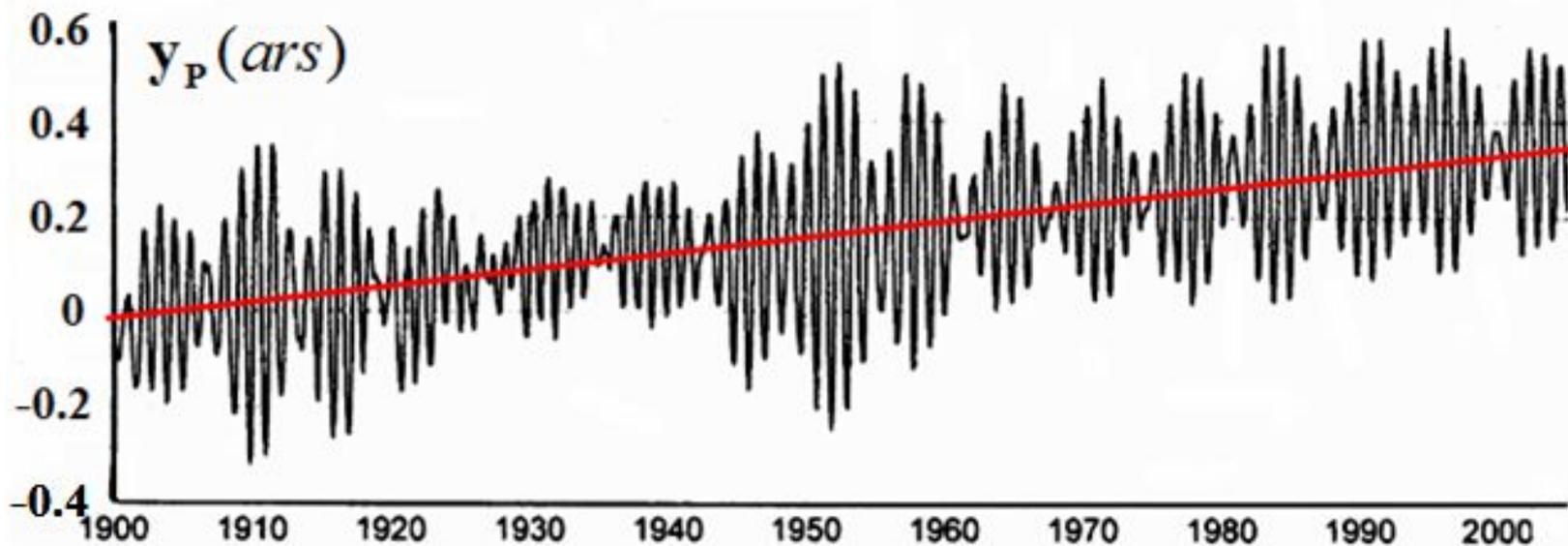
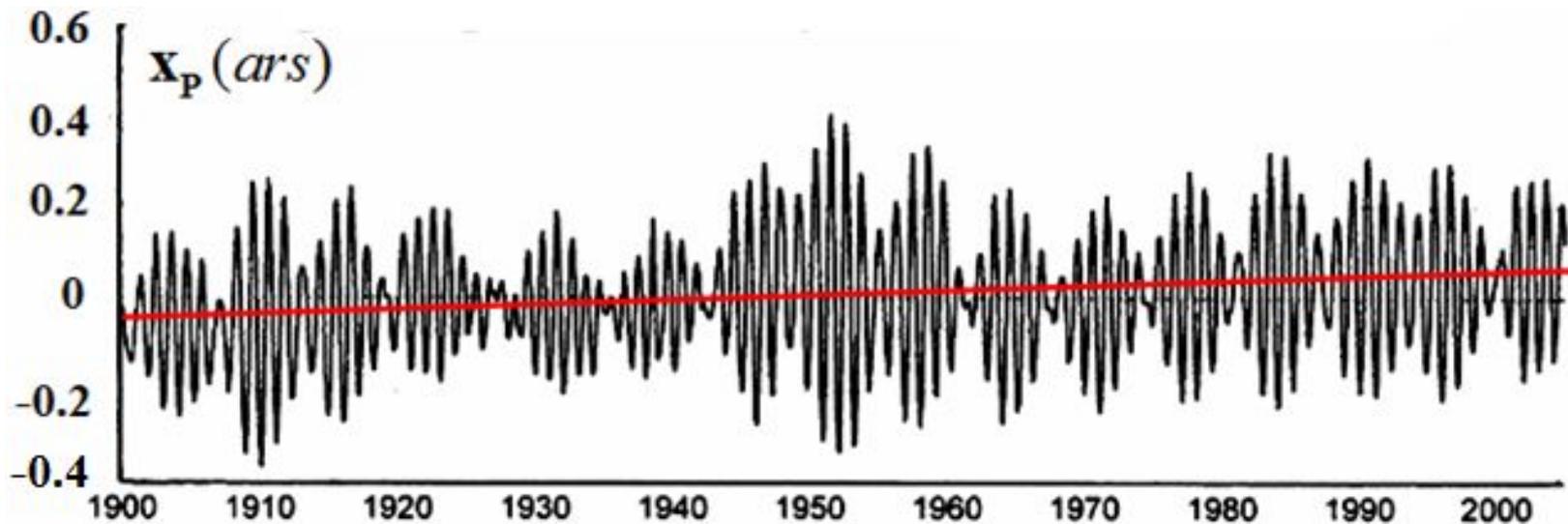
Вековой дрейф полюса оси вращения Земли

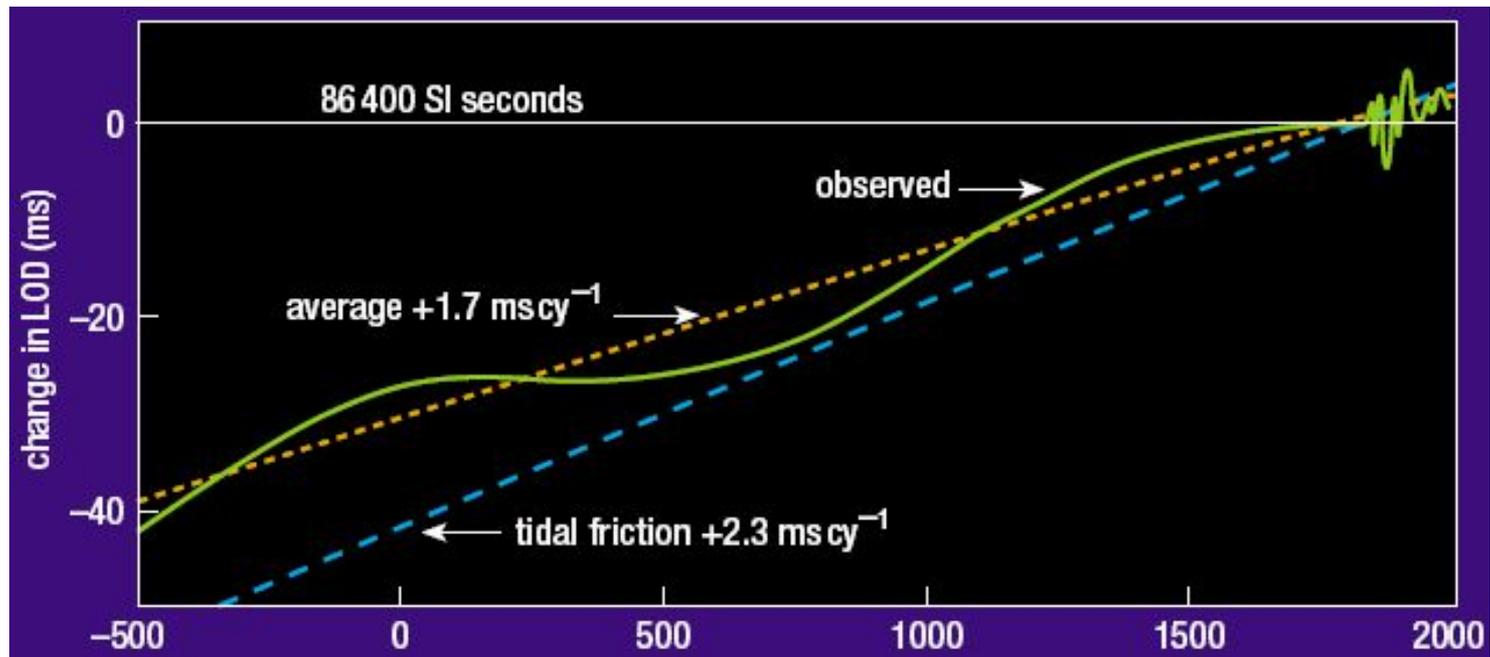
$$\frac{\dot{p}}{\omega} = \left(1 + \frac{\omega}{\Omega}\right) \frac{C_{21}}{I}, \quad \frac{\dot{q}}{\omega} = \left(1 + \frac{\omega}{\Omega}\right) \frac{S_{21}}{I}$$



**Рис. Дрейф полюса в период 1900-1990 в направлении $72^{\circ}9$ з.д. с угловой скоростью $0^{\circ}331 \pm 0^{\circ}003$ (1/век) (Gross, Vondrak, 1999).
Наша модель: скорость дрейфа $0^{\circ}321$ (1/век), направление $75^{\circ}7$ з.д.**

Вариации (колебания и тренды) координат полюса оси вращения Земли в период январь 20 1900 – январь 20 2005 (IERS)





5 Неприливное ускорение осевого вращения Земли

$$\frac{\dot{\omega}}{\omega} = -\frac{\dot{C}}{C} - \frac{\dot{R}}{\omega C} \qquad \frac{\dot{C}}{C} = \frac{2}{3I} \dot{J}_2$$

Stephenson, F.R. and Morrison, L.V. (1995) «**Long term fluctuations in the Earth's rotation: 700 BC to AD 1990**», Phil. Trans. R. Soc. Lond., A, 351, p. 165-202.

To explanation of fundamental geodynamical phenomena:

(Barkin, 2001)

Earth's axial acceleration;

Earth's pole secular drift;

1 unit= 10^{-11} 1/yr

| P | Model | Observ. | Authors, year |
|-----------------------|----------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| $\dot{\omega}/\omega$ | 6.17 | 6.7 ± 1.7 | Stephenson, Morrison, 1995 |
| $\dot{\varphi}$ | 387.7 | 394.5 | Gross, Vondrak, 2001 |
| $\dot{\varphi}$ | -1505.4 | -1547.5 | Gross, Vondrak, 2001 |
| $\dot{\omega}_p$ | 1553.6 | 1597.0 | Gross, Vondrak, 2001 |

Point model: $m_2=0.179 \times 10^{15}$ kg/yr, $m_1=0.043 \times 10^{15}$ kg/yr;

Решение фундаментальных проблем геофизики

6 Объяснение векового нарастания глобального уровня океана,

средних уровней океана в северном и южном полушариях Земли и

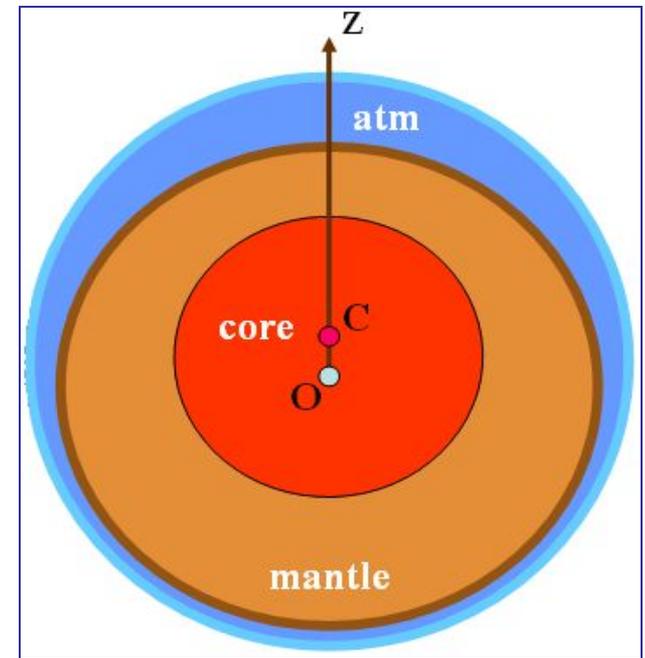
установление широтной зависимости среднего уровня по широтным поясам

Уровень океана. Климат.

Баркин Ю.В. (2007)

Глобальное возрастание среднего уровня океана и ошибочная трактовка роли тепловых факторов.

«Геология морей и океанов: Материалы XVII Международной научной конференции (школы) по морской геологии». Т.IV. М.: ГЕОС. 2007. с. 18-20.



В северном полушарии средний уровень мирового океана возрастает со скоростью

2.45 ± 0.32 мм/год

В южном полушарии средний уровень мирового океана возрастает со скоростью

0.67 ± 0.30 мм/год

Глобальный уровень мирового океана в современную эпоху возрастает со скоростью

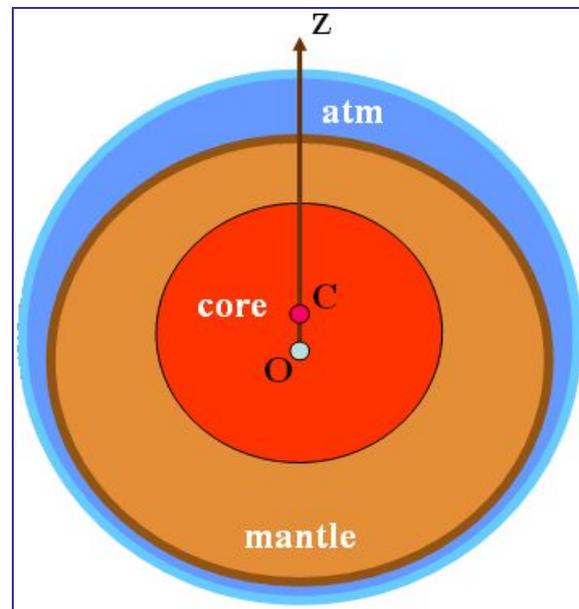
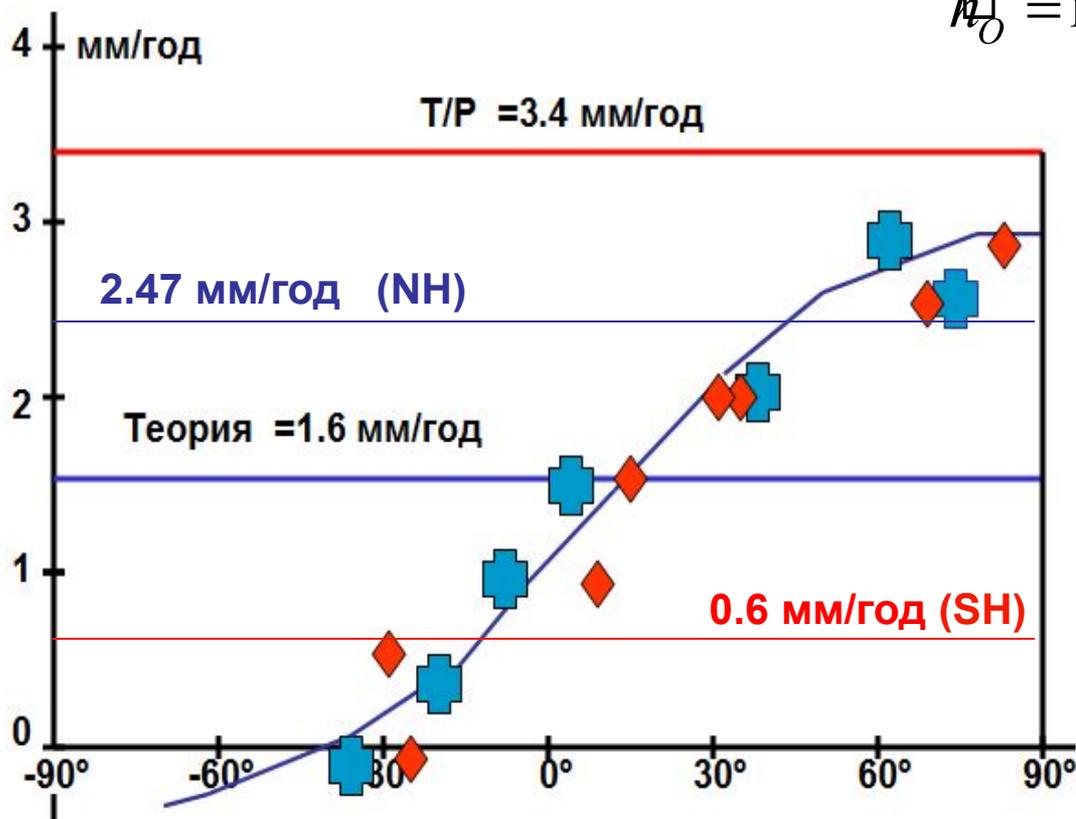
1.61 ± 0.36 мм/год

Скорость нарастания уровня океана в зависимости от широты, средние скорости нарастания уровня океана в северном и южном полушариях в период 1980 - 2000 гг.

$$\dot{H}_o(\theta) = \dot{H}_o^{(0)} \sin \varphi + \bar{h}_o$$

$$\dot{H}_o^{(0)} = 1.84 \pm 0.61$$

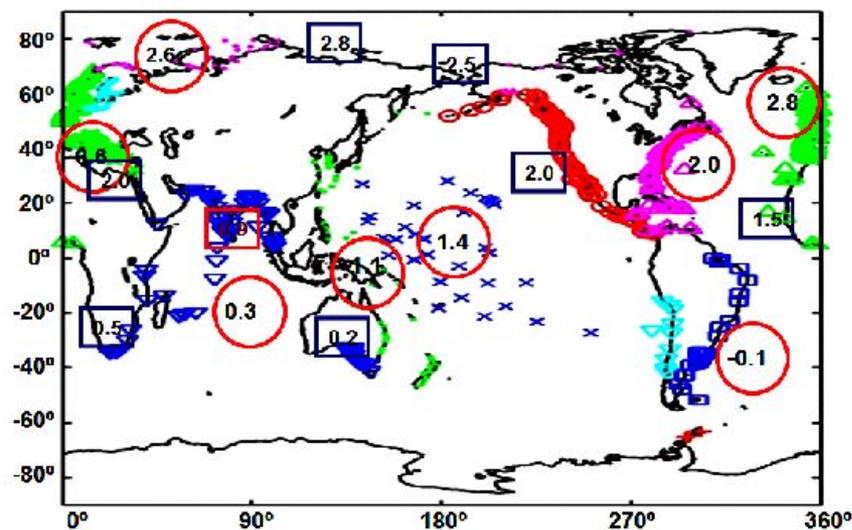
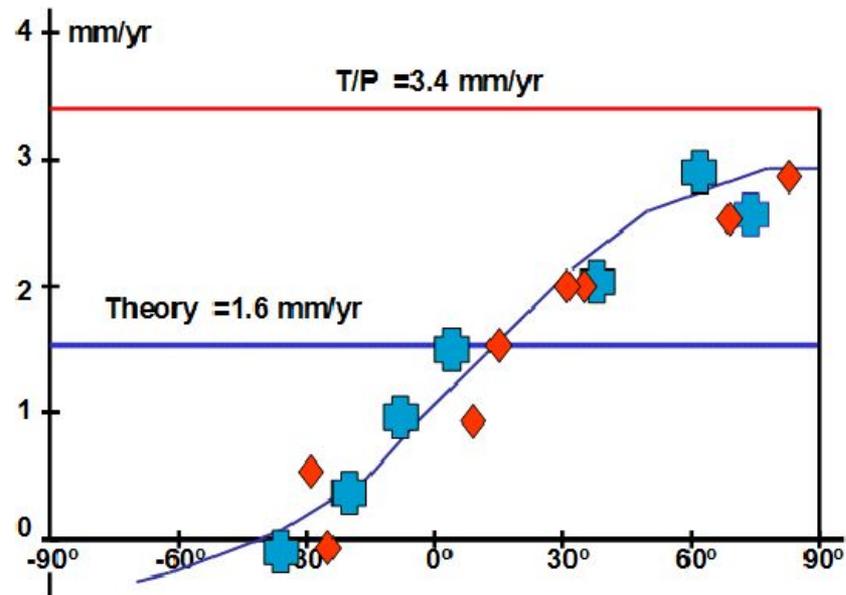
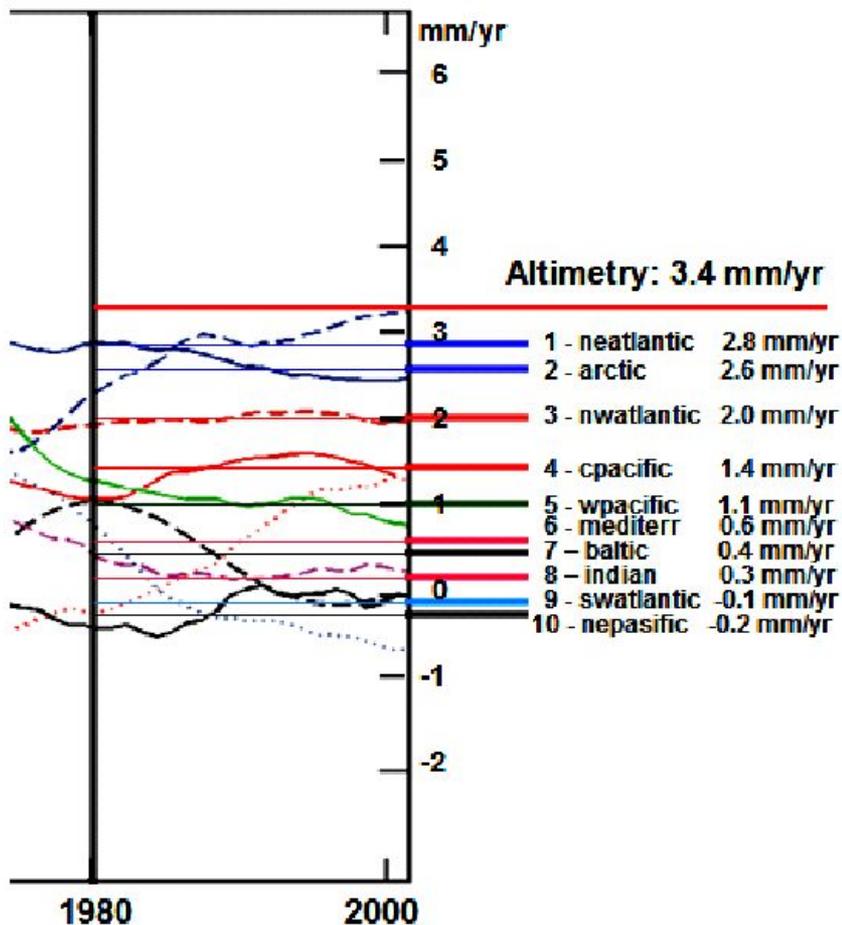
$$\bar{h}_o = 1.5 \pm 0.5$$



Баркин, 2005

Предсказание и открытие векового S-N прилива

Возрастание уровня океана в зависимости от широты



Период наблюдений 1980-2005
(Evreeva et al., 2006)



Проблема М.В. Ломоносов о смещениях притягивающего центра Земли

Фундаментальные проблемы небесной механики, гравиметрии и геодинамики

1. **Вековой дрейф центра масс Земли**
2. **Вековые вариации силы тяжести**
3. **Вариации коэффициентов геопотенциала**
4. **Вековой дрейф полюса оси вращения Земли**
5. **Неприливное ускорение осевого вращения Земли**
6. **Вековое изменение уровня океана**

Спасибо за внимание!

