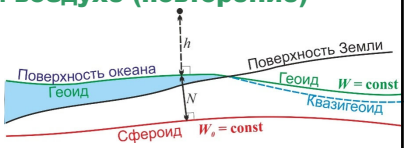
Модели изостазии

- Модели локальной изостазии.
- Модель региональной изостазии.
- Динамика прогибания упруго-вязкой литосферы.

Понятие об изостазии

Гравитационные аномалии в свободном воздухе (повторение)

Для адекватного сопоставления результатов измерений надо внести **поправки**, учитывающие **широту и высоту** точки измерения



При измерении на высоте h над геоидом:

$$g(h) = g_0 \frac{R_E^2}{(R_E + h)^2}, \quad \text{или} \quad g(h) \approx g_0 \left(1 - 2\frac{h}{R_E}\right).$$

Поправка за свободный воздух δg_{fa} – величина, на которую надо скорректировать измеренные значения, чтобы **привести** их к уровню моря (т.е. к **геоиду**):

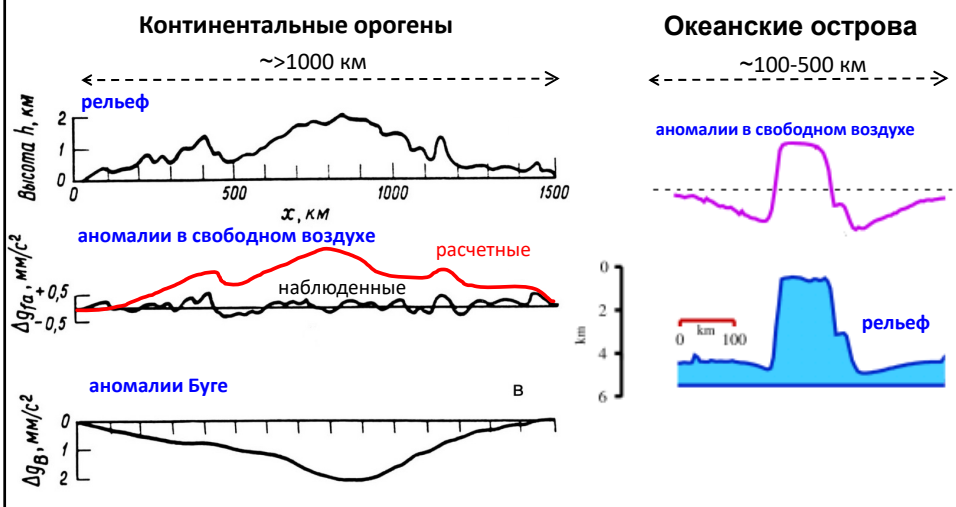
$$\delta g_{fa} = g_0 - g(h) = g_0 \frac{2h}{R_E}.$$

Аномалия в свободном воздухе (аномалия **Фая**) Δg_{fa}

$$\Delta g_{fa} = \underset{\text{наблюдение}}{g_{obs}} - \underset{\text{нормальное поле}}{g_0(\varphi)} + \underset{\text{поправка за св.воздух}}{\delta g_{fa}} = g_{obs} - g_0(\varphi)\left(1 - 2\frac{h}{R_E}\right)$$

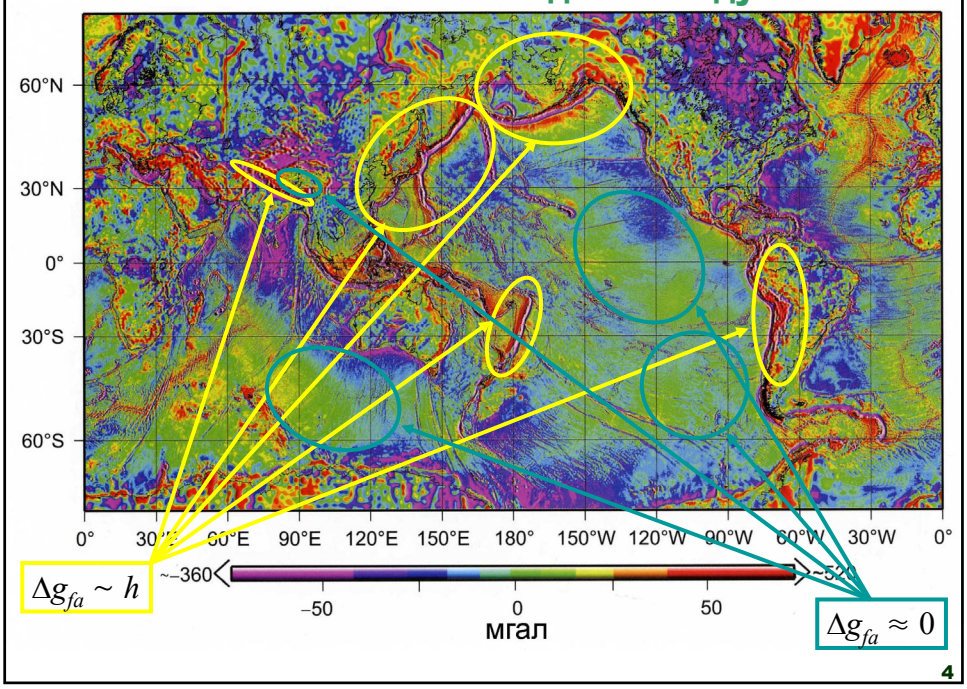
2

Рельеф и гравитационные аномалии в свободном воздухе



3

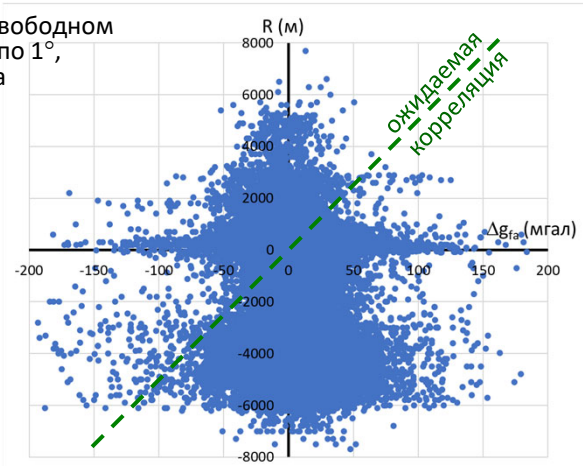
Аномалии в свободном воздухе



4

Соотношение аномалий в свободном воздухе и рельефа

Соотношение аномалий в свободном воздухе, усредненных по 1°, с высотой рельефа



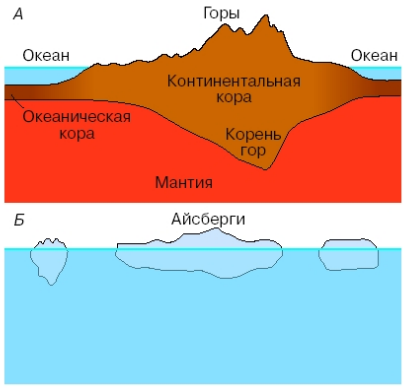
Δg_{fa} - мало́, слабо коррелирует с рельефом
(Буге, 1749)

Действует механизм компенсации

5

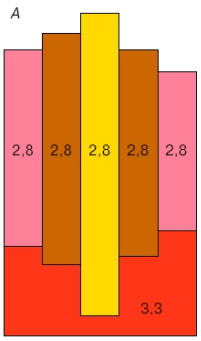
Понятие изостазии

Изостазия - состояние **механического равновесия** поверхностной оболочки Земли, при котором на некоторой глубине в верхней мантии (обычно 100–150 км) давление вышележащих пород становится одинаковым по латерали. Избыток или недостаток масс на поверхности компенсируется соответствующим **перераспределением** масс в её недрах, подчиняясь закону плавания тел Архимеда. Термин введён К. Деттоном (1882) [БРЭ].



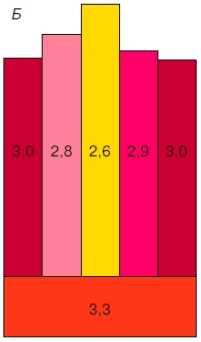
"Корень" гор (*А*). Чем выше горы, тем "корень" гор глубже проникает в верхнюю мантию. "Корень" гор компенсирует, уравновешивает массу гор; *Б* – айсберги, плавающие в морской воде. Над поверхностью воды возвышается одна треть ледяной глыбы

Схема Дж.Эри (1855)



чем выше горы, тем глубже их «корни»

Схема Дж. Пратта (1858)



чем выше горы, тем меньше плотность, подошва коры «плоская»

6

Схемы локальной изостазии

Схема Пратта

участки **повышенного** рельефа сложены **менее** плотными (например, за счет разогрева) породами, а участки **пониженного** рельефа - **более** плотными

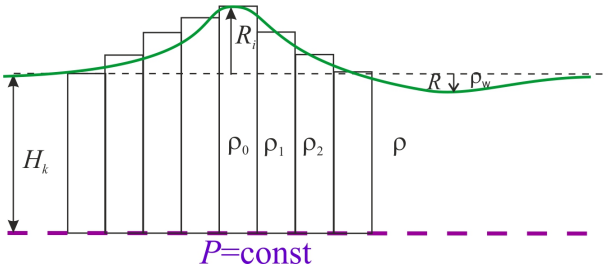
Для плотностей ρ_i блоков и плотности ρ вмещающей «жидкости» (мантии):

$\rho_o < \rho_1 < \rho_2 < \ldots < \rho$

$H_к$ - глубина компенсации (т.е. некоторый уровень, на котором достигается равновесие), R_i - высота поверхностного рельефа.

Из условия баланса сил на глубине компенсации $H_к$:

$$\rho g\, H_к = \rho_i g(H_K + R_i)$$



$$\rho_i = \frac{H_к}{H_к + R_i}\rho\,, \qquad \text{или} \quad R_i = \frac{\rho - \rho_i}{\rho_i} H_к \qquad \textbf{(1)}$$

Задание: получить соотношение между R_i и ρ_i для случая прогиба, заполненного водой

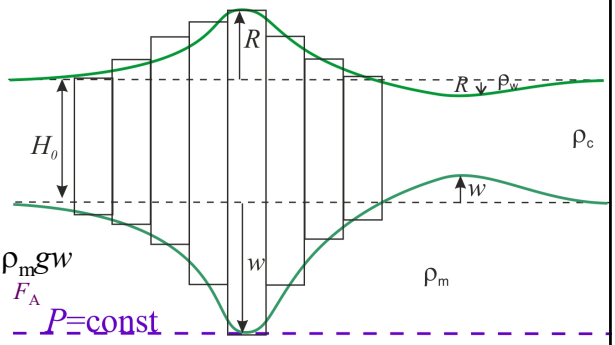
Схема Эри

достижение равновесия за счет вариаций мощности земной коры:
под **горами** мощность коры **больше** ("корни" гор),
под **впадинами** - **меньше** ("антикорни" впадин)

утолщение коры $H = R + w$

Из условия баланса сил на глубине наибольшего погружения:

$$\rho_c g(H_0 + H) = \rho_c g H_0 + \rho_m g w$$
$$F_T \quad = \quad F_A$$



$$w = \frac{\rho_c}{\rho_m} H\,, \qquad R = \frac{\rho_m - \rho_c}{\rho_c} w = \frac{\rho_m - \rho_c}{\rho_m} H \qquad \textbf{(2)}$$

Задание: получить соотношение между R, w и ρ_i для случая прогиба, заполненного водой

Алгоритм

1. Дискретизация

$x \in [-L/2, L/2] \rightarrow x_i,\ i=1,\ldots,N;\ \Delta x = L/(N-1)$

2. Задать нагрузку орогена

H_m – максимальная нагрузка,

λ – ширина нагрузки

Функция нагрузки:

$$H(x) = \begin{cases} \frac{H_m}{2} \cdot \left(\cos \frac{2\pi x}{\lambda} + 1 \right), & -\lambda/2 \le x \le \lambda/2 \\ 0, \text{ в остальных} \end{cases} \quad \textbf{(3)}$$

$i=1,\ldots,N$

$x_i = -L/2+(i-1)\cdot dx$

$H_i = (\text{по } \phi\text{-ле } (3))$

3. Расчет рельефа и прогибания

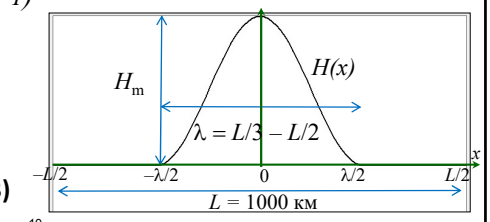
$i=1,\ldots,N$

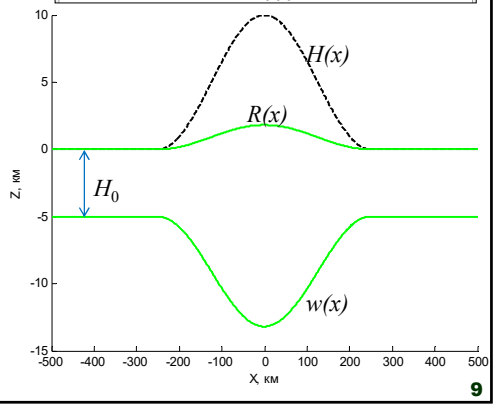
$w_i = (\text{по } \phi\text{-ле } (2))$

$R_i = H_i - w_i$

4. Рисование графиков

H_i, w_i, R_i





9