



# Основы волновой теории распространения сейсмических колебаний. Сейсмические волны

14.03.2017

- **Абсолютно упругим телом** называется такое, которое после прекращения действия приложенных к нему сил восстанавливает свою первоначальную форму и объем.
- Тела и среды, в которых развиваются необратимые деформации, называются **пластичными, неупругими**.
- Изменение формы, объема и размеров под действием напряжения называется **деформацией**.

## деформация растяжения (сжатия)

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{F}{S} \cdot \frac{1}{E}; \quad \frac{\Delta l}{l} / \frac{\Delta d}{d} = \delta$$

МОДУЛЬ СДВИГА ( $\mu_c$ )

$$\mu_c = \frac{E}{2(\delta + 1)}$$

модуль всестороннего сжатия

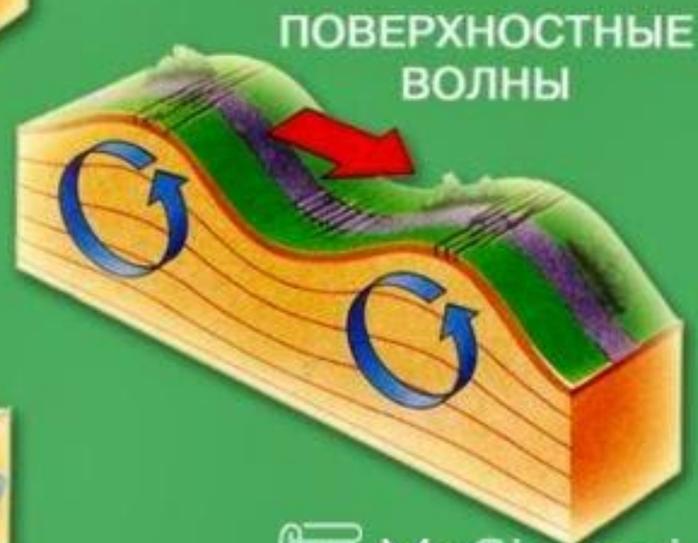
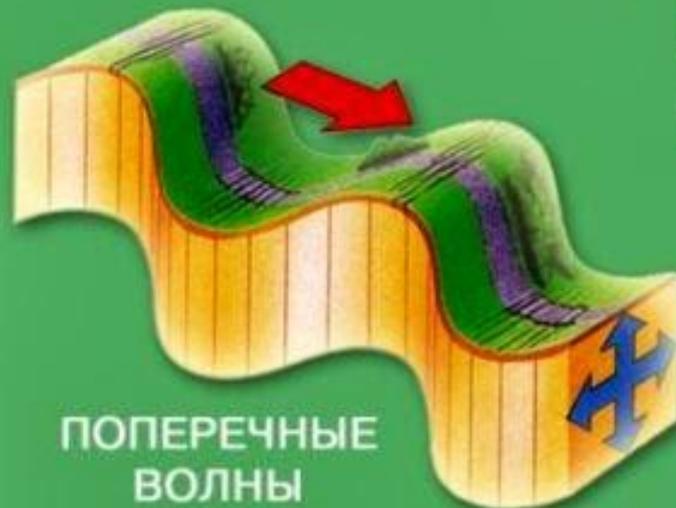
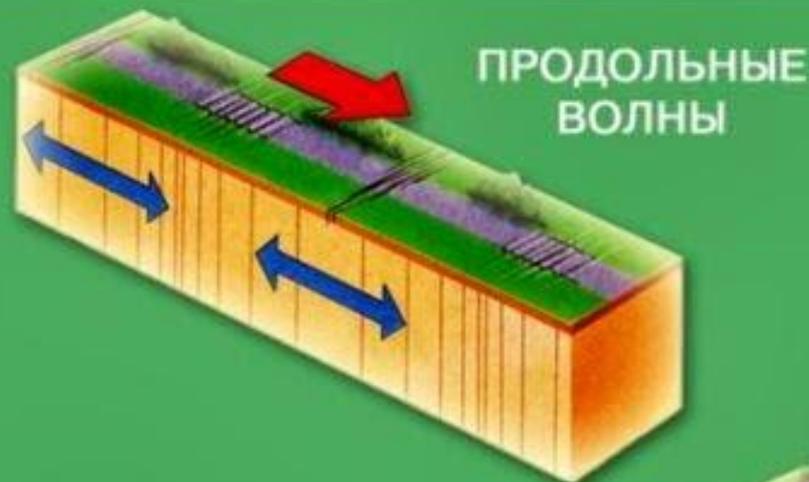
$$K_c = \frac{E}{3(1 - 2\delta)}$$



# **Упругие волны**

# Основные виды сейсмических волн

Сейсмические волны могут быть продольными, поперечными и поверхностными. Наиболее опасны - поверхностные волны.





**ВОЛНЫ ЛЯВА**



**ВОЛНЫ РЭЛЕЯ**

# Скорости продольных и поперечных волн

$$V_p = \sqrt{\frac{E}{\sigma} \cdot \frac{1 - \mu}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}};$$

$$V_s = \sqrt{\frac{E}{\sigma} \cdot \frac{1}{2(1 + \mu)}};$$

$$\frac{V_p}{V_s} = \sqrt{2 \frac{1 - \mu'}{1 - 2\mu'}}$$

$$V_p/V_s = 1,73, V_R = 0,9V_s, V_L < V_s.$$

# Амплитуды смещений среды в упругой волне

$$A_i = A_0 e^{-bR_i}$$

# Основы геометрической сейсмологии

Поверхность, отделяющая область, где частицы колеблются под воздействием упругой волны, от невозмущенной области, куда волна еще не пришла, называется ***фронтом волны***.

Линии, перпендикулярные фронту, называются ***сейсмическими лучами***.

## Длина волны

$$\lambda = T \cdot \nu = \frac{v}{\nu}$$

# Принцип Гюйгенса

каждую точку фронта волны можно рассматривать как самостоятельный элементарный источник колебаний, т.е по положению фронта волны в некоторый момент можно определить положение источника колебаний в любой другой момент, если построить огибающую элементарных сферических фронтов с центрами, расположенными на заданном расстоянии.

# *Принцип Ферма*

- волна распространяется между двумя точками по такому пути, который требует наименьшего времени для ее распространения

# ***принцип суперпозиции***

при наложении (интерференции)  
нескольких упругих волн их  
распространение можно изучать по  
отдельности для каждой волны,  
пренебрегая влиянием волн друг на друга

# Основным законом геометрической сейсмоки

I) падающие, отраженные и преломленные лучи лежат в одной плоскости, совпадающей с плоскостью, нормальной к границе раздела сред с разными скоростями упругих волн;

2) угол падения волны  $\alpha_1$ , отсчитываемый от перпендикуляра к границе, и ее скорость в среде  $V_1$  связаны с углом преломления  $\beta_2$  и скоростью  $V_2$  соотношением

$$\sin \alpha_1 / \sin \beta_2 = V_1 / V_2;$$

3) углы падения ( $\alpha_1$ ) и отражения ( $\gamma_1$ )  
связаны соотношением:

$$\sin \alpha_1 / \sin \gamma_1 = V_{\alpha} / V_{\gamma} .$$

# законы отражения и преломления

## ВОЛН:

любая падающая волна – продольная (P) или поперечная (S) – порождает на границе две отраженные ( $P_1$  и  $S_1$ ) и две преломленные ( $P_2$  и  $S_2$ ) волны:

$$\frac{\sin \alpha_{p1}}{V_{p1}} = \frac{\sin \gamma_{p1}}{V_{p1}} = \frac{\sin \gamma_{s1}}{V_{s1}} = \frac{\sin \beta_{p2}}{V_{p2}} = \frac{\sin \beta_{s2}}{V_{s1}}.$$

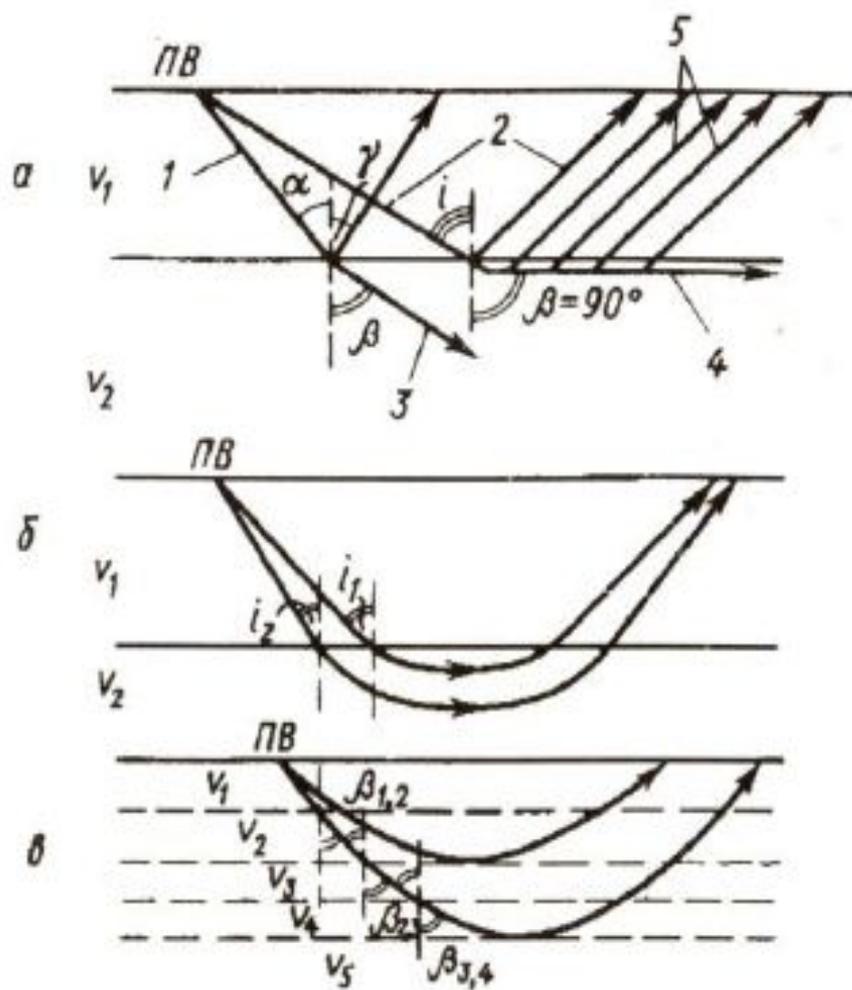


Рис. 4.1. Основные типы продольных волн: *a* – 1 – прямая, 2 – отраженная, 3 – преломленная проходящая, 4 – преломленная скользящая, 5 – преломленная головная; *б* и *в* – рефрагированные волны, образующиеся во втором слое и в среде с возрастающими с глубиной скоростями упругих волн

# условие образования отраженной ВОЛНЫ

$$\sigma_1 V_1 \neq \sigma_2 V_2$$

При  $\beta = 90^\circ$ ,  $\sin \beta = 1$

$$\sin i = V_1 / V_2$$