

Бостонский Клуб русскоговорящих учёных

Проф. А.Филиппов

**Физика
природных катастроф**



Виды природных катастроф

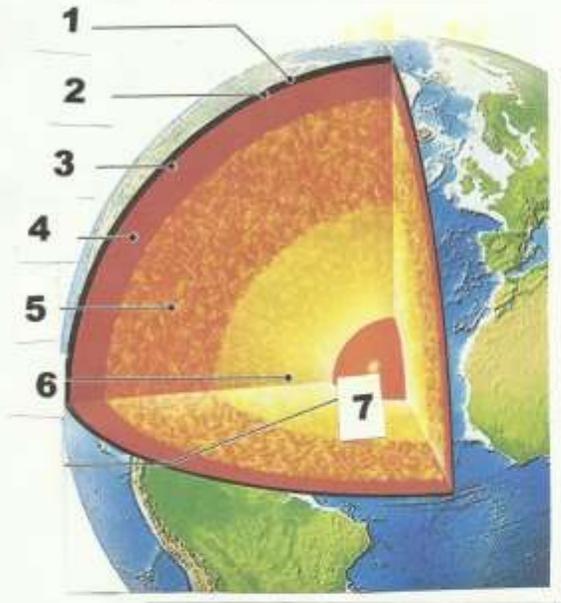
Катастрофа - происшествие, возникшее в природной или техногенной чрезвычайной ситуации, повлекшее за собой гибель людей или непоправимые последствия для того или иного объекта

- **Космические**
- **Катастрофы в земной коре**
- **Катастрофы в гидросфере**
- **Катастрофы в атмосфере**
- **Катастрофы в биосфере**
- **Социальные катастрофы**
- **Техногенные катастрофы**
- **Личные катастрофы**

По пространственному принципу выделяют

- **Глобальные катастрофы**
- **Региональные**
- **Локальные**

Строение Земли и геотектоника



1- земная кора -6-60км

2- литосфера - 190 км

3- астеносфера- 600 км

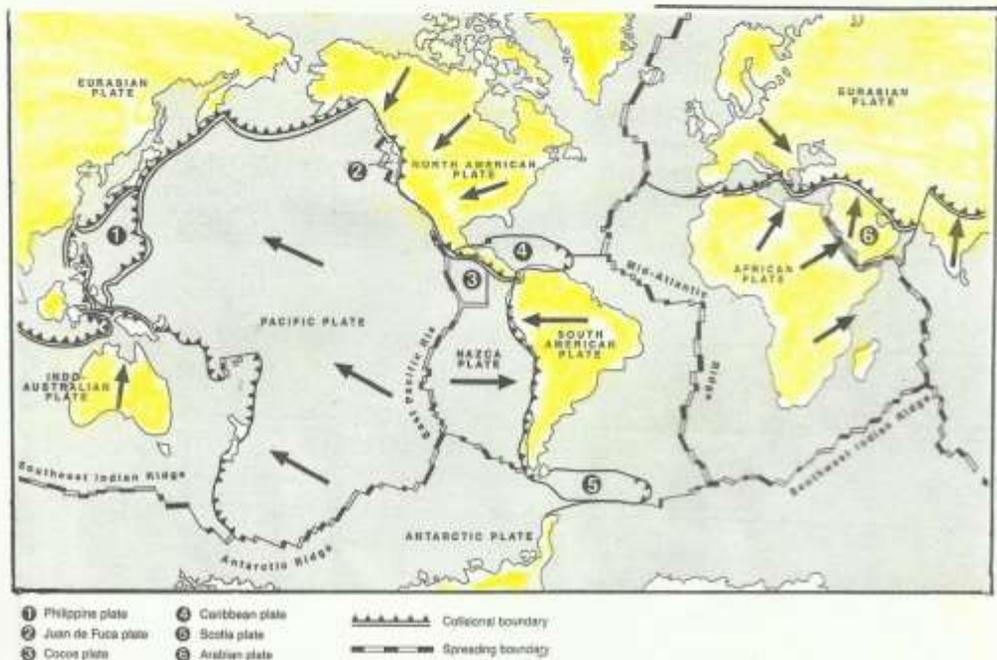
4- верхняя мантия-640 км

5- нижняя мантия-2200 км

6- внешнее ядро- 2200 км

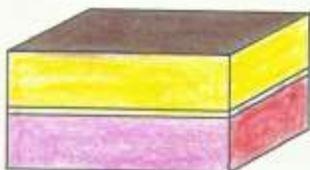
7- внутреннее ядро-1300 км

Литосферные плиты

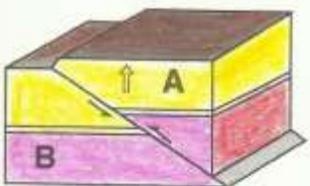


Землетрясения

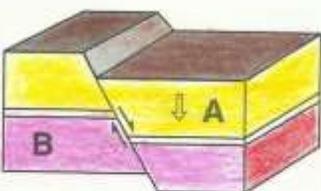
Землетрясения (сейсмические явления) возникают при разломах литосферных плит в зоне их контакта. При этом возникают продольные и поперечные волны, распространяющиеся на большие расстояния.



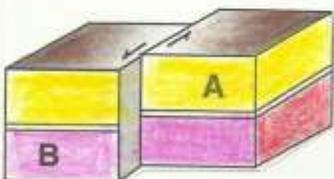
1. Стационарное положение плит



2. Плита А поднимается над плитой В



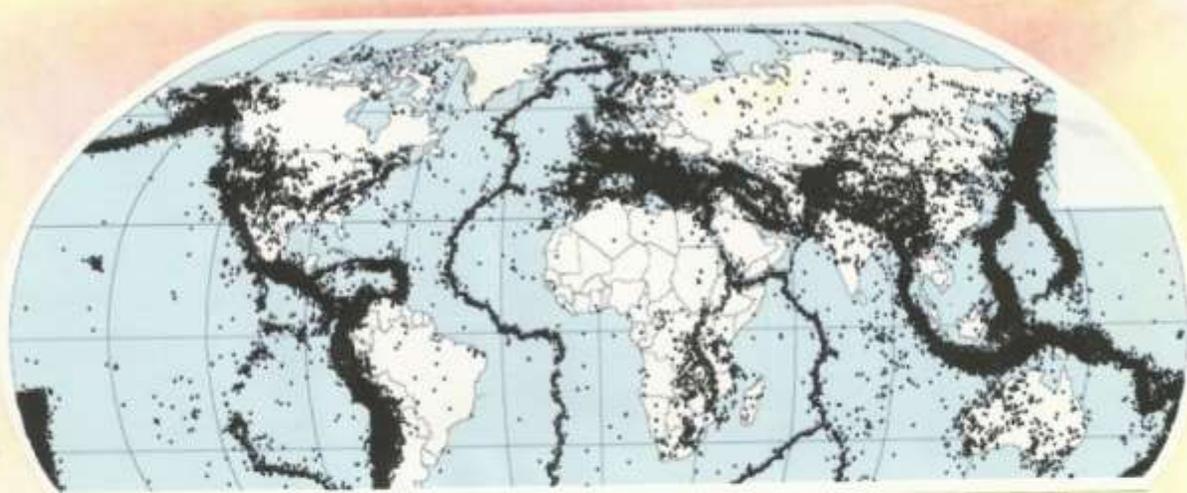
3. Плита А опускается по зоне разлома



4. Обе плиты движутся по поверхности разлома в противоположных направлениях

Землетрясения

Ежедневно на Земле происходит 20 землетрясений



Первый сейсмоскоп (132 г). Чжан Хэн, Китай



Наиболее смертоносные землетрясения

Район	Год	M	Число жертв
<i>Шэнси, Китай</i>	1556	8	830 тысяч
<i>Ганьса, Китай</i>	1920	8	240 тысяч
<i>Индийский океан</i>	2004	9	230 тысяч
<i>Алеппо, Сирия</i>	1138	8,5	230 тысяч
<i>Гаити</i>	2010	7	212 тысяч
<i>Канто, Япония</i>	1923	7,9	143 тысячи
<i>Мессина, Италия</i>	1908	7	123 тысячи
<i>Ашхабад</i>	1948	7,3	170 тысяч
<i>Чили</i>	1960	9,5	10 тысяч *
<i>Шяньшань, Китай</i>	1976	8,2	650 тысяч
<i>Нефтегорск, Сахалин</i>	1995	7,5	2 тысячи **
<i>Аляска</i>	1964	9,2	130 человек **

Основы теории сейсмических волн

1. Уравнение волны

κ - коэффициент упругости

$$\frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = -\kappa x$$

A - амплитуда (магнитуда)

Амплитуда связана с частотой землетрясений равенством

$$x(t) = A \sin \frac{2\pi}{T} t ; A = \frac{e^{\kappa N - \alpha}}{b}$$

2. Поперечные и продольные волны

V_p, V_s

μ - модуль сдвига

3. Скорость поперечных и продольных волн

$$V_p = (\kappa + 1,3 \mu) \frac{1}{\rho}$$

$$V_s = \mu / \rho$$

$$\frac{6}{13} \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

4. Поверхностные волны (Релея и Лява)

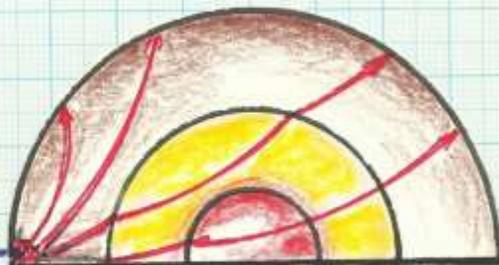
5. Траектории сейсмических волн

Энергия волн

$$E = 4\pi^3 R^2 c \rho \sum \frac{A^2}{T^2} \tau \cdot e^{\kappa R}$$

6. Прогноз землетрясений

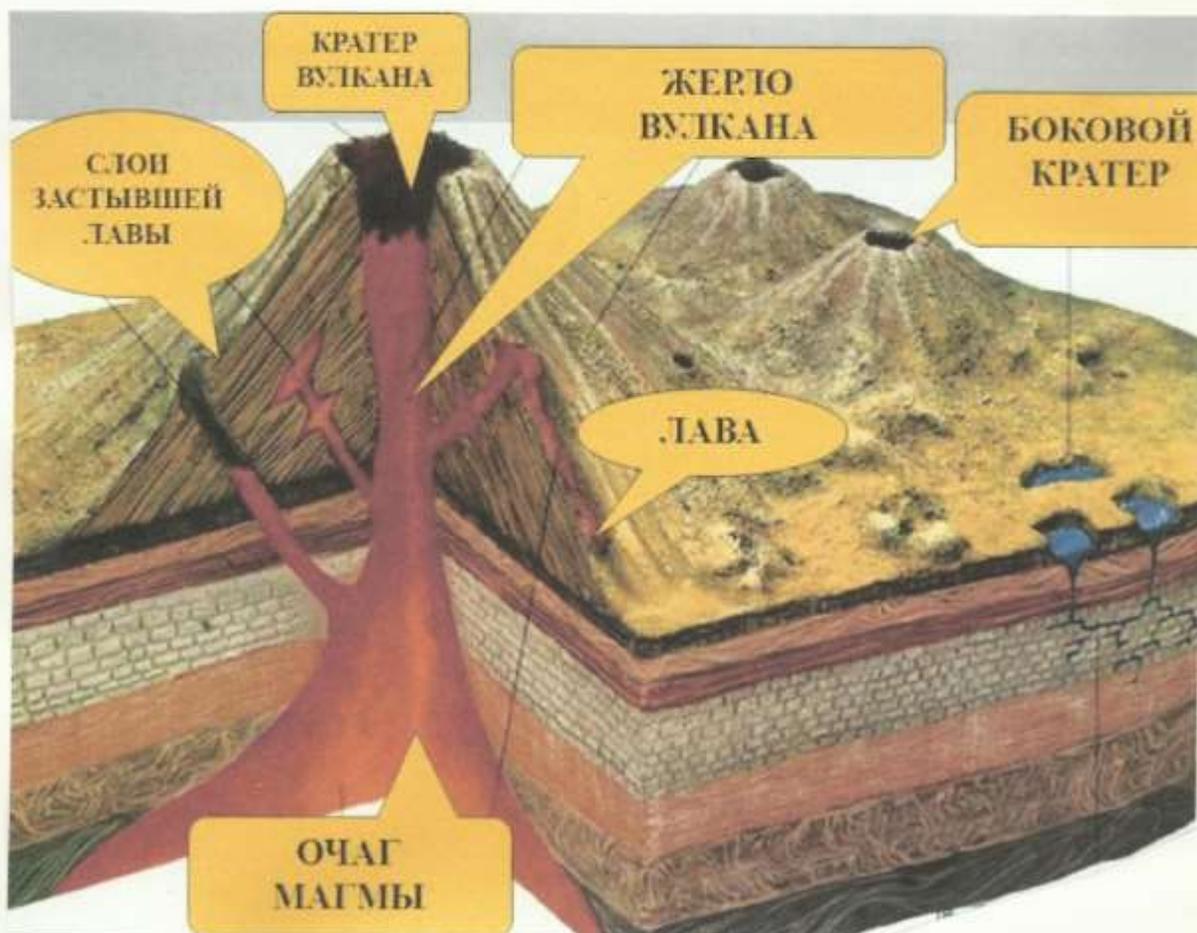
V
 R



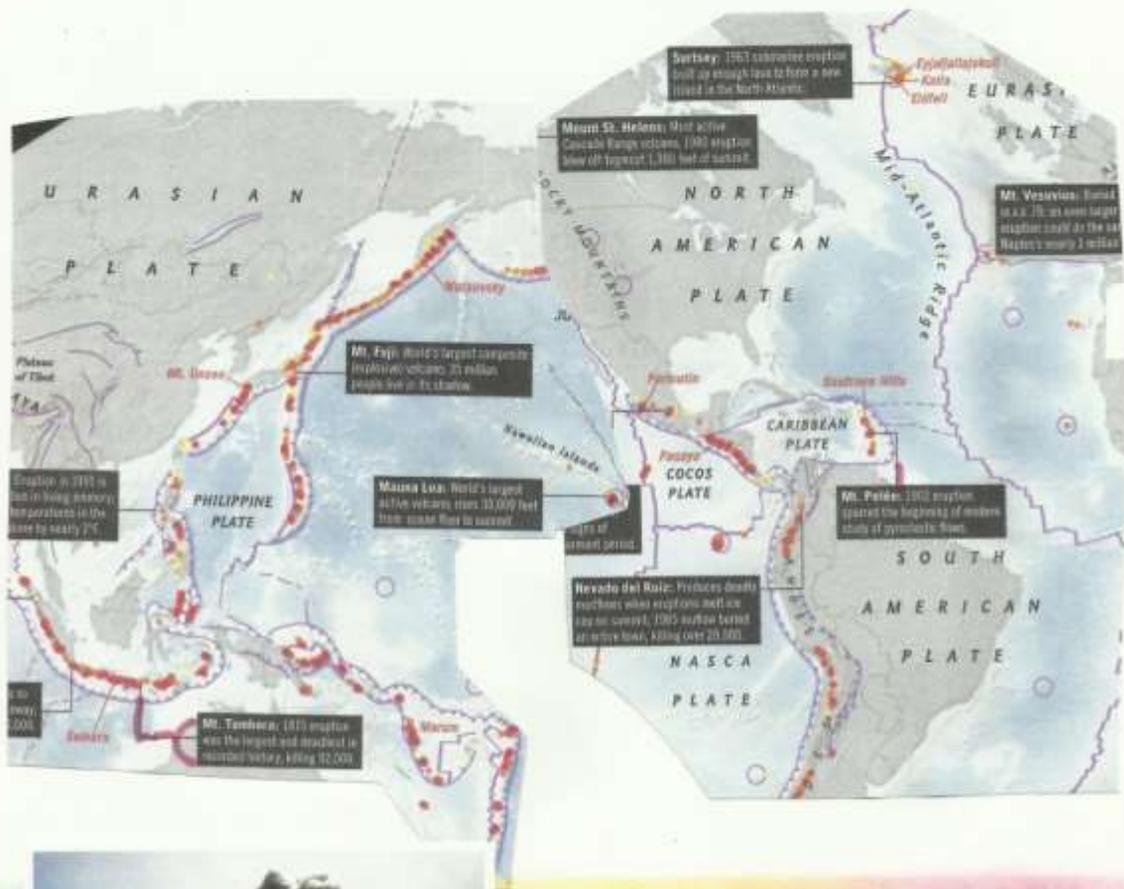
- анализ повторяемости
- наблюдение форшоков
- электропроводность пород
- магнитное поле
- эманации

Строение вулкана

Вулканизм - сложное геологическое явление, связанное с выбросом магмы из недр Земли через трещины в земной коре



Районы вулканов



Наиболее мощные вулканы

Район	Дата	Высота	Масса, Мт
Тамбора	1814	80	80-150
Каракатау	1833	90	25-55
Агунг	1903	30	10-30
Шивелуч	1964	15	1
Таал	1965	20	2
Аву	1966	18	2
Гекла	1970	15	1
Сант-Хелес	1980	25	1
Гекла	1947	30	5
Эль-Чичон	1982	25	3
Ключевская	1945	17	0,5

Основы теории вулканических извержений

1. Модель течения лавы

$$\frac{d\mu}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + g \sin \beta + \frac{\eta}{\rho} \frac{\partial^2 \mu}{\partial y^2}$$

Где-

X - координата по потоку

Y - нормаль к направлению потока

η - кинематическая вязкость расплава

β - угол наклона русла к горизонту

P - давление в потоке ($P = \rho g h \cos \beta$)

2. Установившийся поток лавы

$$\mu = \frac{1}{2\eta} \rho g (\alpha + \beta) h^2$$

Решение для скорости потока

Объём, магнитуда, энергия

V, км ³	M	Едж А	Едж В
10 ⁻⁵	5,5	2·10 ¹³ *	3·10 ¹²
10 ⁻²	7,4	10 ¹⁶	10 ¹⁵
10	9,3	10 ¹⁹	3·10 ¹⁸ **
100	10,5	9·10 ²⁰	3·10 ²⁰

* Атомная бомба „Мальш“, США

** Водородная бомба „Кузькина мать“

Энергия вулканических извержений

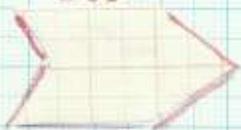
Энергия вулкана складывается из -

- * Кинетической энергии продуктов выброса
- * Тепловой энергии извергнутой лавы
- * Энергии разрушения горных пород
- * Сейсмической энергии землетрясения

Главный вид - выделение теплоты

$$E = V \rho (\Delta T \cdot c + L)$$

Где



V - Объем извергнутого материала

ρ - Плотность материала

ΔT - Разность температур лавы и воздуха

c - Удельная теплоёмкость лавы

L - Теплота плавления породы

Эмпирически установлена связь энергии и магнитуды вулканического выброса

$$\log E = \alpha + \beta M \quad \alpha, \beta - \text{Const}$$

Типы вулканов



Этна, Сицилия

Типы вулканов

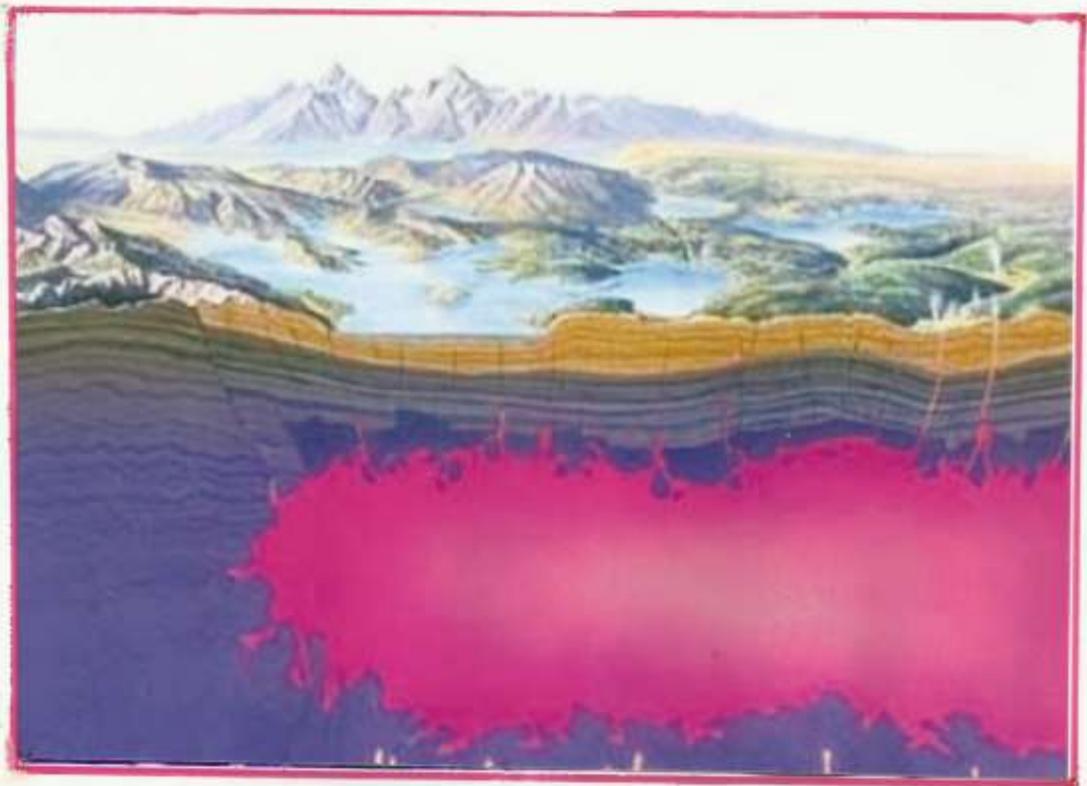


Типы вулканов



Йеллоустонский супервулкан

Йеллоустонский супервулкан (США) характеризуется близким расположением магмы к земной поверхности - 8 - 16 км по сравнению со всеми вулканами, где очаги магмы находятся на глубине более 100- 200 км.



Вулканы и климат

Температура воздуха определяется балансом лучистой энергии в атмосфере и на почве

$$Q = (S + D)(1 - A) - (E - F)$$

где S - прямая солнечная радиация

D - рассеянная солнечная энергия

E F - длинноволновое излучение

При вулканических выбросах в атмосферу уменьшается S и возрастает D , но в целом приток радиации уменьшается.

Некоторые цифры:

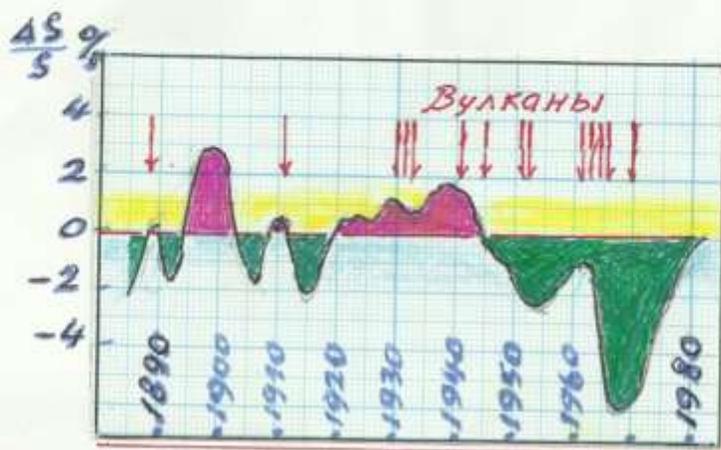
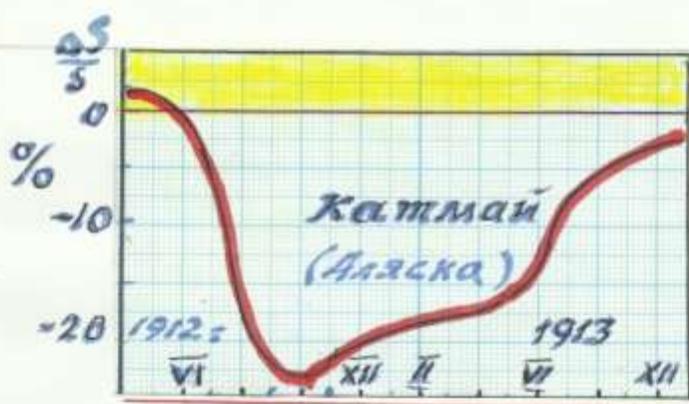
В атмосферу ежегодно поступает 10^9 тонн вещества аэрозолей.

Антропогенные выбросы - $2-4 \cdot 10^8$ тонн

Атмосфера постоянно содержит $3-7 \cdot 10^7$ т

Концентрация аэрозолей 10^{-6} г/см³
ослабляет радиацию на 1 %

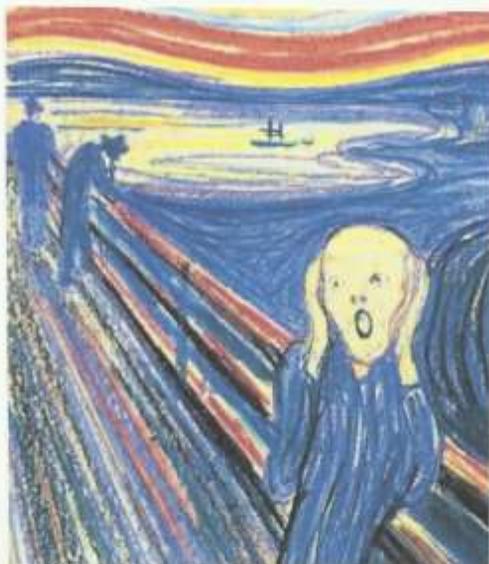
Выброс вулканов 10-100 км³ в
год, что составляет примерно 7% от
общего аэрозольного загрязнения
атмосферы



Оптические явления при выбросах аэрозолей в атмосферу

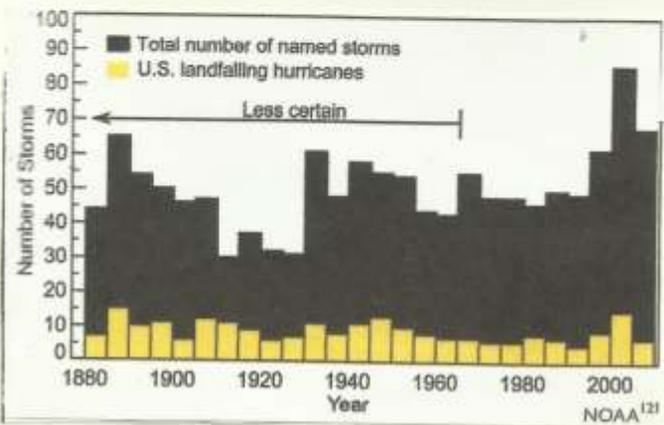
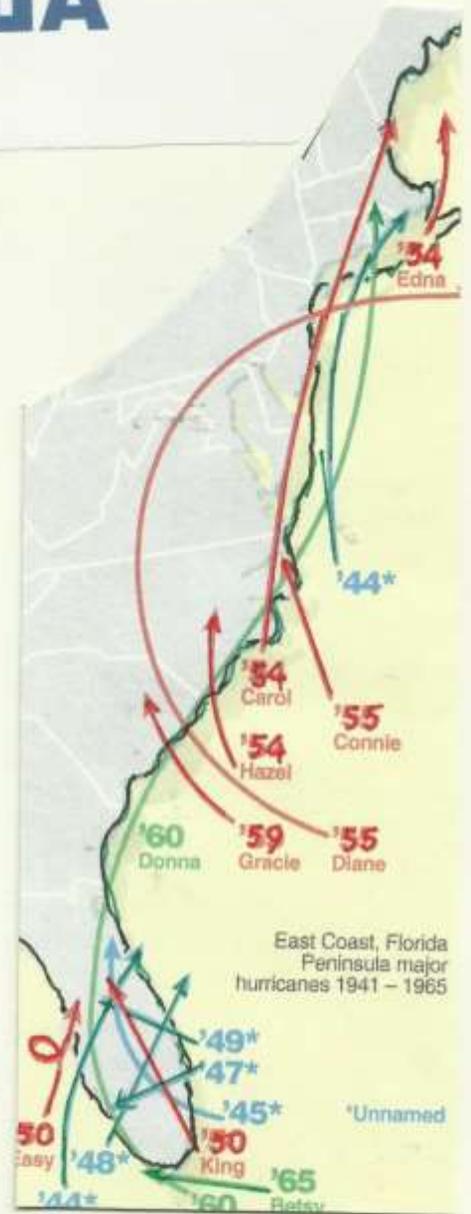
В 1892 году норвежский художник-экспрессионист в Осло наблюдал аномально яркий кроваво-красный закат. Сильное психологическое влияние этого явления привело художника к мании всемирной катастрофы, идеи смерти.

В таком состоянии Эдвард Мунк создал серию картин под общим названием КРИК (первоначально крик природы)



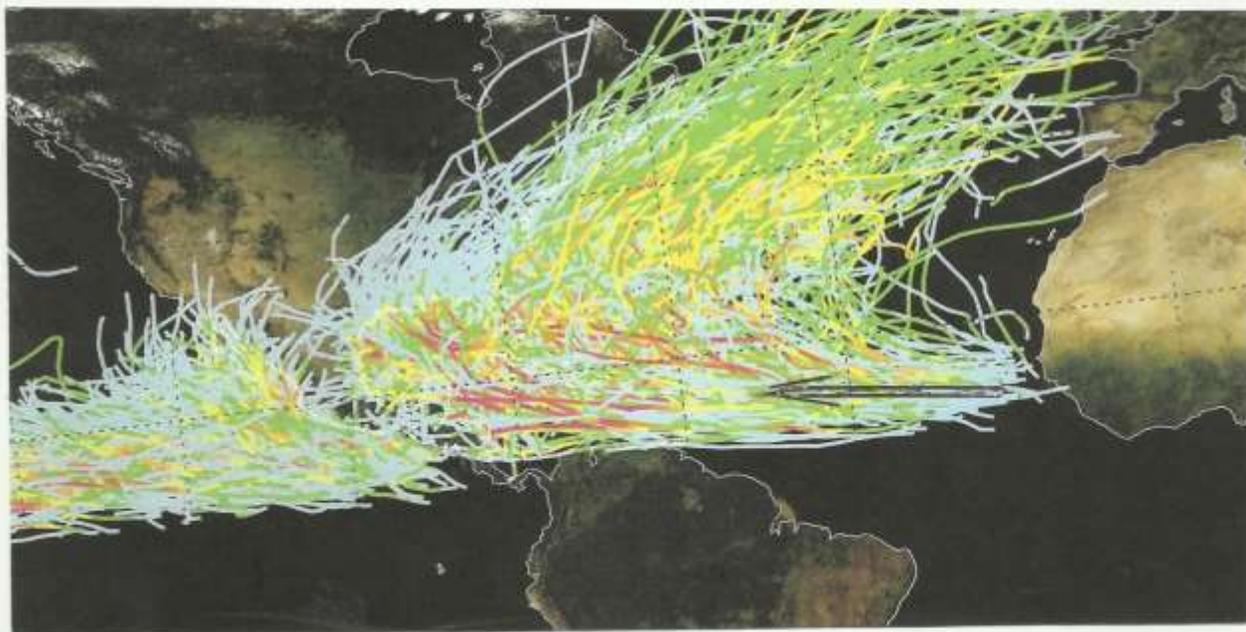
Картина послужила толчком к разработке в изобразительном искусстве темы пессимизма, неизбежности смерти и т.п.

Ураганы в США



**Ежегодно
наблюдается
5-8 ураганов**

Пути перемещения ураганов и их повторяемость по регионам (% от общего числа)



Повторяемость ураганов по регионам

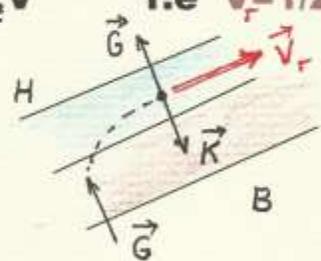
<i>Запад Атлантического океана</i>	<i>12 %</i>
<i>Восток Тихого океана</i>	<i>15 %</i>
<i>Северо-запад Тихого океана</i>	<i>30 %</i>
<i>Индийский океан</i>	<i>24 %</i>
<i>Австралия</i>	<i>7 %</i>
<i>Юг Тихого океана</i>	<i>12 %</i>

Геострофический ветер

Это равномерное движение без трения при прямолинейных изобарах

$- dP / dx = 2\rho\omega_z V$

т.е $V_r = 1/2\rho\omega_z dP/dx$

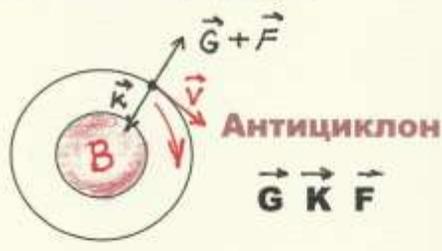
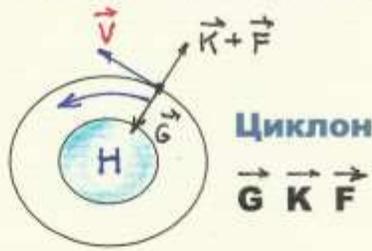


$\omega_z = \omega \sin\varphi$

$\rho = P / RT$

Циклострофический ветер

Ветер без трения при круговых изобарах



Влияние трения на ветер при круговых изобарах



$$V_{\text{г}} = -\omega_z r + \sqrt{\omega_z^2 r^2 + \frac{r}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r}}$$

Ущерб от циклонов

Название	Год	Ущерб в млрд.долл
<i>Майами</i>	1926	157
<i>Гальвестон</i>	1900	99
<i>Катрина</i>	2005	100 (1800 чел.)
<i>Гальвестон</i>	1915	68
<i>Эндрю</i>	1992	56
<i>Окичоби</i>	1928	34
<i>Камилла</i>	1969	21

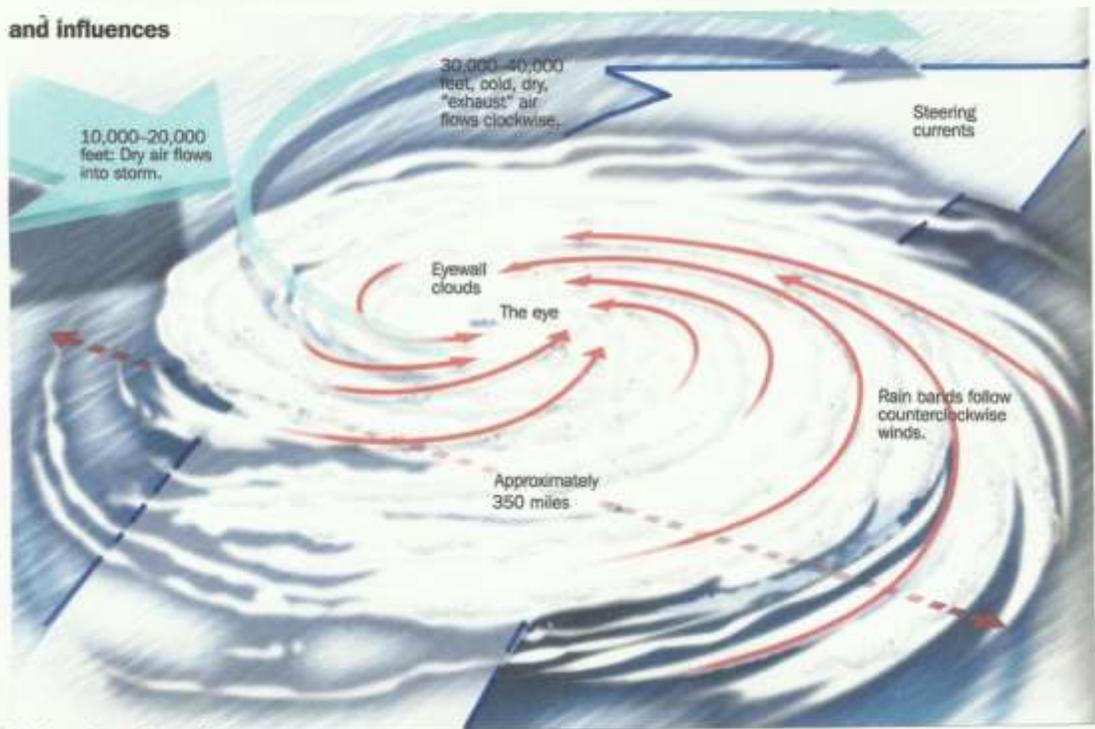
В 2005 году на Атлантическом побережье США наблюдалось 28 тропических циклонов.

Наибольшее число человеческих жертв было в циклоне

Бхола, 1970 г. в дельте Ганга - 500 тыс. чел

Ураган ИВАН 15.09.2004 г.

and influences



Ураган Эндрю

Тропический циклон Эндрю

прошёл по Флориде 23 августа 1992 г.

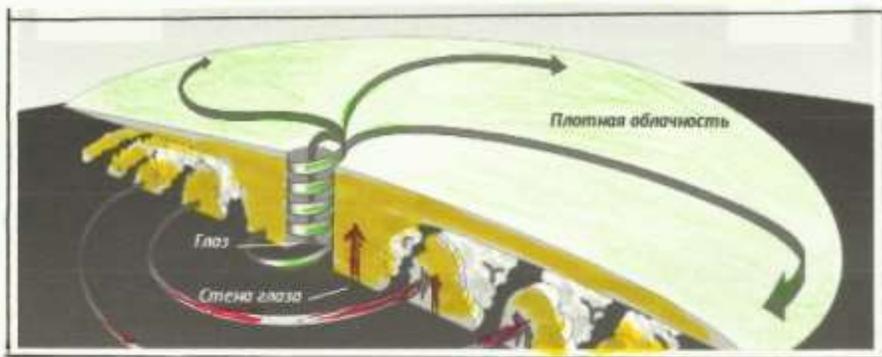
По разрушительной силе был третьим в столетии (до урагана Катрин).

Скорость ветра достигала 88 м/с.

Ущерб - 44 млрд.долларов



Структура циклона



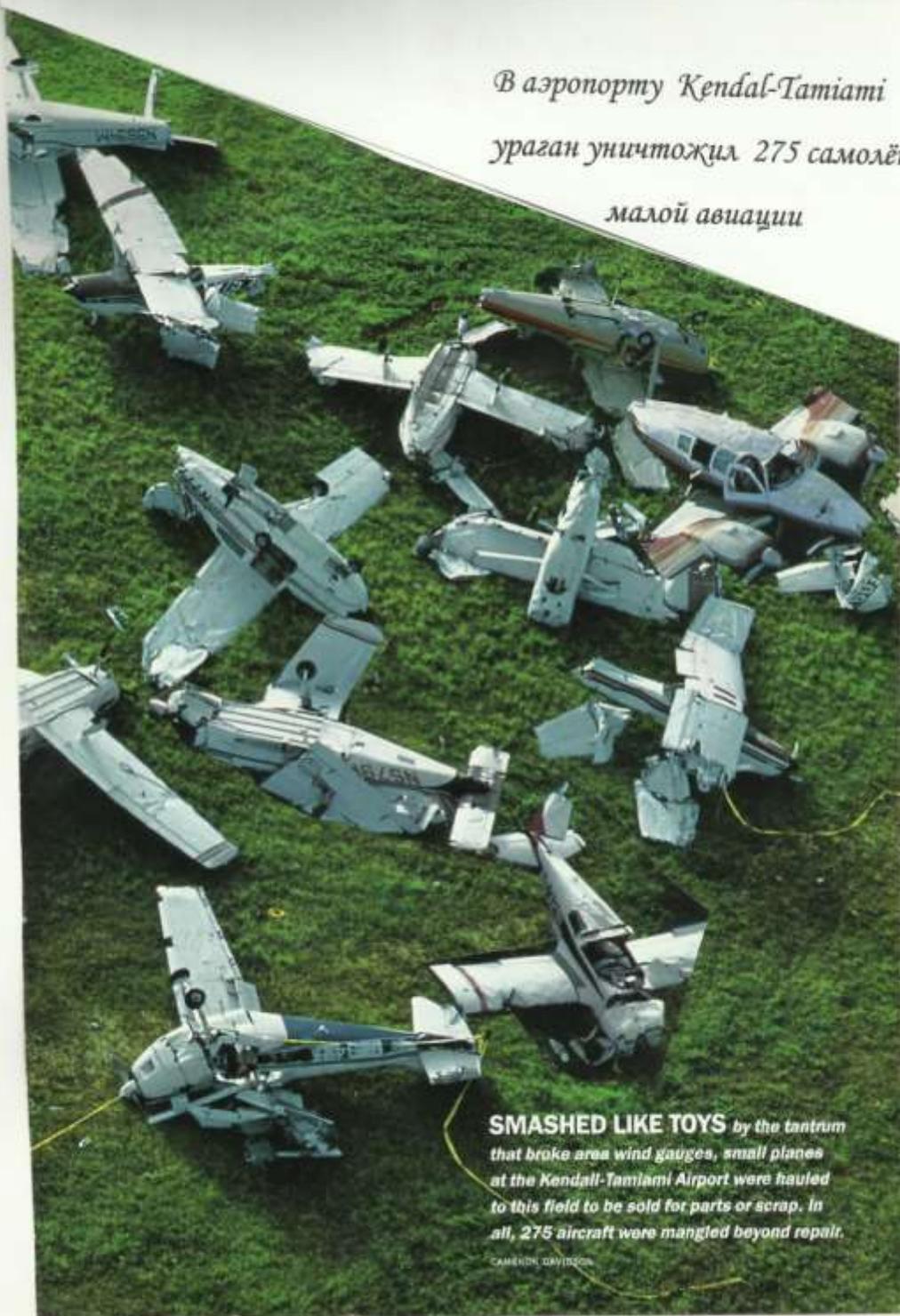
Энергия циклона

$$Q = L\rho \cdot h \cdot s_{oc} \quad Q = \rho \cdot V \cdot u^2$$

Энергия циклона равна 10^{16} Дж, что в 70 раз больше энергии человечества

Последствия ураганов

*В аэропорту Кендал-Тамiami
ураган уничтожил 275 самолётов
малой авиации*



SMASHED LIKE TOYS by the tantrum that broke area wind gauges, small planes at the Kendall-Tamiami Airport were hauled to this field to be sold for parts or scrap. In all, 275 aircraft were mangled beyond repair.

CAMERON DAVIDSON

Спасибо за Внимание

**Даже в тяжёлых
испытаниях природных
катаклизмов - главное
не терять присутствие
духа !**

