

МНОГОМАСШТАБНОСТЬ, АСИМПТОТИКИ, И ГЛОБАЛЬНЫЕ ВЫЗОВЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ, ЭКОЛОГИИ И ЭКОНОМИКИ

Р.И.НИГМАТУЛИН

*Российская академия наук
Институт океанологии
им П.П. Ширшова*

*Инновационные технологии
для топливно-энергетического комплекса России
МОСКВА,
25 ноября 2009*

Многопузырьковая и однопузырьковая сонолюминесценция

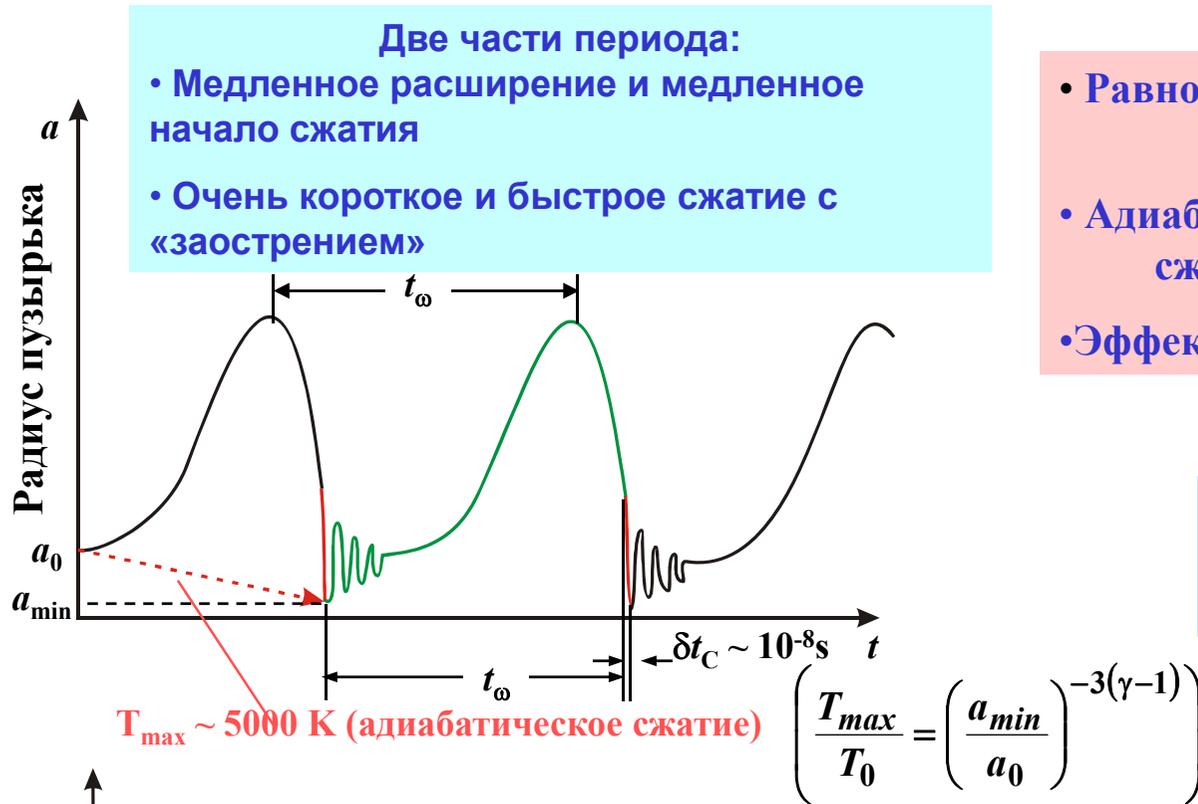
МПСЛ



ОПСЛ

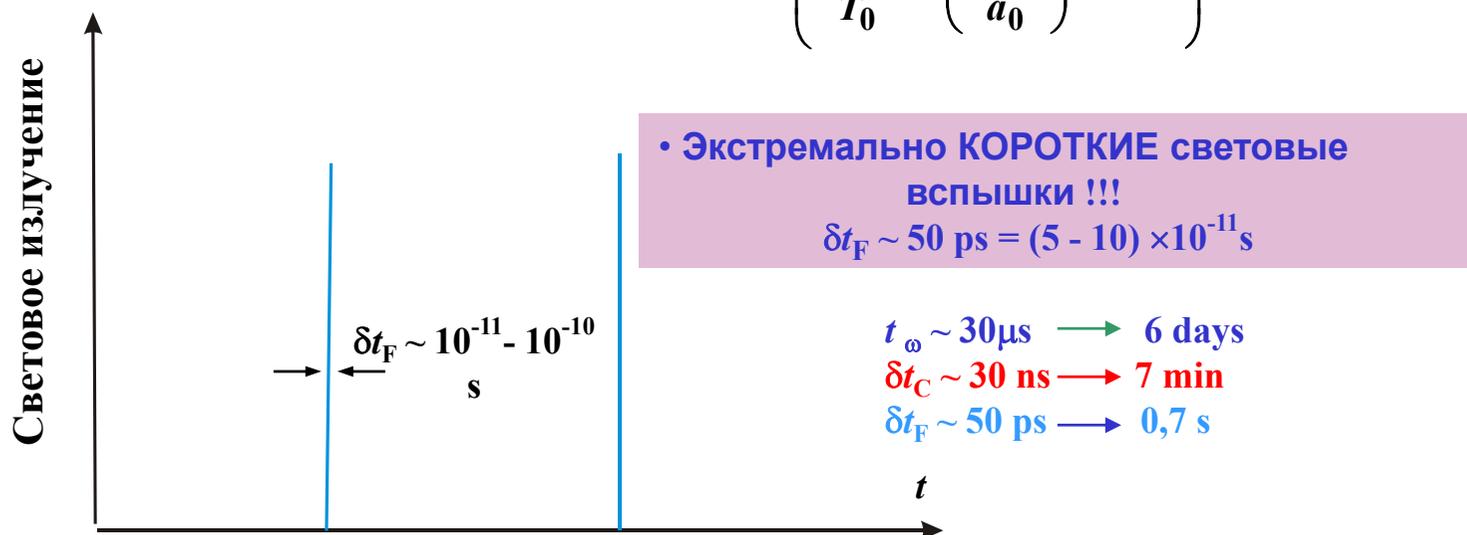


ОСОБЕННОСТИ ОДНОПУЗЫРЬКОВОЙ СОНОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

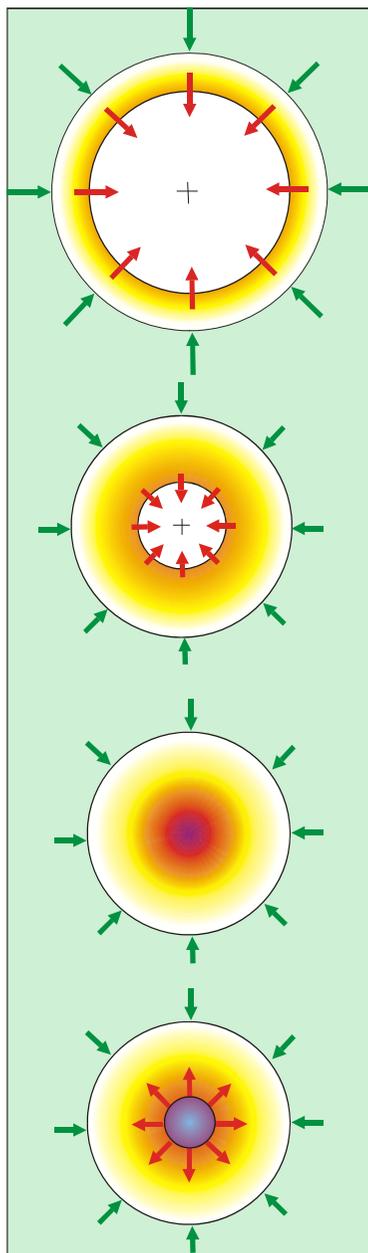


- Равновесный радиус пузырька $a_0 \sim 3 - 5 \mu m$
- Адиабатическая температура сжатия $T_{max} \sim 5000 \text{ K}$ (!?)
- Эффект благородных газов

• Эффект ХОЛОДНОЙ ВОДЫ



КУМУЛЯТИВНОЕ СХОЖДЕНИЕ СФЕРИЧЕСКОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ («микроводородная бомба»)



Инициирование сферической ударной волны
на сходящейся межфазной границе

*Автомодельная кумуляция сферической
и цилиндрической ударной волны из
бесконечности*

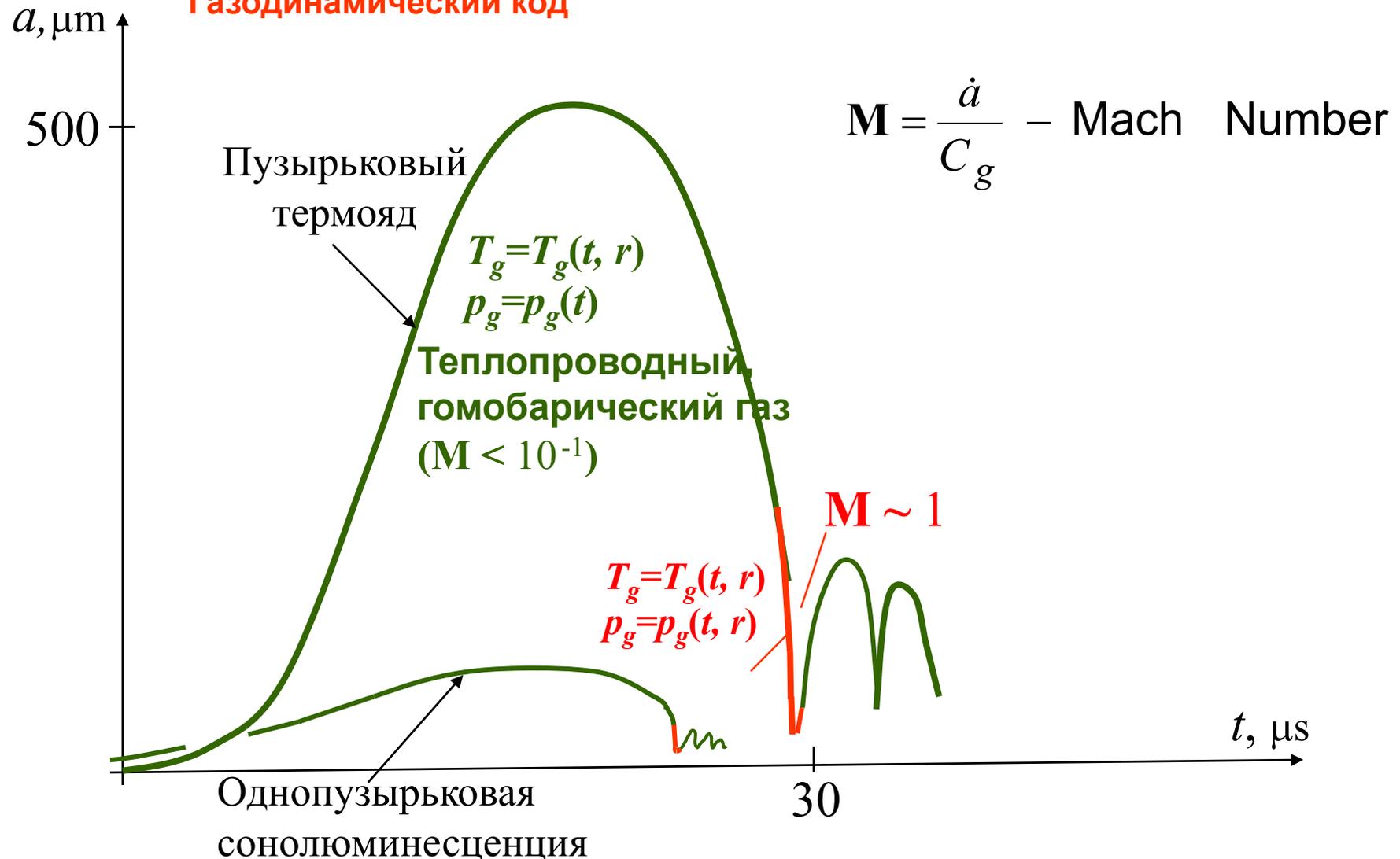
- Guderley, 1942;
- Ландау и Станюкович, 1955;
- Нигматулин, 1967 (детонационная волна)
- Хабиров С.В. 2007

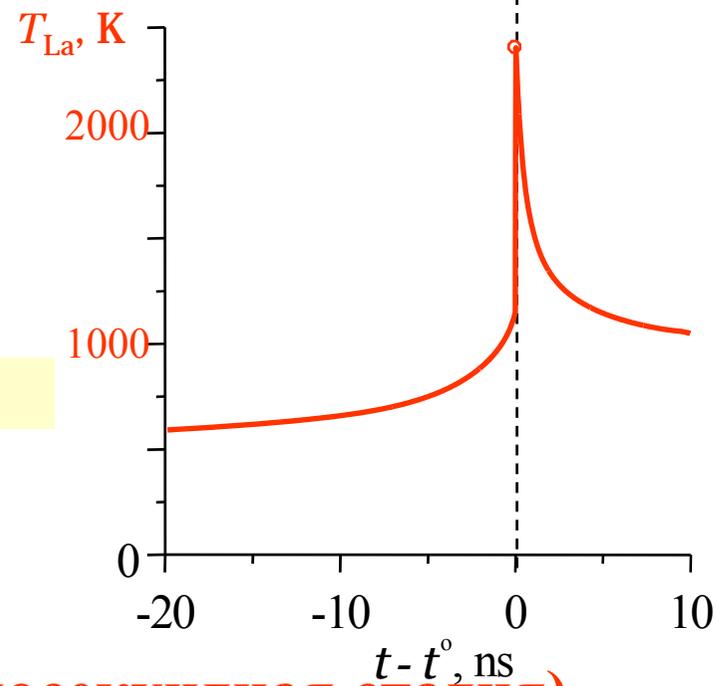
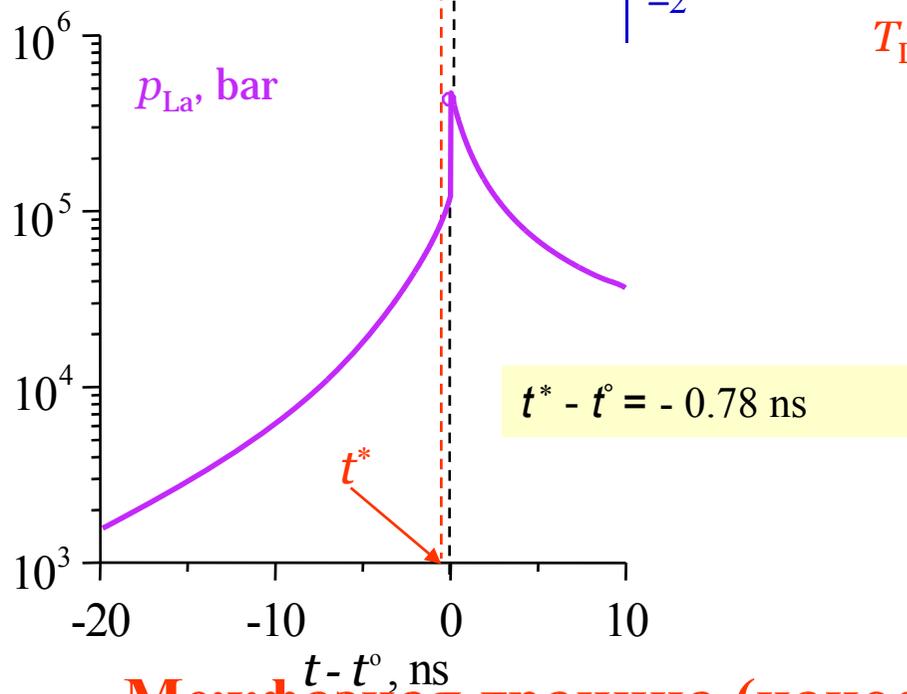
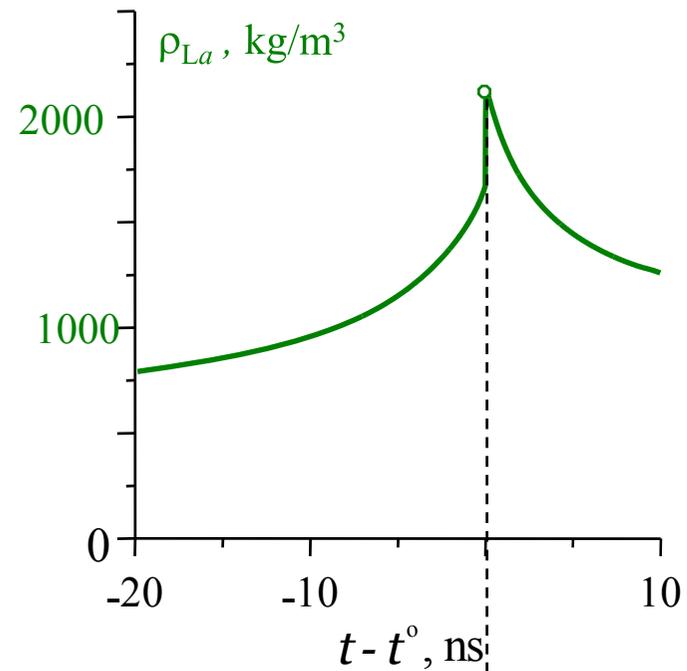
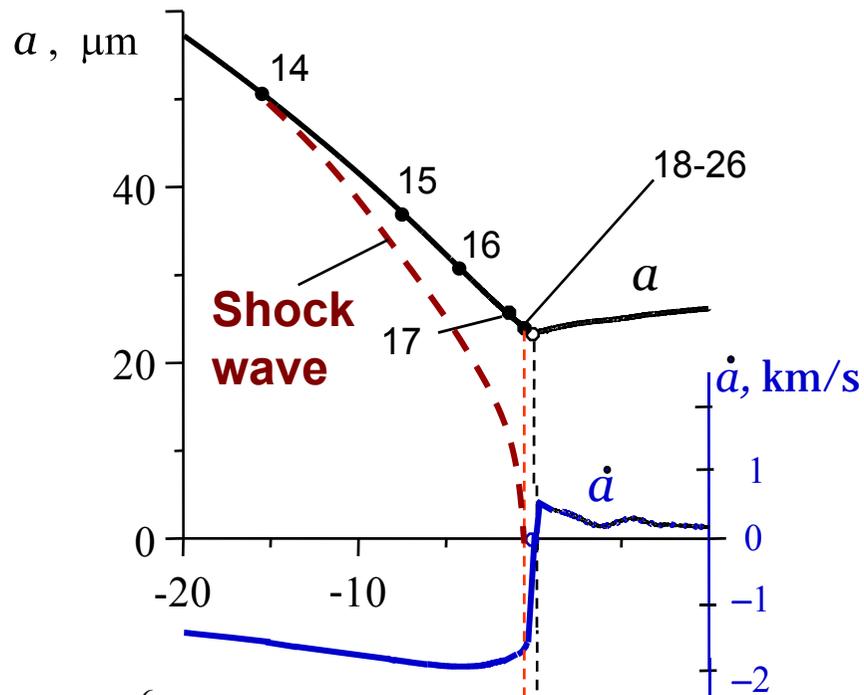
Фокусировка сферической волны в
центре пузырька

Сферическая волна после
отражения от центра пузырька

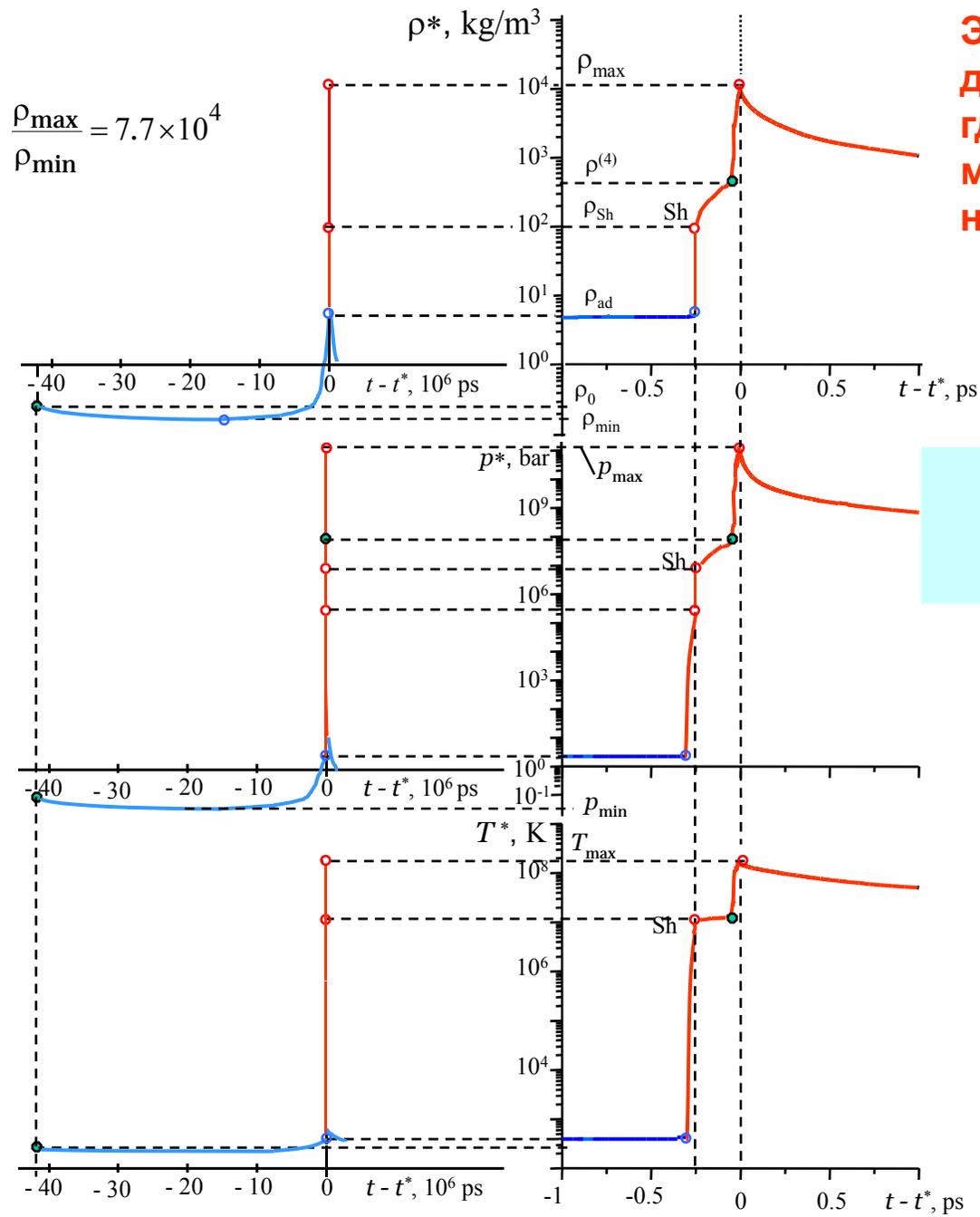
РАЗЛИЧНЫЕ СТАДИИ РАСШИРЕНИЯ И СЖАТИЯ ПУЗЫРЬКА

- Режим с малым числом Маха ($M \ll 1$) \Rightarrow ур-е Рэлея + ур-е теплопроводности
- Режим с умеренным и большим числом Маха ($M \sim 1$, and $M \gg 1$) \Rightarrow Газодинамический код





Межфазная граница (наносекундная стадия)



Эволюция плотности, давления и температуры там, где происходит максимальное производство нейтронов ($r = r^*$).

Обострение

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА

Пузырьковый термояд (Уфа+
+ORNL+RPI)

Плотность: $10\text{-}20 \text{ g/cm}^3$

Температура: $10^8 \text{ K} = 10 \text{ KeV}$

Давление: $10^{11} \text{ bar} = 10^2 \text{ Gbar}$

Скорость: 1000 km/s

Длительность: $10^{-13} - 10^{-12} \text{ s} = 10^{-1} - 1 \text{ ps}$ →

Радиус термоядерного ядра: 100 nm

Число иона в термоядерном ядре: 2×10^9

Производство нейтронов и ядер
третия

$10^5 - 10^6 \text{ s}^{-1}$

$t_{\omega} \sim 50 \mu\text{s} \rightarrow 1 \text{ год}$

$t(\text{M} \sim 1) \sim 300 \text{ ns} \rightarrow 2 \text{ дня}$

$t(\text{Dis, Ion}) \sim 2 \text{ ns} \rightarrow 20 \text{ мин}$

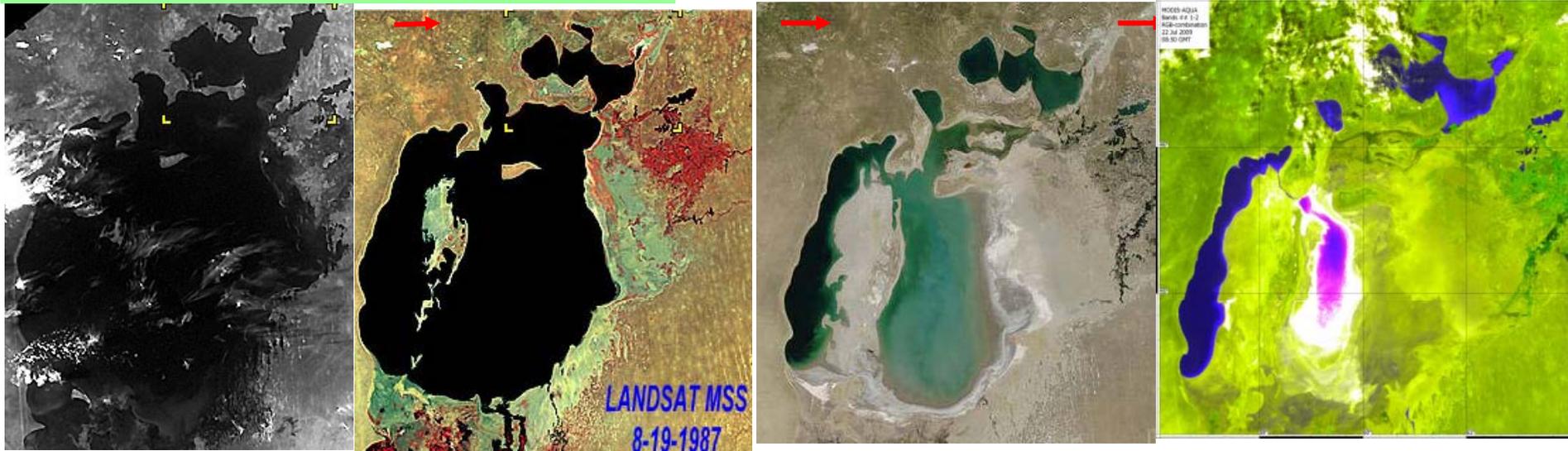
$\delta t_{\text{Fusion}} \sim 0.2 \text{ ps} \rightarrow 0.1 \text{ с}$

ГЛОБАЛЬНЫЕ ВЫЗОВЫ

АРАЛ-2009



Мелиорация хлопковых полей



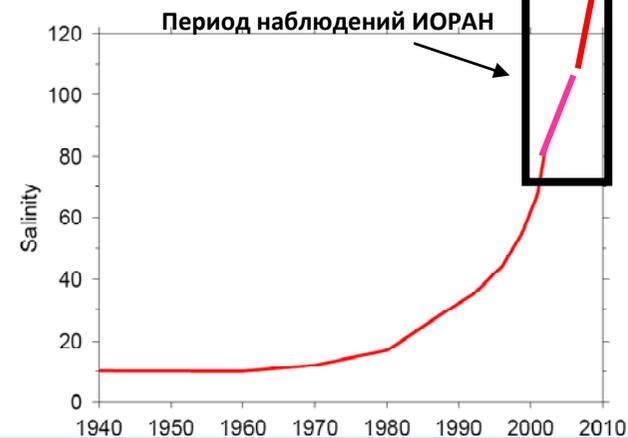
1964

1987

2007

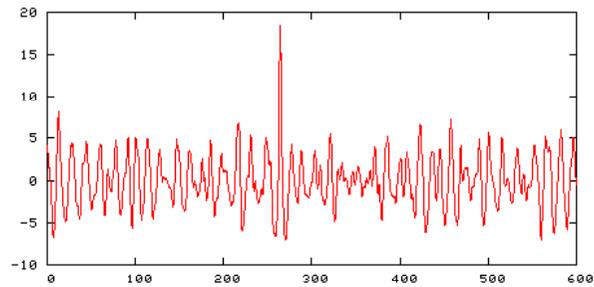
2009

- Экстремальная стратификация;
- H_2S загрязнение;
- Состав соле меняется;
- Новые режимы циркуляции



В нашей жизни дороже всего приходится платить за пренебрежение банальностями
Фридрих Ницше

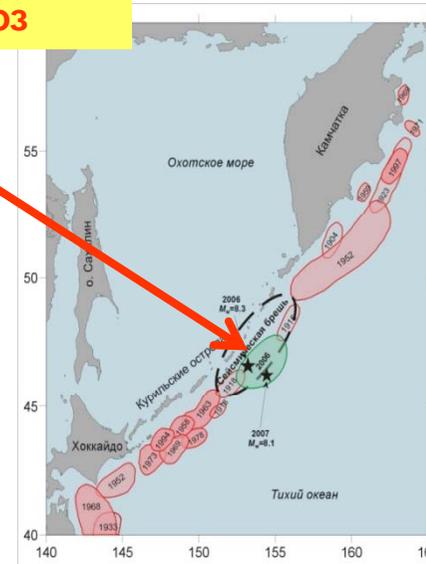
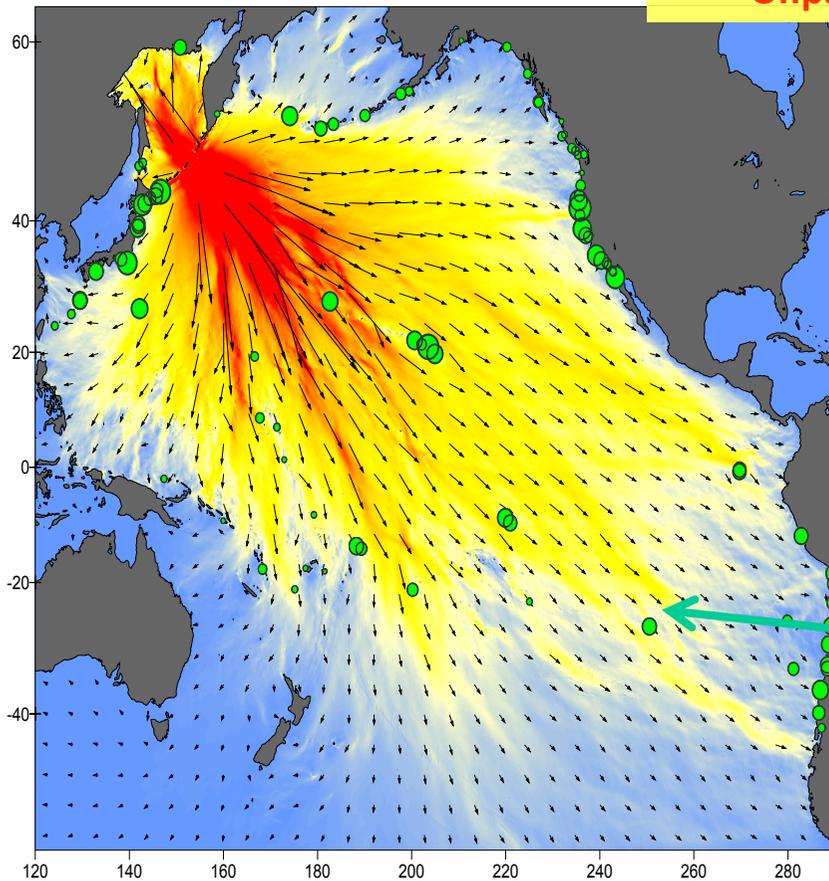
ВОЛНЫ-УБИЙЦЫ (поверхностные ветровые волны)



ЦУНАМИ

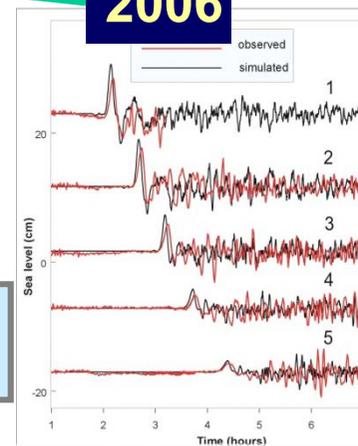
Курильские землетрясения и цунами 2006 и 2007 гг

Оправдавшийся прогноз



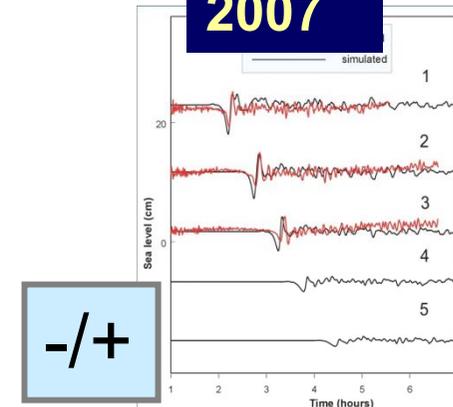
Численная модель и наблюдения

2006



+/-

2007

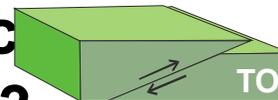


-/+

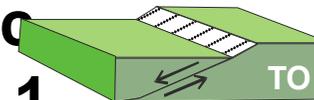
Зона столкновения плит + сейсмическая тишина =
накопление упругой энергии – срыв – подъем столба
воды.

Л.И.Лобковский, Е.А.Куликов,
А.И.Иващенко и А.Б.Рабинович
Институт океанологии РАН

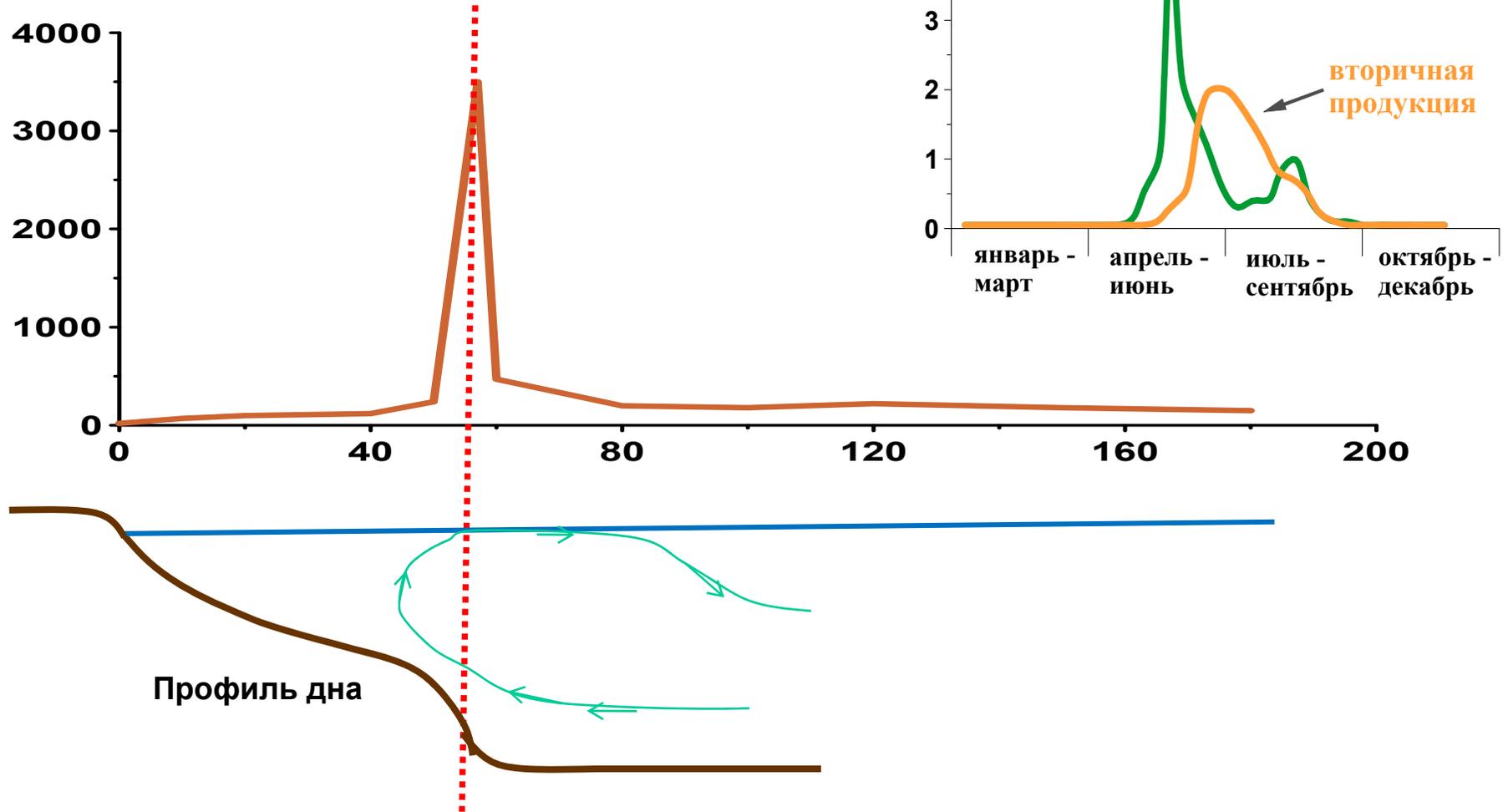
Вброс
 $M_w=8.3$



Сброс
 $M_w=8.1$



Фронты (сингулярности) в распределении биопродукции



ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

- **Рост населения и потребления**
- **Деградация почв**
- **Дефицит пресной воды**
- **Истощение минеральных ресурсов, нефти и газа**
- **Вирусные пандемии**
- **Климат – Глобальное потепление**
- **Естественные и техногенные катастрофы**
 - Ураганы,
 - Землетрясения,
 - Цунами

Население мира, млрд

<i>1900</i>	<i>2009</i>
1,6	6,7

Годичный рост, год⁻¹

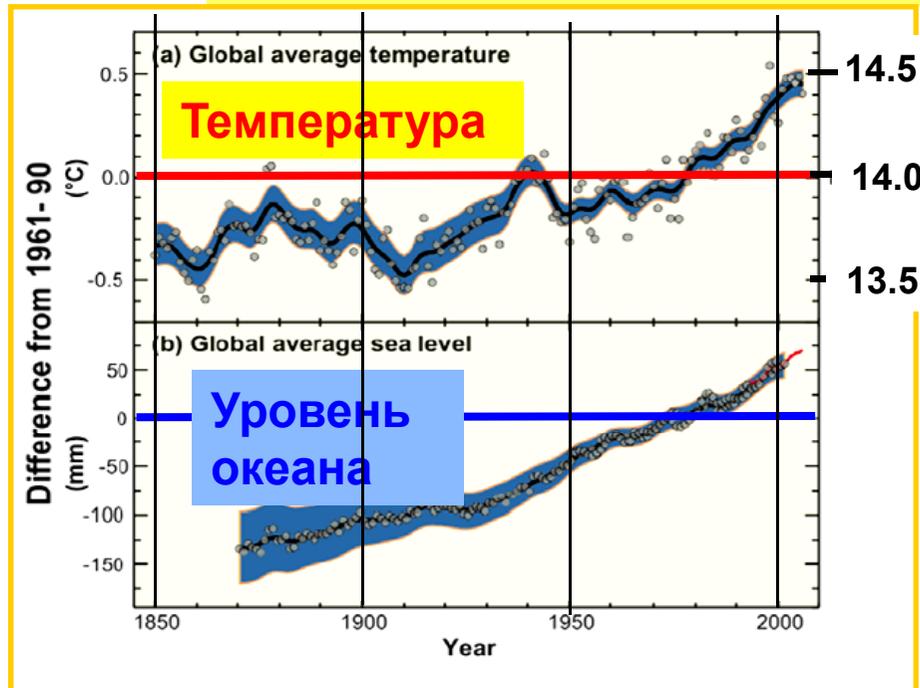
1980 – 1989

87 млн. год⁻¹

2007

77 “ ”

Изменение климата



- ❑ Рост глобальной (средней) температуры воздуха на **0.74°C** за последние **100 лет**
- ❑ Подъем уровня океана
1,7 mm/год за последние **100 лет**
3 mm/год за последние **10-15 лет**
- ❑ Быстрый рост концентрации **CO₂** за последние **50 лет**

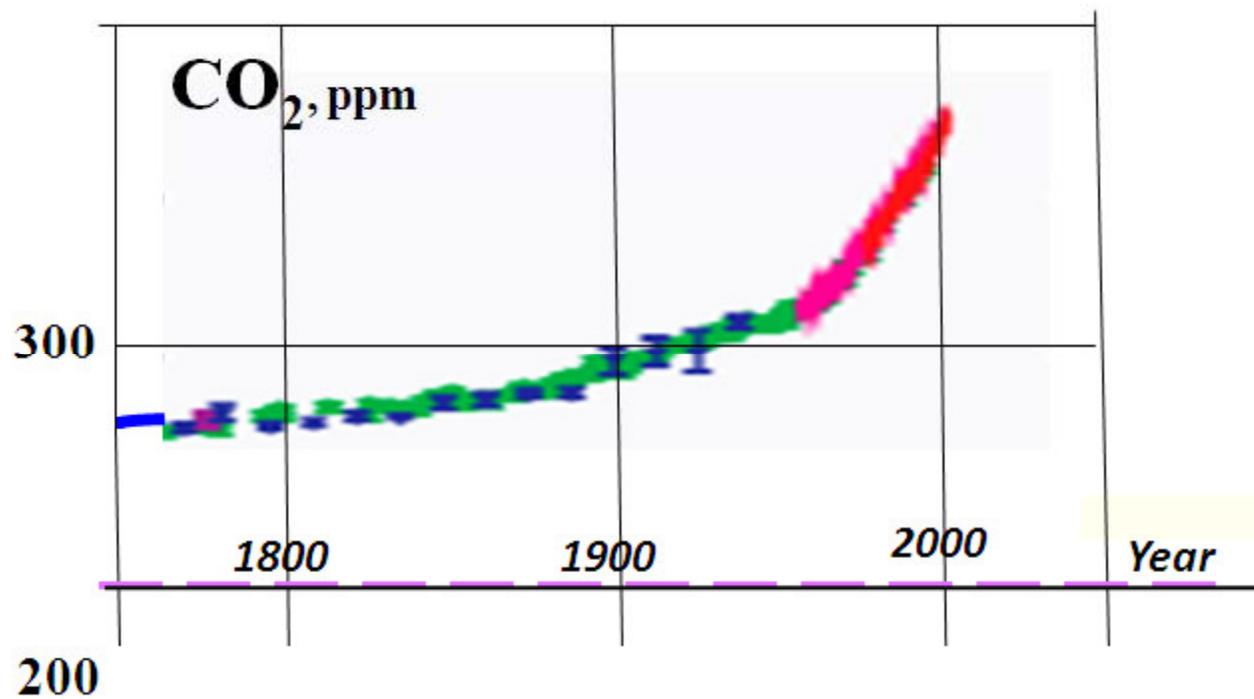
ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ

- ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ
как результат роста
содержания CO_2 в АТМОСФЕРЕ

Концентрация CO₂ в атмосфере за последние 250 лет



Российская академия наук
Институт океанологии им.
П.П. Ширшова

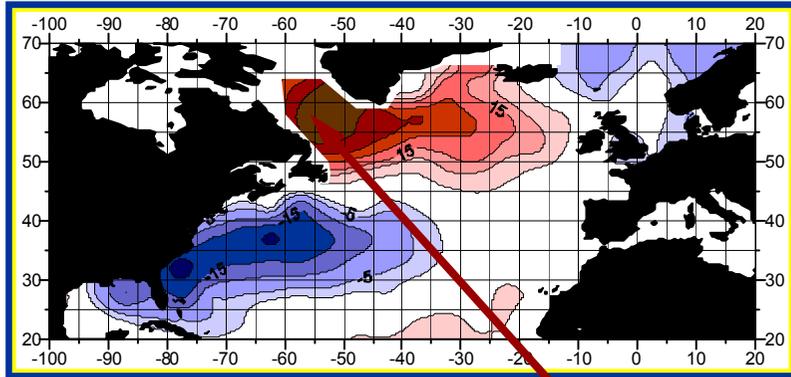


Thermohaline Circulation Reverse Flux in the Atlantic Ocean (research vessels "Akademik Ioffe", "Akademik Vavilov", "Shtockman", 1997-2004)

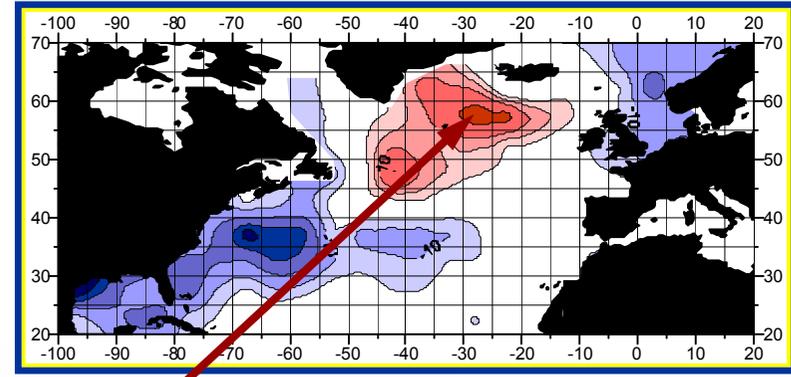


Russian Academy of Sciences
Shirshov Institute of
Oceanology

1990-1995

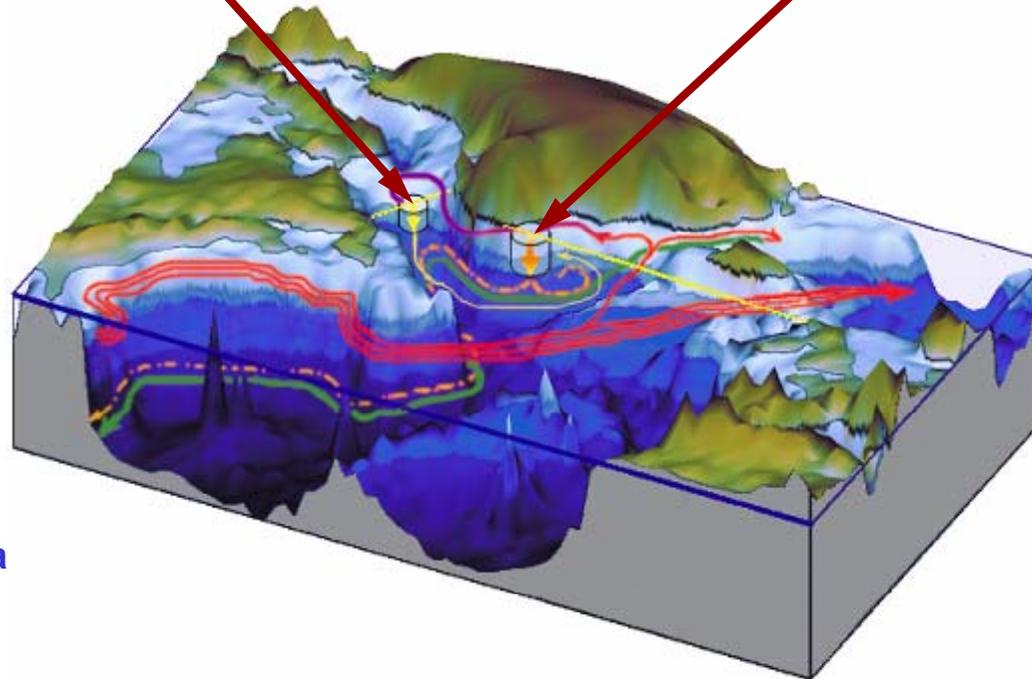


1996-2000



Deep-Sea section

Deep-Sea section



Labrador Sea

Irminger Sea

Anomalous Ocean-Atmosphere Heat Fluxes



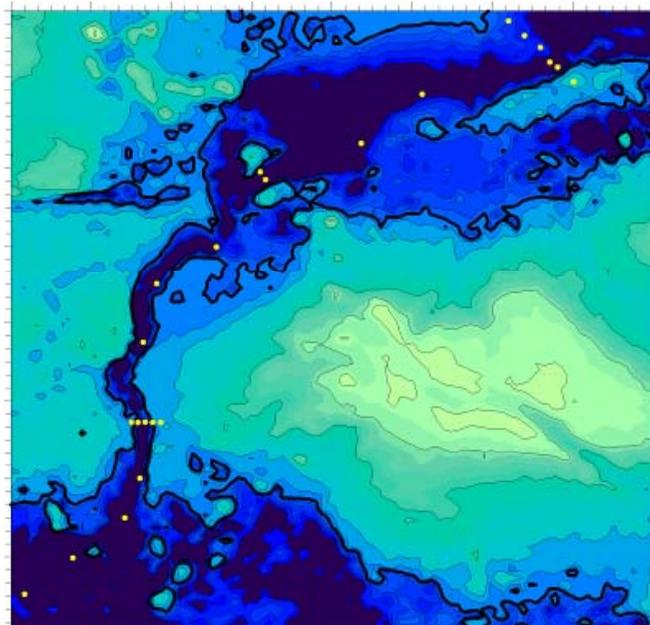
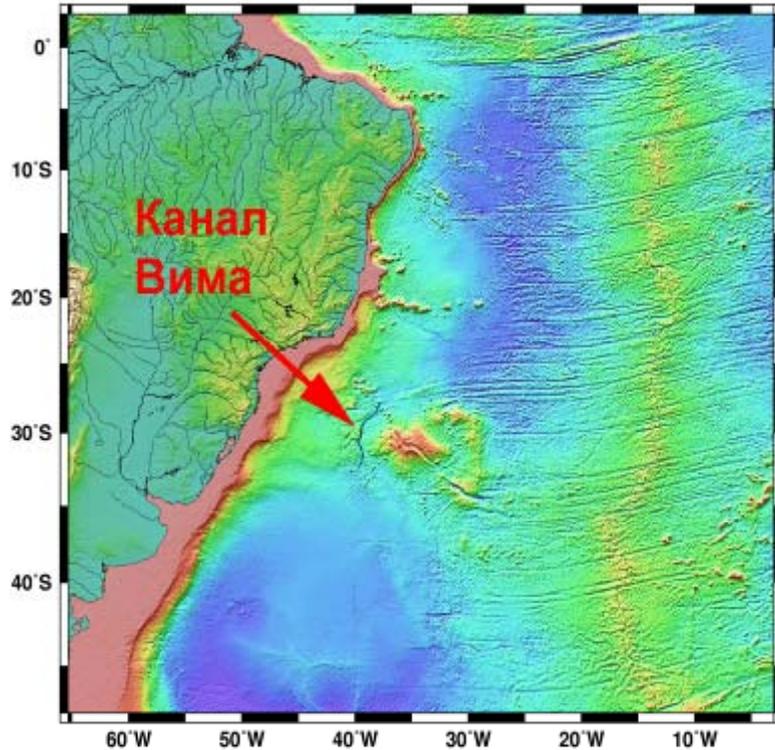
ПОТОК АНТАРКТИЧЕСКОЙ ДОННОЙ ВОДЫ В ГЛУБОКОВОДНОМ КАНАЛЕ ВИМА

(мониторинг: 2002 – 2009).

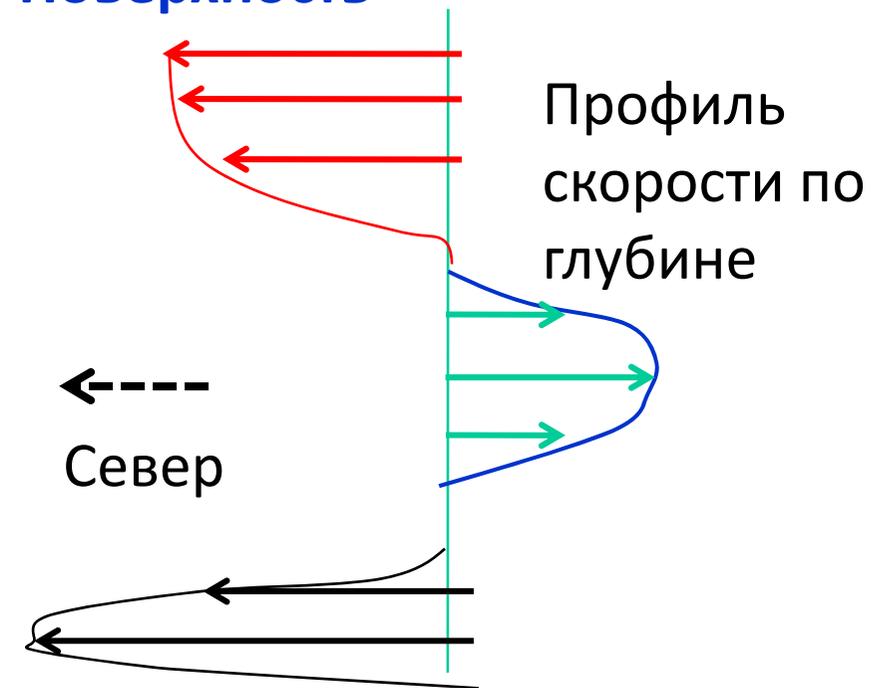
Длина = 700 км, Ширина = 20 км,

Глубина = 4700 м

(на фоне глубин возвышенности 4200 м).

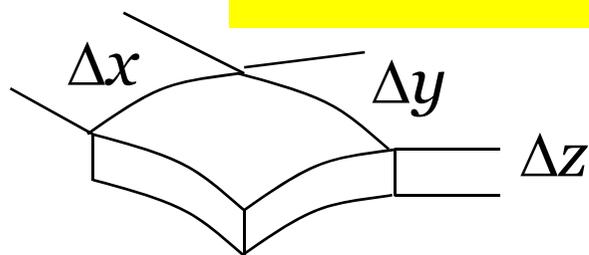


Поверхность



ДНО

Ячейки для конечно-разностного моделирования



Сегодняшние численные коды:

$$\Delta x \approx \Delta y \approx 100 \text{ km}, \Delta z \approx 1 \text{ km}$$

$$N_{\text{cell}} \approx 400 \times 400 \times 50 \approx 10^7 \text{ ячеек}$$

$$L_{\text{mesoscale}} \sim 10 \text{ km}, h_{\text{mesoscale}} \sim 0,1 \text{ km},$$

Формально необходимо:

$$\Delta x \approx \Delta y \approx 1 \text{ km}, \Delta z \approx 0.01 \text{ km}$$

$$N_{\text{cell}} \approx 40\,000 \times 40\,000 \times 500 \approx 10^{13} \text{ cells (???!!!)}.$$

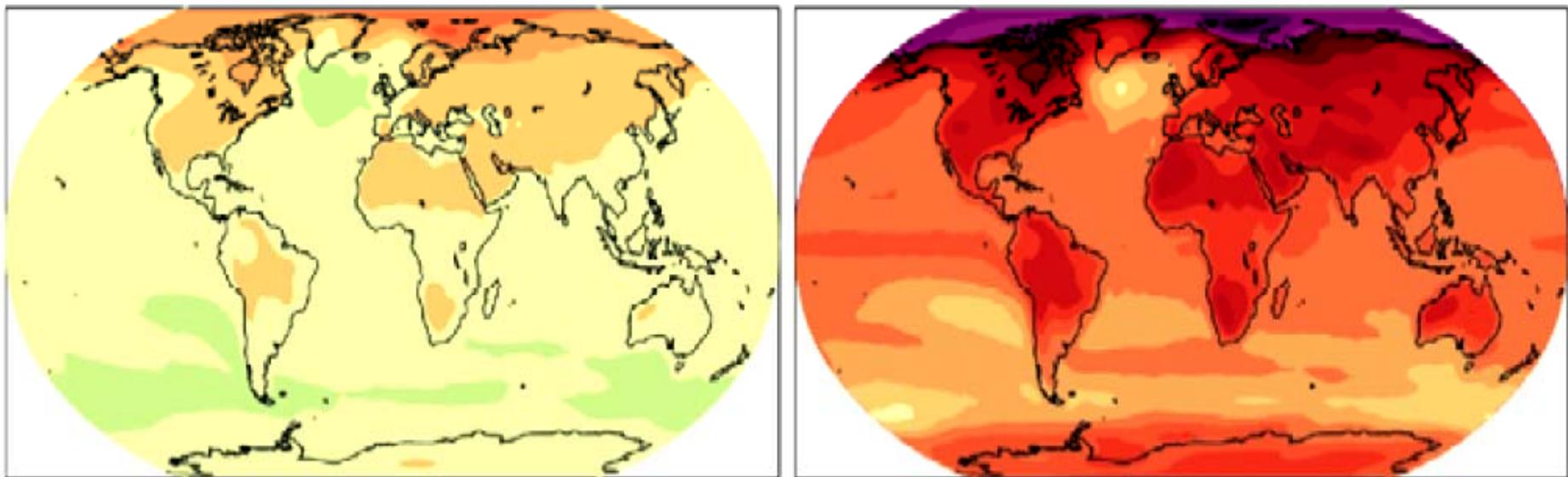
- **Сингулярность**
- **Многомасштабность**
- **Быстрые и медленные переменные**

**Будущее изменение
климата
(численное моделирование)**

Температура

2020 - 2029

2090 - 2099



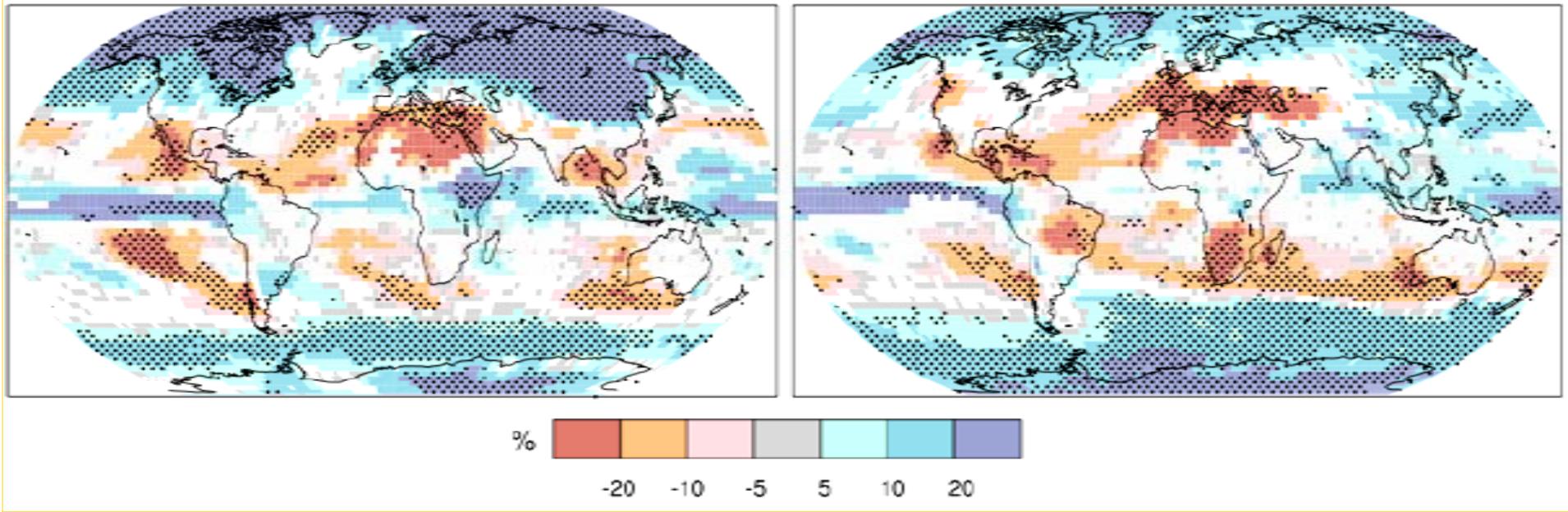
**Максимальный рост
- в высоких широтах
- на суше**

**Будущее изменение климата
(численное моделирование)**

ОСАДКИ

2020 - 2029

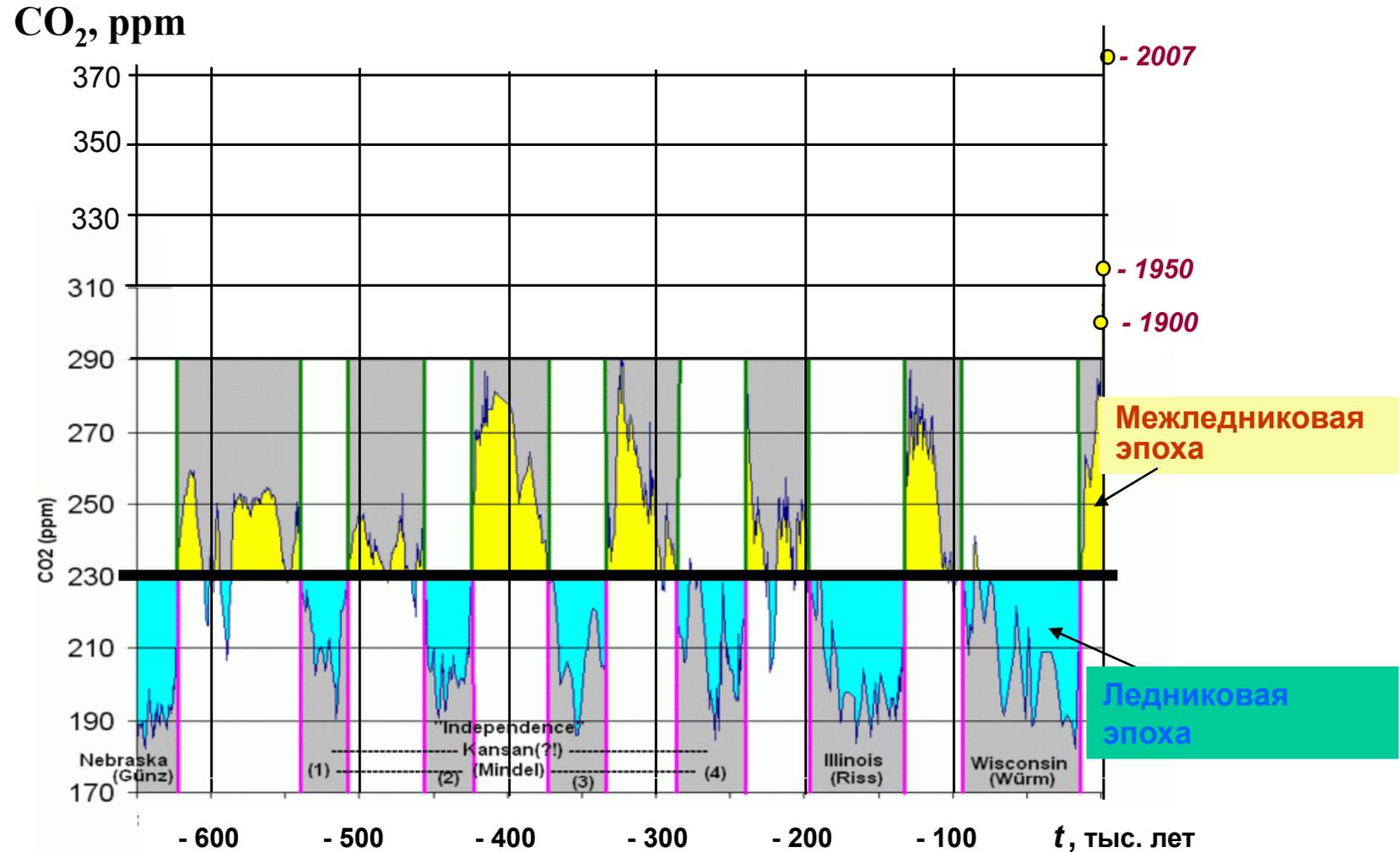
2090 - 2099



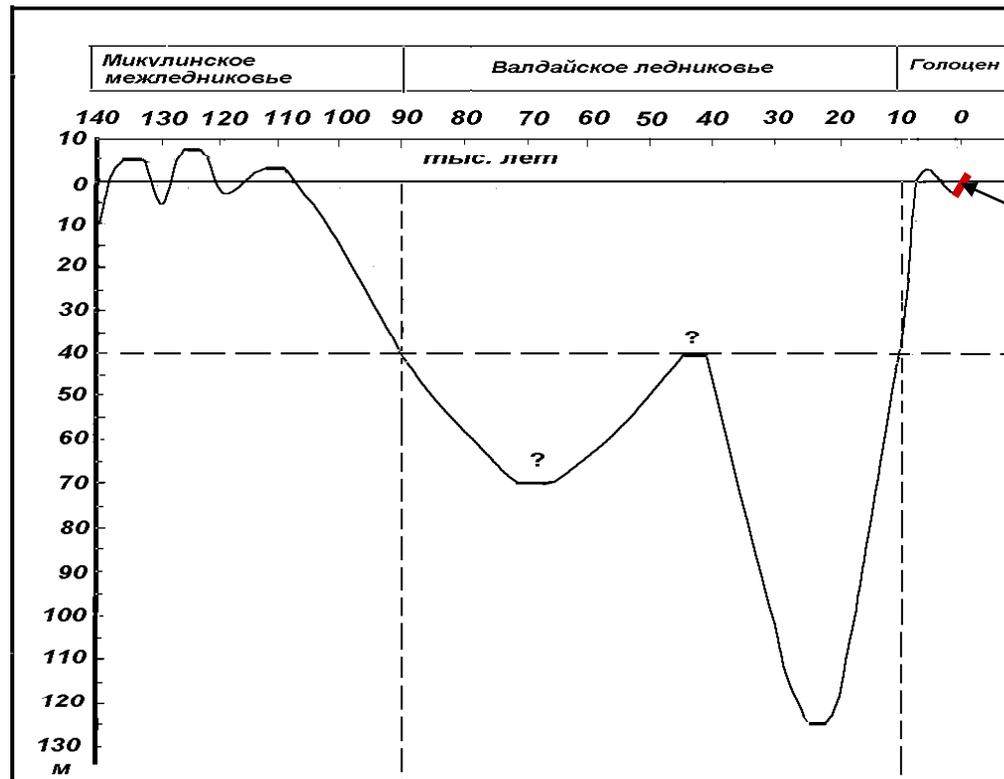
***Высокие широты – рост
Субтропики - падение***

Концентрация CO₂ в пузырьках в ледовых кернах из скважины «ВОСТОК»

Антропогенный фактор ?



Изменение уровня Мирового океана за 140 тыс. лет



Антропогенный
фактор ?

50 - 70 млн лет назад

Концентрация $\text{CO}_2 = c = 700 \text{ ppm}$ (сегодня $c = 370 \text{ ppm}$)

Температура в глубине океана $t = 10^\circ \text{C}$

(сегодня $t = -2^\circ \div 2^\circ \text{C}$)

ТЕРМОДИНАМИКА

$$M_{\text{Океан}} = 1000 M_{\text{Атмосфера}}$$

ТЕПЛОЕМКОСТЬ ОКЕАНА $\sim \sim 4000$ \times ТЕПЛОЕМКОСТЬ АТМОСФЕРЫ

$$c_{\text{Вода}} M_{\text{Океан}} = 4000 c_{\text{Воздух}} M_{\text{Атмосфера}}$$

$$M(\text{CO}_2)_{\text{Океан}} = 50 M(\text{CO}_2)_{\text{Атмосфера}}$$

Интенсивность роста глобальной температуры ничтожна по сравнению с интенсивностью суточных и сезонных изменений в $10^3 - 10^5$ раз

$$\left(\frac{dT}{dt} \right)_{\text{Глобальное потепление}} \ll \left(\frac{dT}{dt} \right)_{\text{Сутки}} \ll \left(\frac{dT}{dt} \right)_{\text{Сезонное}}$$

Концепция антропогенного усиления глобального потепления

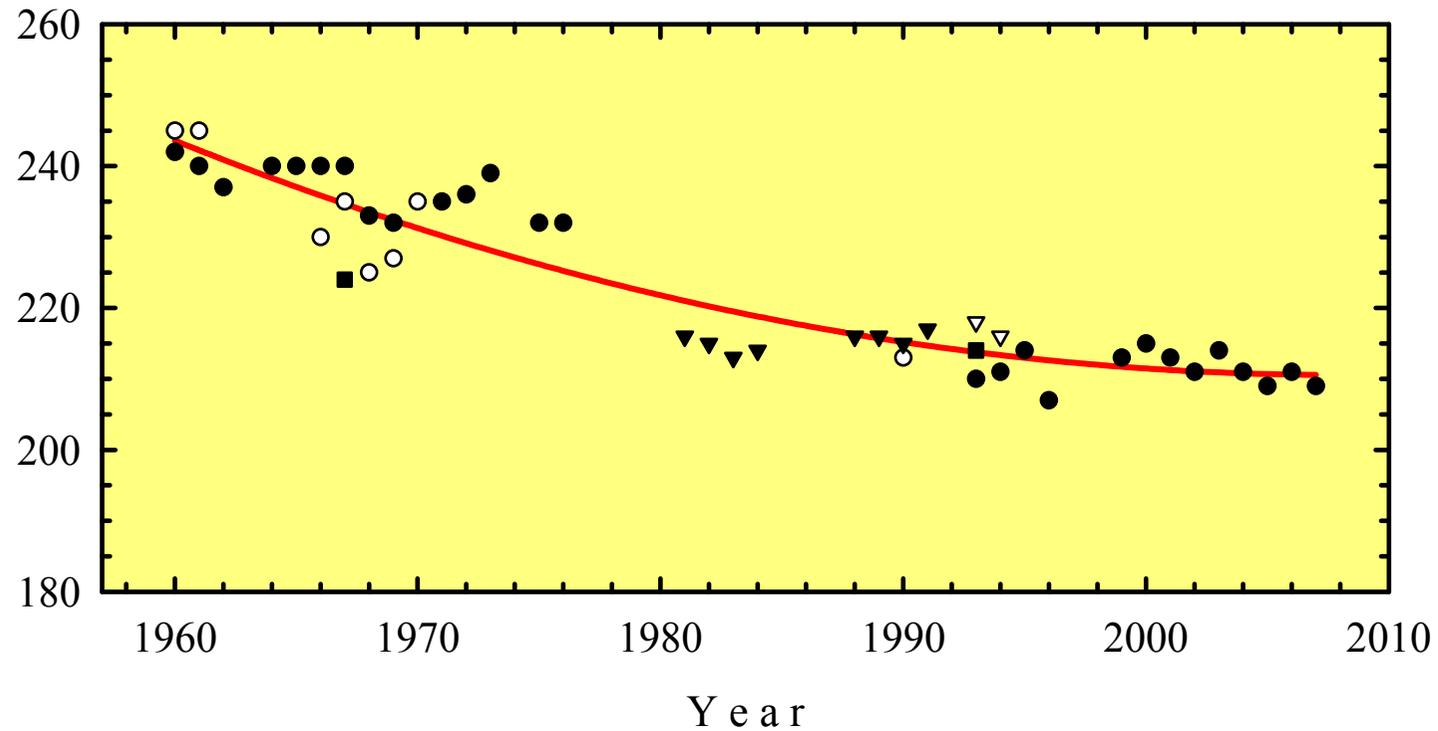
Рост концентрации CO_2 \Rightarrow малый рост T \Rightarrow
 \Rightarrow рост содержания паров H_2O \Rightarrow
 \Rightarrow более сильный рост T и т.д.

+

Природные циклы

(солнечная активность, инерция тепловых полей океана, прецессия оси вращения, влияние больших планет и т.д.)

Температура тропосферы



Звенигородский научный стационар ИФА РАН (черные кружки, 55.7°с.ш.), Абастумани (41.8°с.ш.) – белые кружки, Квебек (46.8°с.ш.) и Делавер (42.8°с.ш.) – черные квадраты, Вупперталь (51°с.ш.) – черные теугольники, Майнот (53.2°с.ш.) – белые теугольники.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ среди населения Земли

33% (2 млрд человек, беднейшие).....	0 %
45% (2,7 млрд человек, бедные).....	13 %
22% (1,3 млрд человек, средние и богатые).....	87 %

ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В ИНДУСТРИАЛЬНЫХ СТРАНАХ, тэн/(год×чел)

США	8,7	тэн/(год×чел) = 20 т угля = 15 тыс. м ³ газа
Япония	4,3	тэн/(год×чел)
Германия	4,3	тэн/(год×чел)
Великобритания ...	4,0	тэн/(год×чел)
Россия	~ 2,0	тэн/(год×чел)

ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, кВт×час/(год×чел)

США	1300	кВт×час/(год×чел)
Россия	700	кВт×час/(год×чел) (Быт = 12%)

ПРИРАЩЕНИЕ ЗАПАСОВ, ПОТРЕБНОСТЬ и ПРОИЗВОДСТВО нефти в мире



• 1963 – МАКСИМУМ годового приращения запасов

• 1983 - ПОТРЕБЛЕНИЕ нефти ПРЕВЫШАЕТ ОТКРЫТИЕ новых запасов

• 2008 – 2012 – ПАДЕНИЕ мировой добычи нефти

ШЕЛЬФ и СКЛОНЫ в океане !!!

ГАЗОГИДРАТЫ !!!!

ГЛОБАЛЬНЫЕ ИНВЕСТИЦИИ В АТОМНУЮ ЭНЕРГЕТИКУ

- **ГЛОБАЛЬНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КРИЗИС
ПРЕОДОЛЕВАЕТСЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКОЙ**
- **Освоенная ядерная техника позволяет обеспечить
человечество ЭНЕРГИЕЙ в течение 1000 ЛЕТ**

(Замкнутый цикл использования урана – рециклинг
Облученного Ядерного Топлива (ОЯТ))

Опасным становится увлечение лидеров **модой**, отказ от **здорового смысла**

Маргарет Тэтчер

Мир повязан долларом и нефтью

**Дефицит федерального бюджета США
= 0,5 – 1,0 трлн. \$/год**

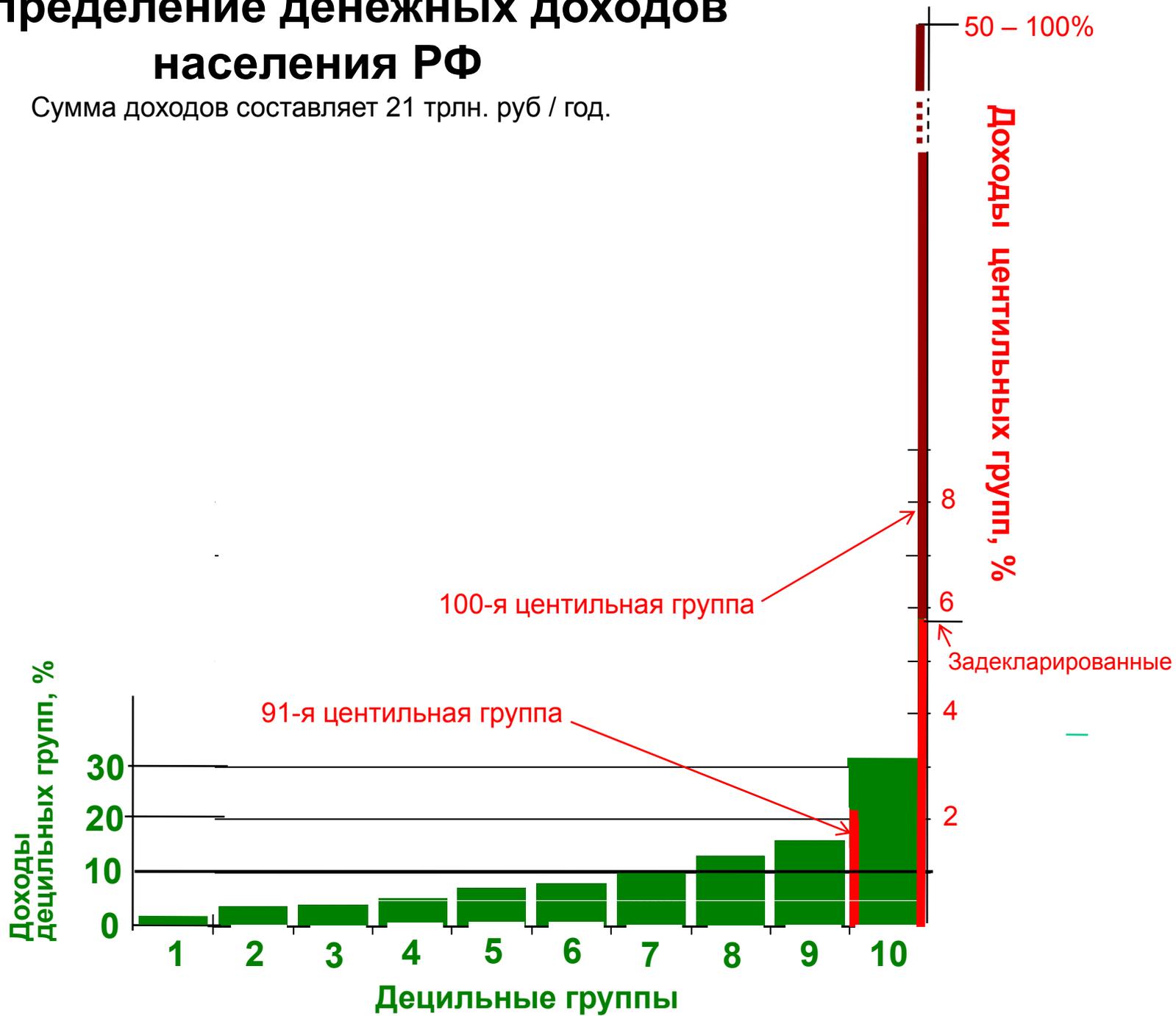


СТРЕМИТЕЛЬНО ДЕШЕВЕЕТ ДОЛЛАР

Мода на увеличение долларовых резервов противоречит **здоровому смыслу**.

Распределение денежных доходов населения РФ

Сумма доходов составляет 21 трлн. руб / год.



Что нам не хватает?

- **Научное знание**
- **Активность специалистов**
- **Преодоление равнодушия к Отечеству**
- **Справедливость**
- **Самоограничение в потреблении (для богатых)**

**Не так просто
понять простые
вещи.**

Георгий Свиридов