

Структура и
состав
современной
атмосферы

Масса атмосферы

$\sim 5 \cdot 10^{18}$ кг

Масса Земли

$\sim 6 \cdot 10^{24}$ кг

Ингредиенты Солнечной системы

металлы

и

0.6%

силикаты

легкие газы

и

99.4%

льды

90% массы атмосферы в слое 16.3 км

99% массы атмосферы в слое 32.2 км

Радиус Земли

6371 км

Состав атмосферы

**ПОСТОЯННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ**

**переменные
КОМПОНЕНТЫ**

	% объема		% объема
Азот	78.11	Вода	0 – 7
Кислород	20.957	CO₂	0.01 – 0.1
Аргон	0.937	Озон	0 – 0.01

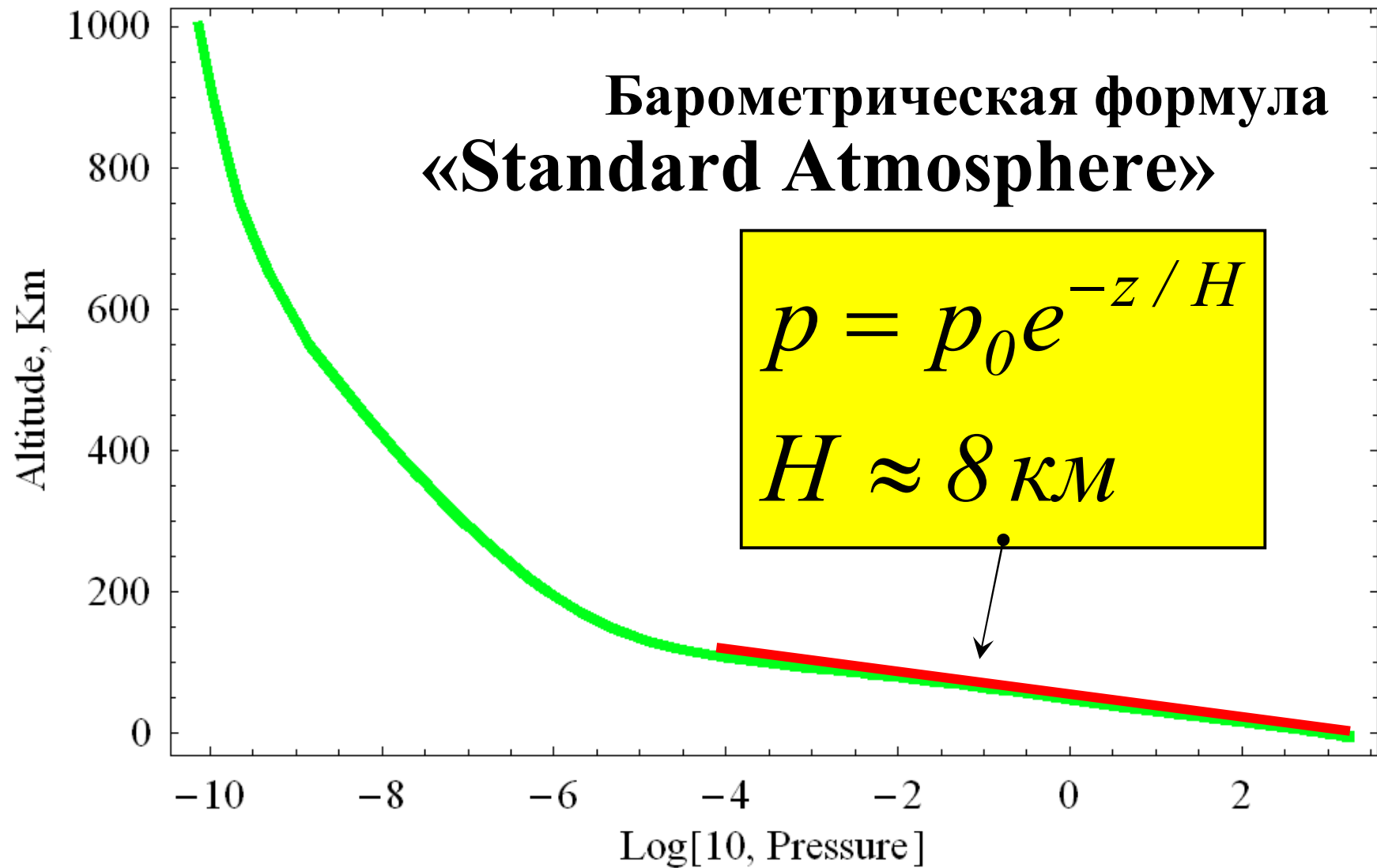
Постоянные компоненты воздуха

Компонента	Формула	Относительная молекулярная масса	% объема
Азот	N_2	28.016	78.110
Кислород	O_2	31.9986	20.957
Аргон	Ar	39.942	0.937
Неон	Ne	20.182	0.001818
Гелий	He	4.003	0.000524
Криптон	Kr	83.80	0.000114
Ксенон	Xe	131.3	0.0000087
Водород	H_2	2.016	0.00005
Метан	CH_4	18.043	0.0002
Закись азота	N_2O	44.015	0.00005

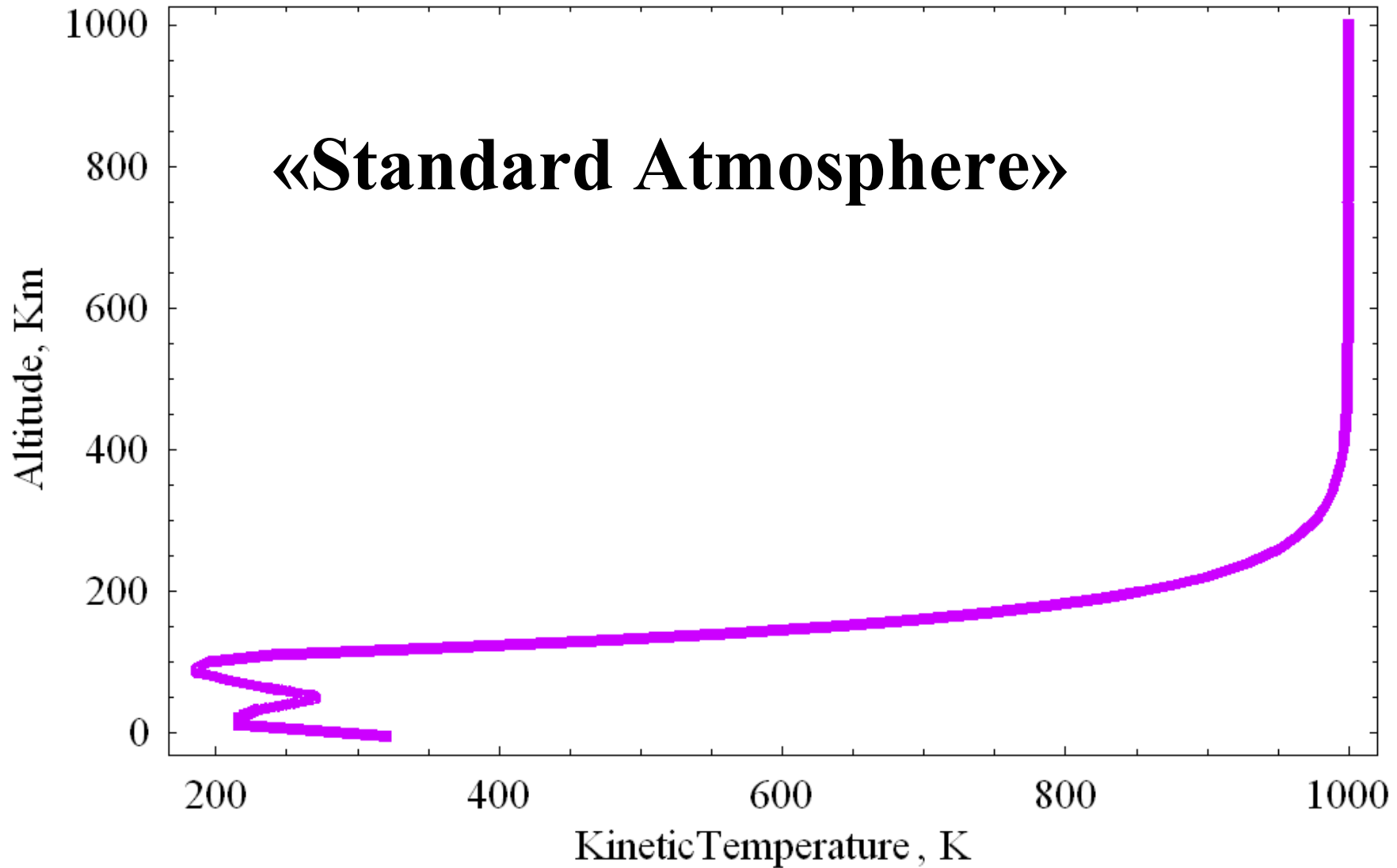
Переменные компоненты воздуха

Компонента	Формула	Относительная молекулярная масса	% объема
Вода	H_2O	18.005	0 – 7
Двуокись углерода	CO_2	44.009	0.01 – 0.1 у пов-ти среднее 0.032
Озон	O_3	47.998	0 – 0.01
Двуокись серы	SO_2	64.064	0 – 0.0001
Двуокись азота	NO_2	46.007	0 – 0.000002

Зависимость давления воздуха от высоты

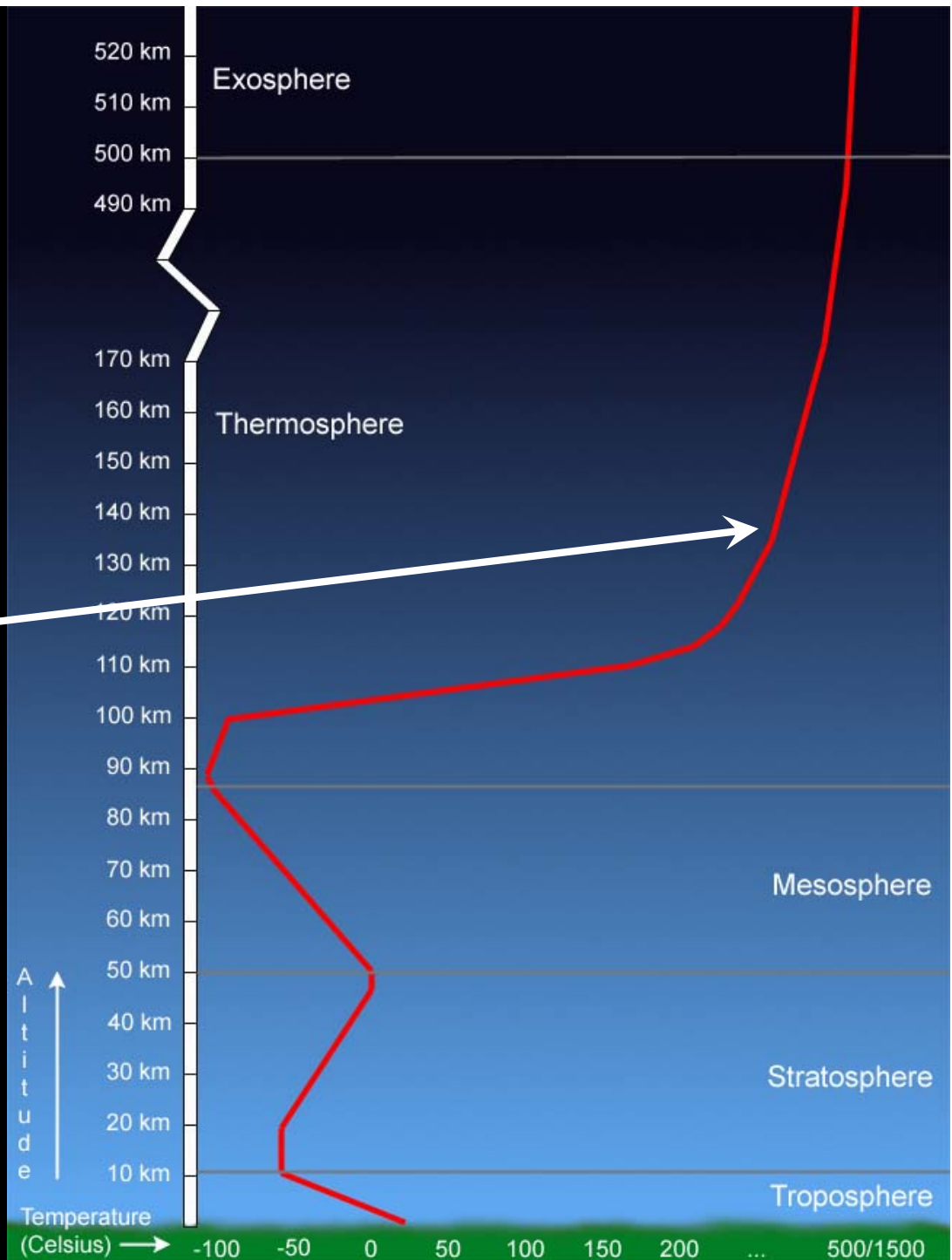


Зависимость температуры воздуха от высоты



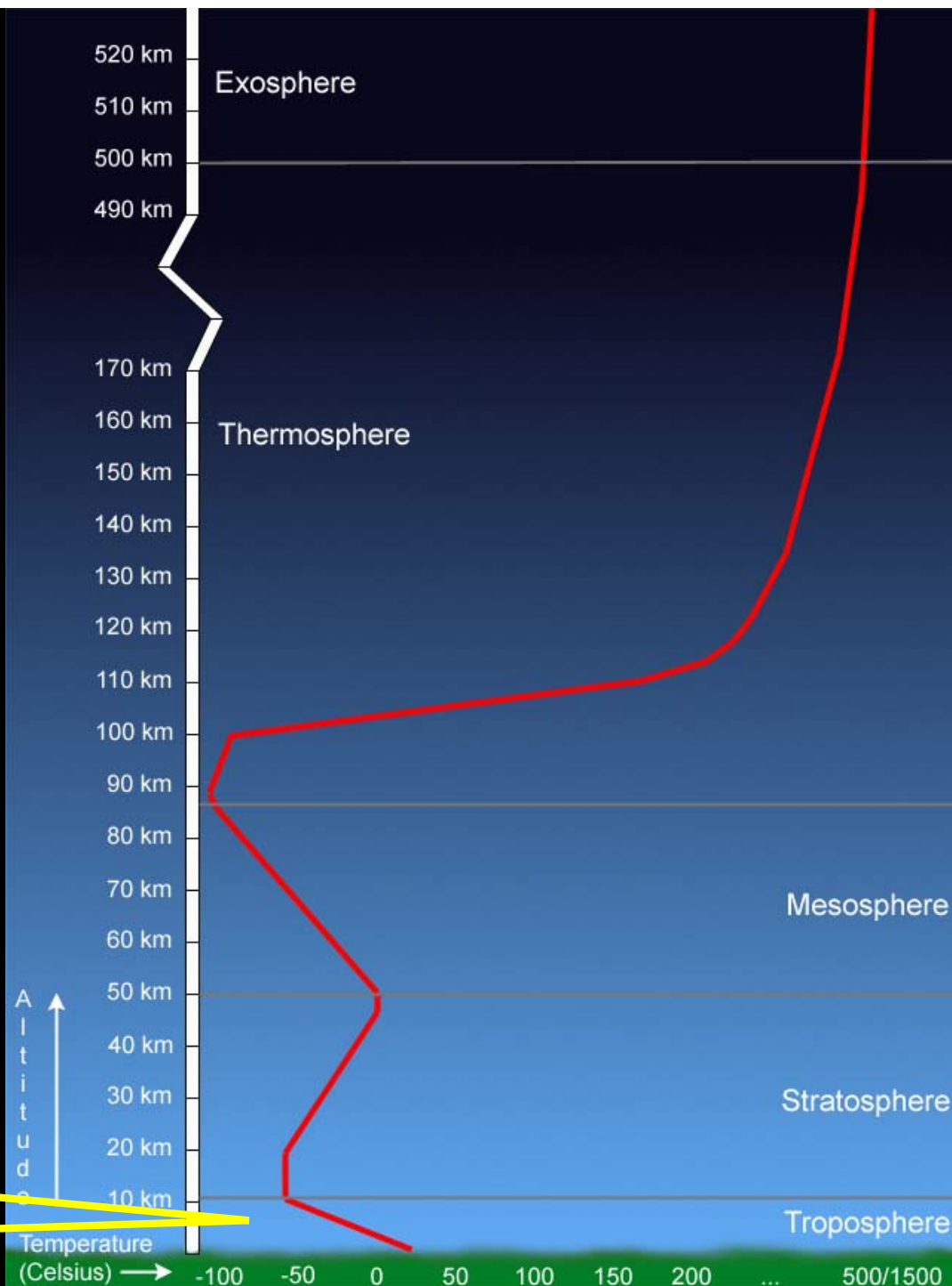
Вертикальная структура атмосферы

(классификация по изменению температуры с высотой)



от гр. **tropos** –
поворот, изменение

тропосфера



□ Температура убывает с высотой ~ 6.5 К/км

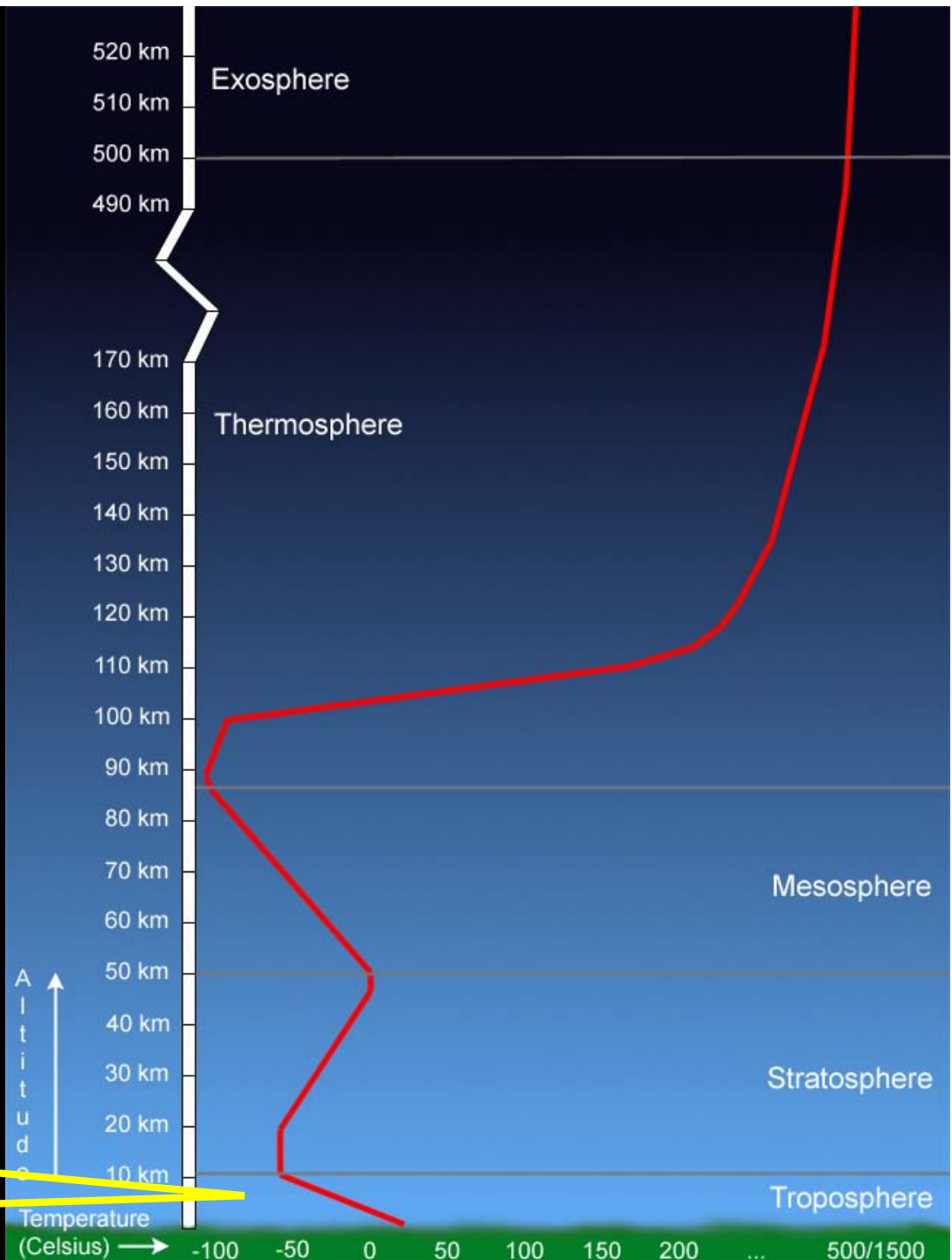
□ экватор: $T_{\min} = -62^{\circ}\text{C}$,
полюса: $T_{\min} = -45^{\circ}\text{C}$

□ Неустойчива, охвачена сильными горизонтальными и вертикальными движениями

□ Погода, климат, облака, осадки

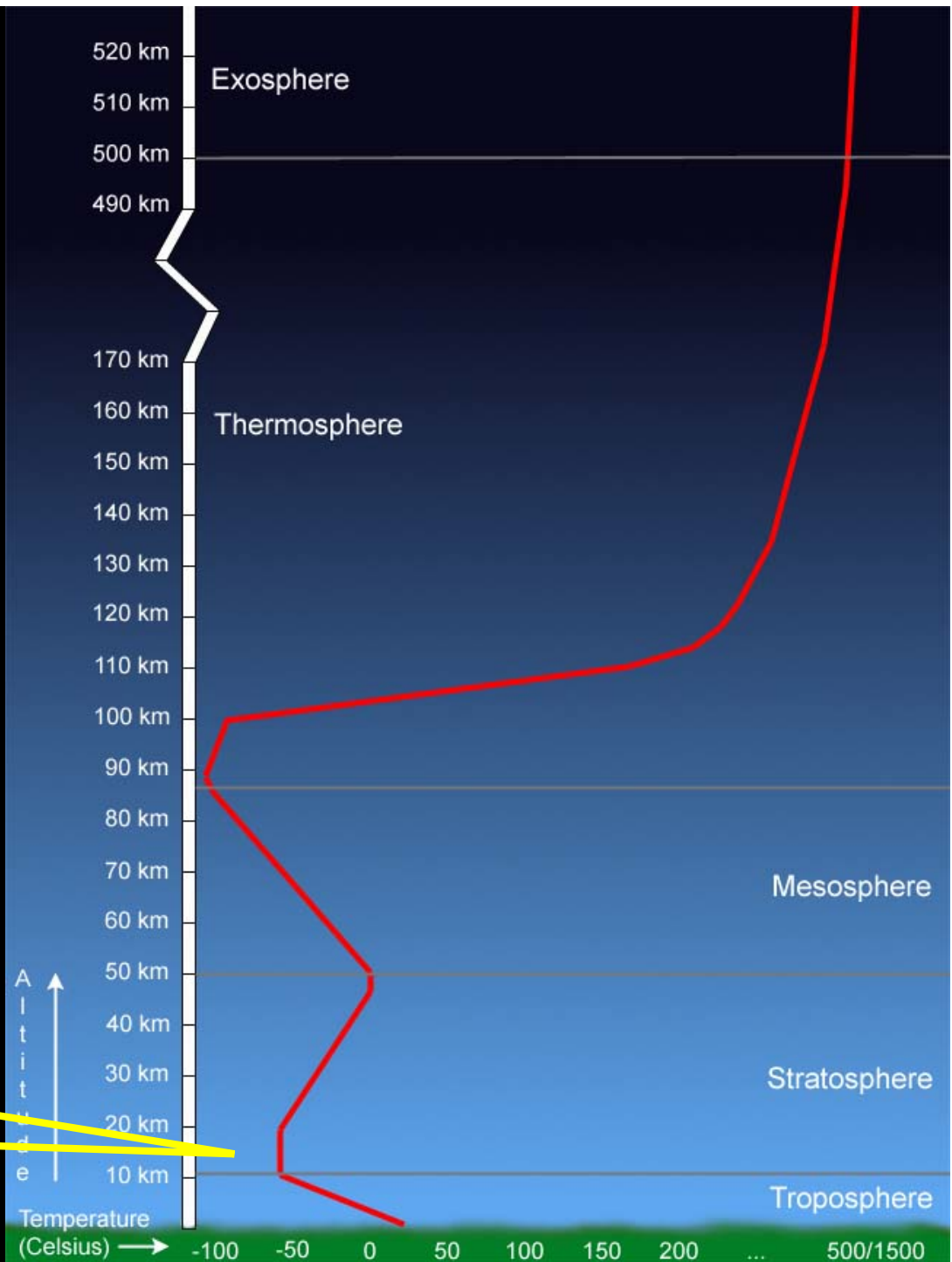
□ Высота от 7-8 км в полярных областях до 15-16 км в районе экватора

тропофера



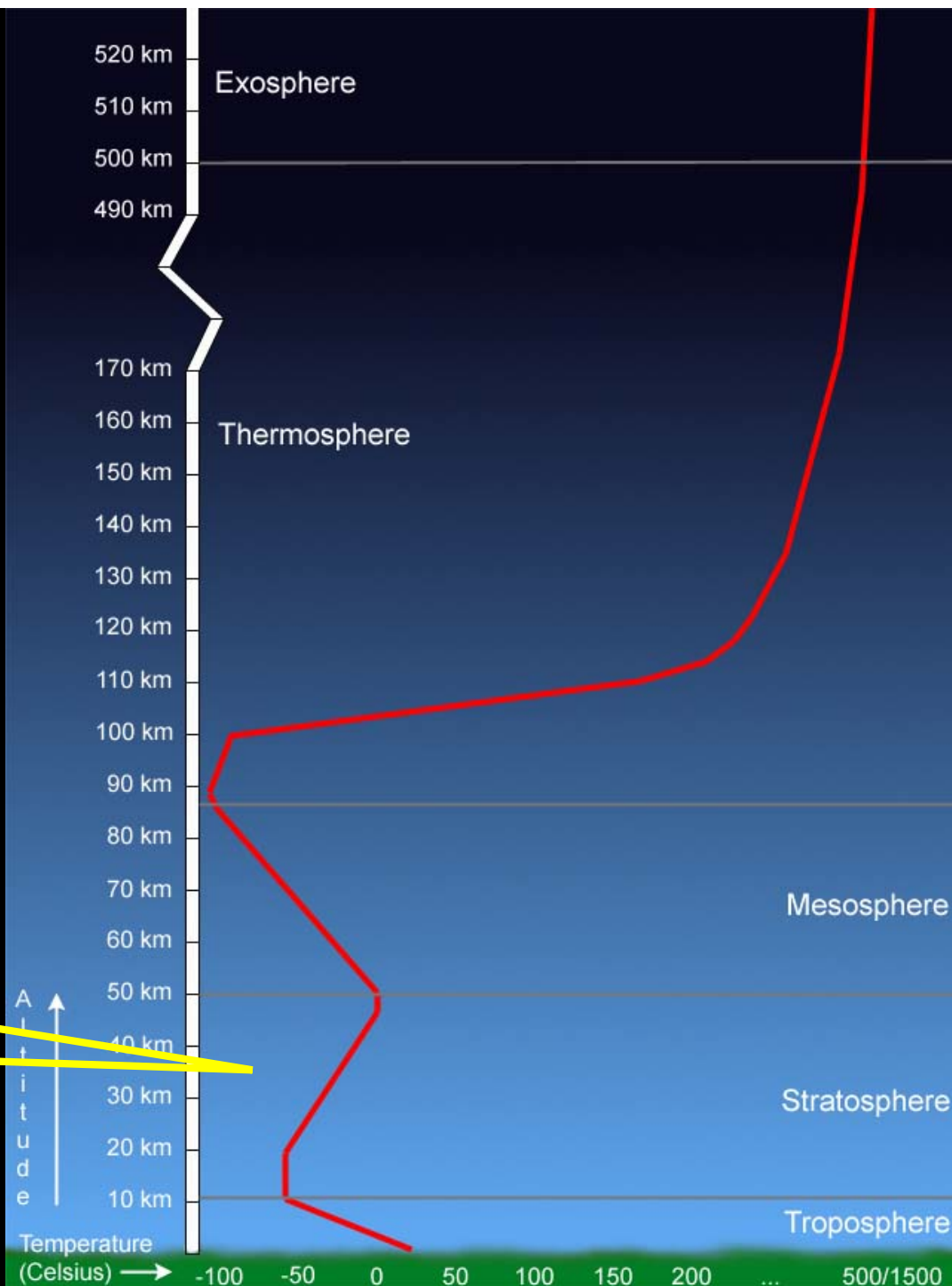
**Переходный
слой, в котором
наблюдается
минимум
температуры
(открыт в 1899 г)**

тропопауза



от лат. **stratum** –
настил, слой

стратосфера

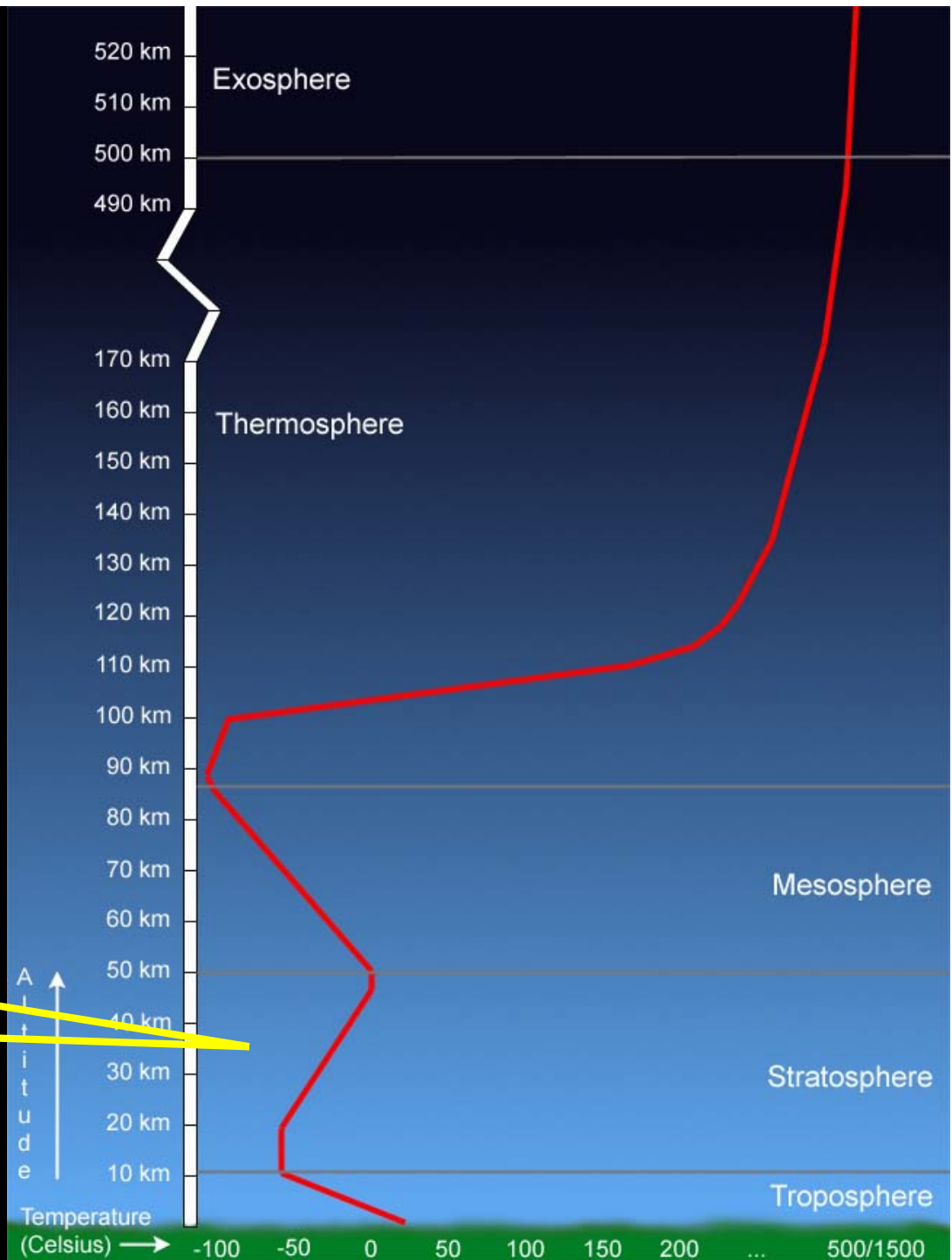


□ Простирается до высот ~50 км

□ Незначительное повышение температуры объясняется поглощением солнечной УФ радиации озоном

□ Ограничивает высоту образования облаков

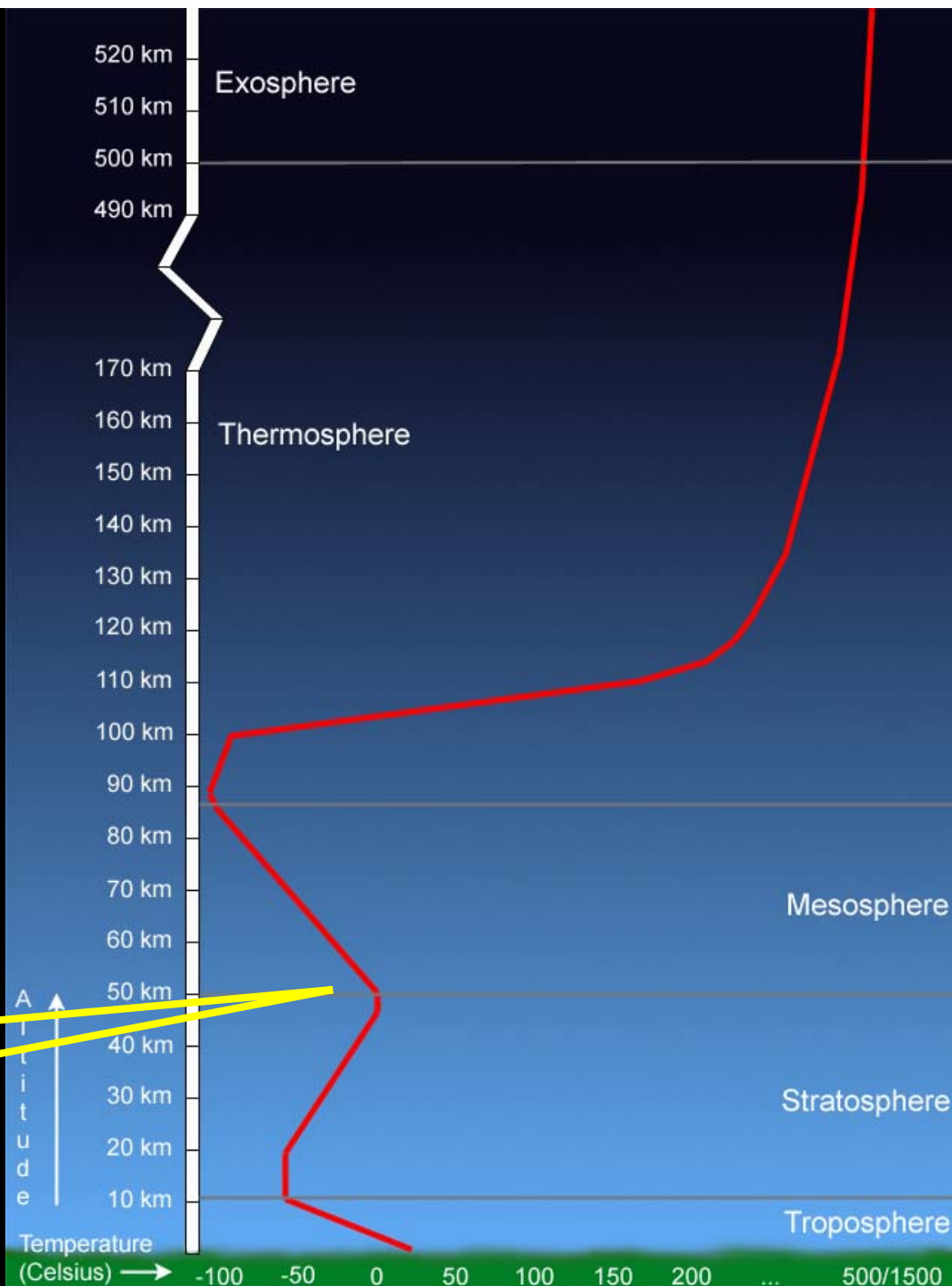
стратосфера



□ **Переходный слой на высоте ~50 км, что значительно выше уровня максимальной концентрации озона**

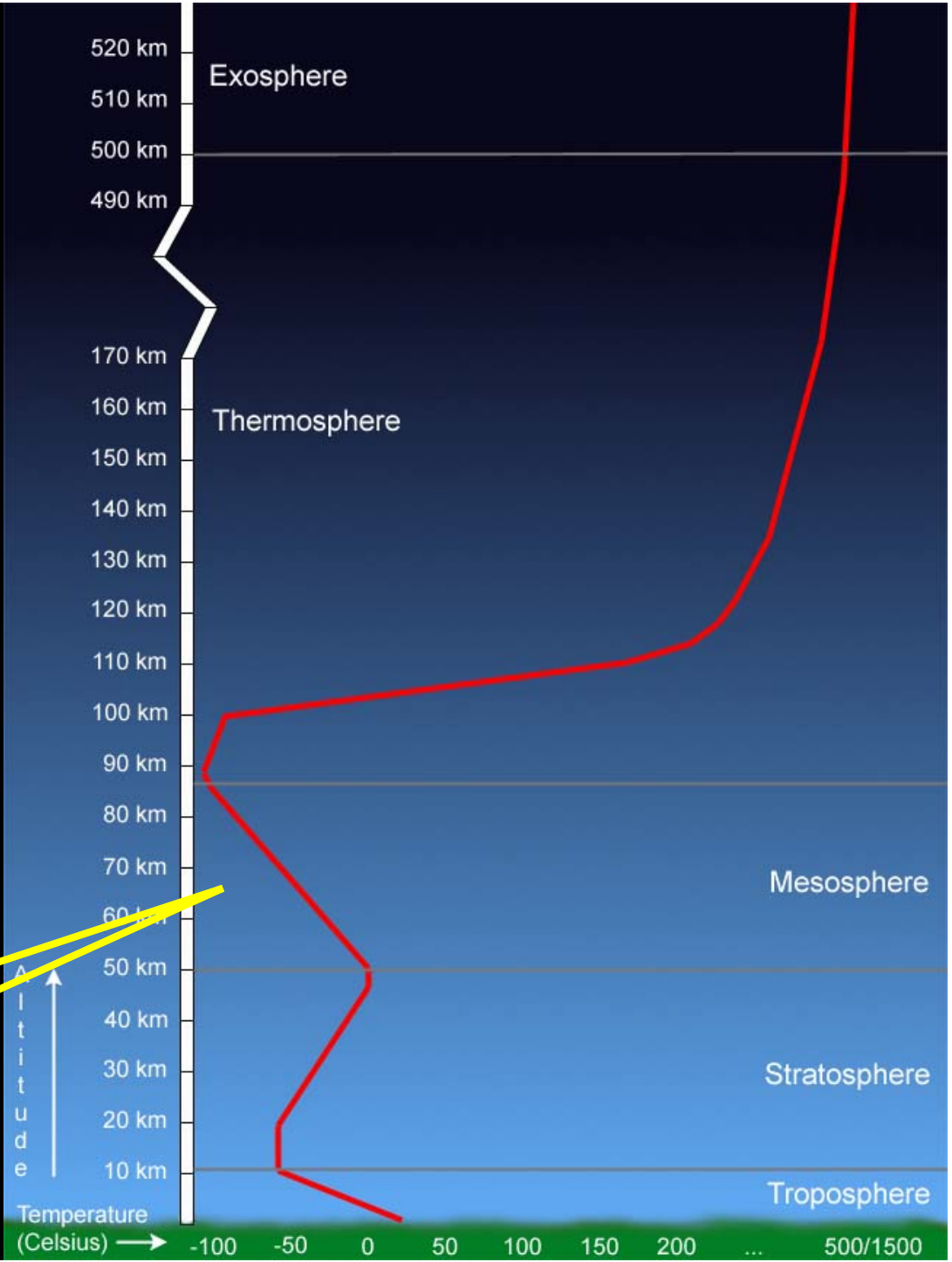
□ **Температура достигает 0°C**

стратопауза



от гр. **mesos** –
средний,
промежуточный

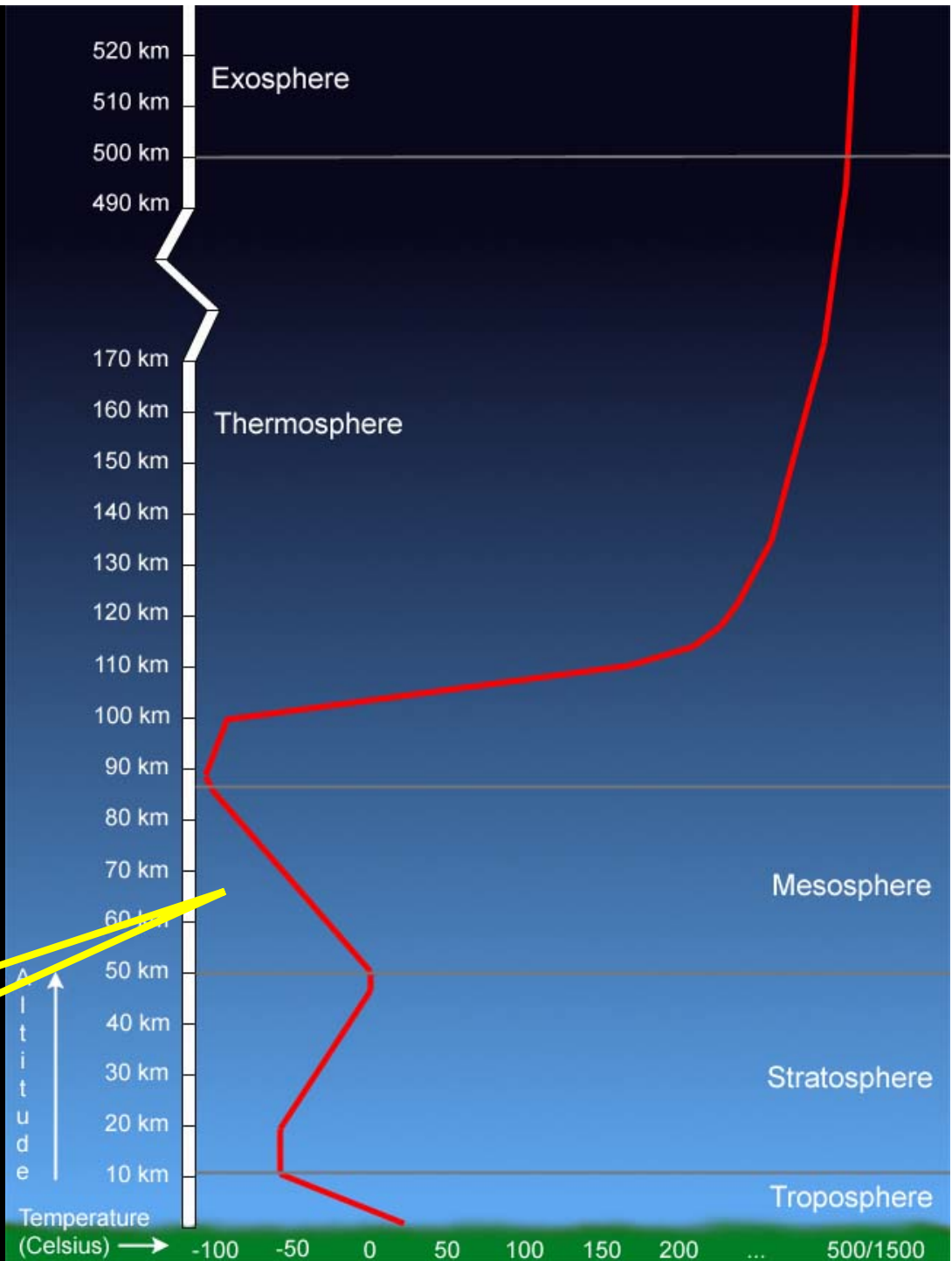
мезосфера



□ На высотах от 50 до 80 км

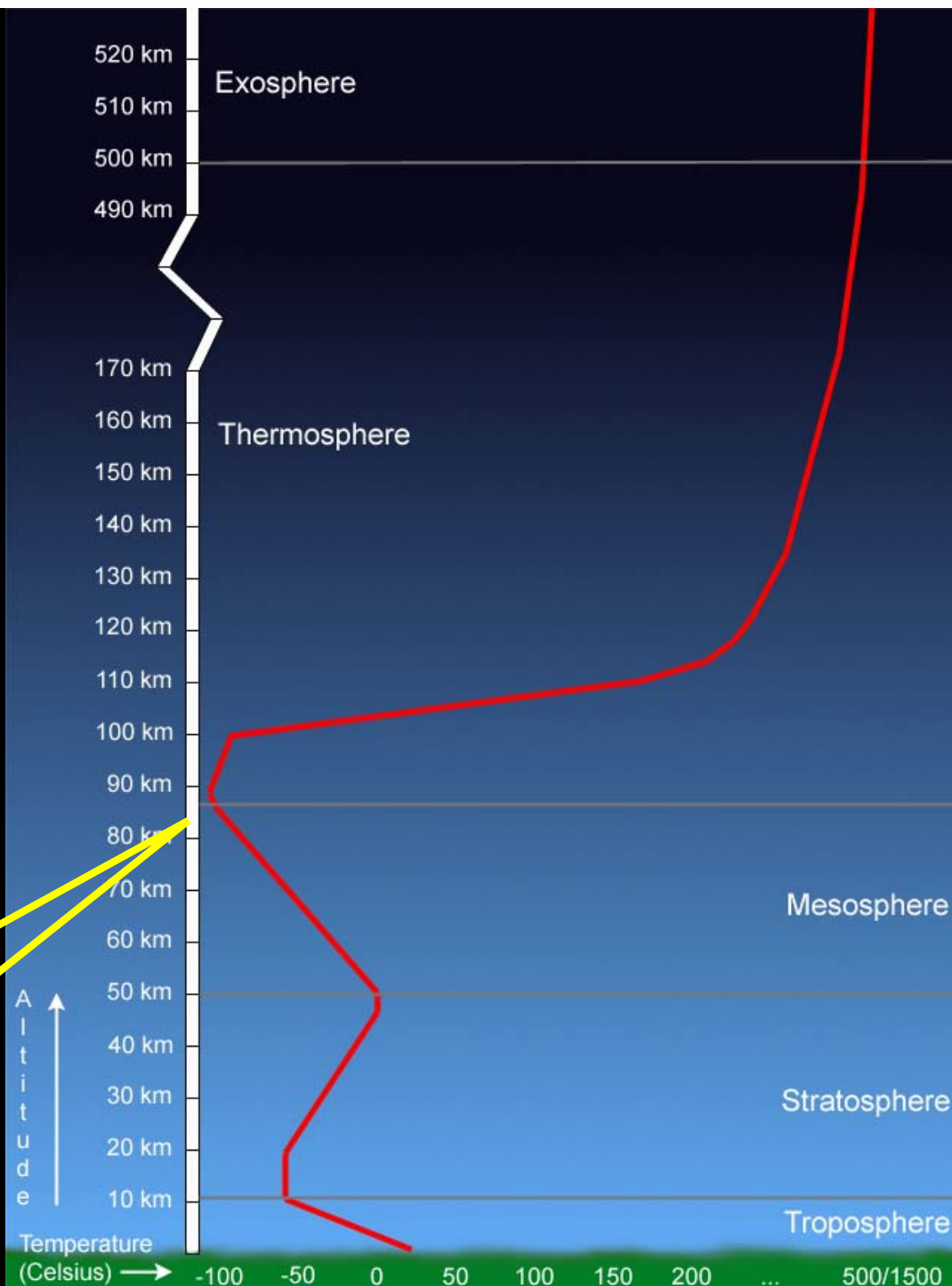
□ Температура воздуха понижается

мезосфера



Переходный слой
на высотах ~ 80 км

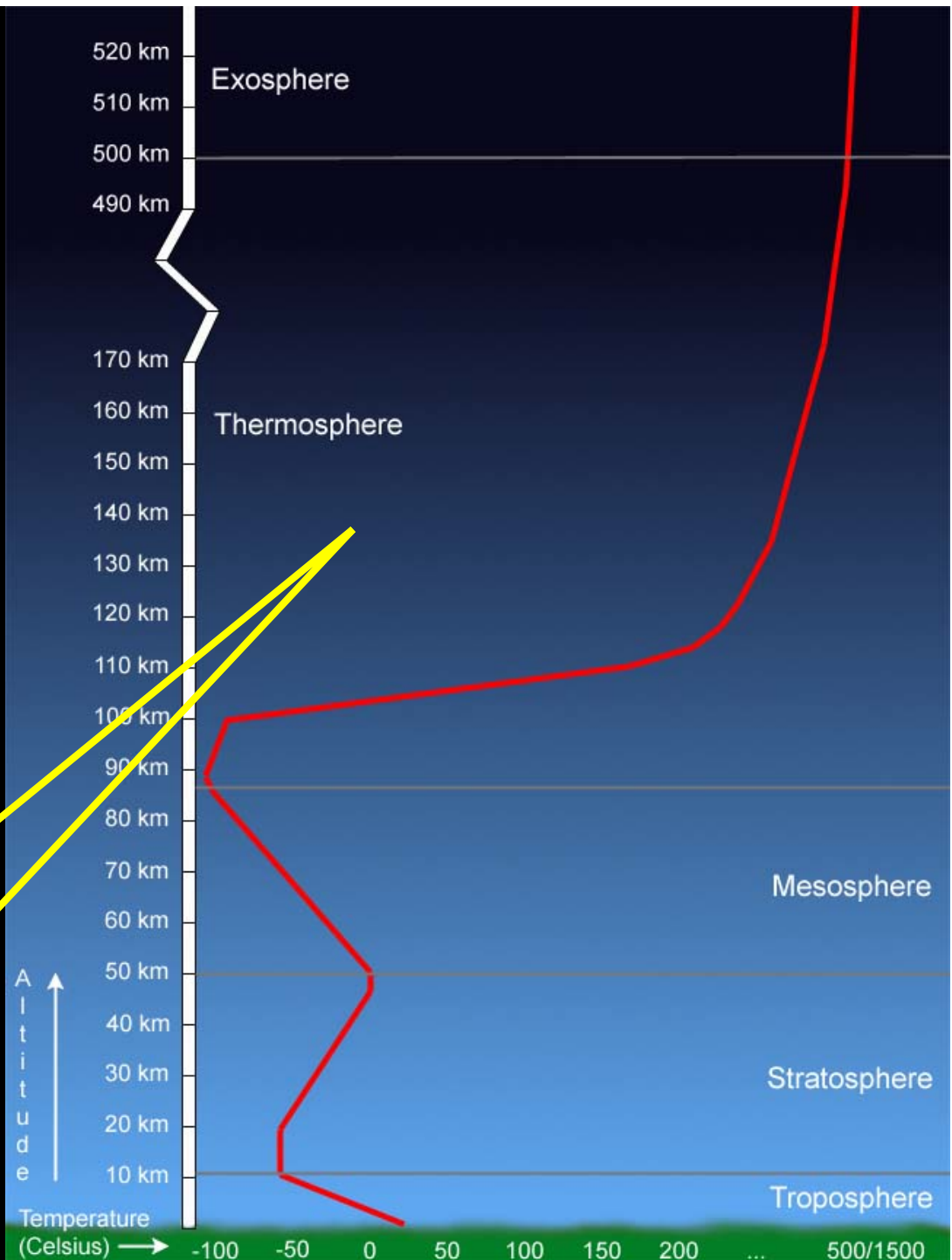
мезопауза



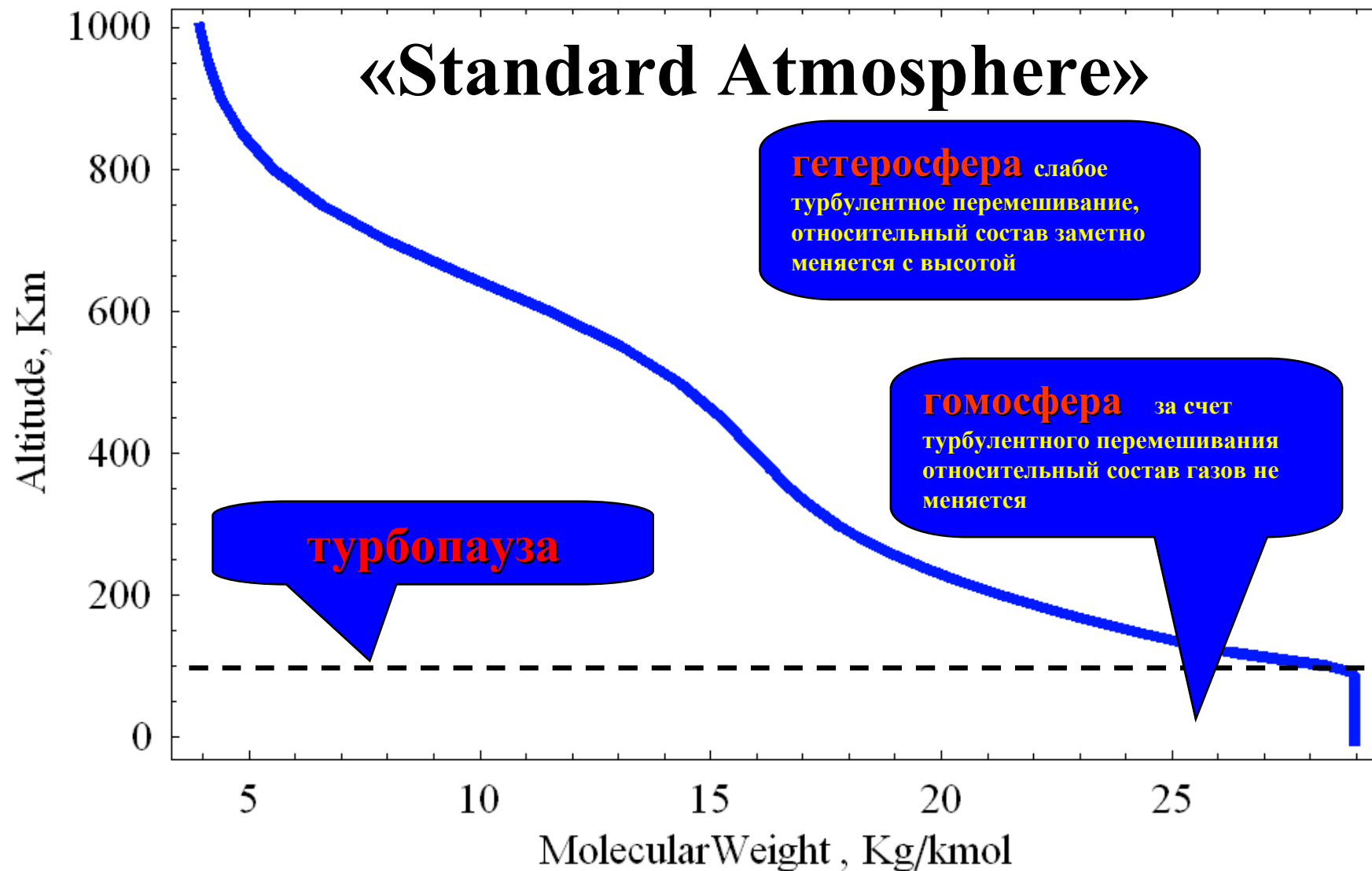
□ Температура увеличивается до 1000°C за счет поглощения коротковолновой части солнечной радиации

□ Высокая степень ионизации атмосферных газов

термосфера



Зависимость среднего молекулярного веса от высоты



Гидросфера:

- условия существования
- происхождение
- состав
- элементы структуры

Условия существования гидросферы (океана)

1. Температура на планете должна быть выше температуры плавления вещества, из которого состоит океан
2. Парциальное давление газообразной фазы этого вещества должно быть выше насыщающего давления
3. Температура и давление должны быть ниже критической точки (для воды: 647.3К, 22.12МПа)

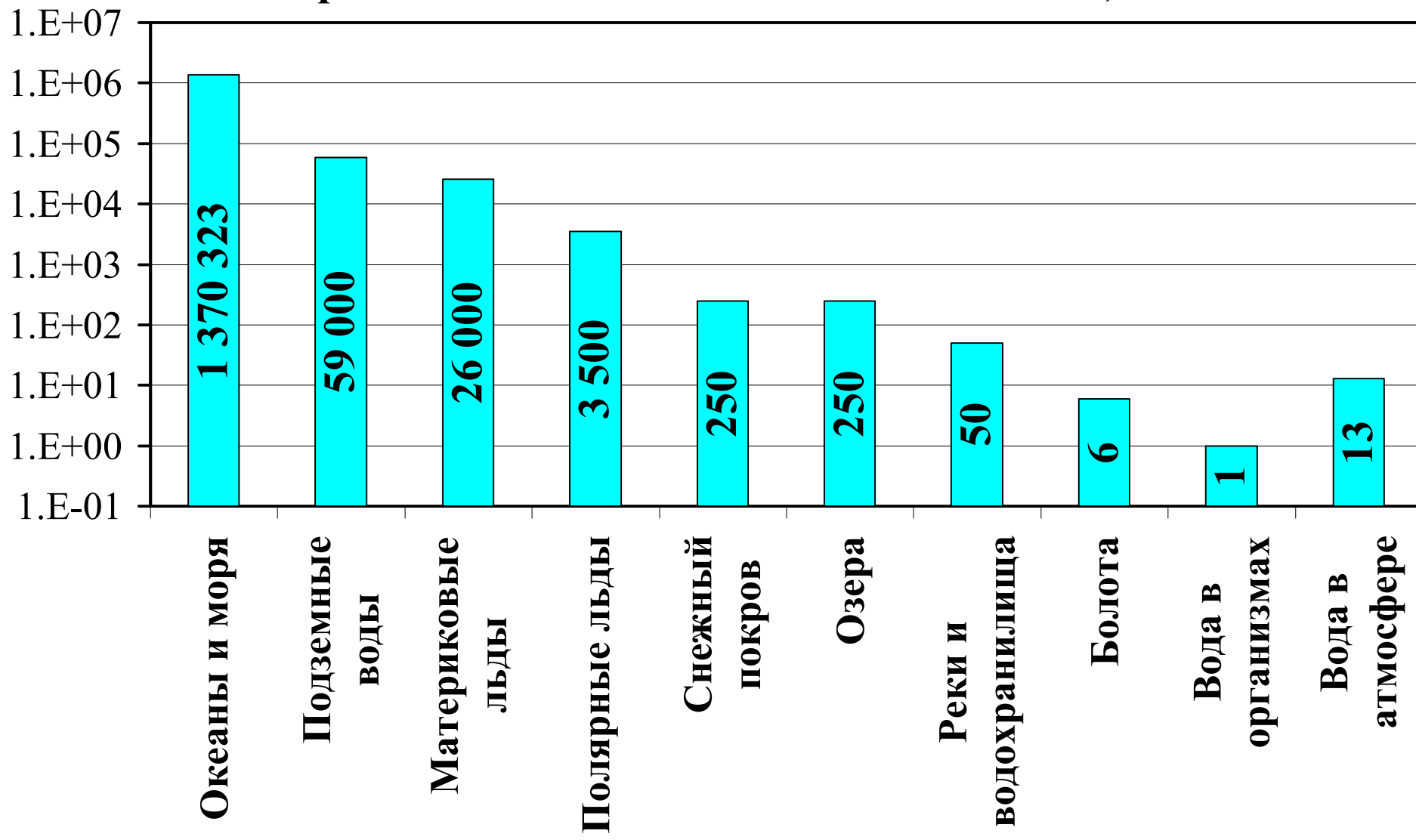
Точка, в которой фазы вещества становятся тождественными: обращаются в ноль теплота фазового перехода и поперхн. натяжение

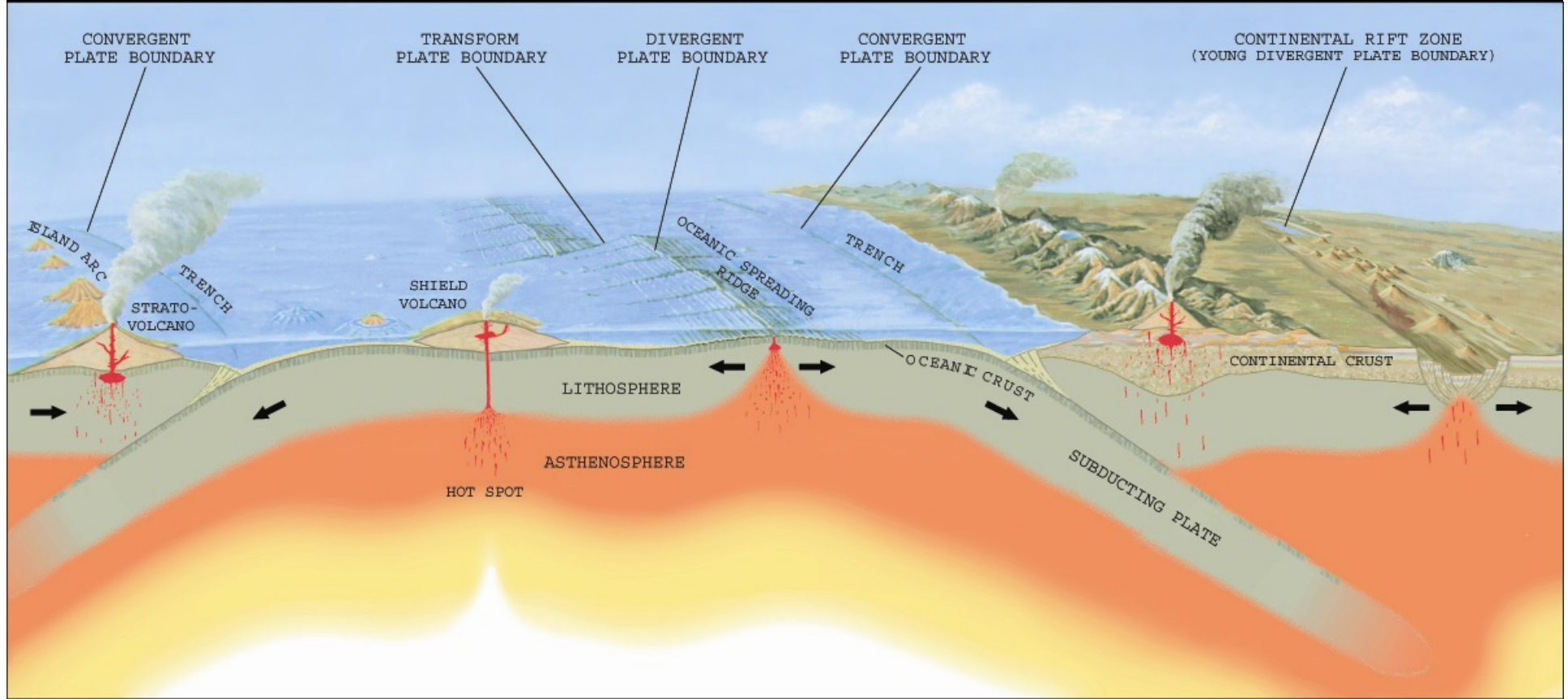
- ❑ Вода (водяной пар) появилась на поверхности Земли 4 млрд.лет назад как следствие дегазации мантии при тектономагматической активности**
- ❑ Гидросфера (океан) возникла на Земле 3 млрд. лет назад**
- ❑ Современные океанские котловины сформировались значительно позднее (в последние 250 млн. лет)**

**Мировой океан занимает
71% поверхности Земли
(361 млн.кв.км)**

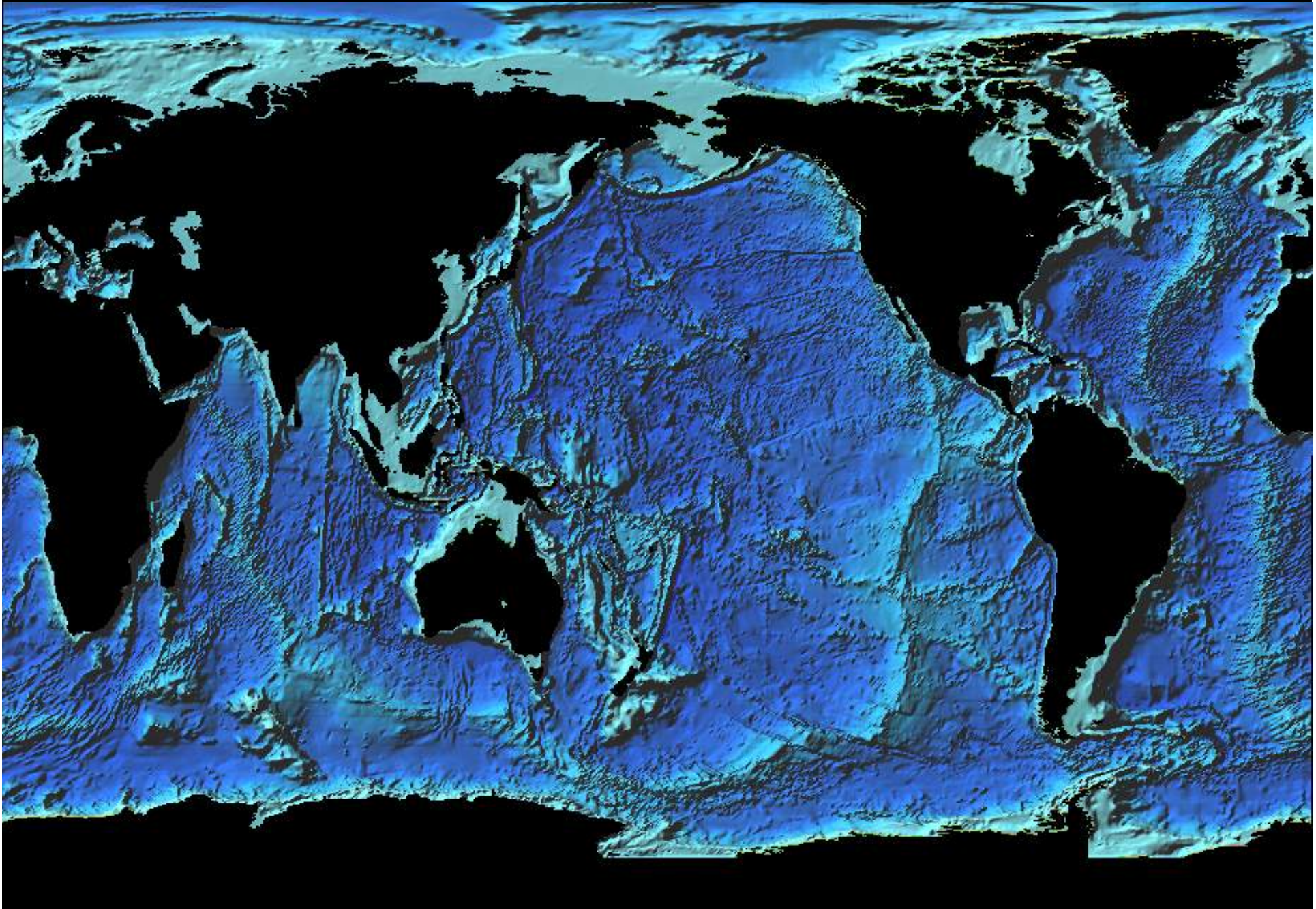


Распределение воды по основным объектам, тыс. км³





Топография океанического дна



Основные крупномасштабные формы рельефа дна

<i>Форма</i>	<i>Глубины, м</i>	<i>Уклон</i>
Шельф	0-200	0.002 (ср.)
Материковый склон	200-3000	~0.01-0.1
Материковое подножие	3000-4000	~0.001-0.01
Ложе океана, Океанические котловины	4000-6000	
Срединно-океанические хребты	2500-4000	~0.005
Глубоководные желоба	>6000	~0.1

Известны следующие изотопы водорода и кислорода:

H¹, H², H³, H⁴

O¹⁵, O¹⁶, O¹⁷, O¹⁸, O¹⁹

существуют в природе

в природе не найдены

Виды молекул воды, встречающиеся в природе

Молекулы воды	% содержание
$\text{H}^1_2\text{O}^{16}$	99.73
$\text{H}^1_2\text{O}^{18}$	0.20
$\text{H}^1_2\text{O}^{17}$	0.04
$\text{H}^1\text{H}^2\text{O}^{16}$	0.02
$\text{H}^1\text{H}^2\text{O}^{18}$	0.00006
$\text{H}^1\text{H}^2\text{O}^{17}$	0.00001
$\text{H}^2_2\text{O}^{16}$	0.000003
$\text{H}^2_2\text{O}^{18}$	0.000000006
$\text{H}^2_2\text{O}^{17}$	0.000000001

тритиевой воды в Мировом океане 800 гр.

Соленость морской воды

$$S = \frac{m_{\text{примеси}}}{m_{\text{примеси}} + m_{\text{чистой воды}}} \left[\text{‰ промилле} \right]$$

Соленость – масса в граммах твердых веществ, растворенных в 1 кг воды, при условии, что карбонаты превращены в оксиды, галогены (Br, I) заменены хлором, и все органические вещества сожжены при температуре 480 °C

Точное определение $m_{\text{примеси}}$ в результате испарения, высушивания и взвешивания на практике очень сложно, т.к. некоторые вещества улетучиваются (например, хлористые соединения)

Соленость морской воды

$$S = \frac{m_{\text{примеси}}}{m_{\text{примеси}} + m_{\text{чистой воды}}} \left[\text{‰ промилле} \right]$$

На практике пользуются закономерностью постоянства солевого состава морской воды

****Закономерность может нарушаться в полностью изолированных морях (Каспийское, Аральское), в морях с ограниченным водообменом, вблизи устьев рек.*

Точное определение $m_{\text{примеси}}$ в результате испарения, высушивания и взвешивания на практике очень сложно, т.к. некоторые вещества улетучиваются (например, хлористые соединения)

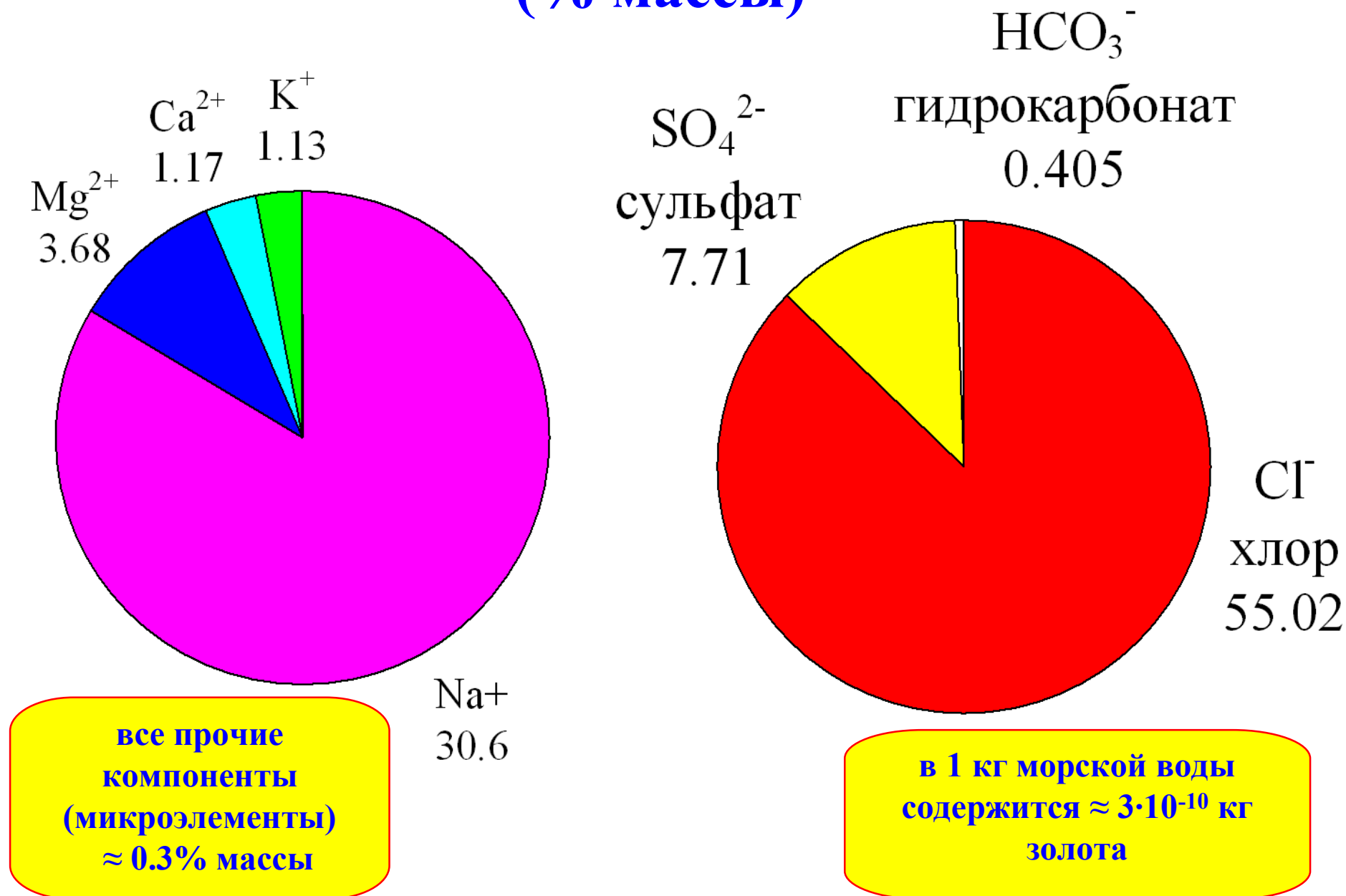
**Мертвое море
250-300 ‰**

**Общее количество
соли в Мировом
океане $\sim 4.9 \cdot 10^{19}$ кг**

**На порядок больше
массы атмосферы!!!**

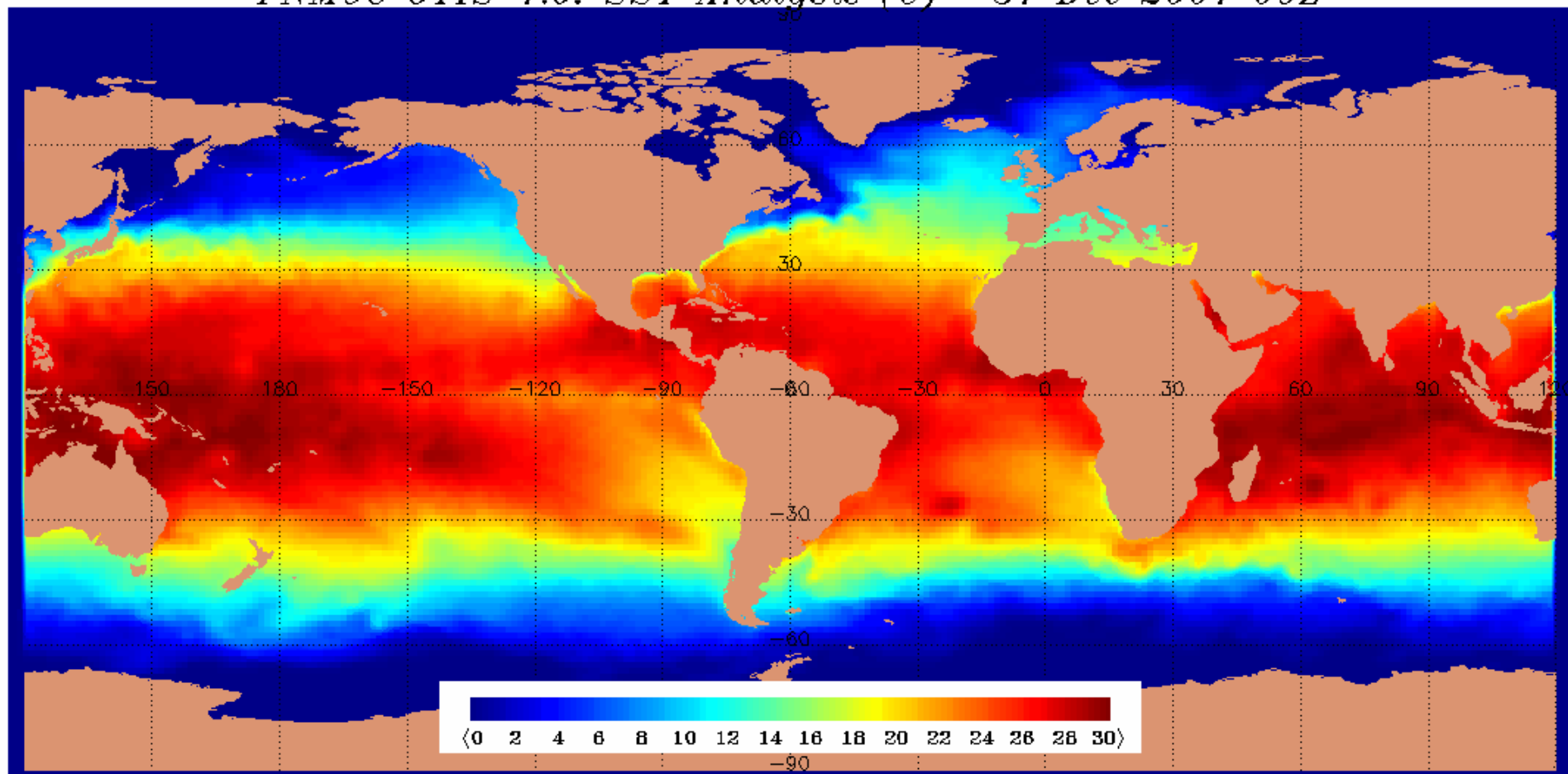
**Соль Мирового океана способна
покрыть поверхность суши
слоем ~ 150 м**

Главные компоненты примеси в морской воде (% массы)

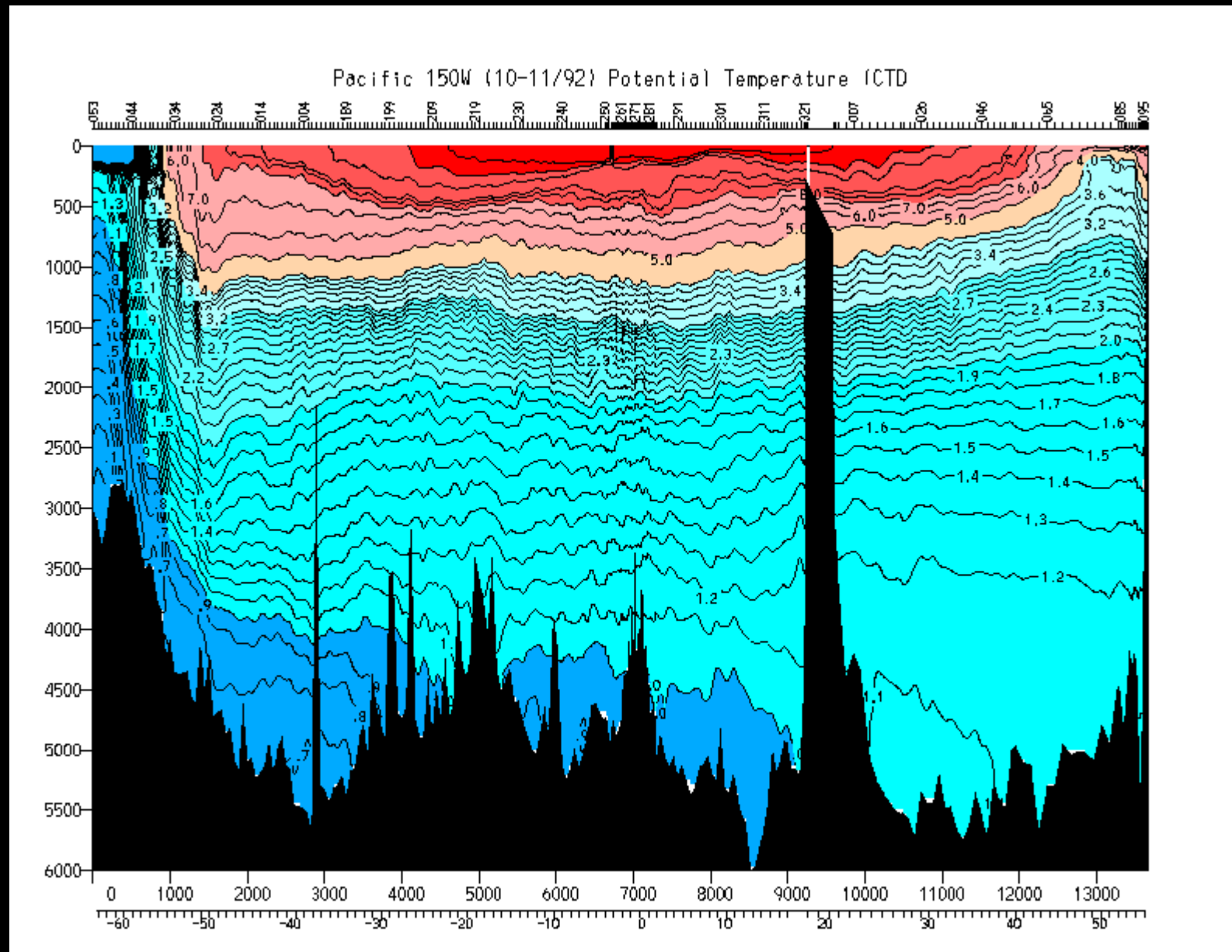


Температура поверхности океана (ТПО)

FNMOC OTIS 4.0: SST Analysis (C) 31 Dec 2001 00Z

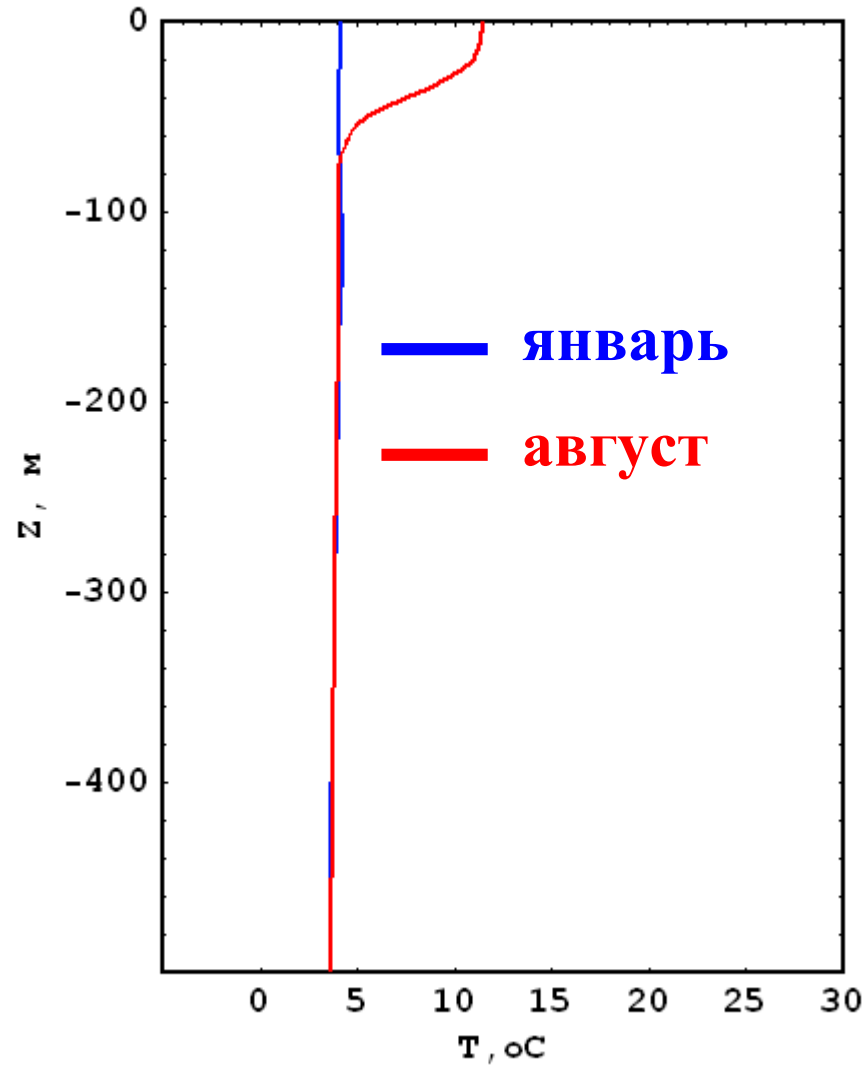


Вертикальный температурный разрез по меридиану 150W

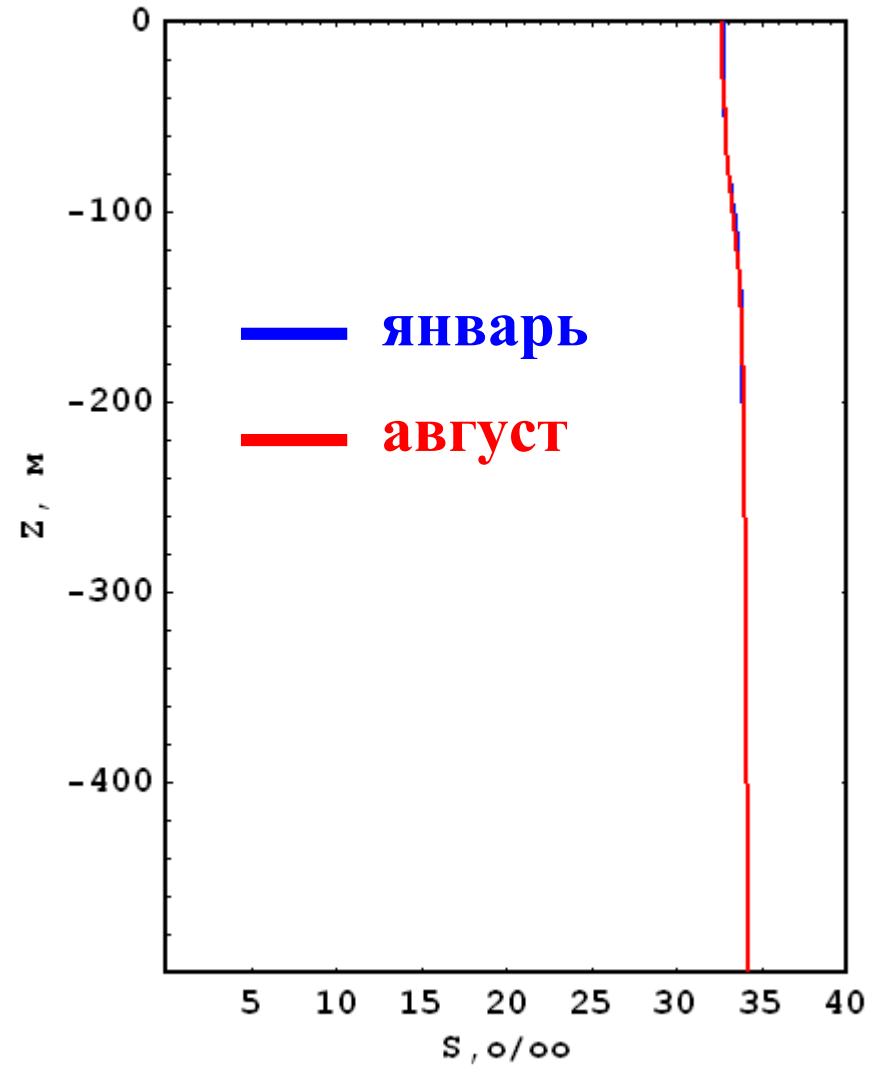


Lat=55 Lon=-150

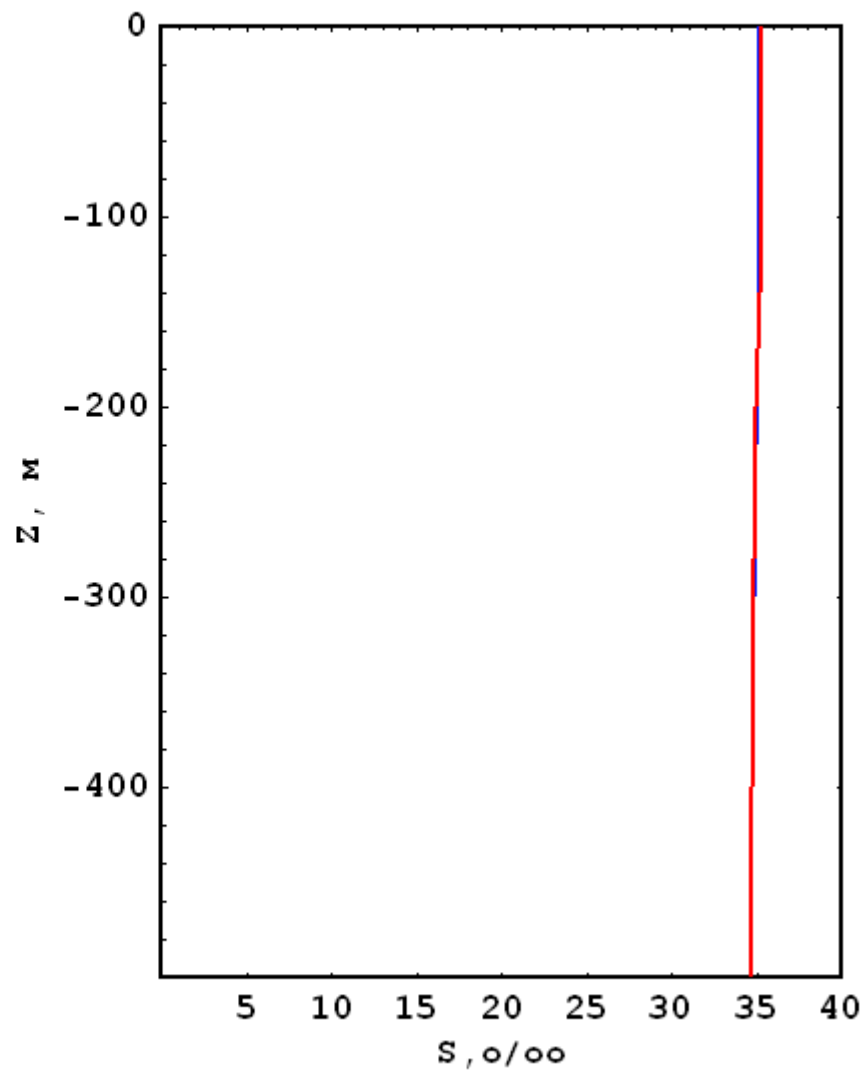
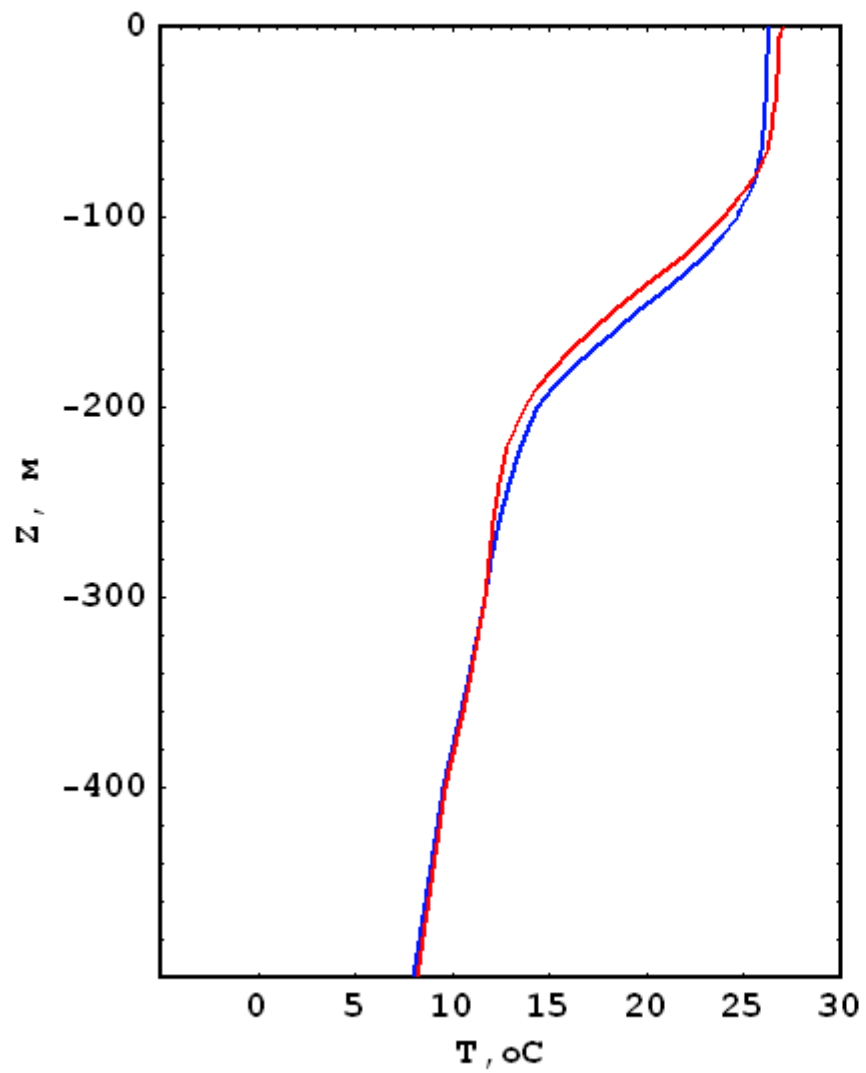
Профиль температуры



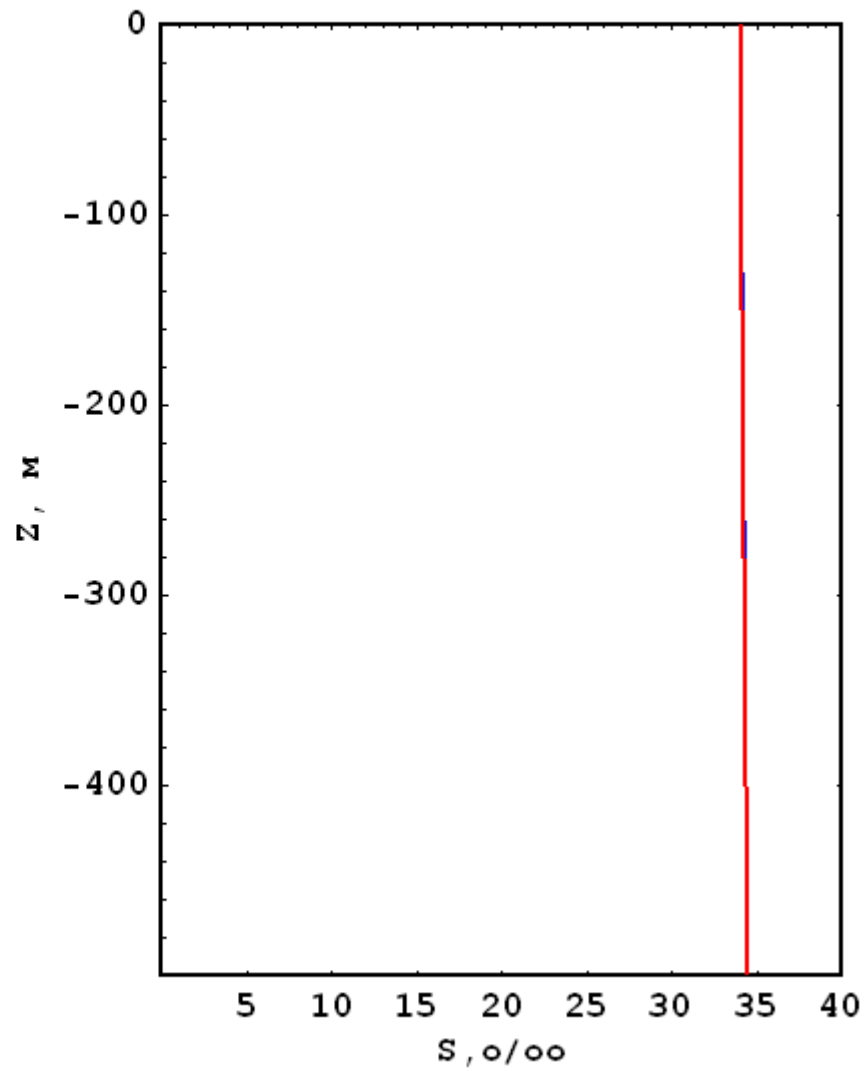
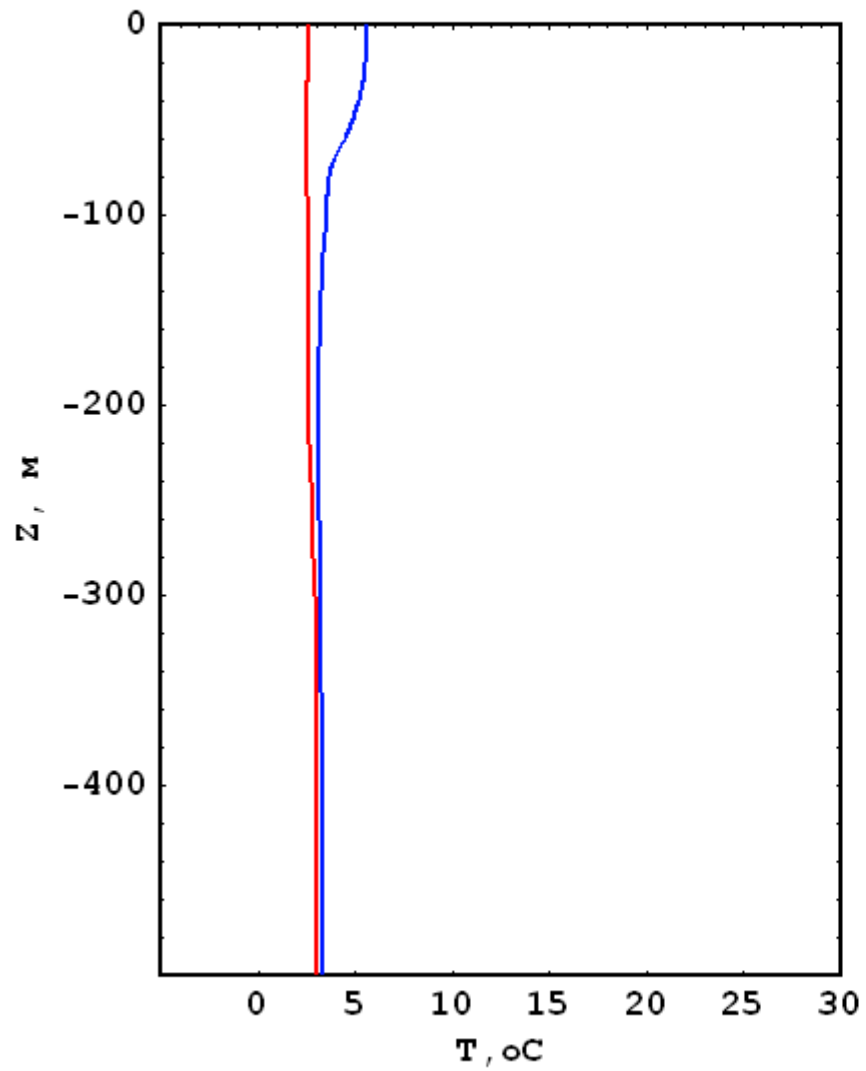
Профиль солёности



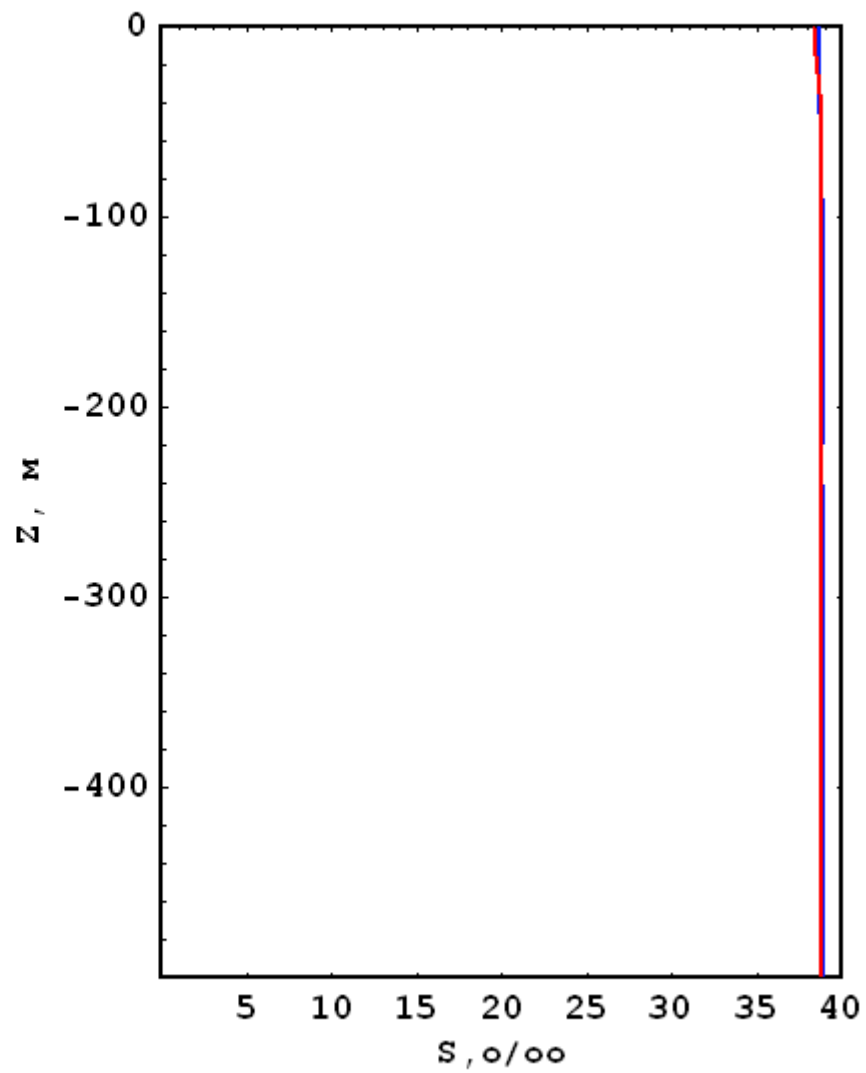
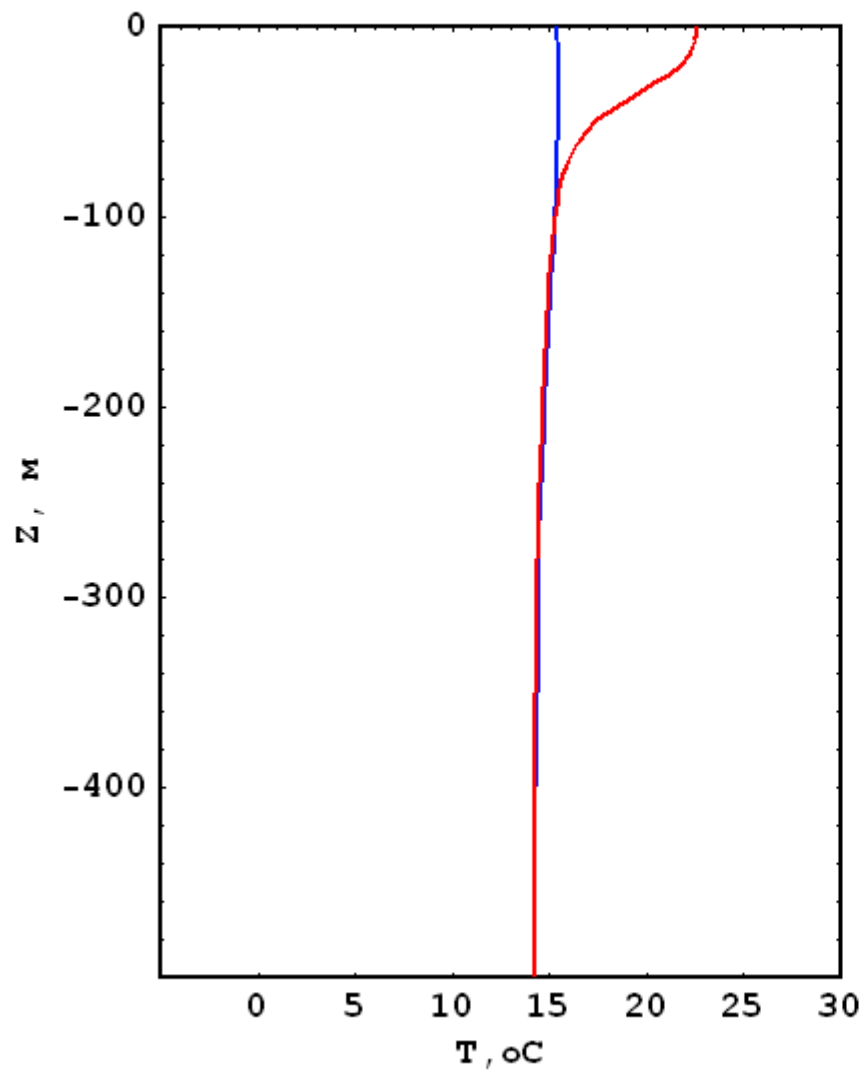
Lat=00 Lon=-150



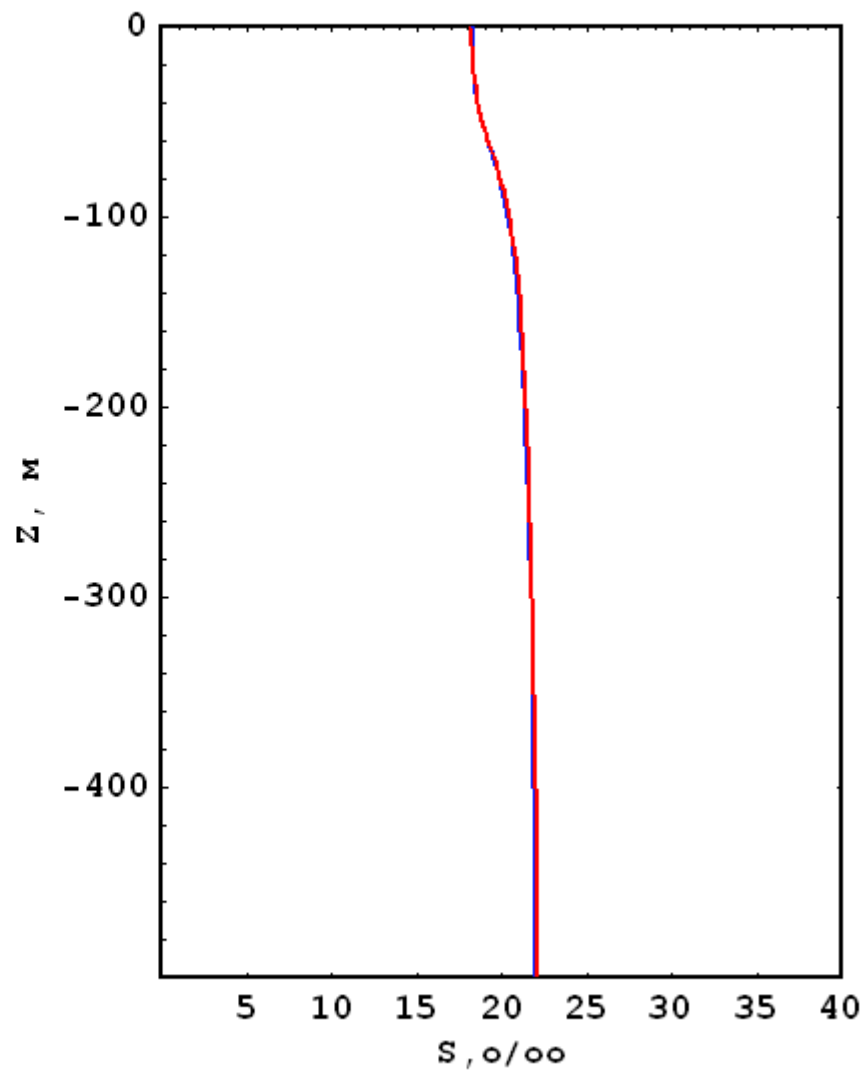
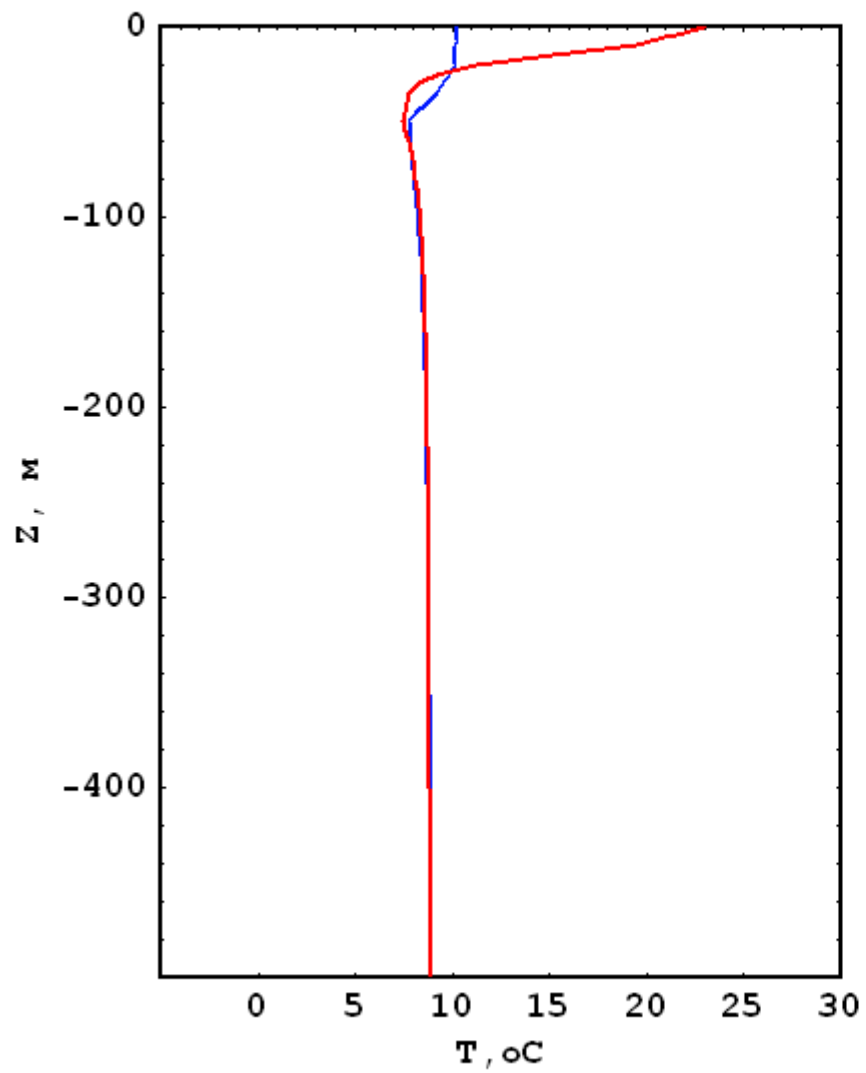
Lat=-55 Lon=-150



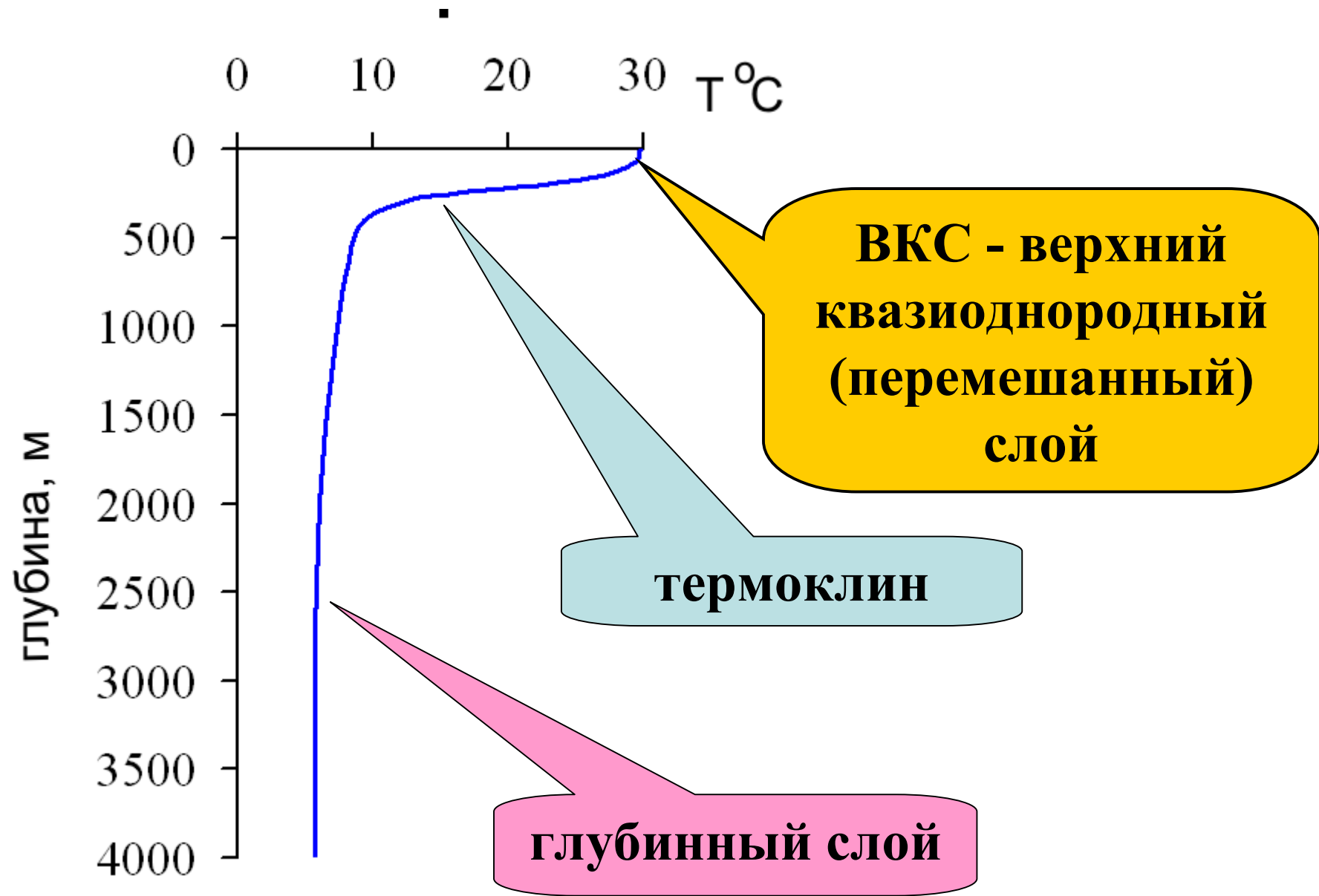
Lat=38 Lon=25



Lat=43 Lon=38



Типичный вертикальный профиль температуры в океане



Законы теплового излучения

Абсолютно черное тело (АЧТ) –
понятие теории теплового излучения,
означающее тело, которое полностью
поглощает любое падающее на его
поверхность электромагнитное
излучение, независимо от
температуры этого тела

**понятие АЧТ введено Г.Р.Кирхгофом в 1859г
(G.R.Kirchhoff)**

Свойства АЧТ:

- 1. Поглощательная способность равна 1 при излучениях всех частот, всех направлений и любых поляризациях;**
 - 2. Плотность энергии и спектральный состав излучения, испускаемого единицей поверхности зависят только от его температуры, но не от природы излучающего вещества;**
 - 3. Излучение АЧТ (*) может находиться в равновесии с веществом при равенстве потоков излучения, испускаемого и поглощаемого АЧТ, имеющим определенную температуру.**
- (*)** Такое излучение представляет собой излучение равновесное, которое подчиняется закону излучения Планка

Испускательная способность АЧТ

(закон излучения Планка [M.Planck, 1900; A.Einstein, 1916])

$$\varepsilon(\lambda, T) = \frac{2\pi h c^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\exp\left[\frac{hc}{\lambda kT}\right] - 1} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \text{с}} \cdot \frac{1}{\text{м}} \right]$$

T – температура

λ – длина волны

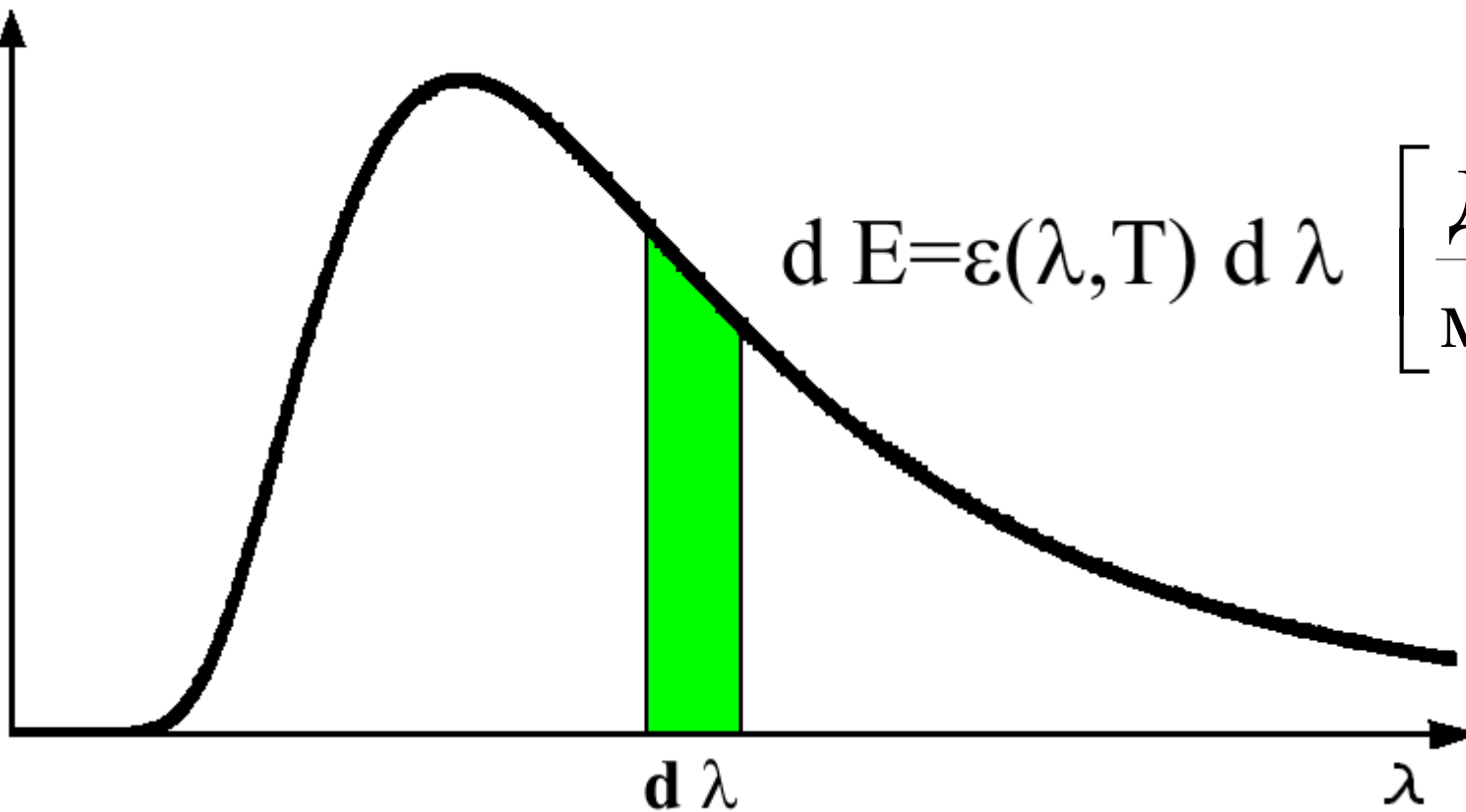
c – скорость света

$h = 6.63 \cdot 10^{-34}$ Дж · с – постоянная Планка

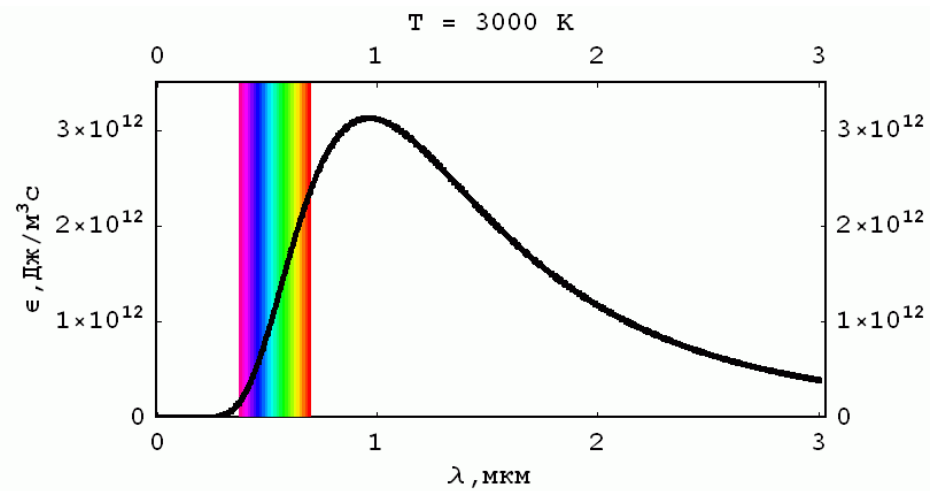
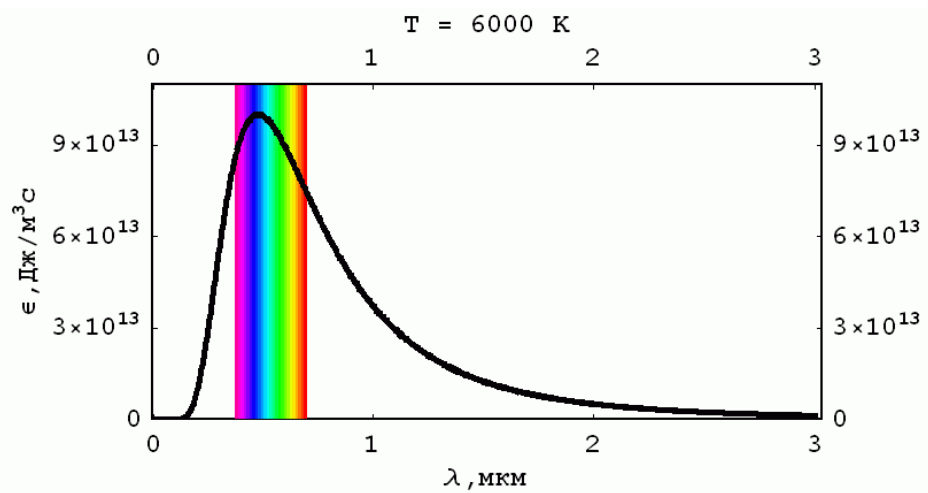
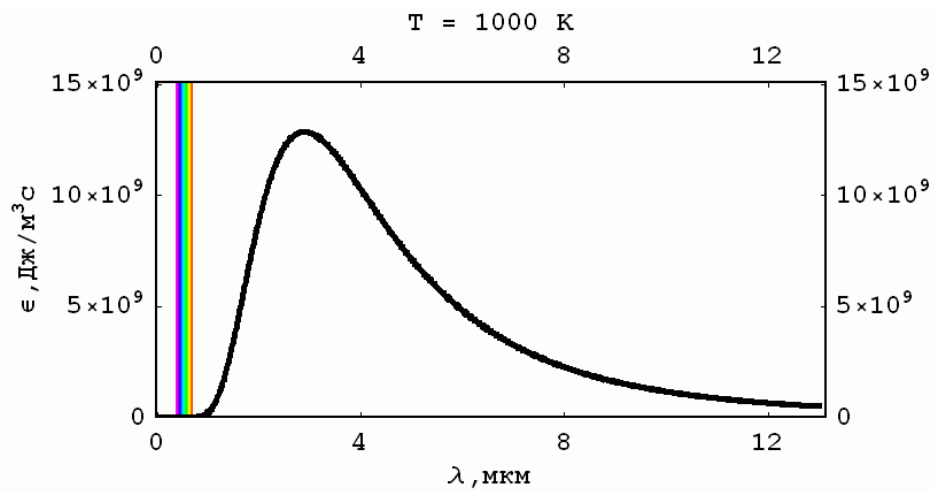
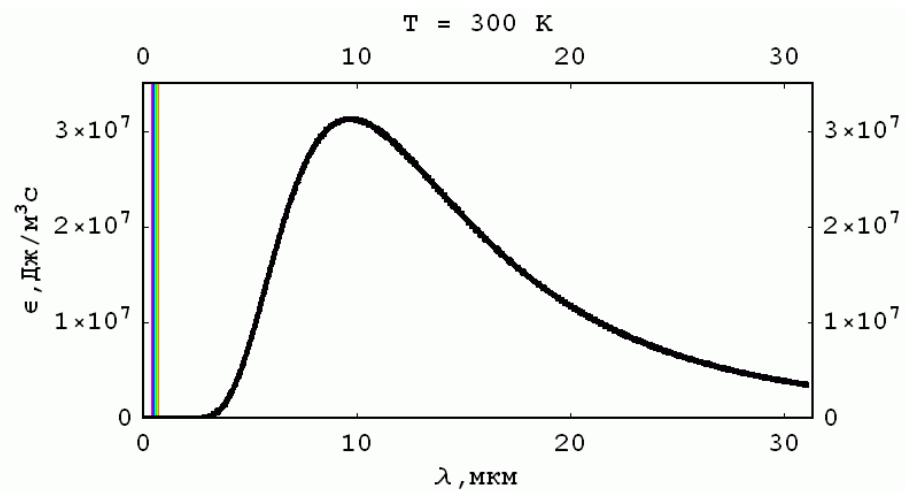
$k = 1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж / К – постоянная Больцмана

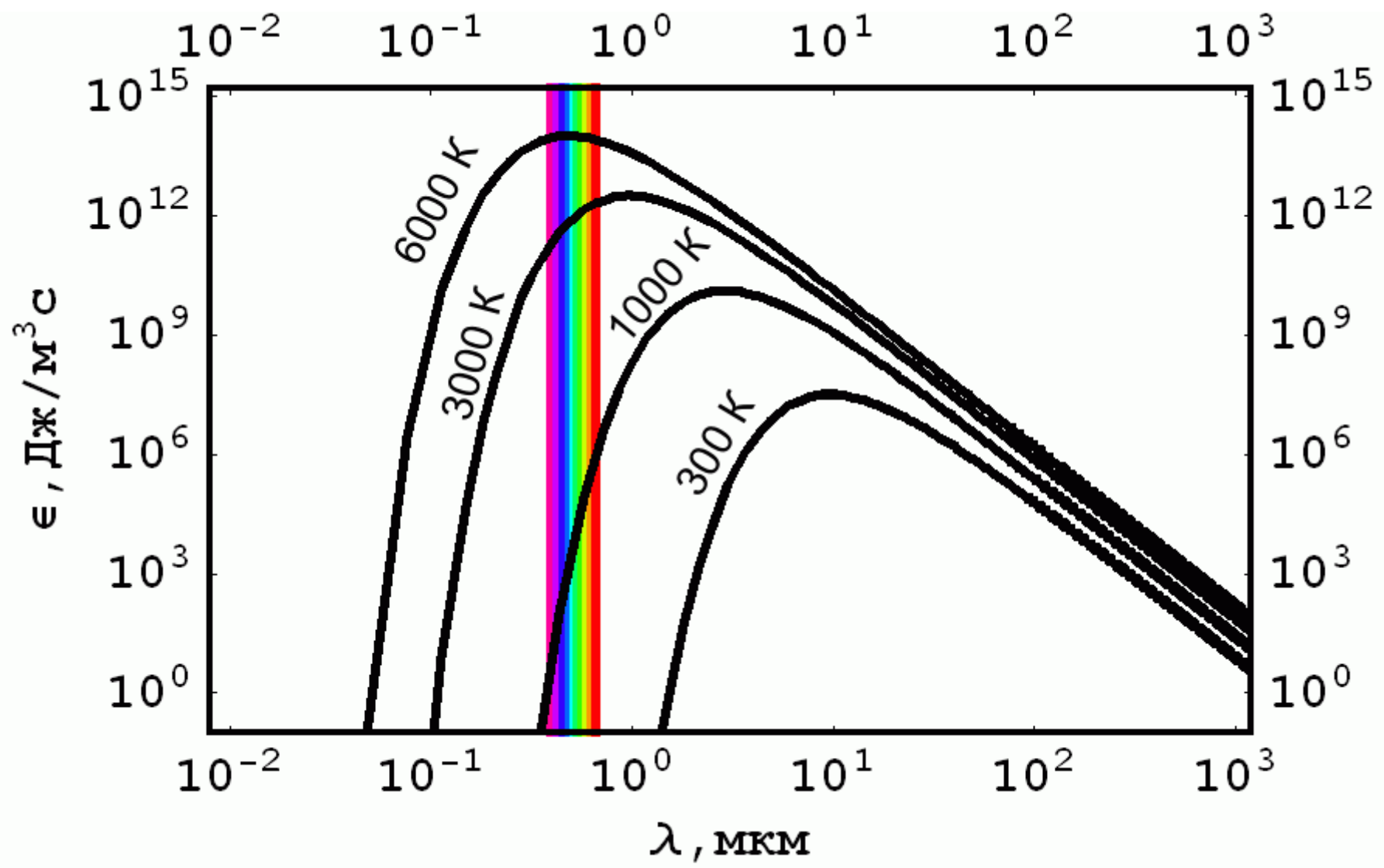
$$\left[\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \text{с}} \cdot \frac{1}{\text{м}} \right]$$

ε



$$d E = \varepsilon(\lambda, T) d \lambda \left[\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \text{с}} \right]$$





Следствия закона Планка

закон
смещения Вина

закон
Стефана-Больцмана

Закон смещения Вина [W. Wien, 1893]

$$\varepsilon(\lambda, T)d\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\exp\left[\frac{hc}{\lambda kT}\right] - 1} d\lambda$$

$$\varepsilon(\lambda, T)d\lambda = \{\alpha \equiv \lambda T\} = \frac{F(\alpha)}{\alpha^5} d\alpha$$

$$\frac{d}{d\alpha} \left(\frac{F(\alpha)}{\alpha^5} \right) = 0 \Rightarrow \alpha_{\max}$$

трансцендентное уравнение

$$\alpha_{\max} = 2.898 \cdot 10^{-3} \text{ [м} \cdot \text{К]} - \text{постоянная Вина}$$

$$\lambda_{\max} T = \alpha_{\max}$$

Закон Стефана-Больцмана

[J.Stefan, 1879; L.Boltzmann, 1884]

$$\varepsilon(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\exp\left[\frac{hc}{\lambda kT}\right] - 1}$$

$$E = \int_0^{\infty} \varepsilon(\lambda, T) d\lambda = \sigma T^4$$

Постоянная Стефана-Больцмана

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} = 5.67 \cdot 10^{-8} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{К}^4} \right]$$

Модель реального тела

Тело, коэффициент поглощения которого меньше 1 и не зависит от длины волны излучения и абсолютной температуры, называется **«СЕРОЕ ТЕЛО»**

СЕРОЕ ТЕЛО является источником **серого излучения**, одинакового по спектральному составу с излучением АЧТ, но отличающегося от него меньшей яркостью

$$\varepsilon_{\text{СТ}} = \beta \varepsilon_{\text{АЧТ}}, \quad \beta < 1$$

Коэффициент черноты β :

Каменный уголь

0.8

Сажа

0.94-0.96

Платиновая и висмутовая черни

0.93-0.99

$$E = \beta \sigma T^4$$