

КЛИМАТ



Тимофеева И.В.

+7 921 984 98 62

i_timofeyeva@yahoo.com

Климат не погода!

Астрономические факторы

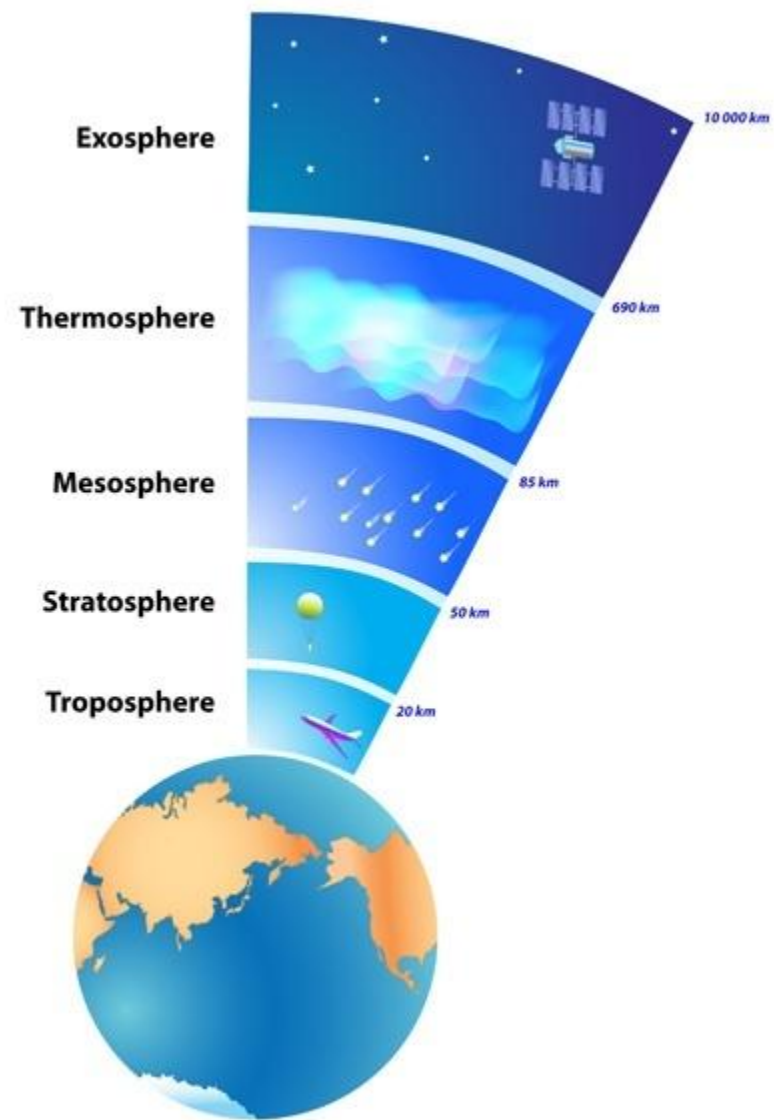
Географические факторы:

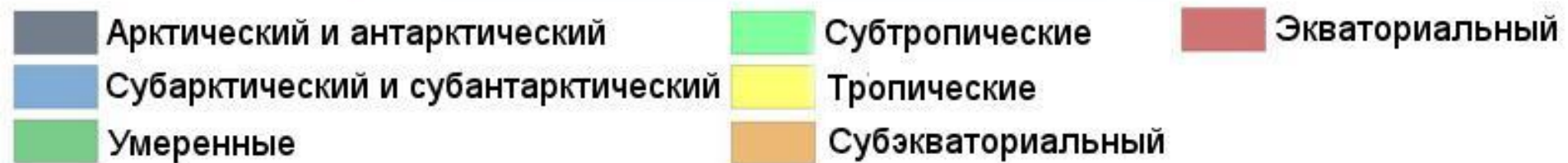
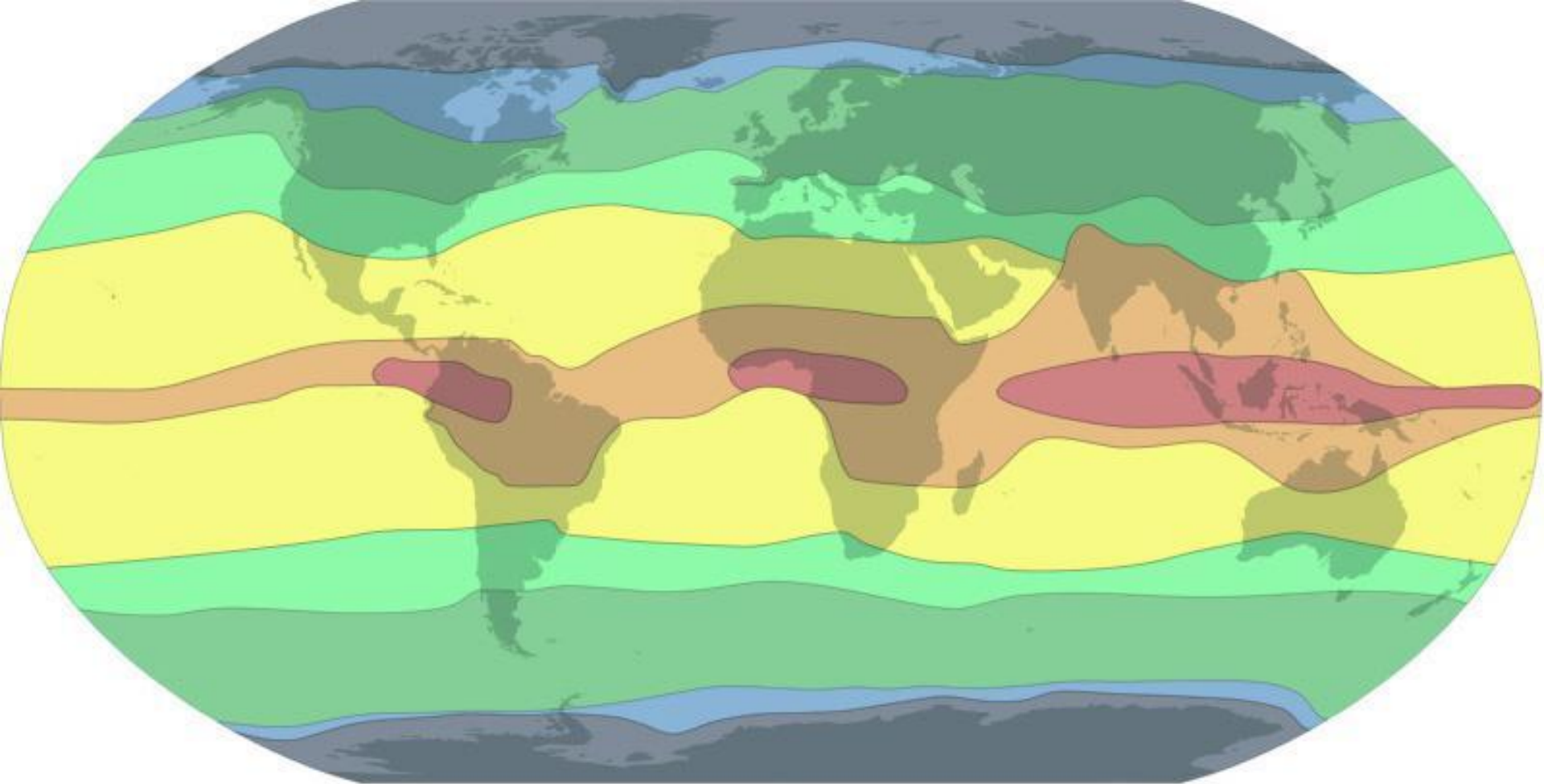
- размеры и масса Земного шара
- величина силы тяжести
- состав воздуха и масса атмосферы
- географическая широта
- высота над уровнем моря
- распределение суши и моря
- океанические течения
- характер подстилающей поверхности —
почвенный, растительный, снежный и ледовый
покровы

Лучистая энергия солнца

Циркуляция атмосферы







Климатические пояса Земли по Б. П. Алисову



Tropical		Dry	Moderate	Continental	Polar	
	Tropical wet		 Mediterranean	 Humid continental	 Tundra	 Non-permanent ice
	Tropical wet and dry	 Arid	 Humid subtropical	 Subarctic	 Ice cap	
			 Marine west coast		 Highlands	

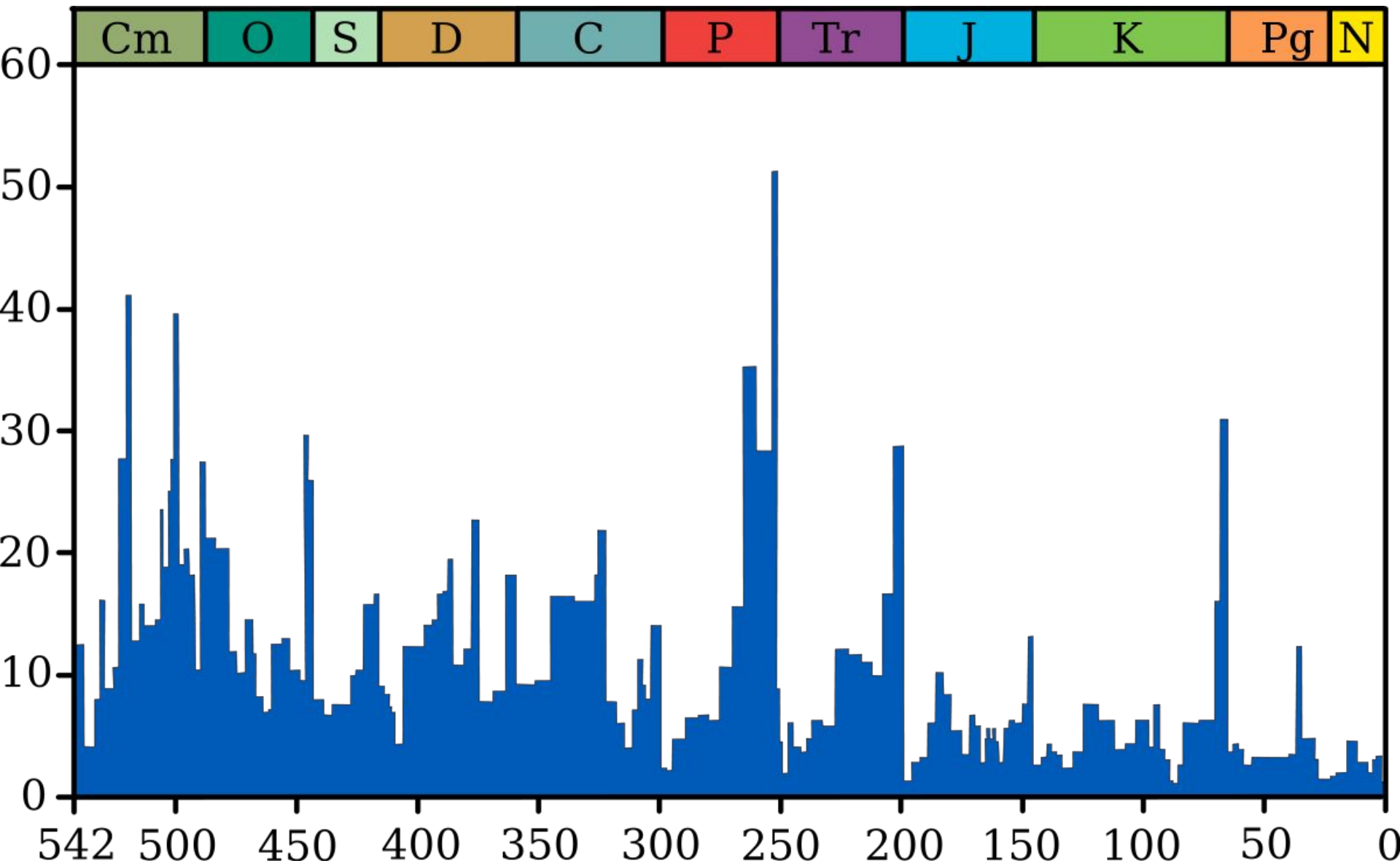
Класификация климата по
Кёппену

Изменение климата

колебания климата Земли в целом или отдельных её регионов с течением времени, выражающиеся в статистически достоверных отклонениях параметров погоды от многолетних значений за период времени от десятилетий до миллионов лет. Учитываются изменения как средних значений погодных параметров, так и изменения частоты экстремальных погодных явлений. Изучением изменений климата занимается наука палеоклиматология. Причиной изменения климата являются динамические процессы на Земле, внешние воздействия, такие как колебания интенсивности солнечного излучения, и, с недавних пор, деятельность человека. Изменения в современном климате (в сторону потепления) называют *глобальным потеплением*.



Массовые вымирания видов



Причины изменения климата

Неантропогенные факторы и их влияние на изменение климата

1. Тектоника литосферных плит
2. Солнечное излучение
3. Циклы Миланковича
4. Вулканизм

Антропогенное воздействие на изменение климата

Взаимодействие факторов

Цикличность изменений климата

(35-45 летние циклы изменений климата)

Законодательство

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК, *Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*) — организация, созданная для оценки риска глобального изменения климата, вызванного техногенными факторами.

Создана 1988 году Всемирной метеорологической организацией (ВМО) и Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП)

Киотский протокол

В 1995 году страны начали переговоры в целях укрепления глобальных мер реагирования на изменение климата. Два года спустя был принят Киотский протокол. Данный документ обязывает развитые страны — стороны Протокола сокращать выбросы парниковых газов. Первый период выполнения обязательств начался в 2008 году и закончился в 2012 году. Второй период начался 1 января 2013 года и закончится в 2020 году. Участниками Киотского протокола являются 192 государства.

Парижское соглашение

На 21-й сессии Конференции сторон Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата было заключено историческое соглашение по борьбе с изменением климата и активизации деятельности, необходимой для обеспечения устойчивого низкоуглеродного развития. Парижское соглашение опирается на мандат Конвенции и впервые в истории объединяет все народы, с тем чтобы предпринять решительные шаги по борьбе с изменением климата и смягчению его последствий и оказать в этом помощь развивающимся странам. Главная цель Парижского соглашения заключается в укреплении глобальных мер по борьбе с изменением климата, с тем чтобы удержать повышение глобальной температуры в этом веке в пределах 2°C и попытаться даже снизить этот показатель до $1,5^{\circ}\text{C}$.

Парижское соглашение было подписано в Центральных учреждениях ООН в Нью-Йорке 22 апреля 2016 года, в Международный день Матери-Земли, главами 175 государств. Это стало рекордным количеством стран, подписавших международное соглашение в один день.

Саммит Организации Объединенных Наций по климату 2019 года

В сентябре 2019 года Генеральный секретарь ООН проведет Саммит по климату, на котором будут обсуждаться проблемы в данной области. Ожидается, что мировые лидеры выступят с докладами о предпринимаемых мерах и запланированных мероприятиях в преддверии Конференции ООН по климату, которая состоится в 2020 году.

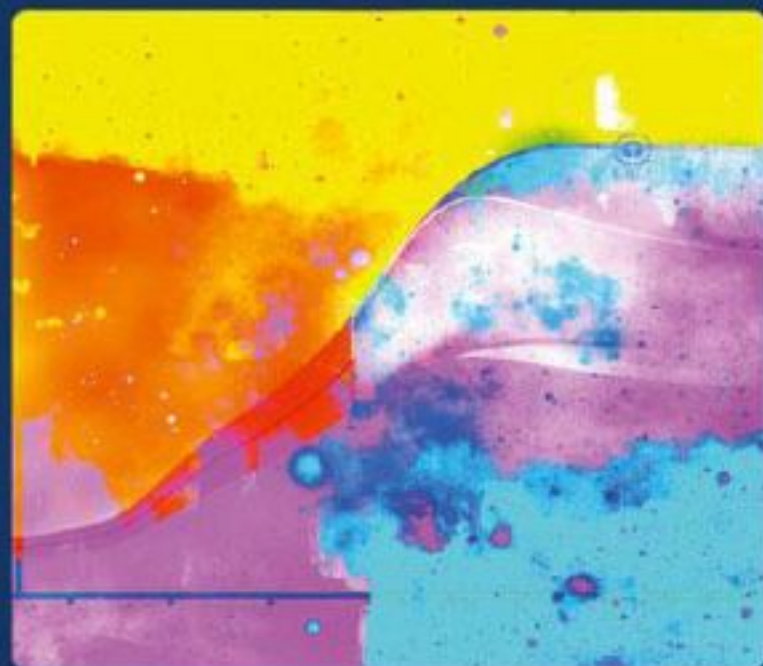
Нобелевская премия мира

Лауреатами Нобелевской премии мира за 2007 год стали

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) и бывший вице-президент США

Альберт Гор. Они удостоены этой награды за деятельность по изучению и распространению информации об антропогенных причинах изменения климата, а также за выработку возможных мер борьбы с такими изменениями.

Всемирная метеорологическая организация совместно с ЮНЕП основали Межправительственную группу экспертов по изменению климата (IPCC) в 1988 году.



ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change



Global Warming of 1.5 °C

An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.



PARIS2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE
COP21•CMP11

В 2015 году в Париже заключено новое глобальное соглашение по климату. В соответствии с этим соглашением каждая страна принимает свои обязательства. Оно вступит в силу, начиная с 2020 года. В чем состоит суть соглашения? В чем значение этого соглашения для России?

ОТВЕТ

1. Соглашение нацелено на сокращение влияния деятельности человека на изменение климата, а также на адаптацию к уже происходящим изменениям климата.

2. Для России это соглашение также имеет большое значение, так как предполагает ограничение выбросов парниковых газов (за счет новых технологий, нацеленных на повышение энергоэффективности и использование ВИЭ). Особое значение для России соглашение имеет в связи с тем, что при этом будет учтена роль лесов в поглощении парниковых газов.



Почему в "Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года" среди основных показателей для оценки состояния экологической безопасности отмечена «доля территорий, занятых лесами» и «доля особо охраняемых природных территорий»?

ОТВЕТ

1. Поддержание баланса биосферы (включая жизнеобеспечивающие функции, круговорот вещества и энергии, газовый состав атмосферы и пр.), как непрямого условия для обеспечения здоровья человека и возможностей для дальнейшего развития.
2. Сохранение биоразнообразия (включая как популяции отдельных видов, так и сообществ, и экосистемы). Наиболее эффективно это можно осуществлять на территории ООПТ.
3. Смягчение последствий негативного воздействия антропогенной деятельности на климат. Леса позволяют депонировать углерод, тем самым компенсируя повышение его концентрации в атмосфере вследствие деятельности человека. Кроме того, природные экосистемы, в особенности леса, смягчают климатические изменения, создавая микроклимат.



Почему в "Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года" среди вызовов и угроз экономической безопасности были названы «факторы, связанные с глобальным изменением климата»

ОТВЕТ

1. Адаптация к происходящим изменениям климата (среди которых - угрозы дефицита продовольствия и пресной воды). Для России особую значимость имеет проблема таяния многолетней мерзлоты (что требует укрепления конструкций, борьбу с биологическими инвазиями, включая инфекционные заболевания).
2. Устранение последствий различных аномальных явлений. Многократное возрастание частоты аномальных погодных явлений в последние годы требует все больших затрат на устранение последствий (аномальная жара 2010 года, наводнение на Амуре в 2013 году и др.).
3. Сокращение выбросов парниковых газов требует перехода на новые технологии для обеспечения энергоэффективности и развития возобновляемой энергетики, а также поддержание и приумножение лесных территорий и всего природного богатства для смягчения изменения климата и его последствий.

МОНИТОРИНГ

система постоянного наблюдения за явлениями и процессами, проходящими в окружающей среде и обществе, результаты которого служат для обоснования управленческих решений по обеспечению безопасности людей и объектов экономики. В рамках системы наблюдения происходит оценка, контроль объекта, управление состоянием объекта в зависимости от воздействия определённых факторов.

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (АСКОС)**

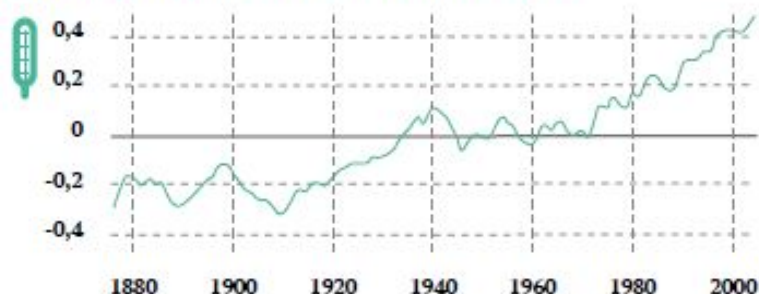


ОКЕАН

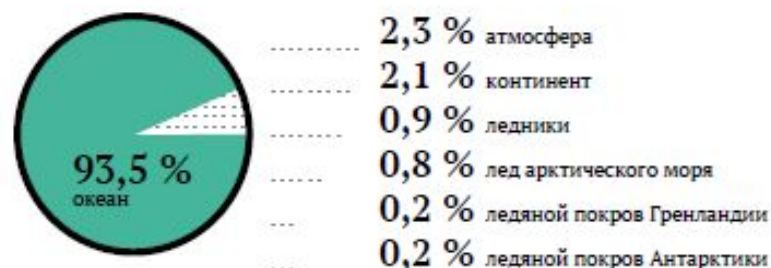


ФАКТЫ О МИРОВОМ ОКЕАНЕ

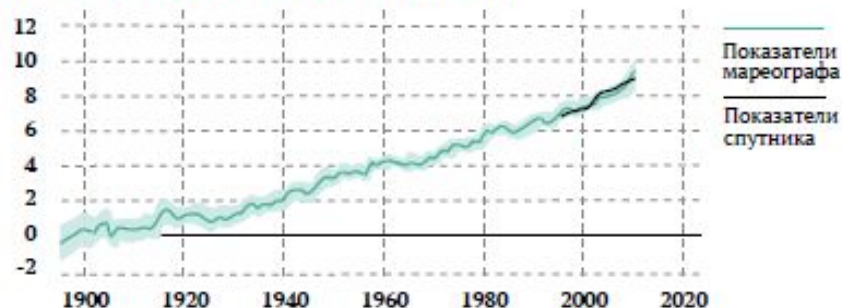
ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ МИРОВОГО ОКЕАНА



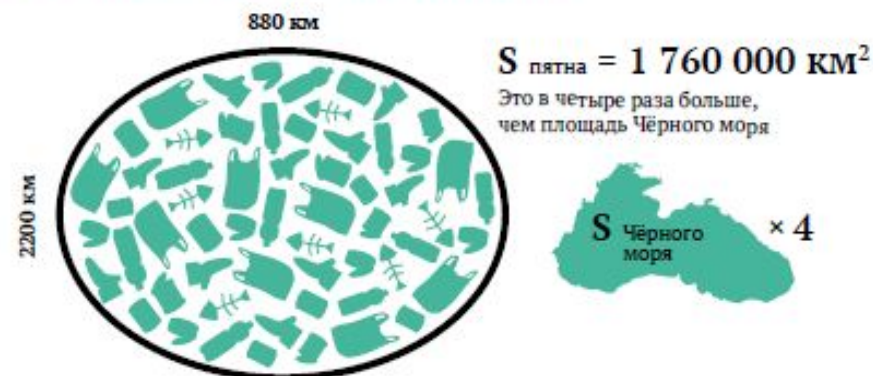
КУДА «УХОДИТ» ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ?



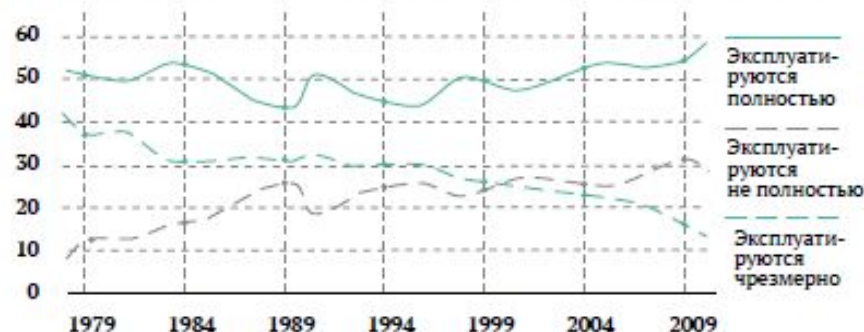
ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ МИРОВОГО ОКЕАНА



БОЛЬШОЕ ТИХООКЕАНСКОЕ МУСОРНОЕ ПЯТНО

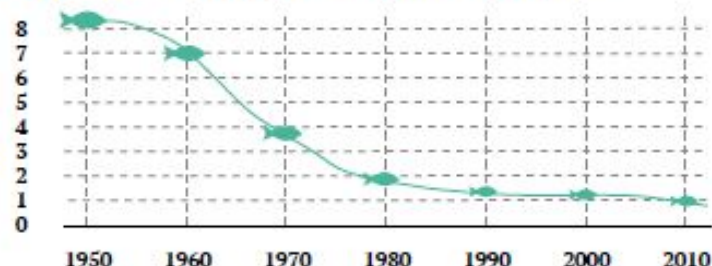


ГЛОБАЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОСТОЯНИЯ МИРОВЫХ РЫБНЫХ ЗАПАСОВ



ГЛОБАЛЬНОЕ СОКРАЩЕНИЕ ПОПУЛЯЦИИ ТУНЦА

количество пойманной рыбы на 100 поставленных крючков



OUR WORLD OCEAN

provides

THE AIR WE BREATHE



>50% The ocean produces over half of the world's oxygen and stores 50 times more carbon dioxide than our atmosphere.

CLIMATE REGULATION

70% Covering 70% of the Earth's surface, the ocean transports heat from the equator to the poles, regulating our climate and weather patterns.



TRANSPORTATION



76% Percent of all U.S. trade involving some form of marine transportation.

RECREATION



From fishing to boating to kayaking and whale watching, the ocean provides us with so many unique activities.

ECONOMY



\$282 billion Amount the U.S. ocean economy produces in goods and services. Ocean-dependent businesses employ almost 3 million people.

FOOD

The ocean provides much more than just seafood. Ingredients from the sea are found in surprising foods such as peanut butter and soymilk.



MEDICINE

Many medicinal products come from the ocean, including ingredients that help fight cancer, arthritis, Alzheimer's disease, and heart disease.



Рельеф дна океана



Вертикальная зональность МО

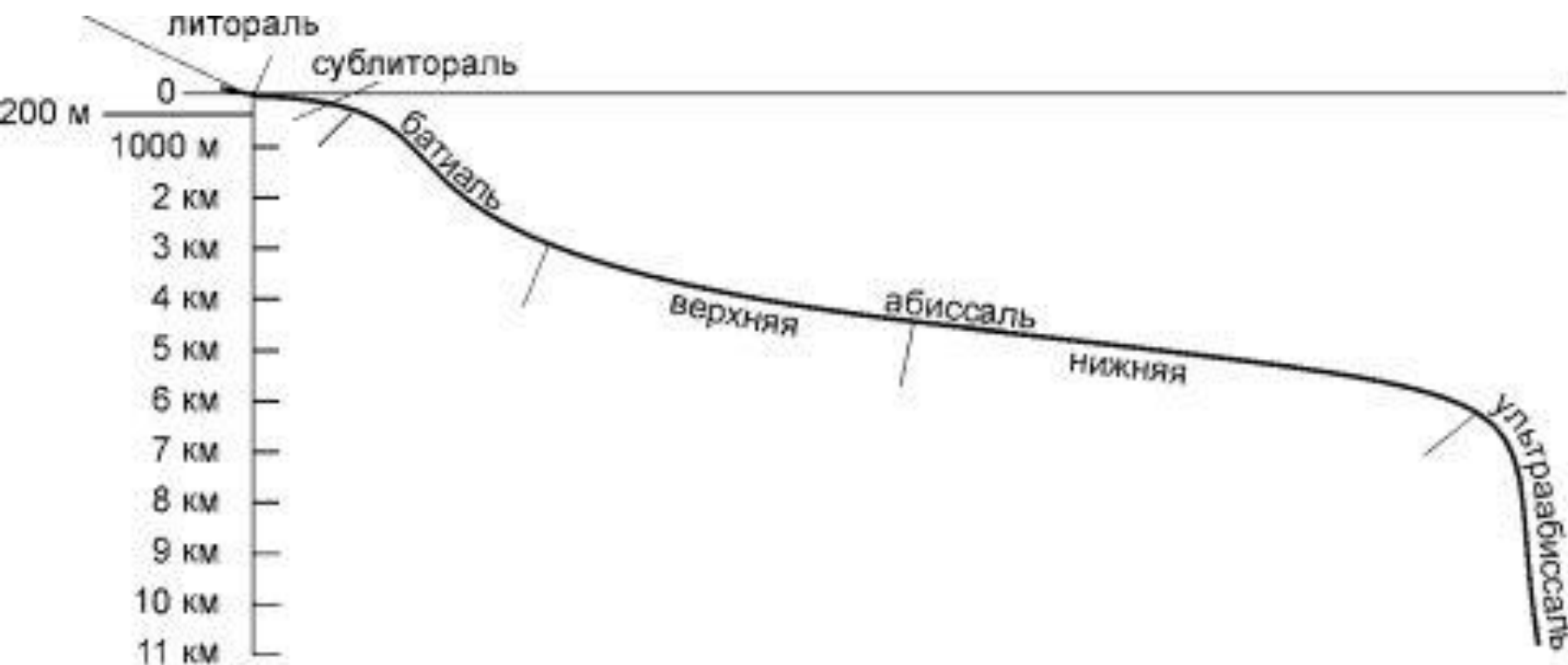


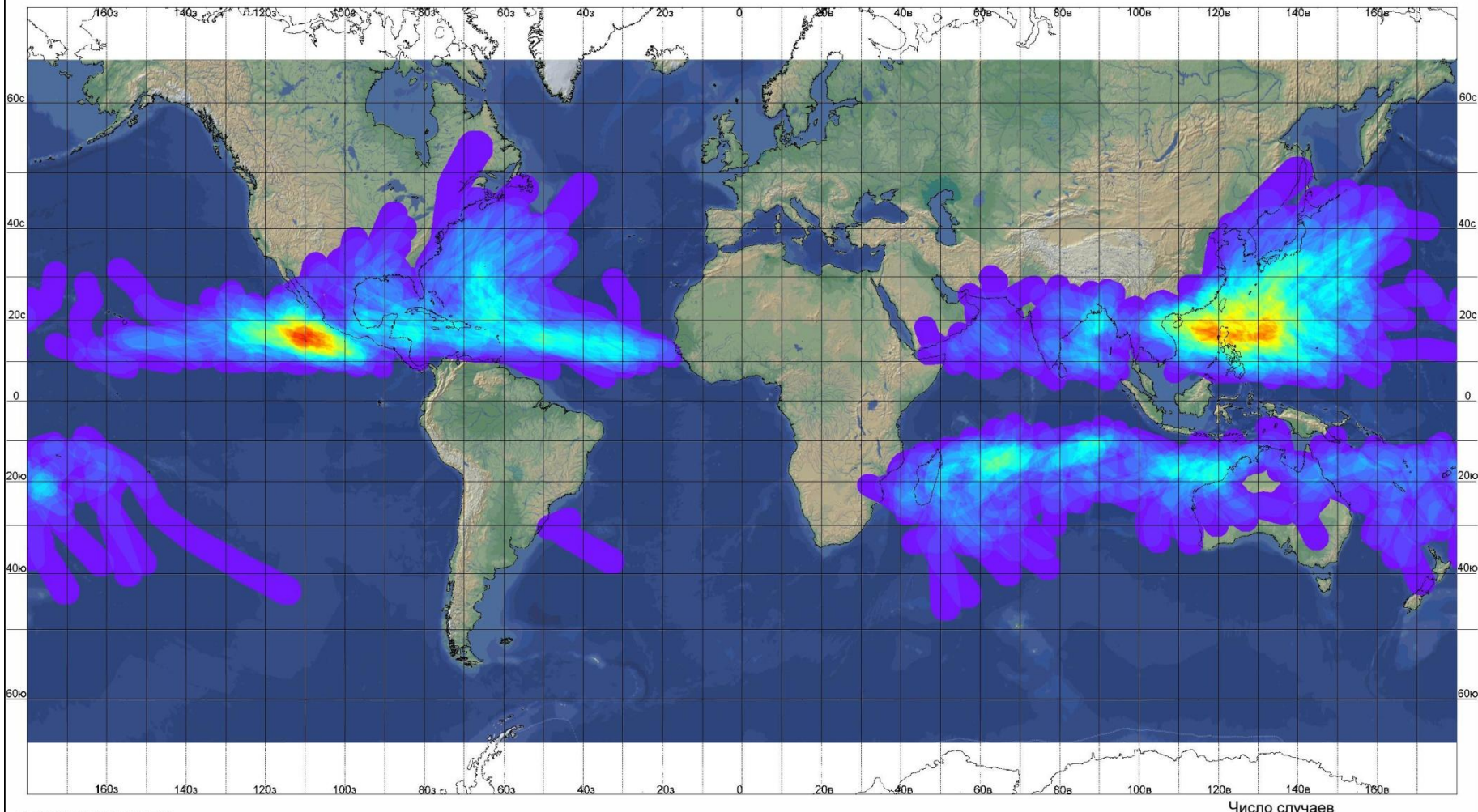
Рис. 6.2. Вертикальная зональность Мирового океана. По А.И. Кафанову, В.А. Кудряшову (2000).

Циклоны над океанами



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ФГБУ "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР КОСМИЧЕСКОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ "ПЛАНЕТА"



ФГБУ "НИЦ "ПЛАНЕТА"
Россия, 123242 Москва
Б. Предтеченский пер., 7
Тел.: (499) 2523717
Факс: (499) 2526610
E-Mail: asmus@planet.iitp.ru
<http://planet.iitp.ru>
<http://planet.rssi.ru>

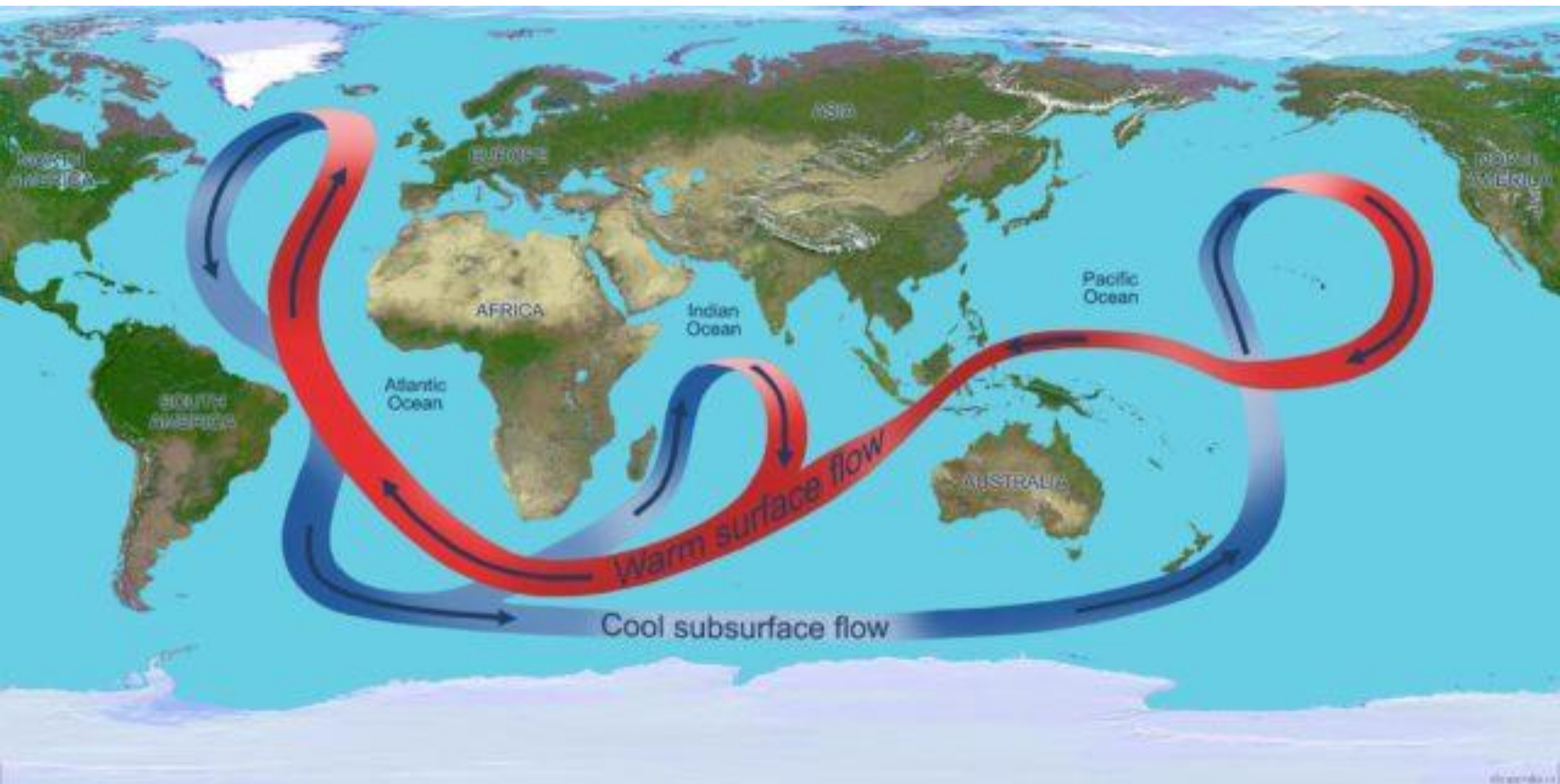
Глобальная карта повторяемости тропических циклонов
за 2007-2011 г.г.

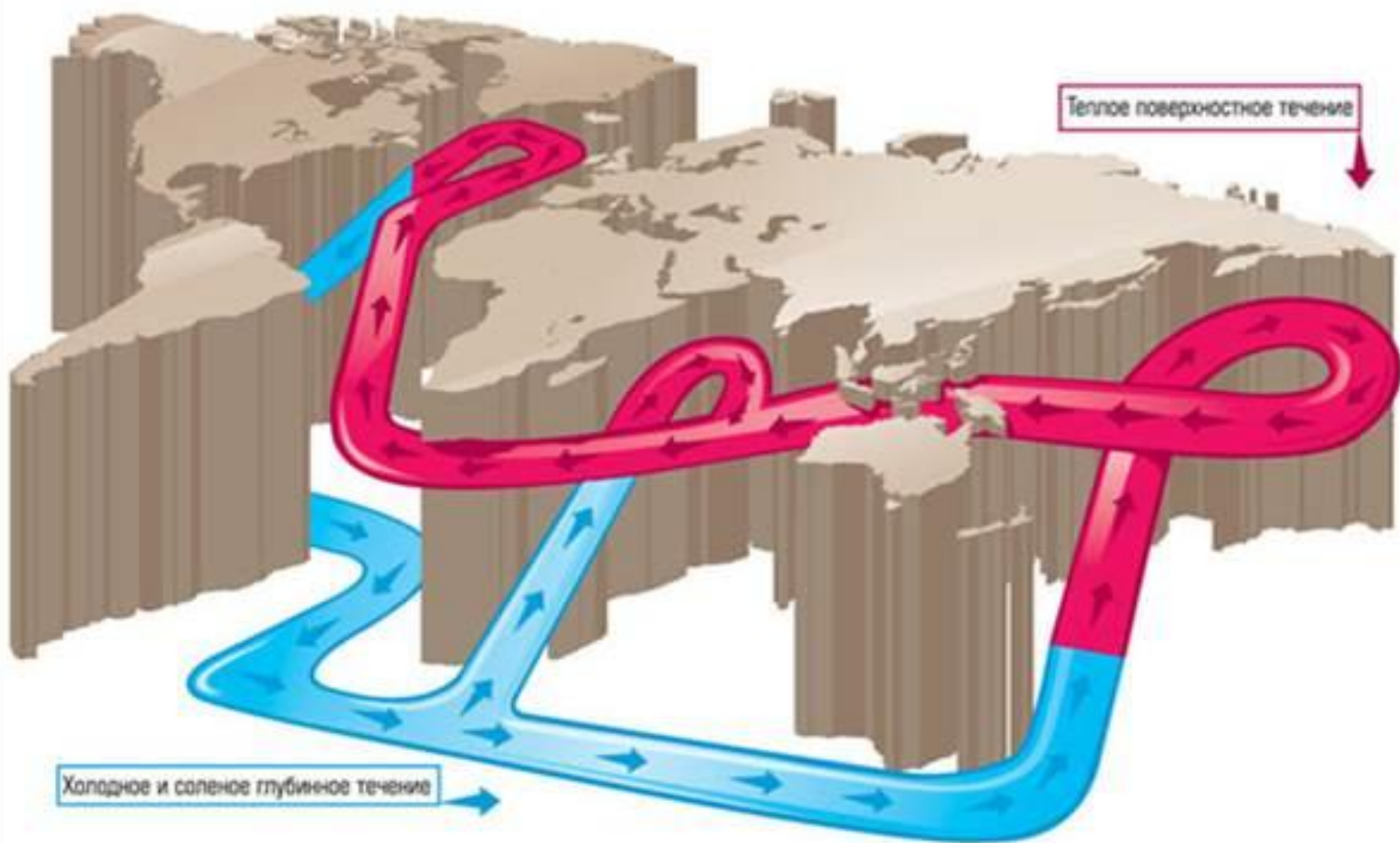


Диаметр центрального облачного массива
600 км

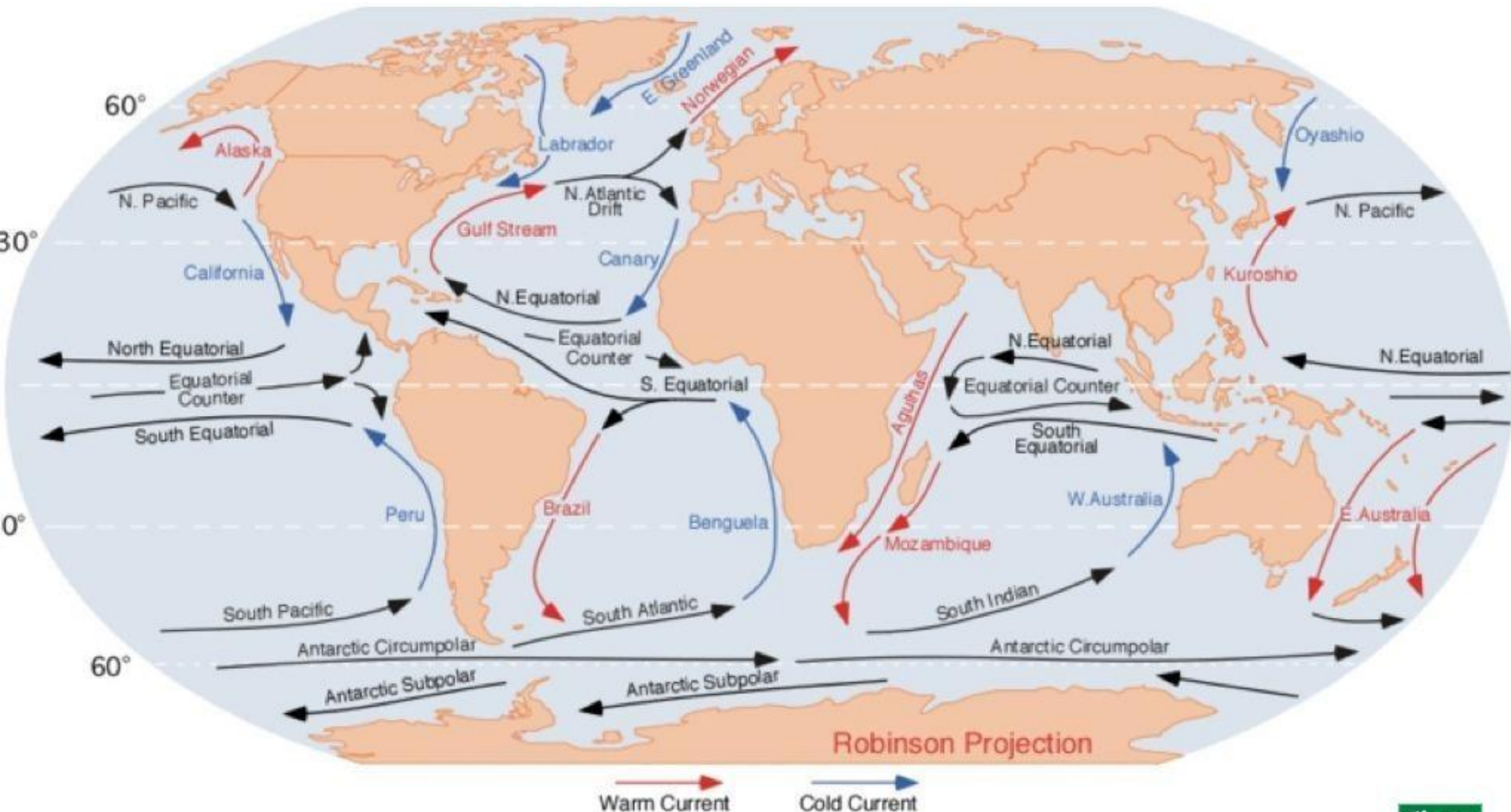
Проекция Меркатора
Стандартная параллель 45°

Океанические течения



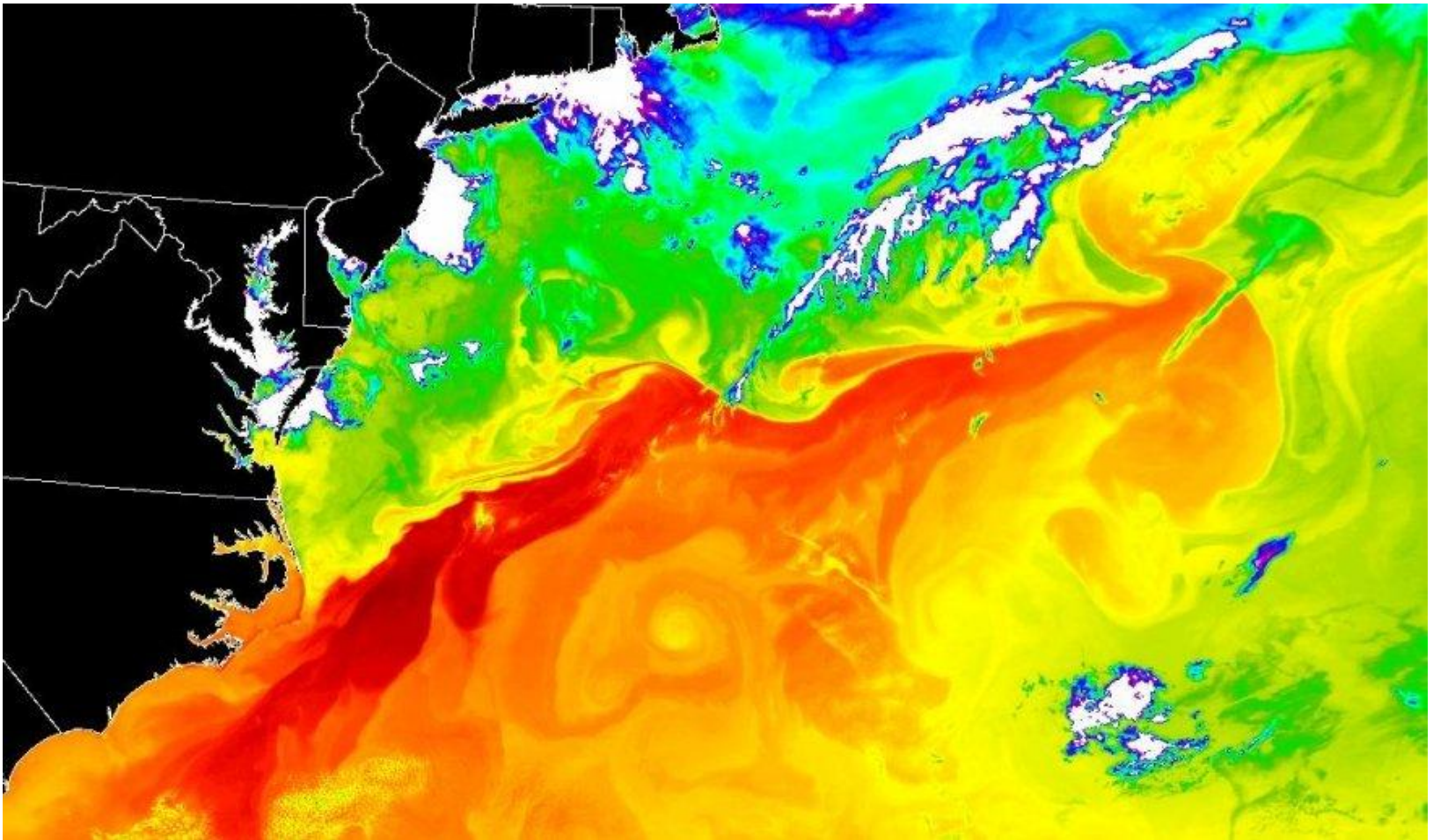


Подробная схема течений

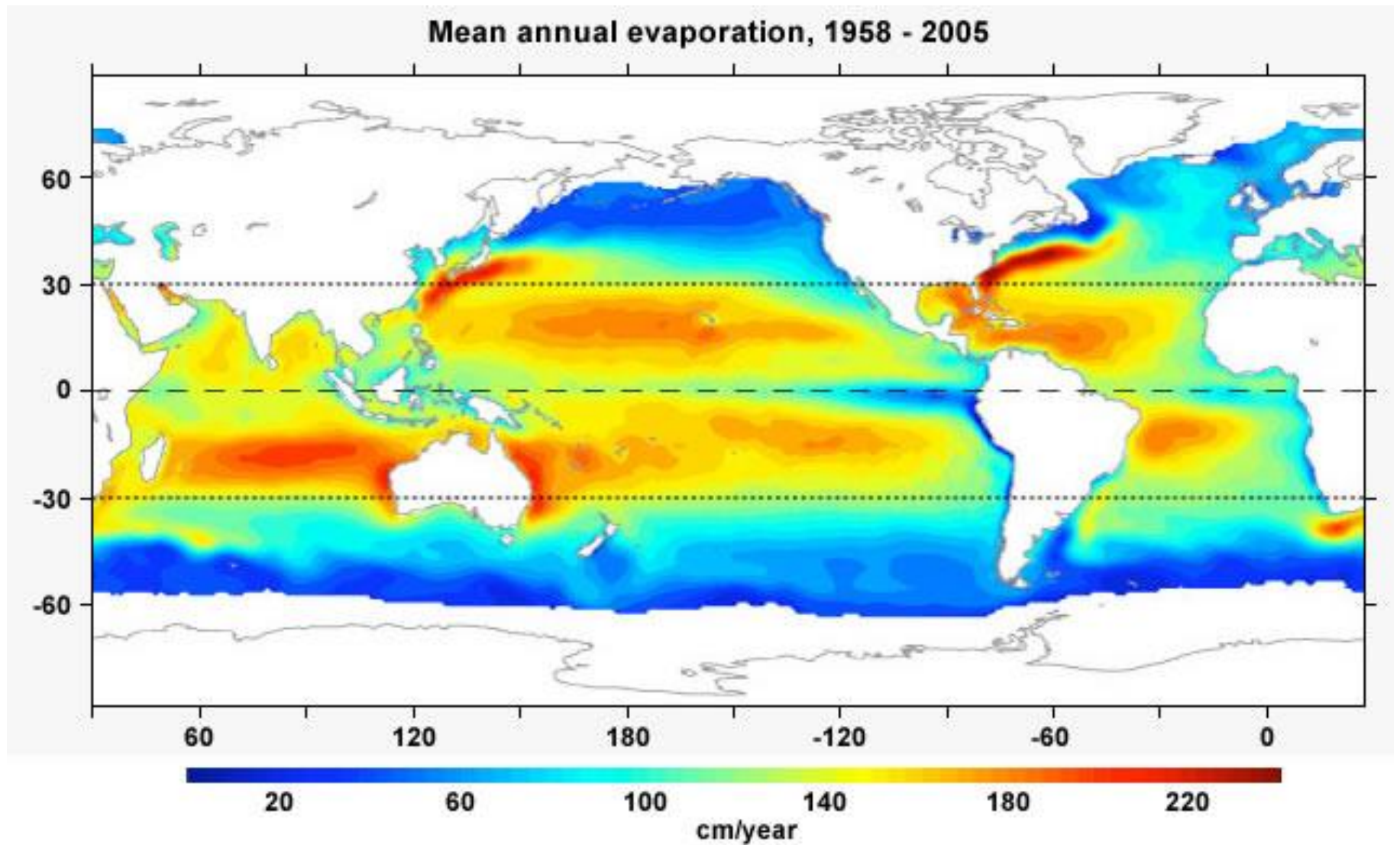


Major Ocean Currents

Гольфстрим замедлился?

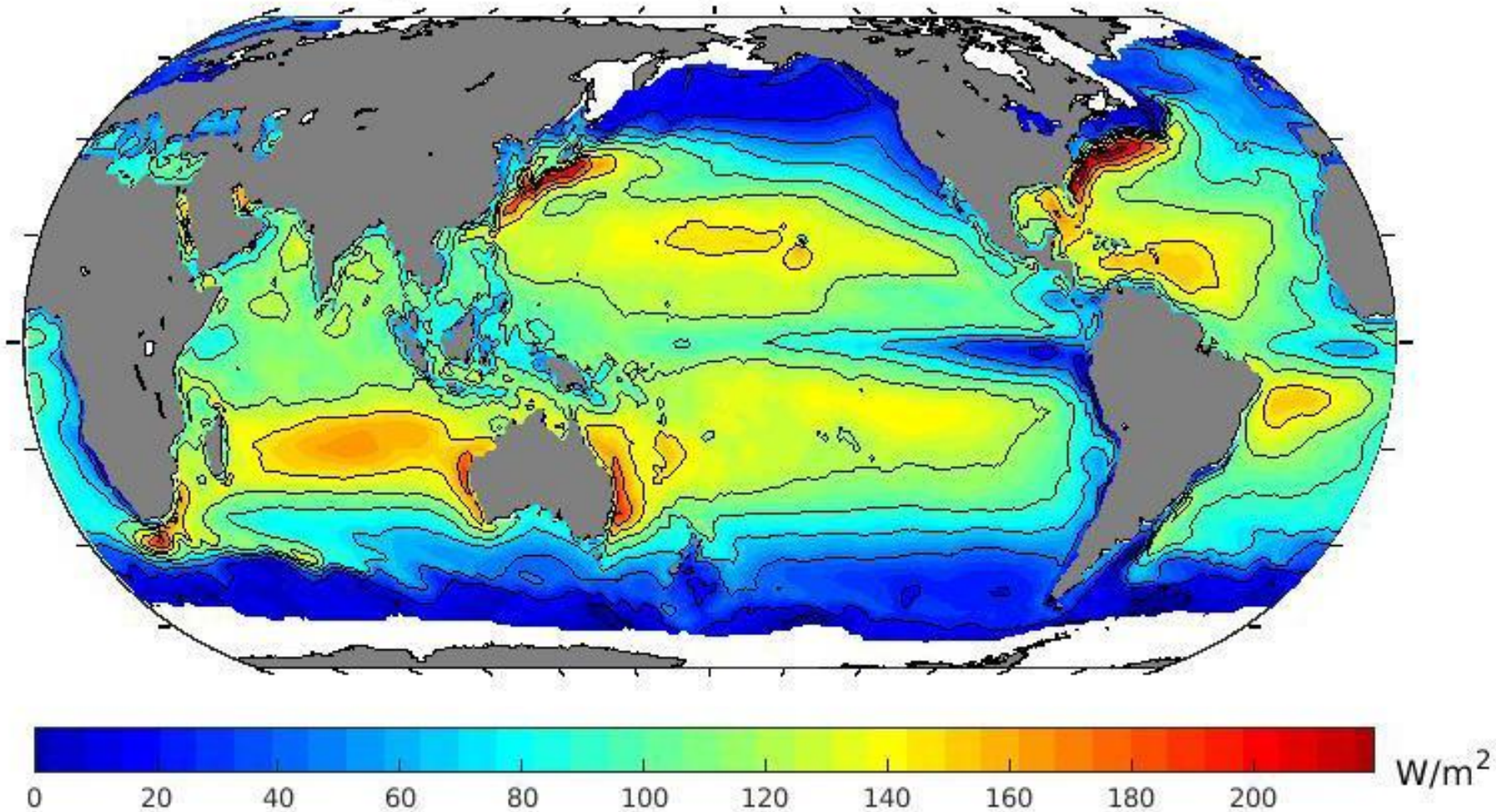


Испарение



Тепловой поток

Mean (1958-2015) Latent Heat Flux



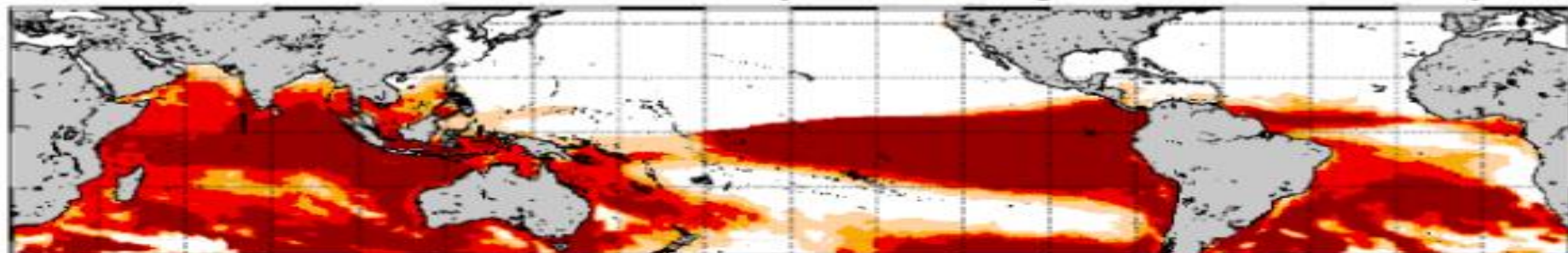
Healthy - Dec 2014

Dying - Feb 2015

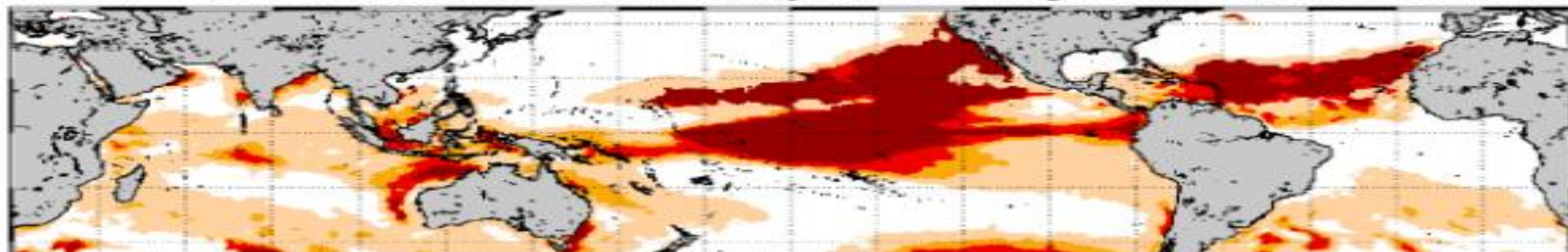
Dead - Aug 2015



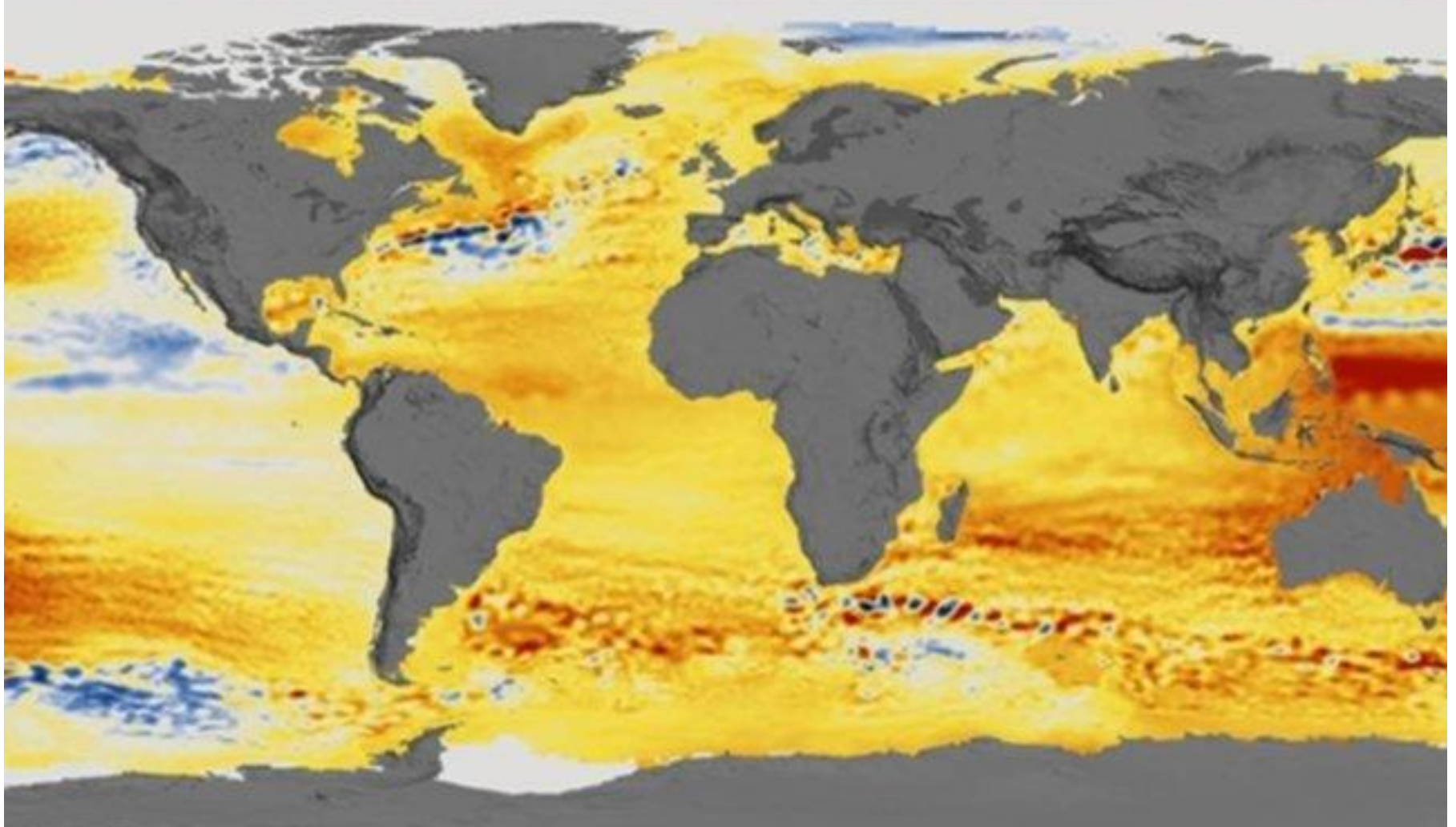
2015 Oct 6 NOAA Coral Reef Watch 60% Probability Coral Bleaching Thermal Stress for Feb-May 2016



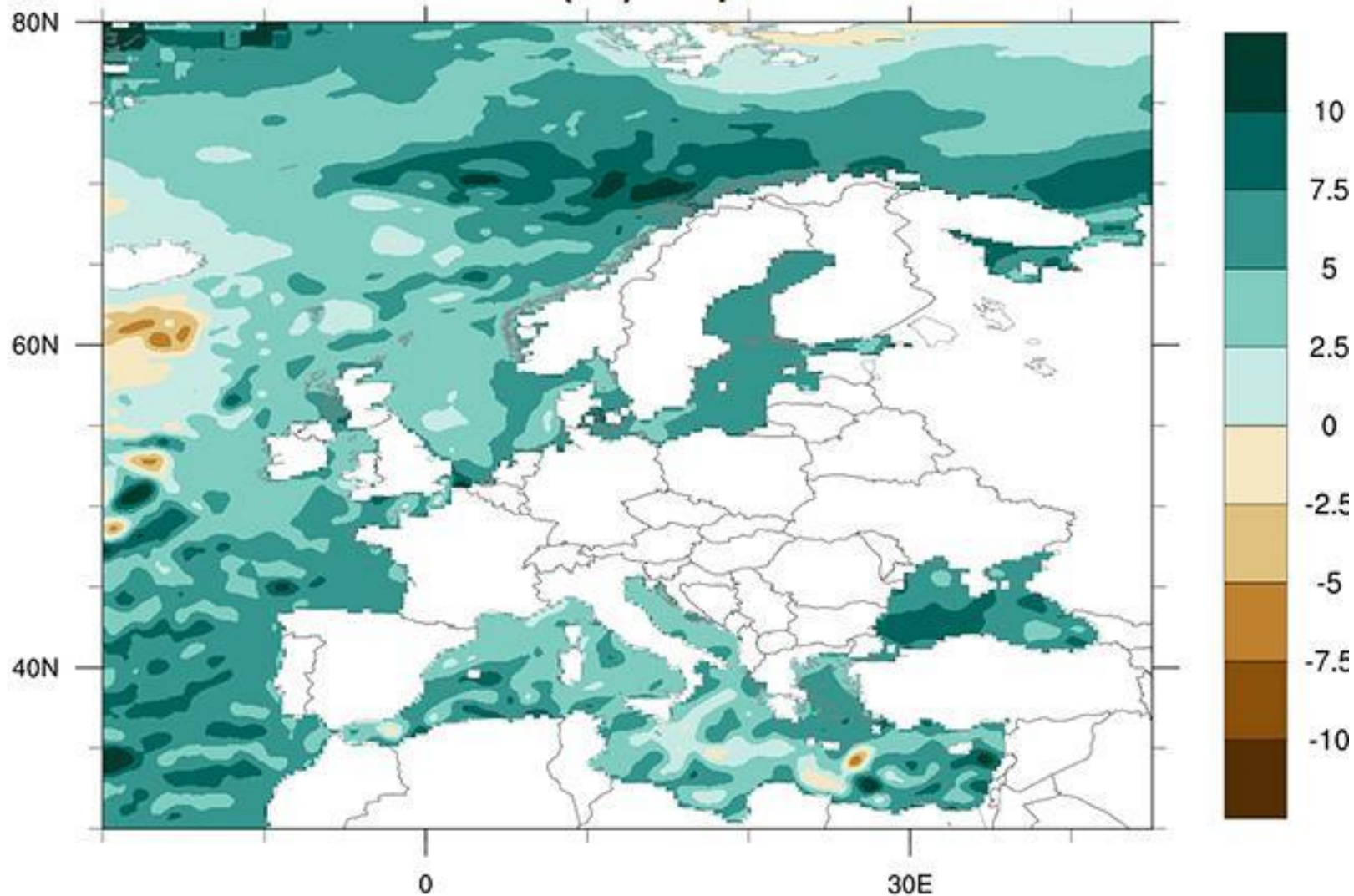
2015 Oct 6 NOAA Coral Reef Watch 60% Probability Coral Bleaching Thermal Stress for Oct-Jan 2016

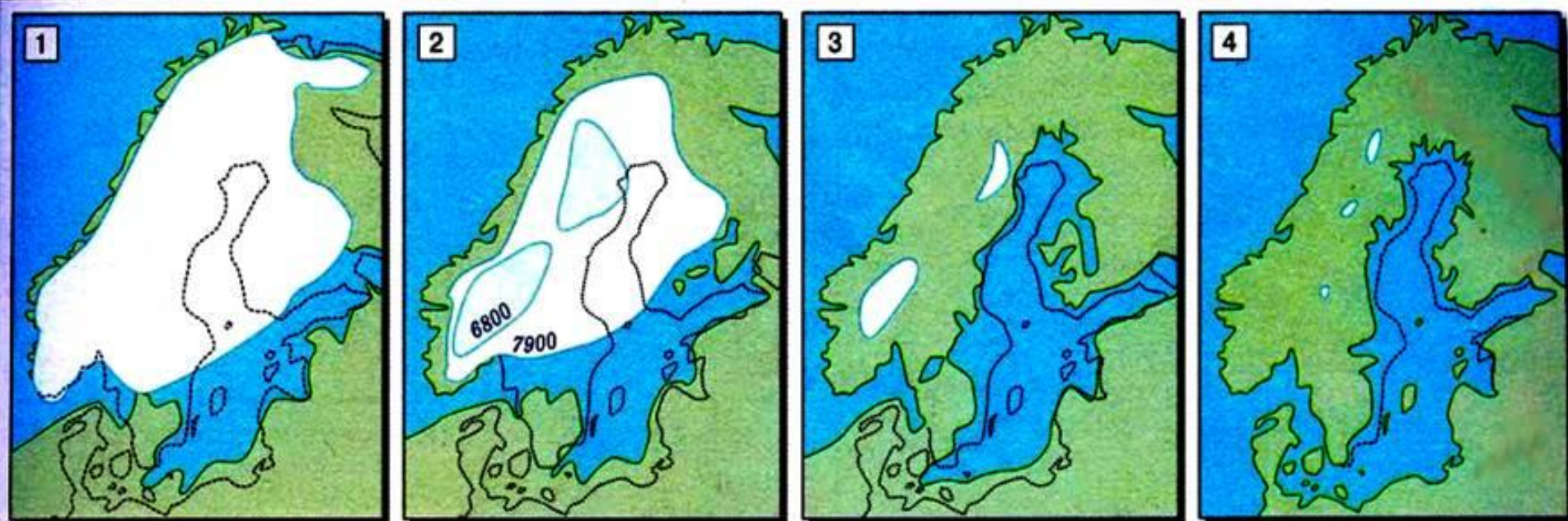


Уровень по NASA



2016 mean sea level (cm) compared to 1993-2012





1. Балтийское ледниковое озеро (около 16 тыс. лет до н.э.)

Озеро занимало территорию Рижского и Финского заливов. Уровень воды был выше современного на 20 м и более. Климат арктический, похожий на климат современной Гренландии.

2. Иольдиево море (около 7,9 тыс. лет до н.э.)

Балтика на севере соединялась с Ледовитым океаном, а на западе — с Атлантикой. Преобладало влияние холодного океана. Арктическая флора и фауна. На побережье — тундра.

3. Анцилово озеро (около 6,8 тыс. лет до н.э.)

Балтика становится озером. Преобладал континентальный климат. Пресноводная фауна и флора. На побережье росли осина, береза, сосна. Уровень воды был на 30 м выше современного.

4. Литориновое море (около 5 тыс. лет до н.э.)

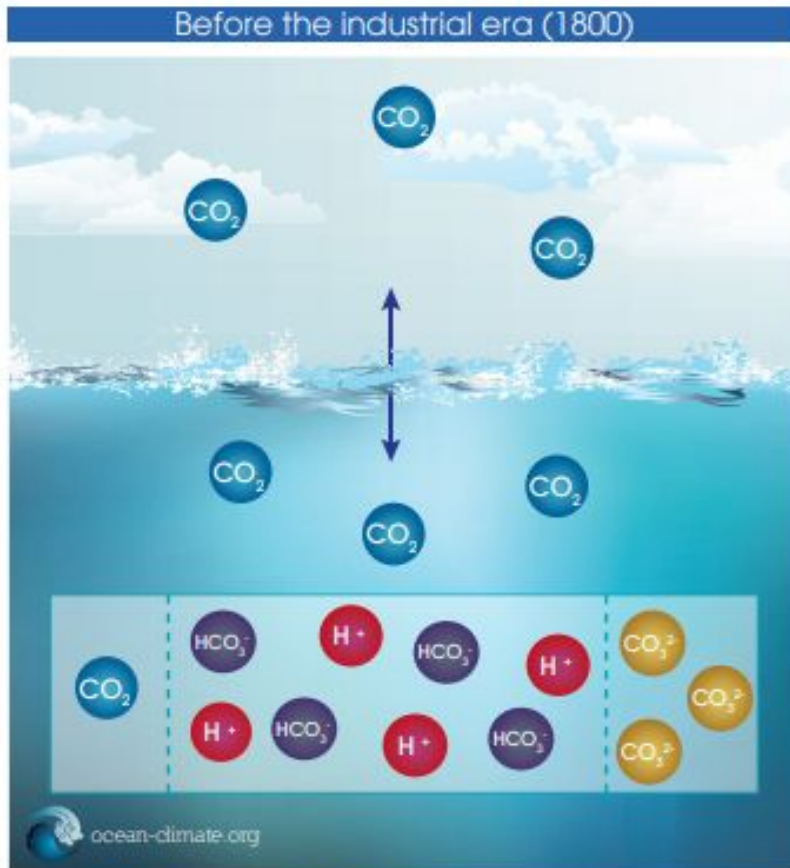
Море соединялось с Атлантикой. Климат морской. Флора и фауна атлантического характера. На побережье растет дуб.

-  Материковый ледник
-  7900 Возраст ледника
-  Суша
-  Береговая линия Балтийского моря на разных стадиях его развития
-  Современная береговая линия

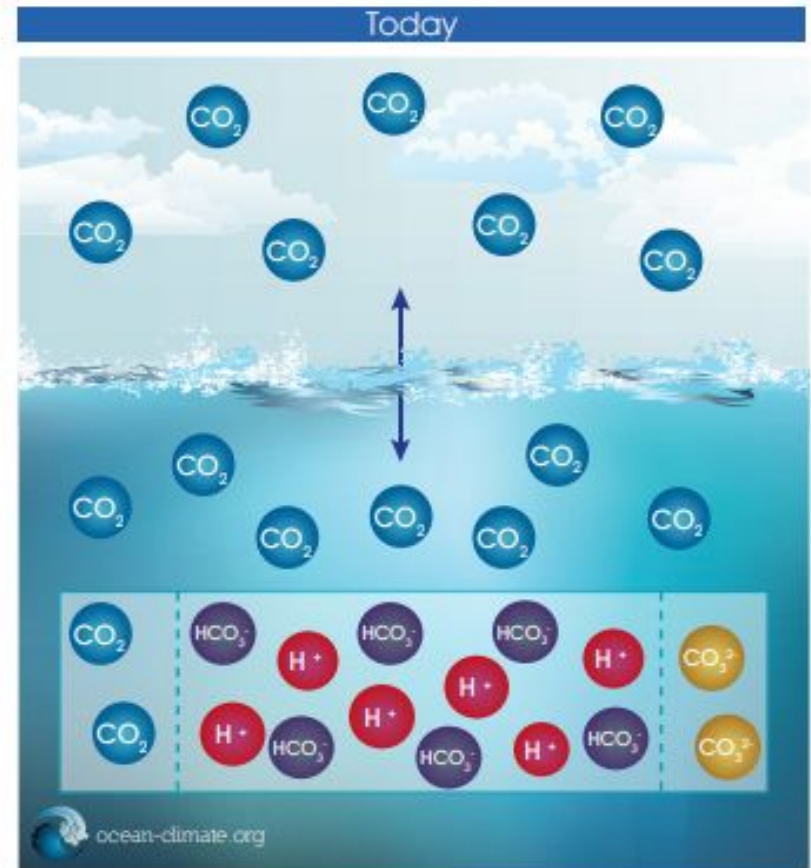
Масштаб 1:35 000 000

Окисление

Learn more about the chemical mechanism of ocean acidification



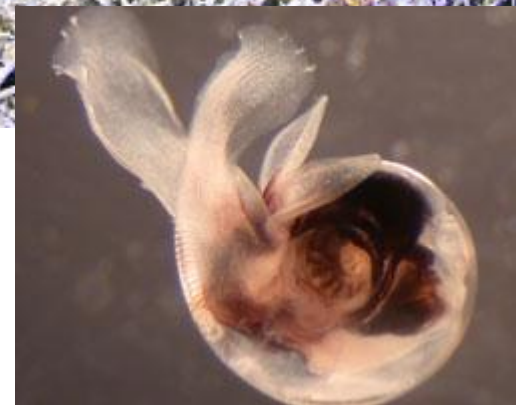
CO_2 , HCO_3^- and CO_3^{2-} are in stable proportions



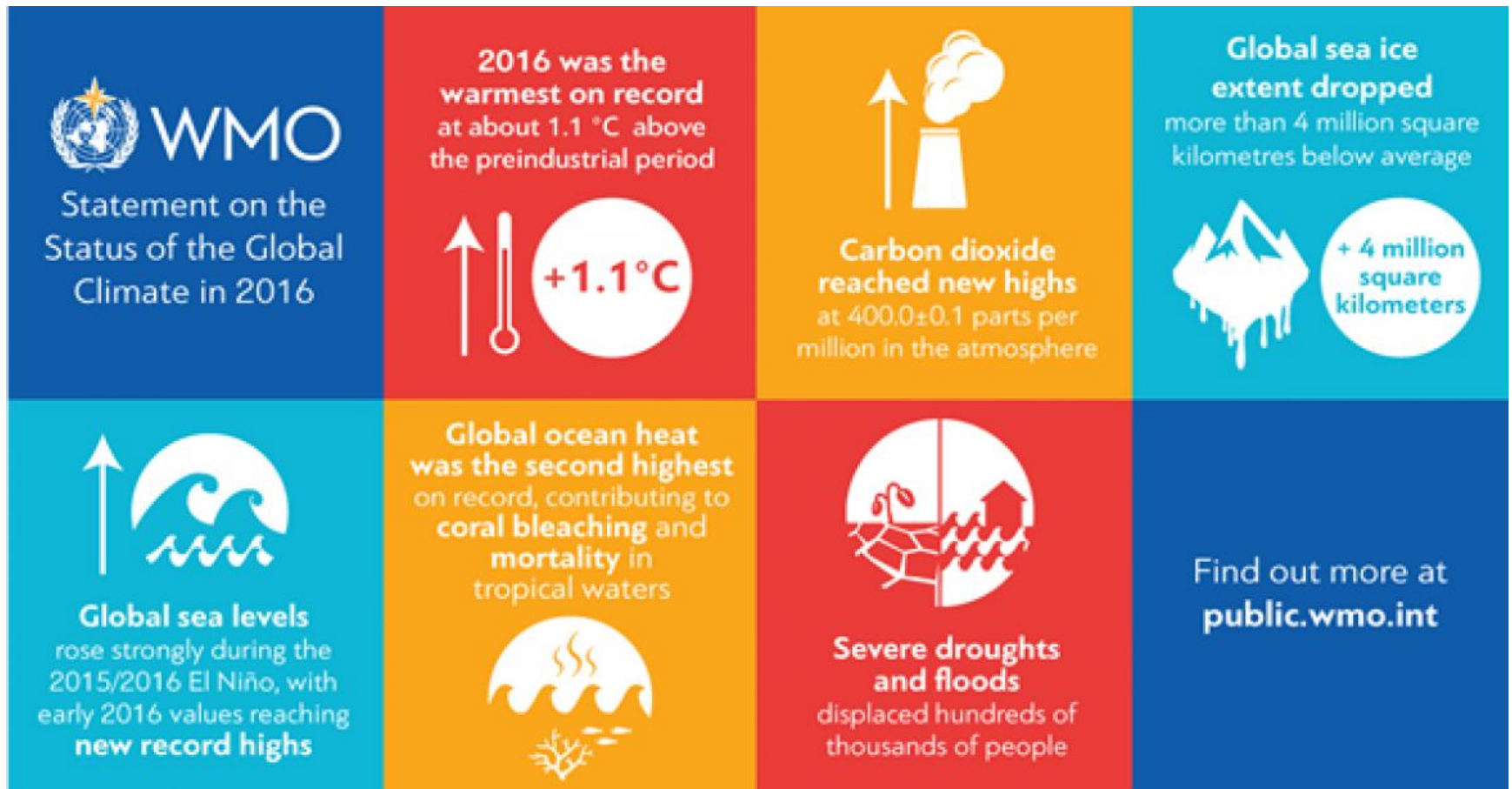
The balance has shifted:

CO_2 and HCO_3^- increase CO_3^{2-} decreases

Increase of H^+ = Increase in acidity



Всемирная метеорологическая организация (ВМО)



Межправительственная океанографическая комиссия (МОК)



платформа «Океан и климат»

<http://ocean-climate.org/?lang=en>

- Международный координационный проект по океаническому углероду (МКПОУ)
- Глобальная система океанических наблюдений (ГООС)
- Глобальная система наблюдений за уровнем моря (ГЛОСС)
- Изменение климата и динамика экосистем
- Группа океанических наблюдений за климатом (ГКНО)
- Океаническая биогеографическая информационная система (ОБИС)

АТМОСФЕРА

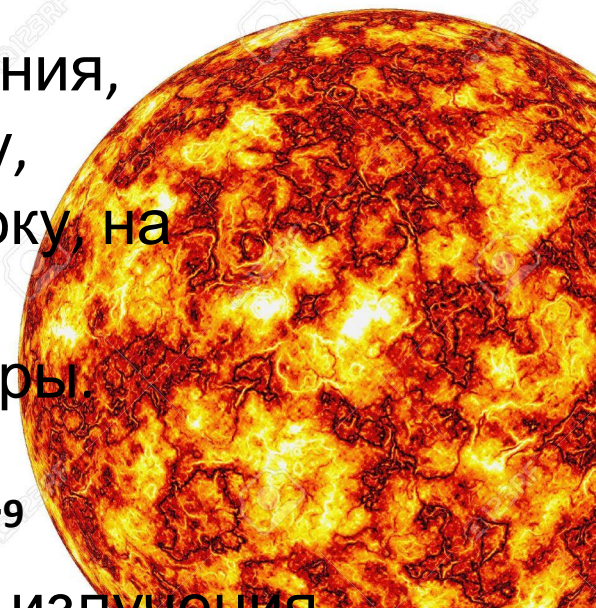


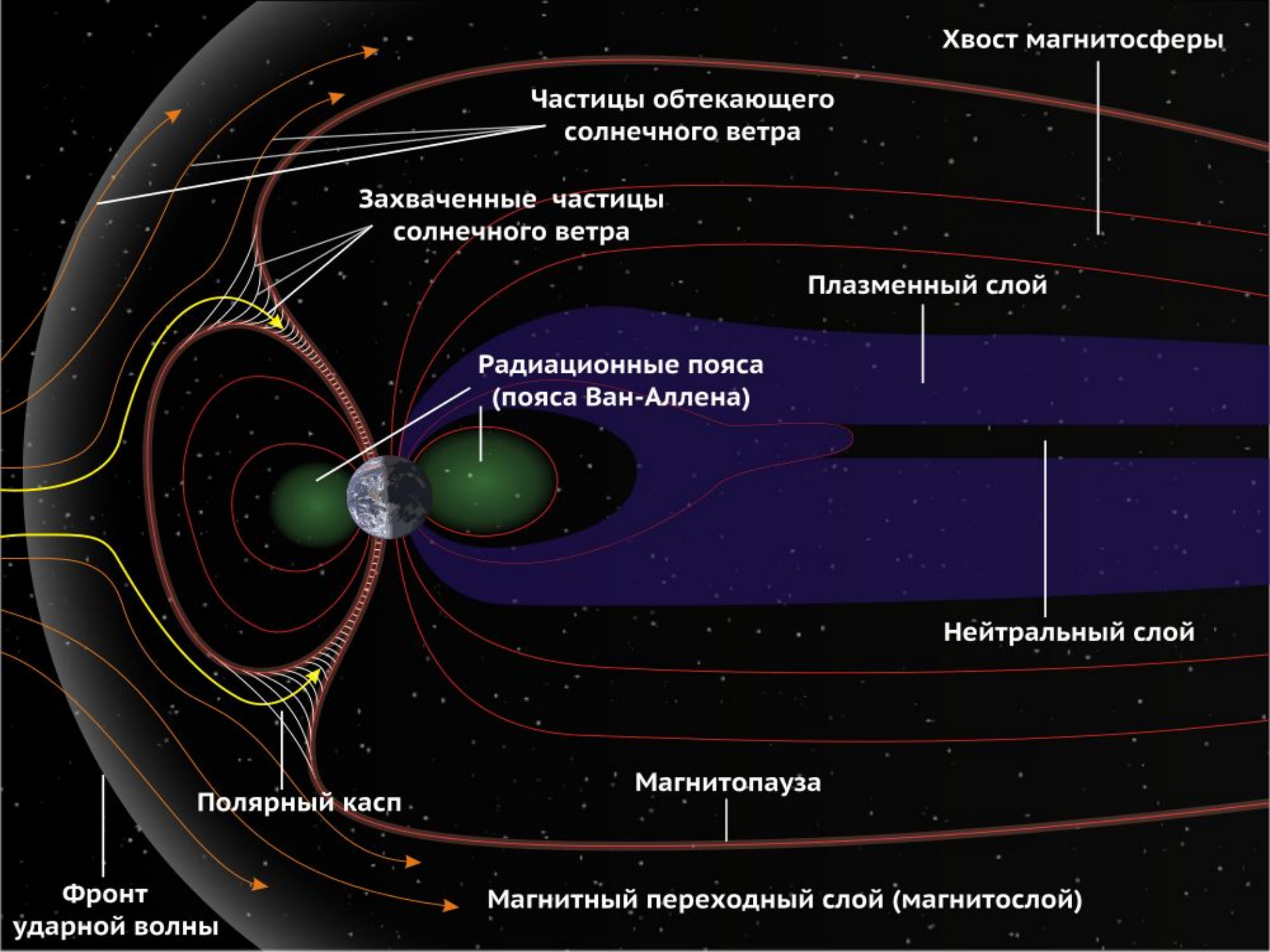
Солнечная радиация — электромагнитное и корпускулярное излучение Солнца.

Солнечная радиация измеряется мощностью переносимой ею энергии на единицу площади поверхности (**ватт/м²**)

Солнечная постоянная — суммарная мощность солнечного излучения, проходящего через единичную площадку, ориентированную перпендикулярно потоку, на расстоянии одной астрономической единицы от Солнца вне земной атмосферы.

Земля получает от Солнца менее **$0,5 \times 10^{-9}$** (одной двухмиллиардной) от энергии его излучения





Солнечный ветер —

поток ионизированных частиц

(в основном гелиево-водородной плазмы), истекающий из солнечной короны со скоростью 300—1200 км/с в окружающее космическое пространство. Является одним из основных компонентов межпланетной среды.

Множество природных явлений связано с солнечным ветром, в том числе такие явления космической погоды, как магнитные бури и полярные сияния.

Медленный

Быстрый

Возмущенные
потоки

Полярное сияние (*аврора*, лат. *Aurora*)
устар. «**пазори**» — свечение верхних
слоёв атмосфер планет,
обладающих магнитосферой, вследствие их
взаимодействия с заряженными
частицами солнечного ветра.



Для измерения солнечной радиации
служат пиргелиометры и
пиранометры.



Пиранометр

тип актинометра, используемый для измерения солнечной радиации, попадающей на поверхность. (ватт/м²)

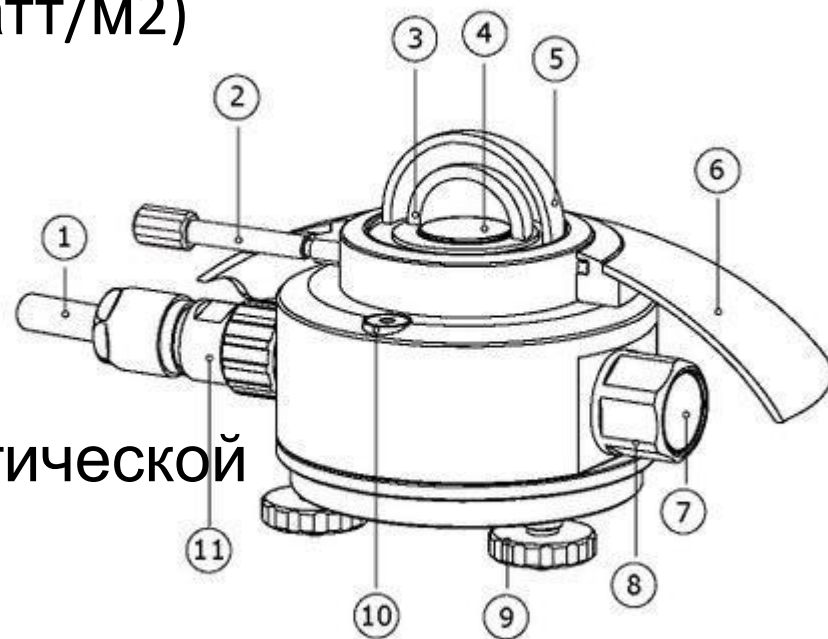
Не требует электропитания

Стандарты:

ISO 9060 или эквивалентный стандарт Всемирной метеорологической организации.

В России действуют ГОСТ Р 8.807-2012 и ГОСТ 8.195-2013.

Второй класс точности



Пиргелиометр

абсолютный прибор для измерений прямой солнечной радиации, падающей на поверхность перпендикулярную солнечным лучам.

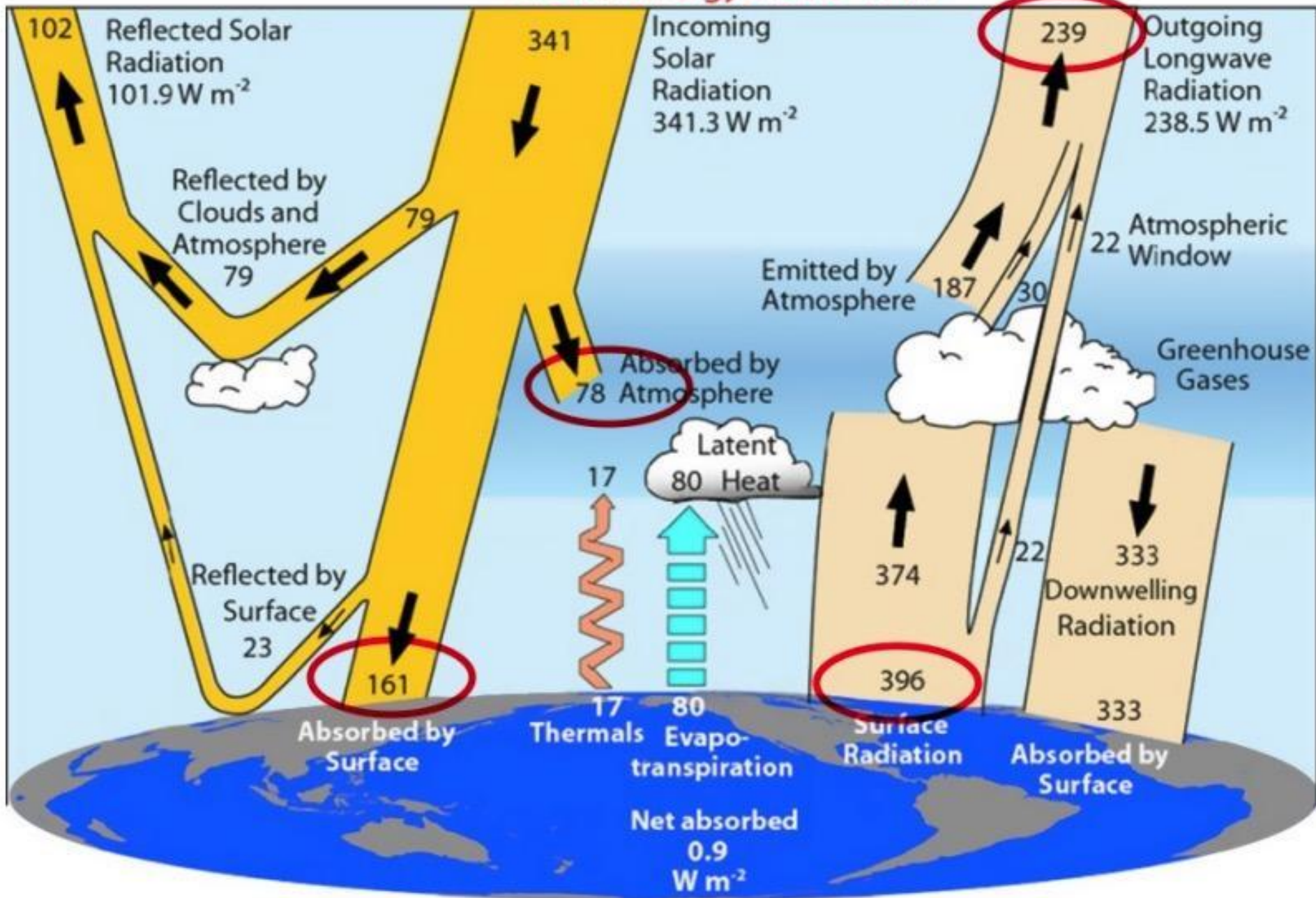
Принцип действия основан на измерении количества тепла, образующегося при поглощении солнечного излучения.

Пиргелиометр в основном применяется для поверки относительных приборов — актинометров.

В современных пиргелиометрах в качестве сенсора используются термобатареи — ряд последовательно соединённых термоэлементов (полупроводниковые элементы, использующие термоэлектрические явления).



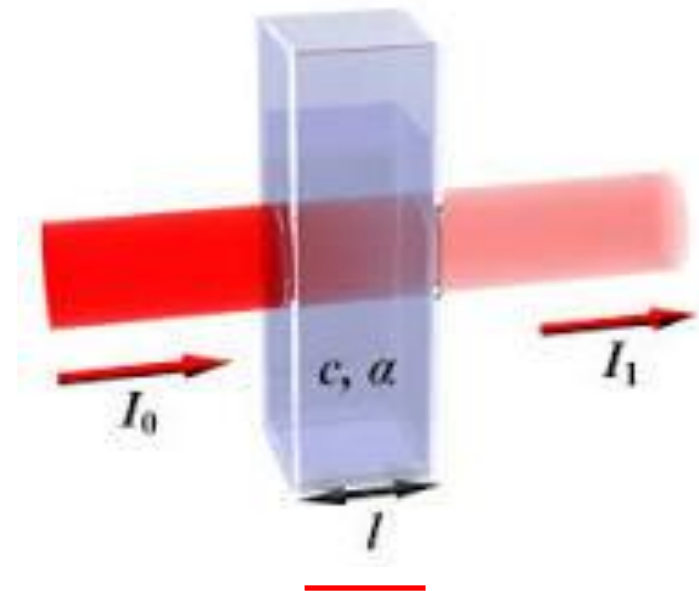
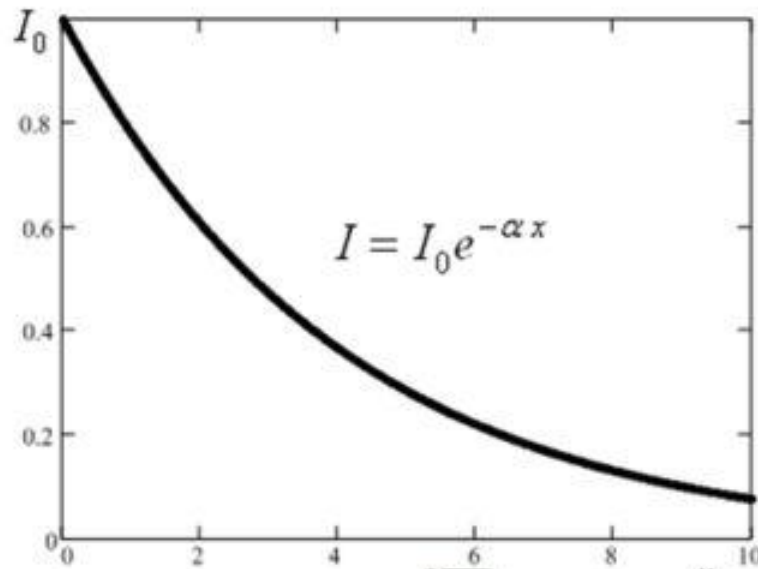
Global Energy Flows W m^{-2}



Поглощение

Закон Бугера — Ламберта — Бера

$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$



Оптическая толщина

Где I — интенсивность света, прошедшего слой вещества толщиной s ,
 I_0 — интенсивность света на входе в вещество,
 α — показатель поглощения

Оптическая толщина (τ) среды — это безразмерная величина, которая характеризует ослабление света в среде за счёт его поглощения и рассеяния.

$$\tau = \int_{z_0}^{z_1} \sigma_a(z) n(z) dz$$

σ_a -сечение поглощения (м²)

n -практическая концентрация (м⁻³)

z -высота над уровнем моря

Излучение абсолютного черного тела

Абсолютно чёрное тело — физическое тело, которое при любой температуре поглощает всё падающее на него электромагнитное излучение во всех диапазонах.

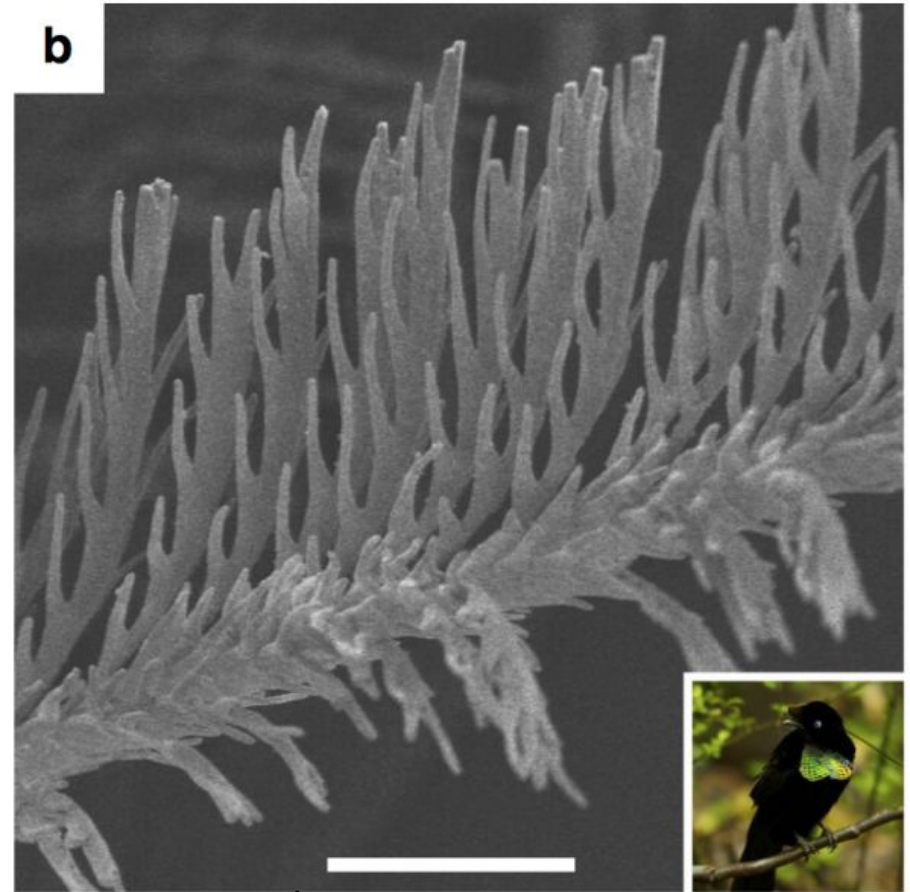
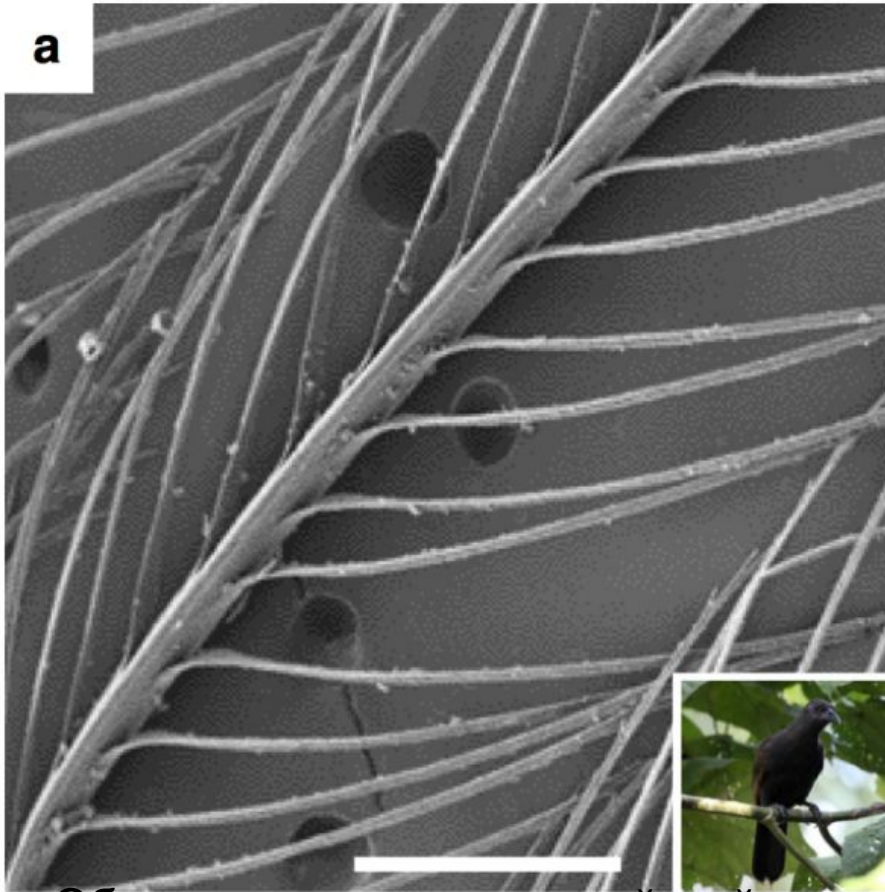
У абсолютно чёрного тела поглощательная способность (отношение поглощённой энергии к энергии падающего излучения) равна 1 для излучения всех частот, направлений распространения и поляризаций



**Модель абсолютно черного
тела**

Пример из природы

Некоторые виды райских птиц (*Paradisaeidae*) обладают уникальным "нанотехнологичным" оперением, которое поглощает 99,95% света и выглядит более черным, чем любой другой природный темный материал на Земле.



«Обычное» черное перо райской птицы *Lycocorax pyrrhopterus* и «сверх-черное» перо *Parotia wahnesi* / ©McCoy et al., 2018

Для сравнения:

Vantablack (вертикально ориентированные массивы нанотрубок» + *black* «чёрный») — субстанция из углеродных нанотрубок. Является самым чёрным из известных веществ. Поглощает 99,965 % падающего на него излучения: видимого света, микроволн и радиоволн(для сравнения: самый чёрный уголь поглощает 96 % света).



Когда поглощение и рассеяние происходят одновременно, то:

$$\sigma_e = \sigma_a + \sigma_s$$

И оптическая толщина:

$$\tau = \int_{z_0}^{z_1} \sigma_e(z) n(z) dz$$

Каждый объект с температурой около 0К (-273,15 С) излучает энергию. Интенсивность излучаемой энергии определяется по формуле **Планка**:

$$B_{\lambda}(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 (\exp(hc/k\lambda T) - 1)}$$

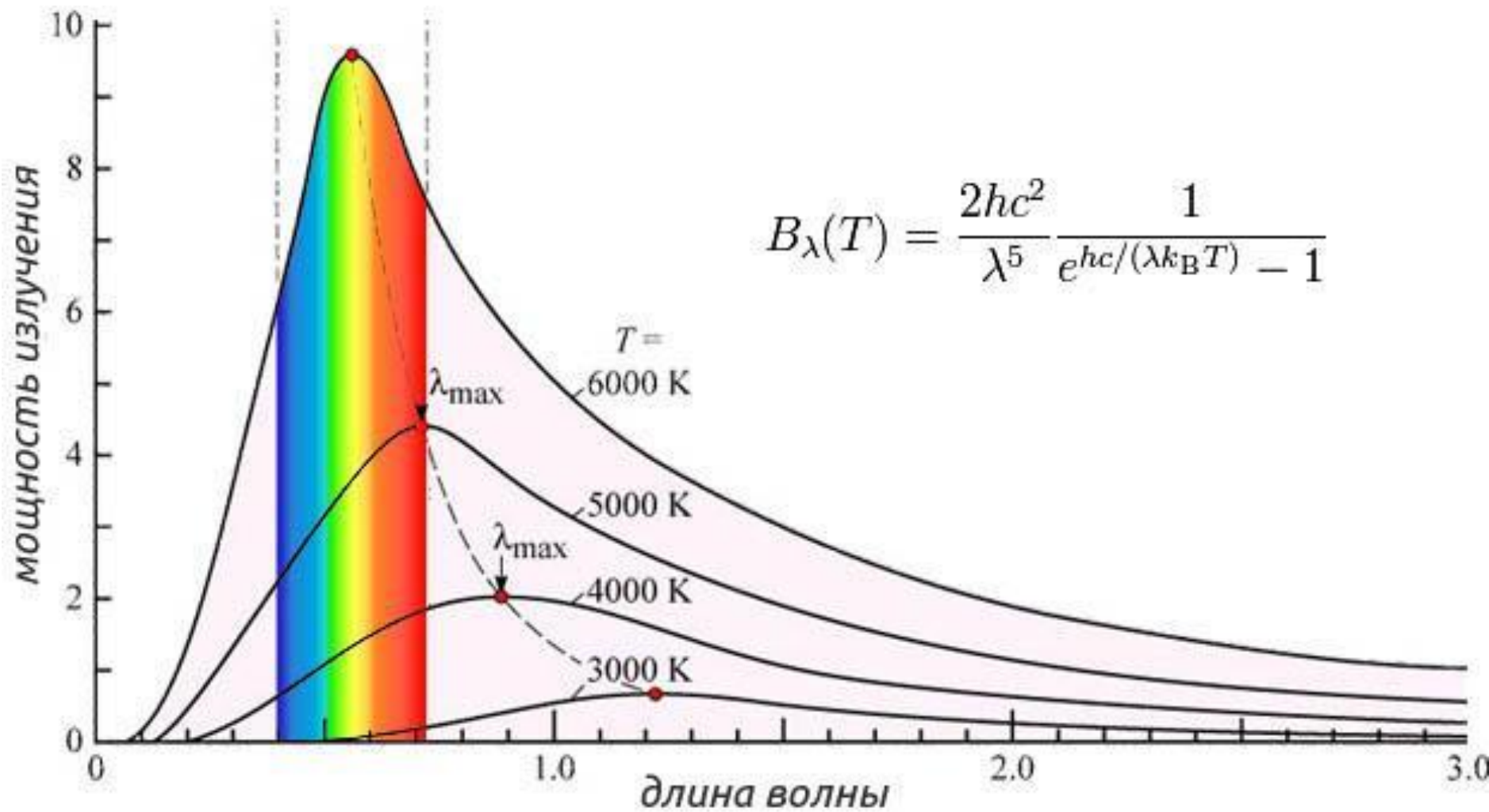
λ : длина волны

h : постоянная Планка (квант действия)

k : постоянная Больцмана (связь температуры и энергии)

c : скорость света

T : температура



Из формулы Планка:

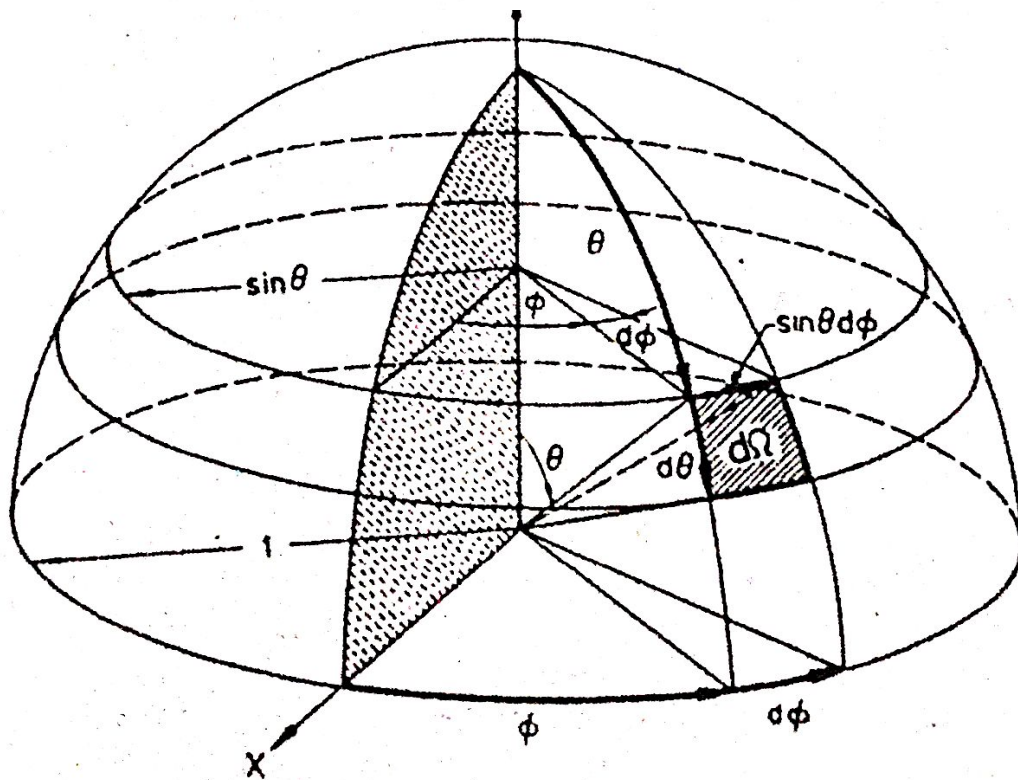
$$\frac{dB_{\lambda}(T)}{d\lambda} = 0 \longrightarrow \lambda_m = \frac{2897.9}{T}$$

Например:

Для поверхности Земли температура 293K (19,85 C): $\lambda_m = 9.9 \mu\text{m}$
Для поверхности Солнца температура 6000K (5726,85 C): $\lambda_m = 0.5 \mu\text{m}$

...и интегрируем это все
в «небесную полусферу»

$$F = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} B(T) \cos \vartheta \sin \vartheta d\vartheta d\varphi = \pi B(T) = \sigma T^4$$



Находим излучение
абсолютно черного тела,
используя разные длины волн

$$B(T) = \int_0^{\infty} B_{\lambda}(T) d\lambda = \dots = \frac{2\pi^4 k^4}{15c^2 h^3} T^4$$

Постоянная Стефана-Больцмана

$$5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

**Уравнение Стефана-
Больцмана**

Примечания:

- Черные тела не всегда «идеальны» – обычно они серые

$$F = \varepsilon \sigma T^4$$

Излучательная способность
изменяется

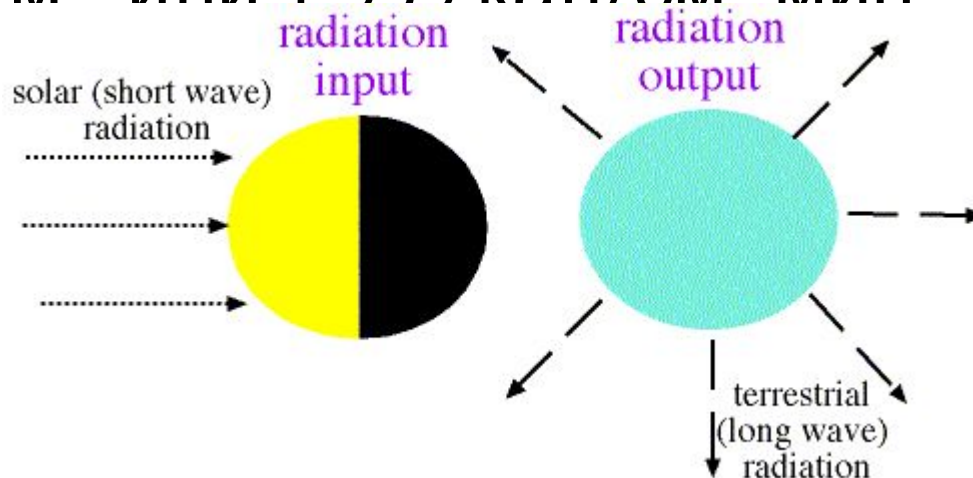
$$0 < \varepsilon < 1$$

- Излучательная способность = поглотительной способности

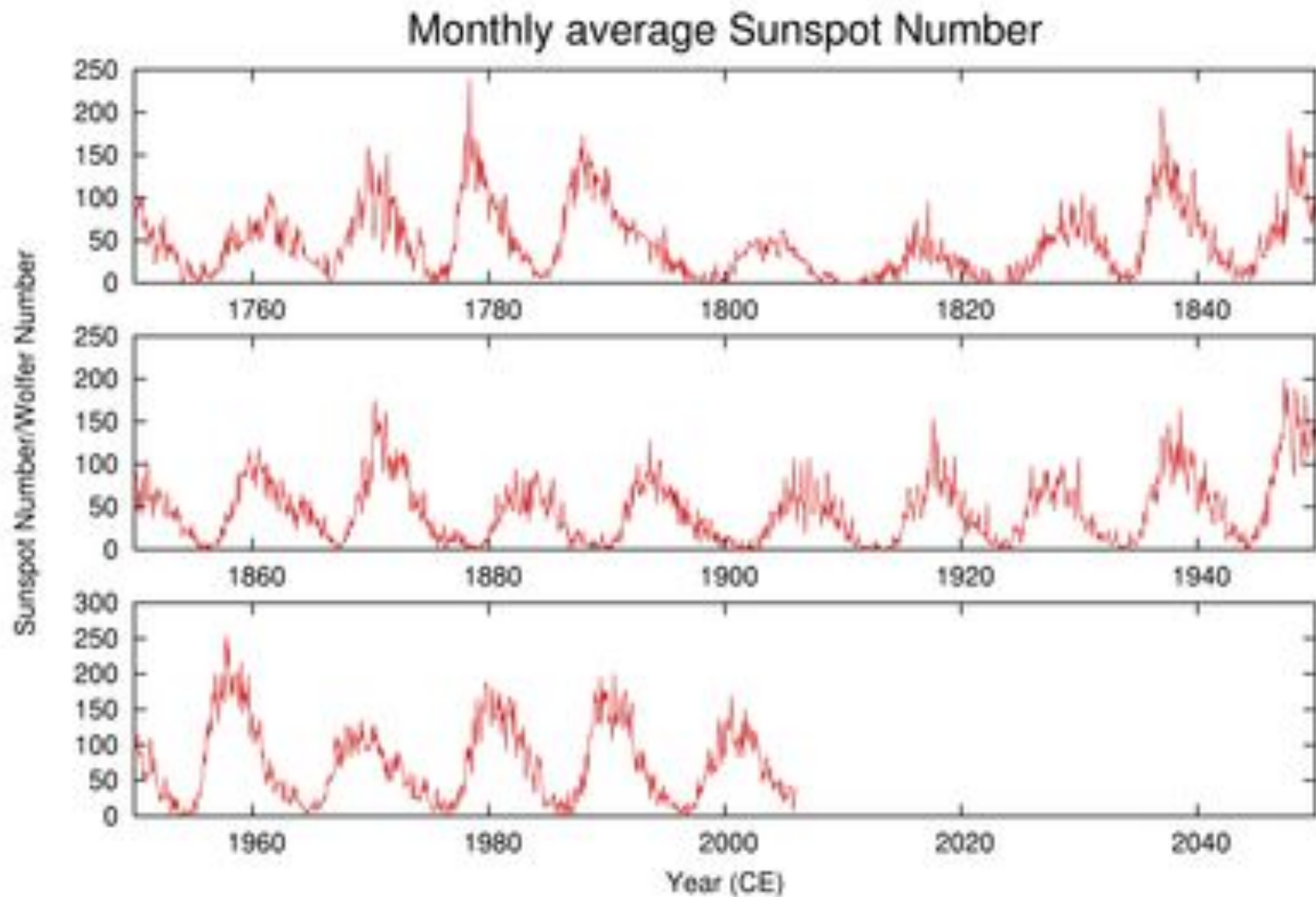
$$\varepsilon = A$$

Солнечная постоянная

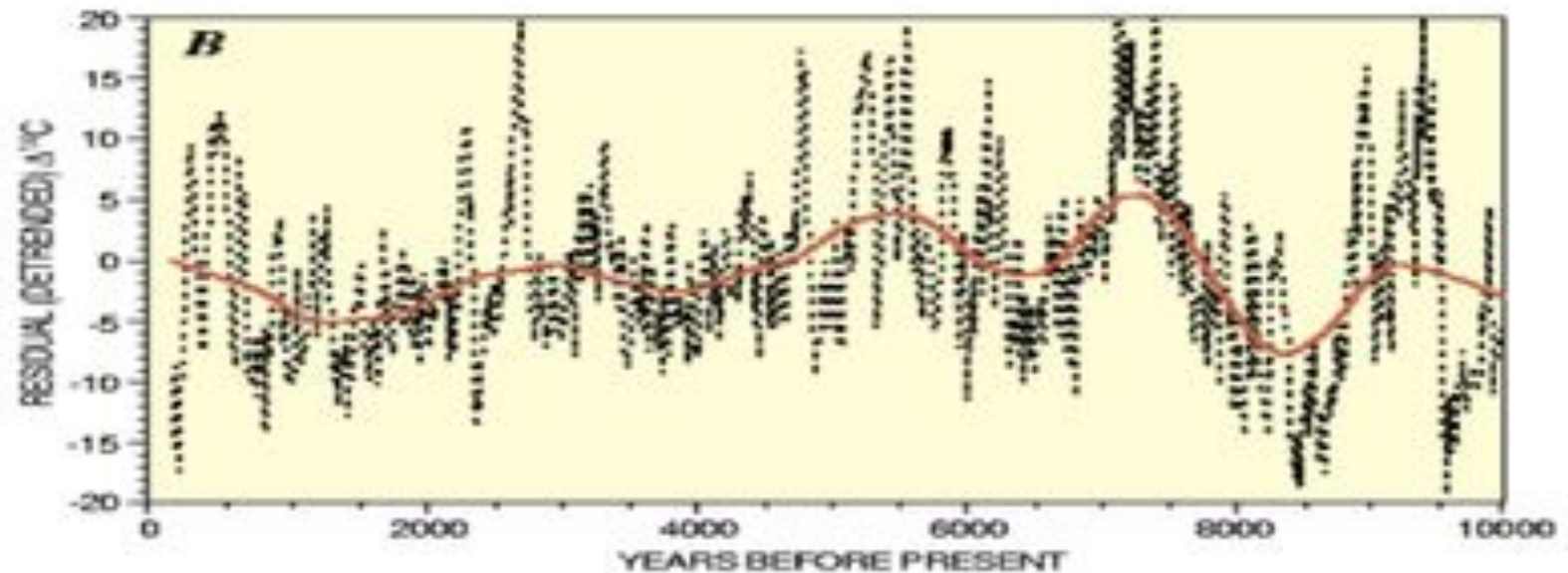
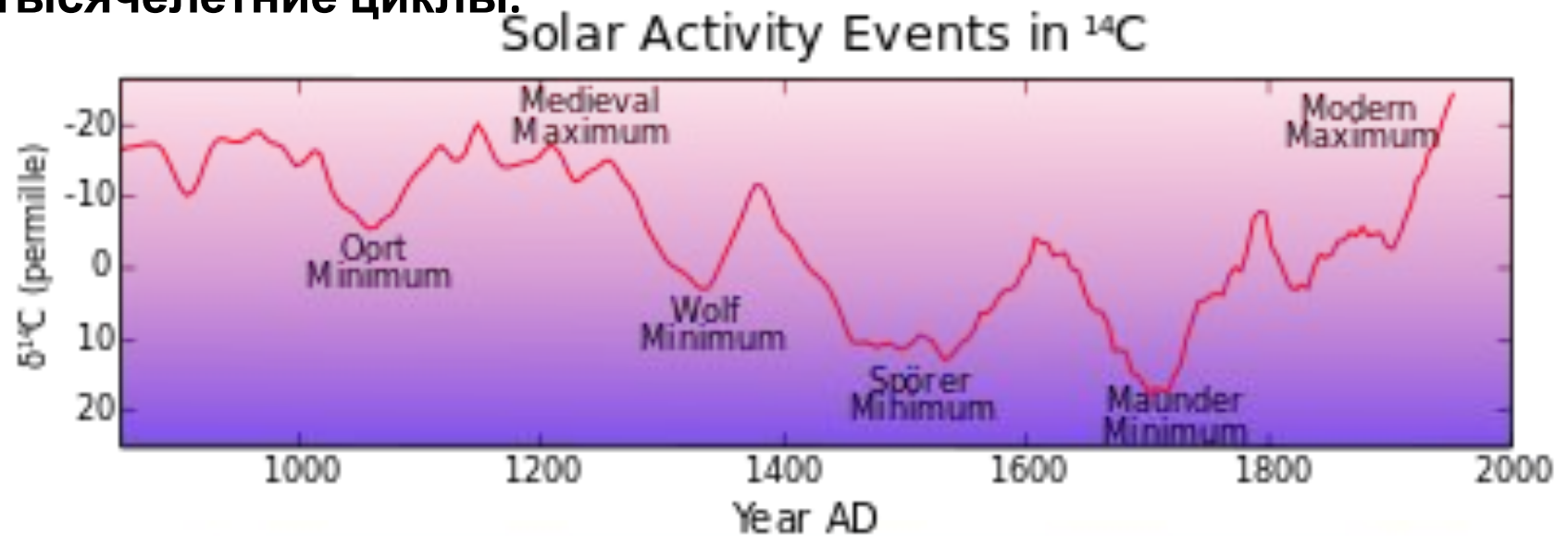
суммарная мощность солнечного излучения, проходящего через единичную площадку, ориентированную перпендикулярно потоку, на расстоянии одной астрономической единицы от Солнца вне земной атмосферы. По данным внеатмосферных измерений солнечная постоянная составляет 1367 Вт/м^2 или $1\,959 \text{ ккал/см}^2 \cdot \text{мин}$



11-летнего цикла солнечной активности (цикла



22-годовой цикл Хейла, вековые циклы Гляйсберга и тысячелетние циклы.



Солнечный цикл Холлстатта с периодом 2 300 лет по данным радиоуглеродного анализа

Равновесие (Radiative equilibrium)

- Пусть S – солнечное излучение ($=1380 \text{ W m}^{-2}$)
и r_e – радиус Земли

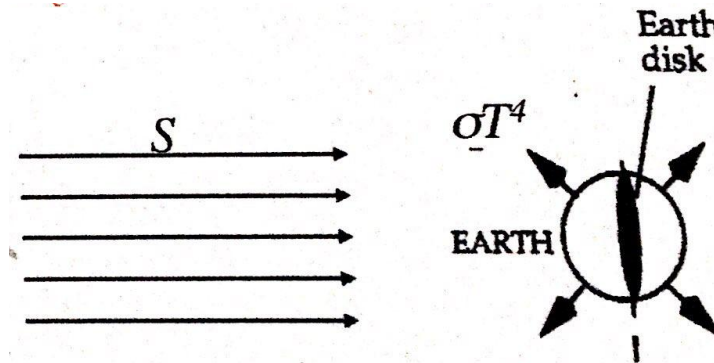
Поток поверхностной интеграции $S * \pi r_e^2$

Альбеда Земли – α

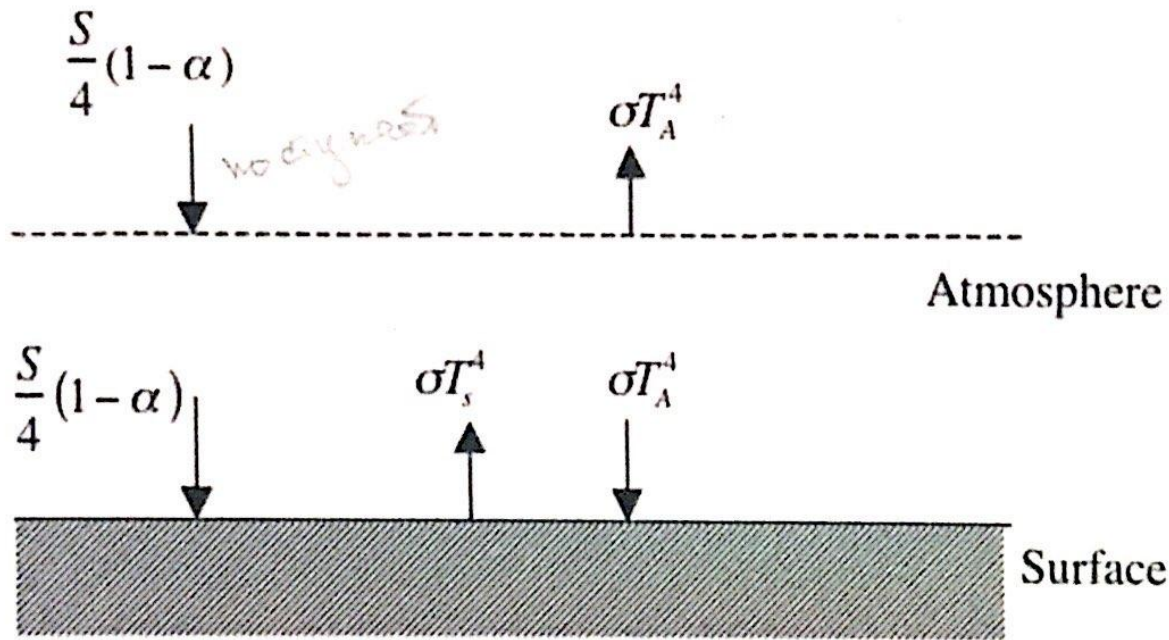
Таким образом, чистый поток входящий $S(1-\alpha) * \pi r_e^2$

ЧИСТЫЙ ПОТОК ИСХОДЯЩИЙ:

$$\sigma T_e^4 * 4\pi r_e^2$$



Добавляем «чернотельную» атмосферу...



TOA: $\frac{S(1-\alpha)}{4} = \sigma T_A^4$

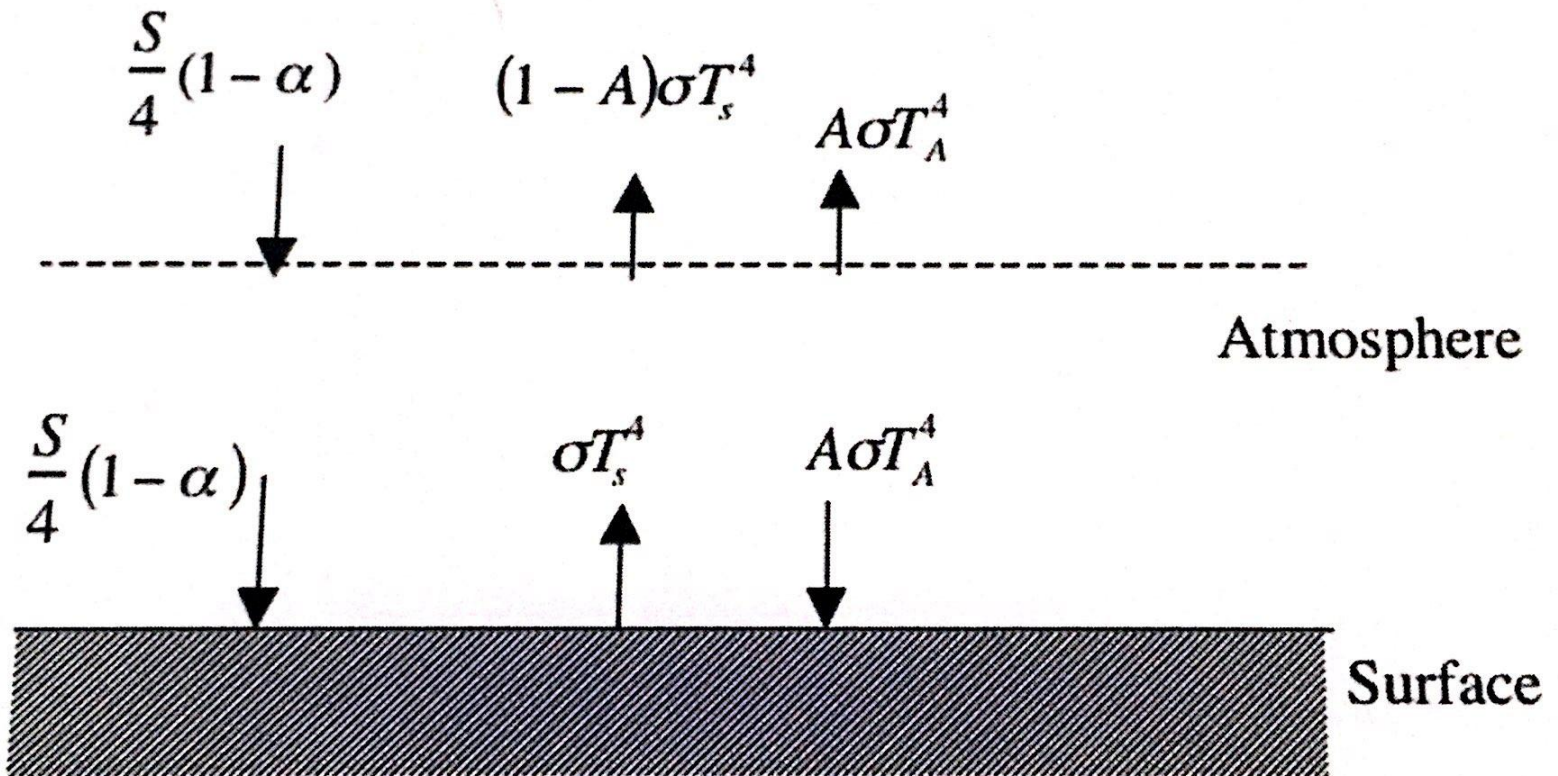
surface: $\frac{S(1-\alpha)}{4} = \sigma T_s^4 - \sigma T_A^4$

solve for T_s :

$$T_s = \sqrt[4]{\frac{S(1-\alpha)}{2\sigma}}$$

$\Rightarrow T_s = 304 \text{ K}$

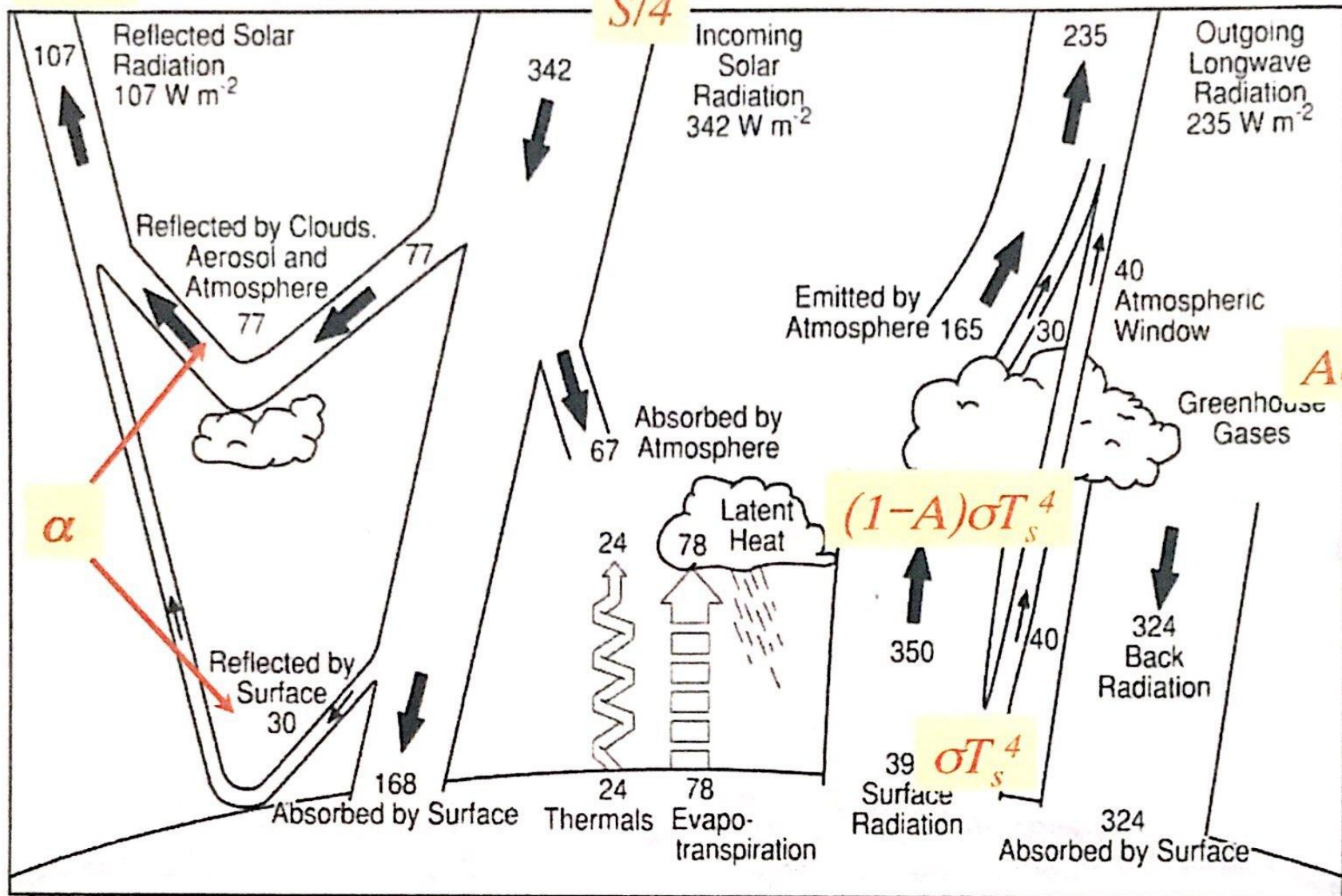
...и для атмосферы серого
тела:



Earth: $A \sim 0.8 \rightarrow T_s \sim 290 \text{ K}$

$\alpha S/4$

$S/4$



solar

infrared

Концепция радиоактивного воздействия ΔF

TOA equilibrium:

$$\Delta F = \frac{S}{4}(1 - \alpha) - [(1 - A)\sigma T_s^4 + A\sigma T_A^4] = 0$$

...но идеальных условий не бывает, добавляем аэрозоль $\alpha + \Delta\alpha$:

$$\begin{aligned}\Delta F &= \frac{S}{4}(1 - \alpha - \Delta\alpha) - [(1 - A)\sigma T_s^4 + A\sigma T_A^4] \\ &= -\frac{S}{4}\Delta\alpha\end{aligned}$$

...когда добавятся активные частицы (например CO₂), тогда поглотительная способность будет $A + \Delta A$ и уравнение приобретет вид:

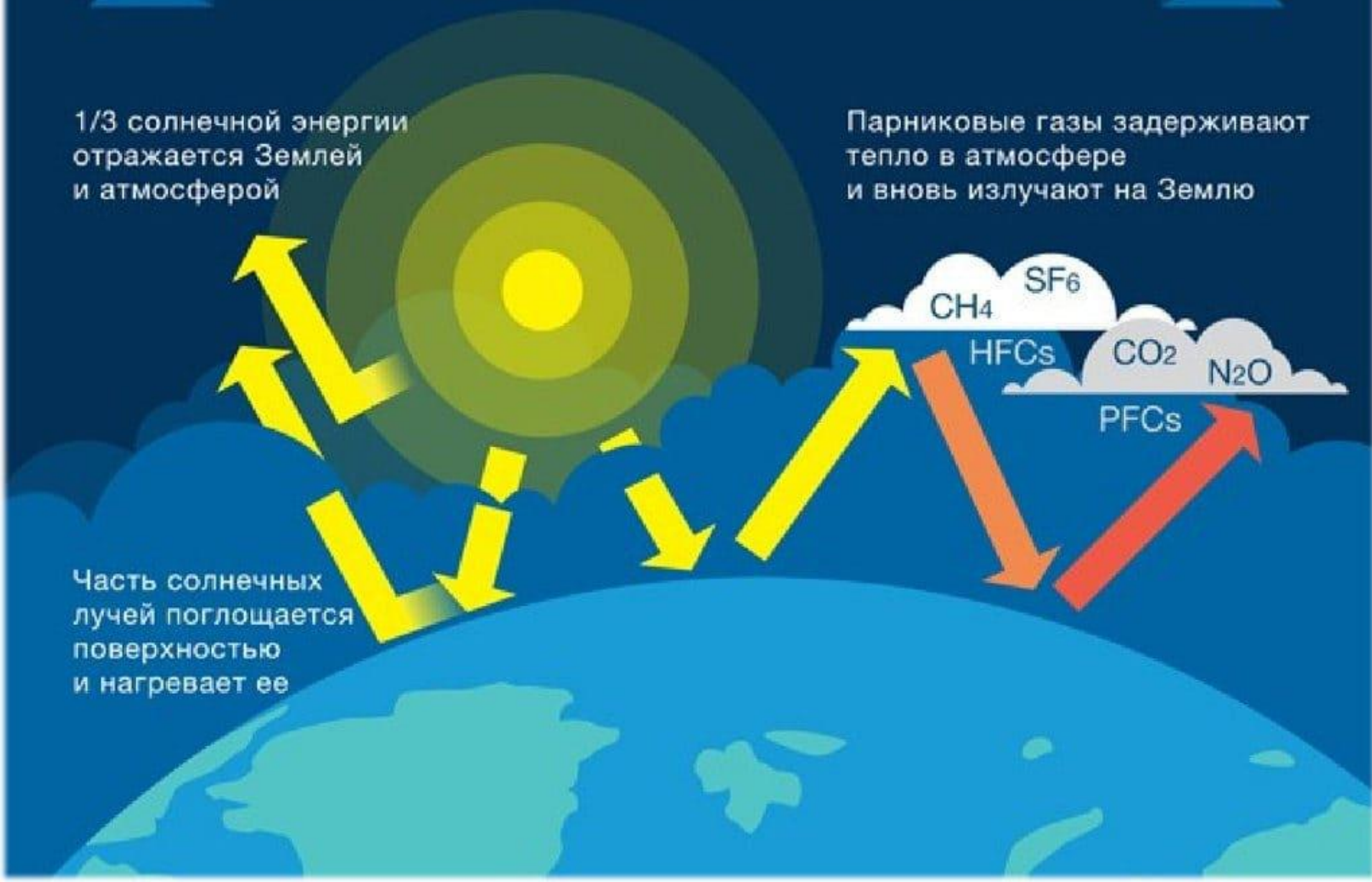
$$\begin{aligned}\Delta F &= \frac{S}{4}(1 - \alpha) - \left[(1 - A - \Delta A)\sigma T_s^4 + (A + \Delta A)\sigma T_A^4 \right] \\ &= \Delta A(\sigma T_s^4 + \sigma T_A^4)\end{aligned}$$

ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

1/3 солнечной энергии
отражается Землей
и атмосферой

Часть солнечных
лучей поглощается
поверхностью
и нагревает ее

Парниковые газы задерживают
тепло в атмосфере
и вновь излучают на Землю



ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ

Диоксид
углерода



CO₂

Метан



CH₄

Закись
азота



N₂O

Гексафторид
серы



SF₆

Гидро-
фторуглероды



HFCs

Пер-
фторуглероды



PFCs

Процессы в атмосфере

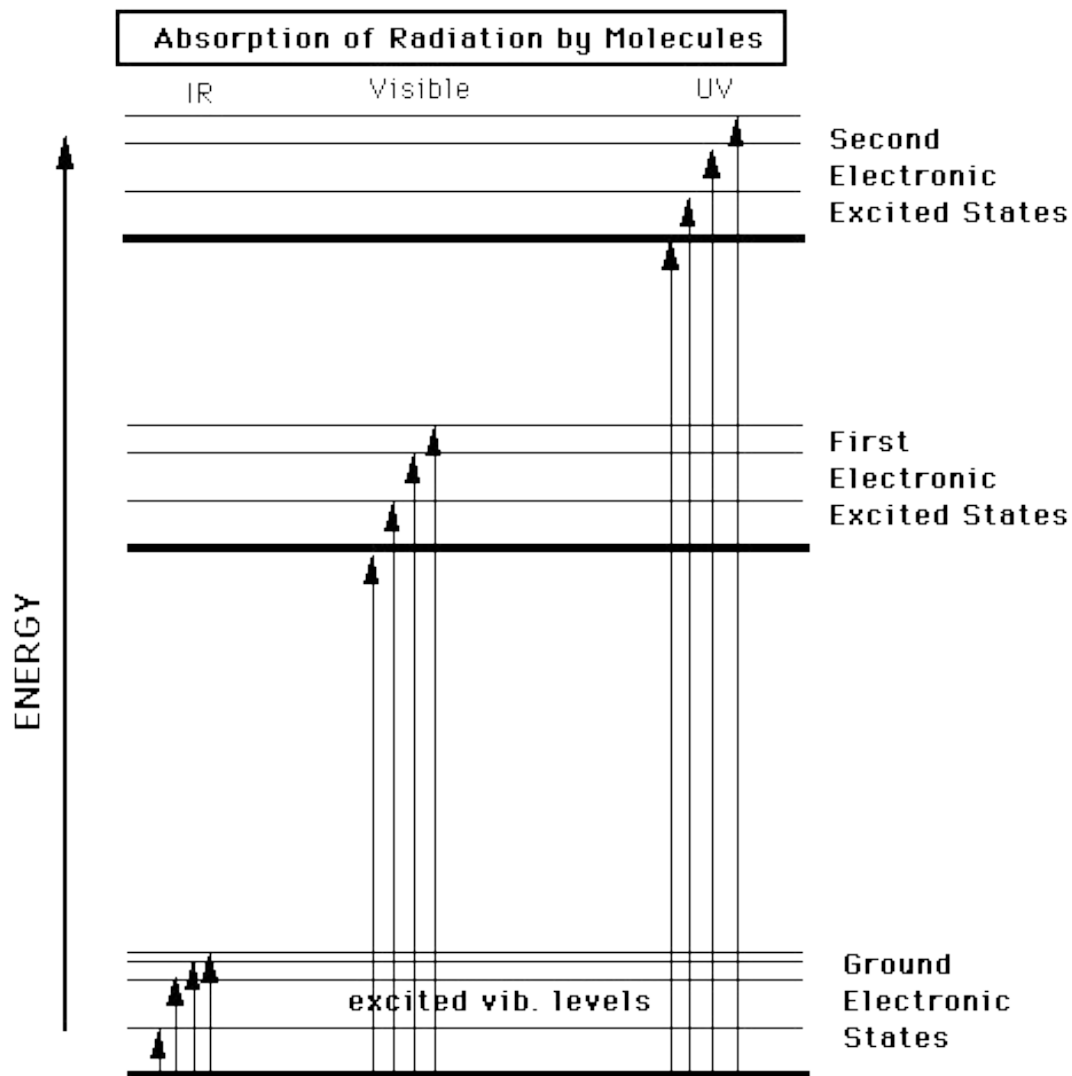
- Поглощение

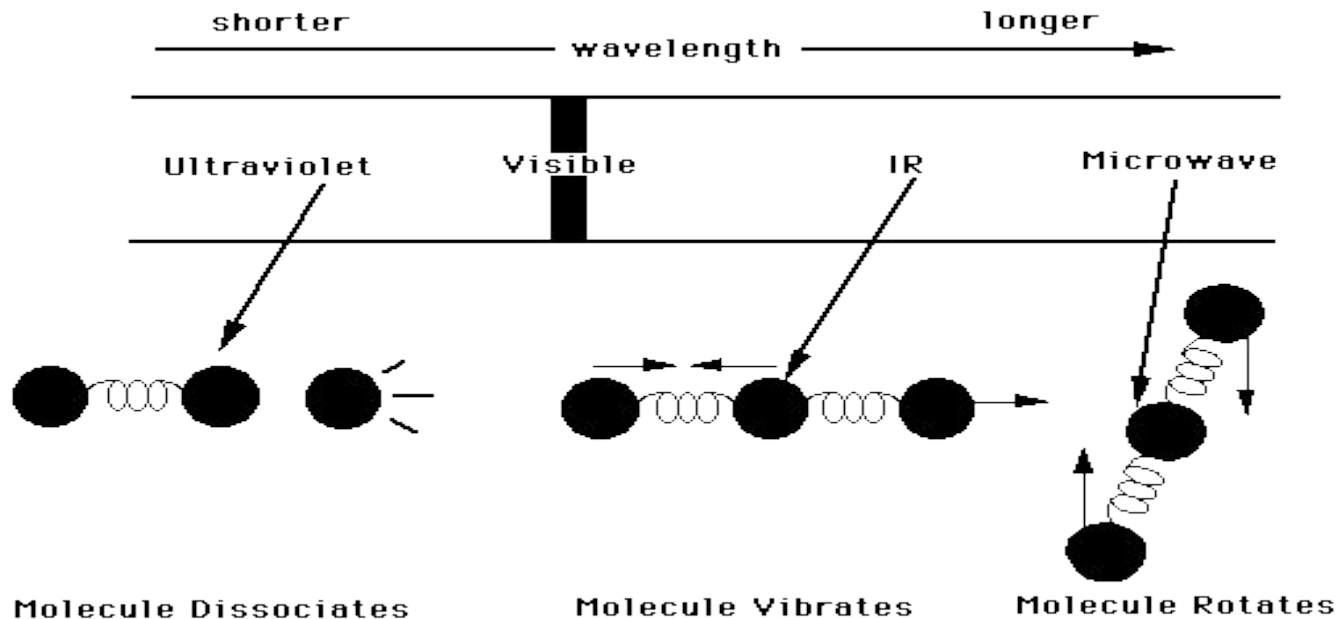
Трансформация энергии солнца

- Рассеяние

Переориентирование энергии солнца

Поглощение усиливает молекулярную энергию





...и в результате:

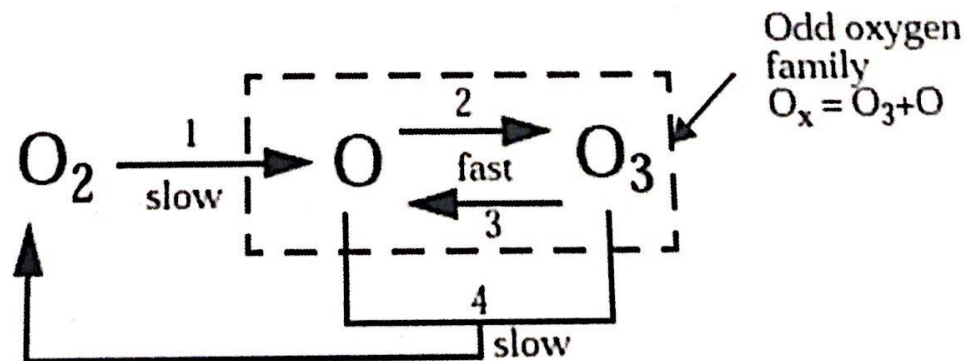
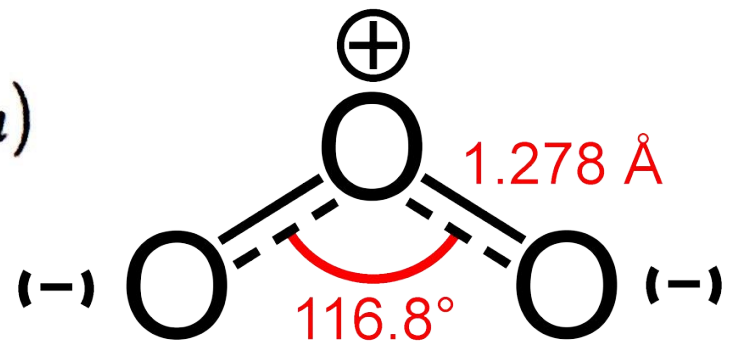
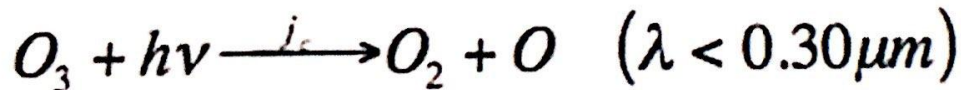
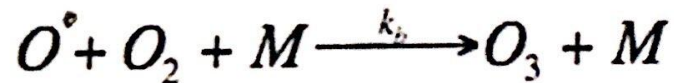
-диссоциация/ионизация в основном N₂ и O₂

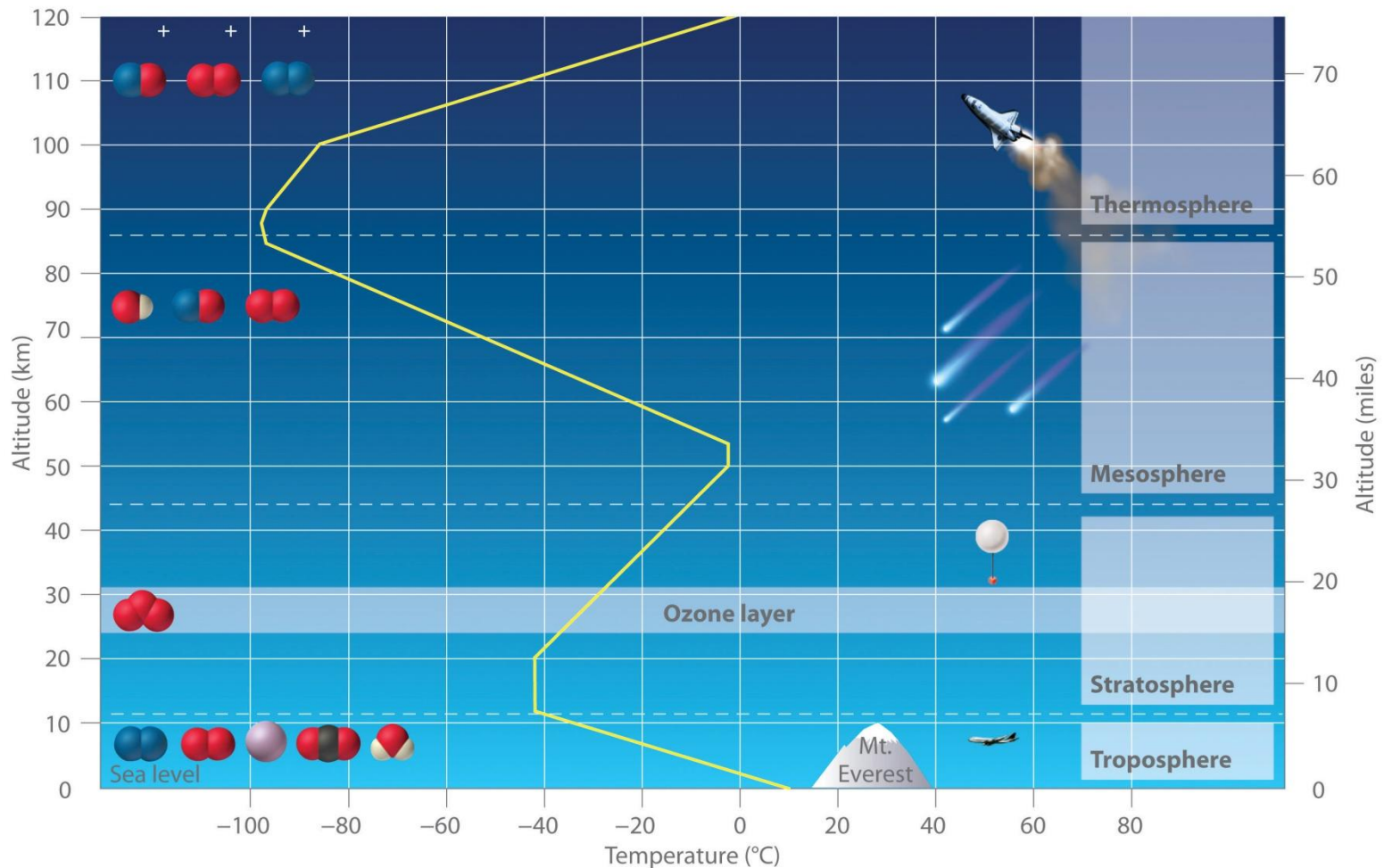
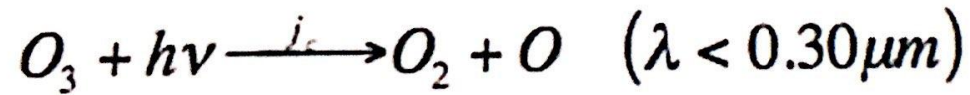
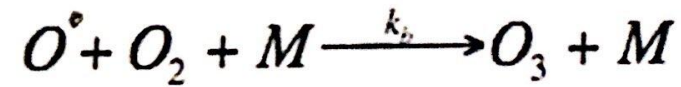
(требуется фотоны высокой энергии)

-Колебание/вращение

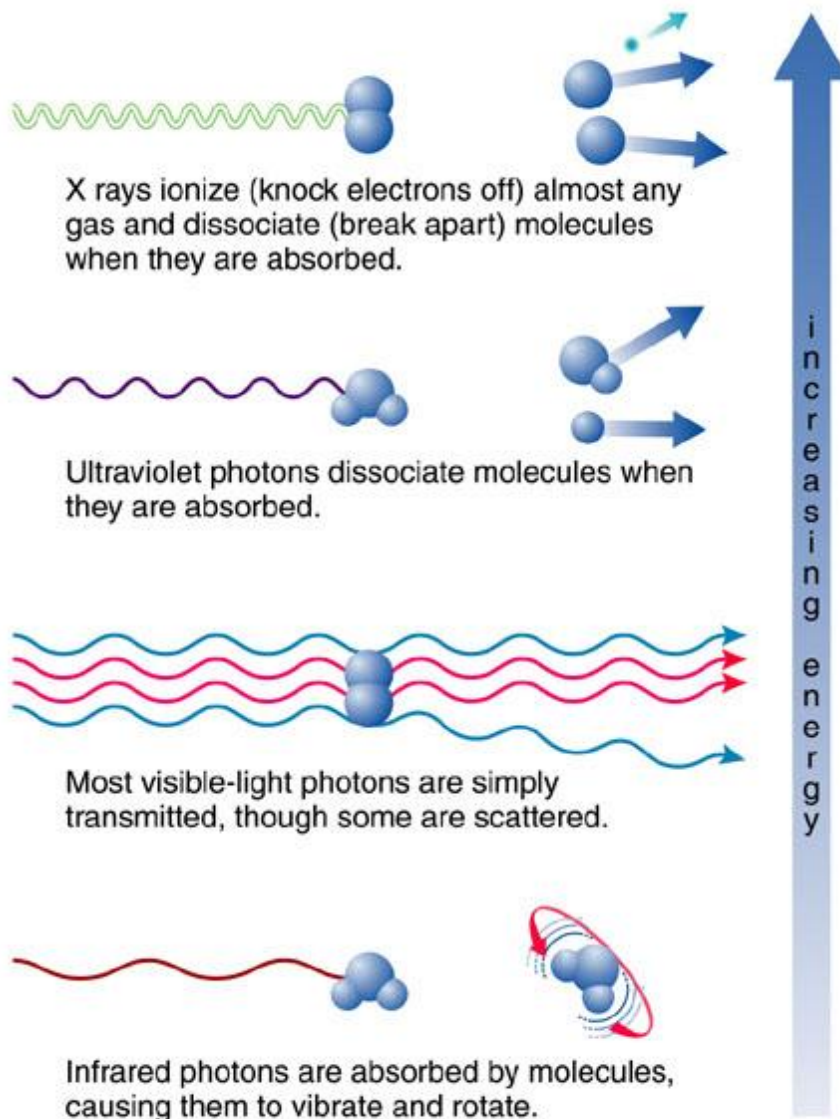
(парниковые газы ...)

Цикл Чемпина стратосферный озон





Колебания



- Существуют разные «режимы» рассеивания для разных размеров частиц

$r \ll \lambda$ Рэлеевское рассеивание (малые ч.)

$r \sim \lambda$ Рассеивание Ми (крупные ч.)

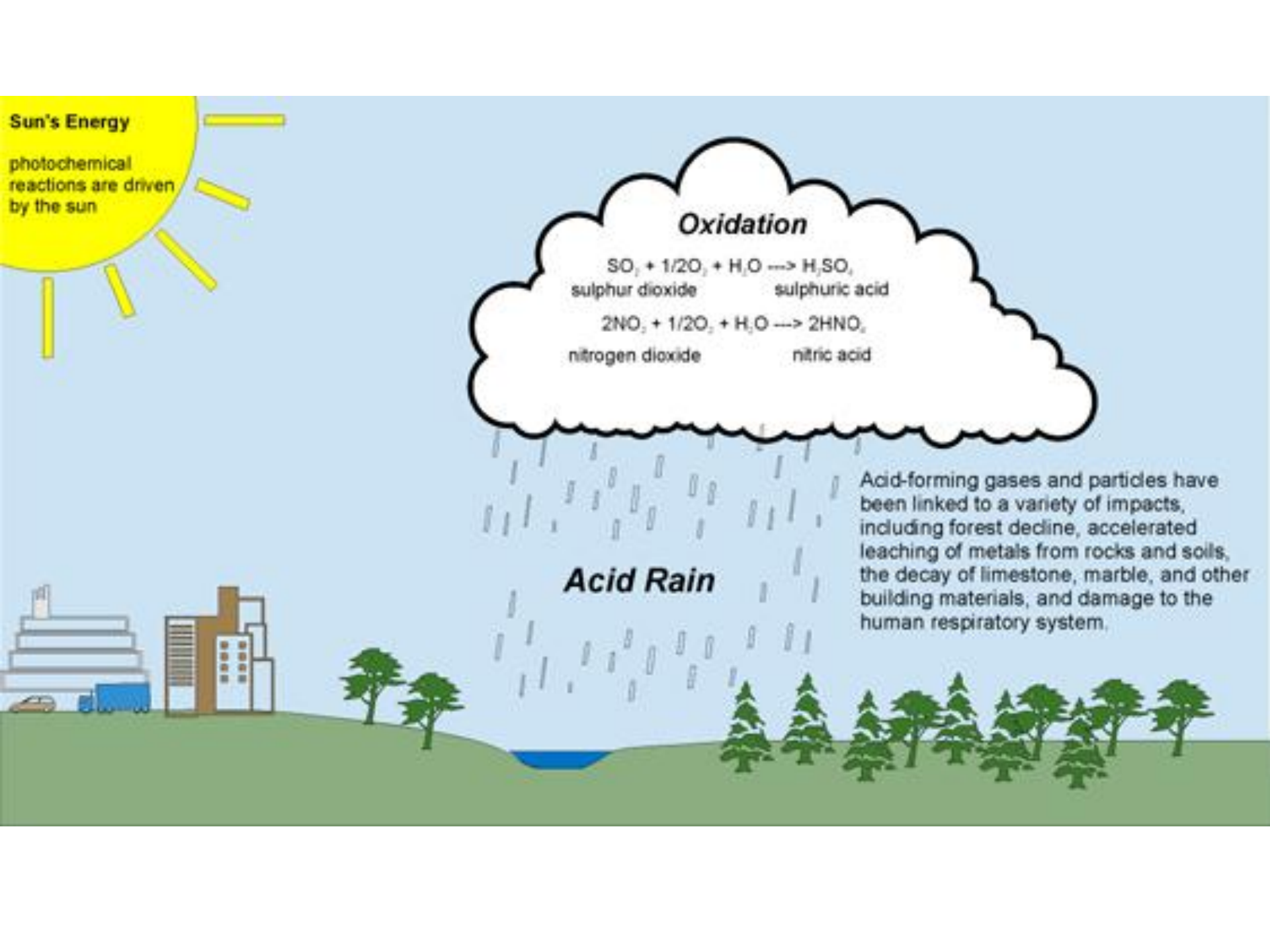
$r \gg \lambda$

- Параметры размера

$$\chi = \frac{2\pi r}{\lambda}$$

Облака и аэрозоли

- Облака
 - отражают поступающее солнечное излучение
 - поглощают/излучают ИК
- Аэрозоли влияют на атмосферную радиацию:
 - прямо: понижают атмосферное альбедо
 - косвенно: понижают облачное альбедо

A diagram illustrating the process of acid rain formation. In the top left, a yellow sun with rays is labeled 'Sun's Energy' and 'photochemical reactions are driven by the sun'. In the center, a white cloud with a black outline is labeled 'Oxidation' and contains two chemical reactions. Below the cloud, numerous vertical lines represent rain falling over a landscape. The landscape includes a city with buildings and a car on the left, a small pond in the center, and a forest of evergreen trees on the right. The text 'Acid Rain' is written in the middle of the rain area. On the right side, a paragraph explains the impacts of acid-forming gases and particles.

Sun's Energy

photochemical
reactions are driven
by the sun

Oxidation

$\text{SO}_2 + 1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
sulphur dioxide sulphuric acid

$2\text{NO}_2 + 1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{HNO}_3$
nitrogen dioxide nitric acid

Acid Rain

Acid-forming gases and particles have been linked to a variety of impacts, including forest decline, accelerated leaching of metals from rocks and soils, the decay of limestone, marble, and other building materials, and damage to the human respiratory system.

Последствия









Изменение климата и малярия

Climate Change and Malaria

