

Глобальная экология и глобальная безопасность

Лекция 3. Химический состав атмосферы и океана.

Факторы, приводящие к его
нарушениям

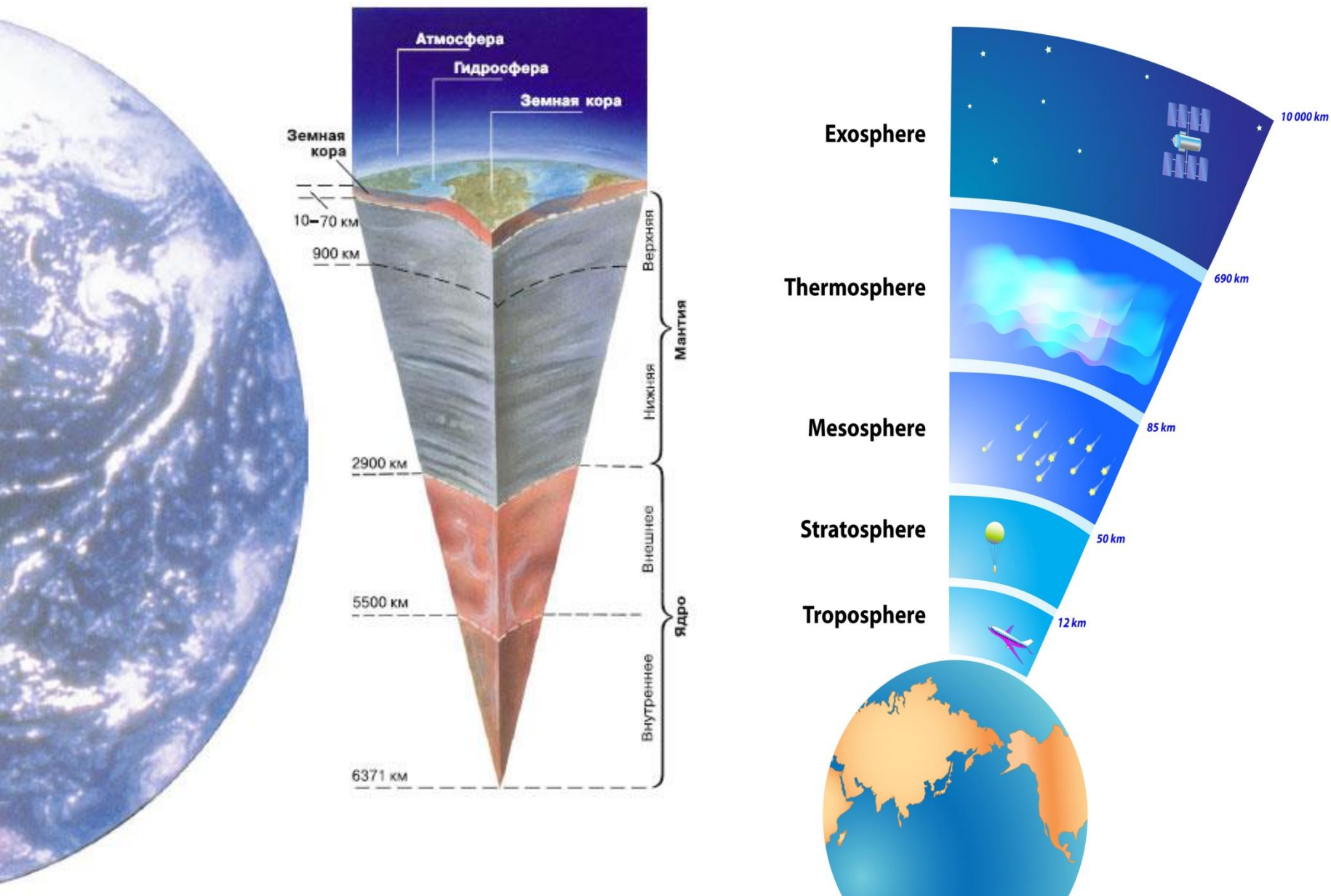
(С) Аржанников А. В.

План изложения

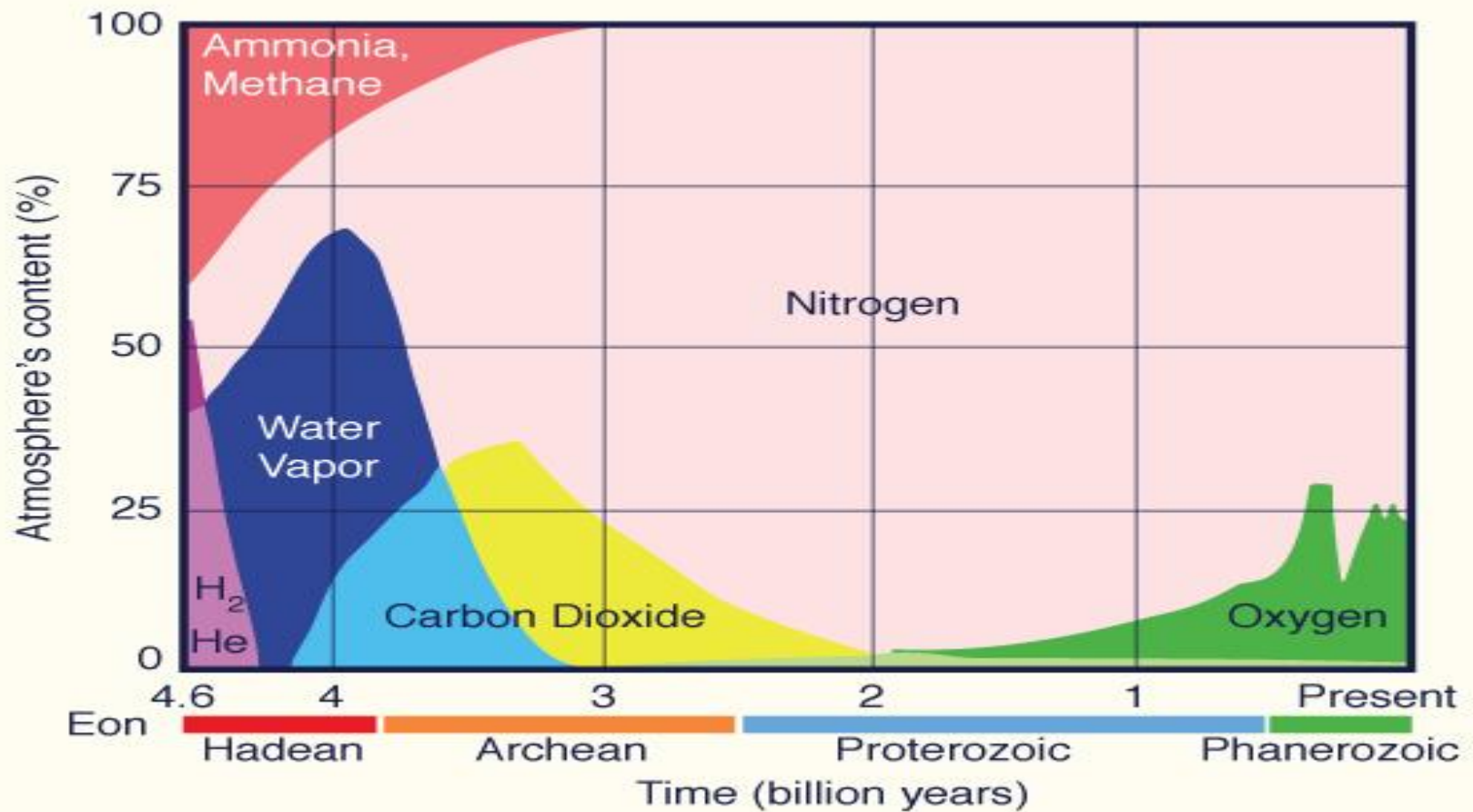
- Эволюция состава атмосферы в ходе развития жизни на Земле.
- Равновесное состояние газового состава атмосферы в настоящую эпоху.
- Глобальная конвекция атмосферы.
- Глобальные и локальные океанические течения.
- Основные факторы нарушения глобального баланса атмосферных газов и пути устранения этих нарушений.



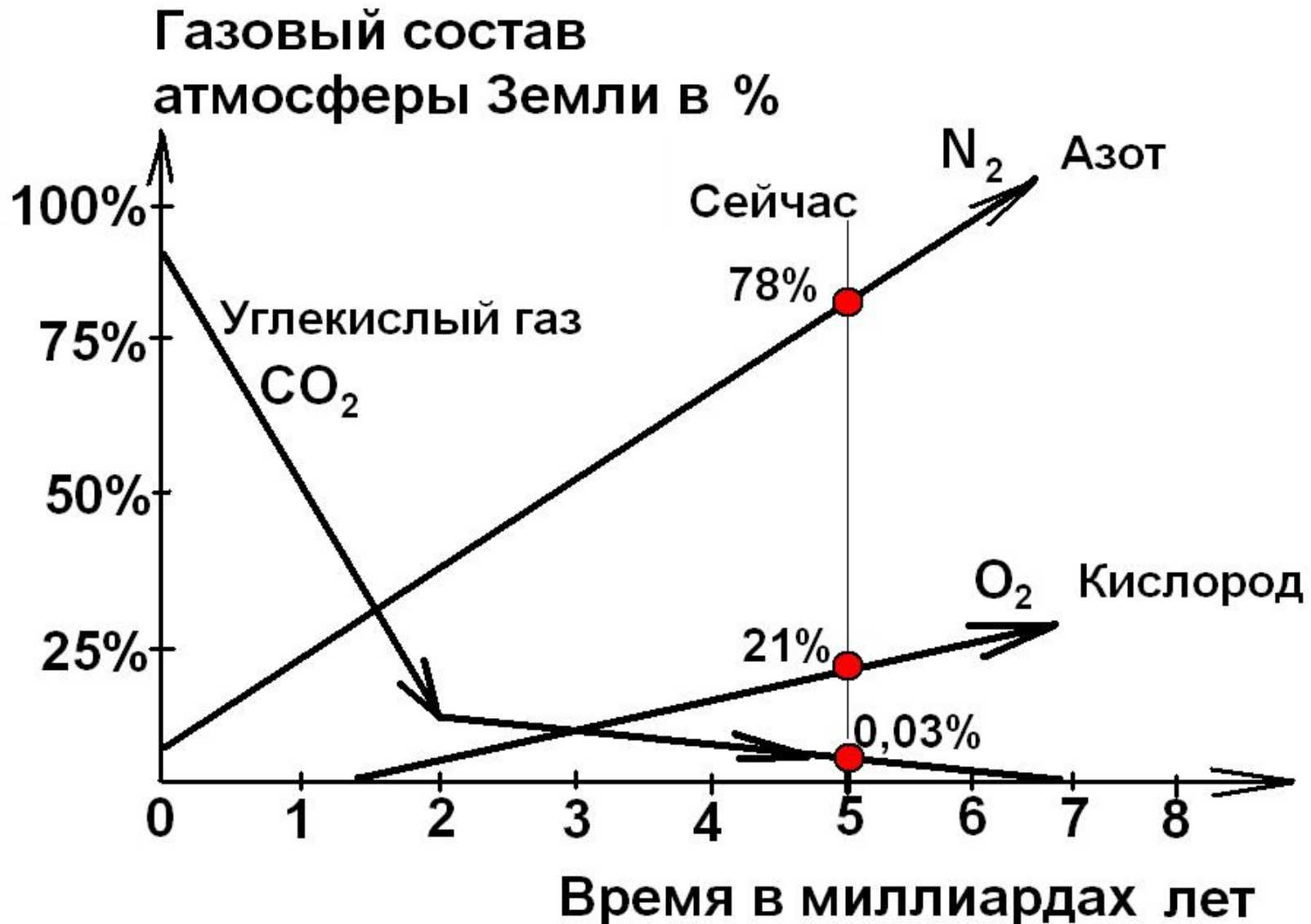
• Структура Земли и ее газовой оболочки



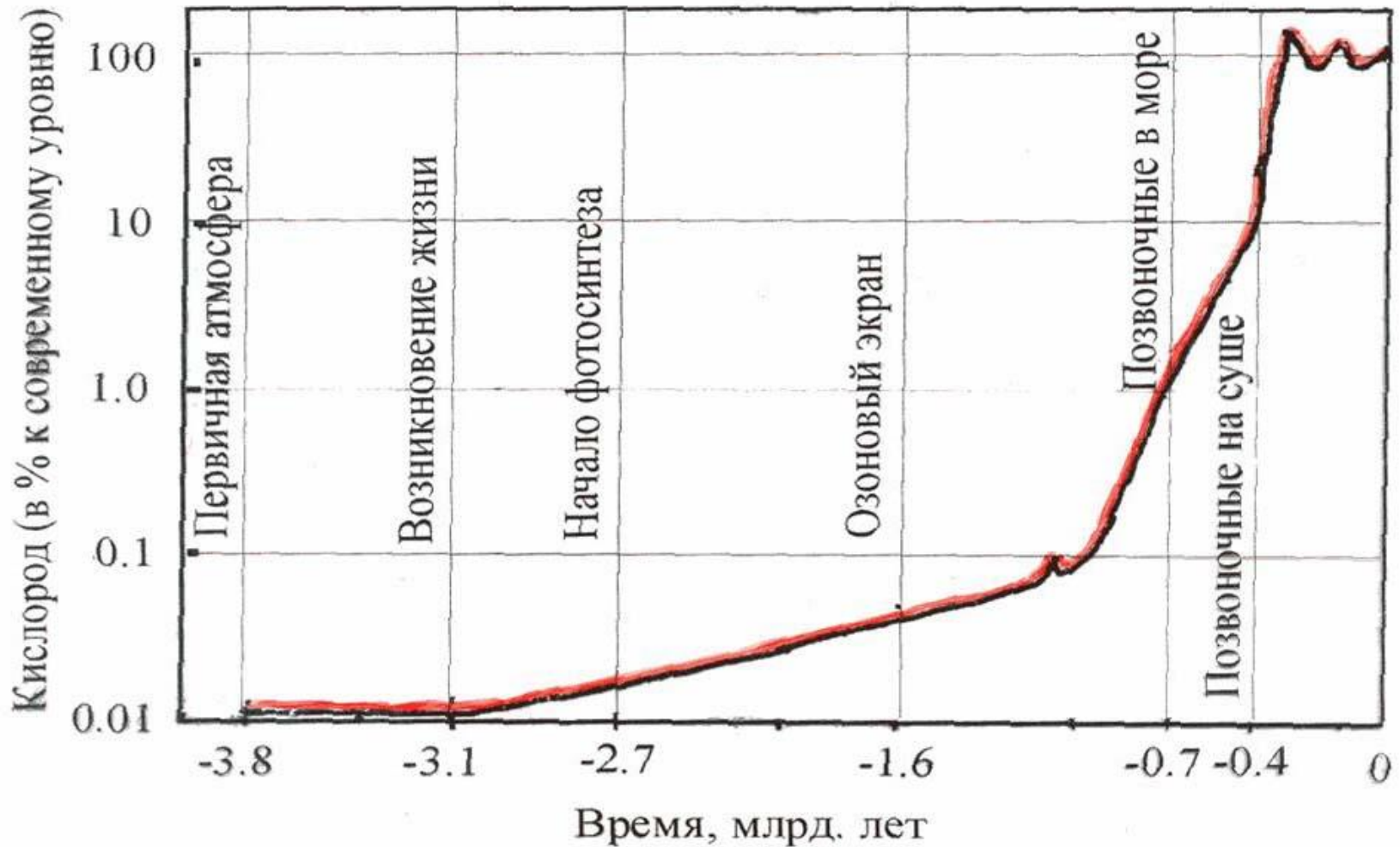
- Эволюция атмосферы Земли



- Эволюция газового состава атмосферы в прошлые периоды Земли



Изменение содержания кислорода в атмосфере



Состав первичной атмосферы: водород, аммиак, водяные пары, метан, углекислый газ.

- Химический состав атмосферы в настоящее время

Состав атмосферы Земли

Кислород O_2
21 %

Другие газы
0,94%

Углекислый газ CO_2
0,03 %

азот N_2
78 %

Состав атмосферы

Постоянные компоненты воздуха

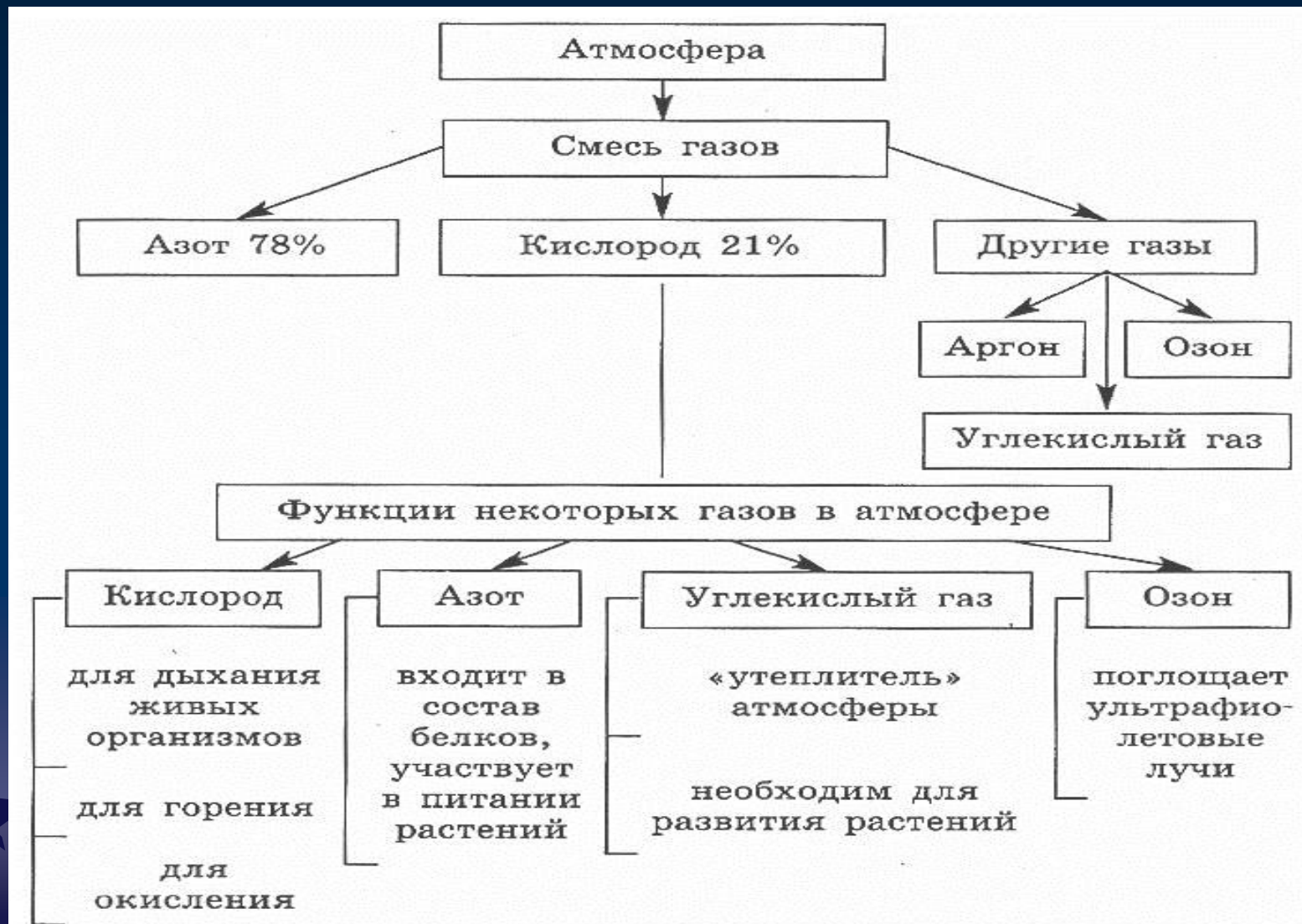
Компонента	Формула	Отн. молекул. масса	% объема
Азот	N ₂	28.016	78.110±0.004
Кислород	O ₂	31.9986	20.957 ±0.001
Аргон	Ar	39.942	0.937 ±0.001
Неон	Ne	20.182	(18.18 ±0.04)10 ⁻⁴
Гелий	He	4.003	(5.24 ±0.004)10 ⁻⁴
Криптон	Kr	83.80	(1.14 ±0.01)10 ⁻⁴
Ксенон	Xe	131.3	(0.087 ±0.001)10 ⁻⁴
Водород	H ₂	2.016	0.5*10 ⁻⁴
Метан	CH ₄	16.043	2*10 ⁻⁴
Закись азота	N ₂ O	44.015	(0.5 ±0.1)10 ⁻⁴

Состав атмосферы

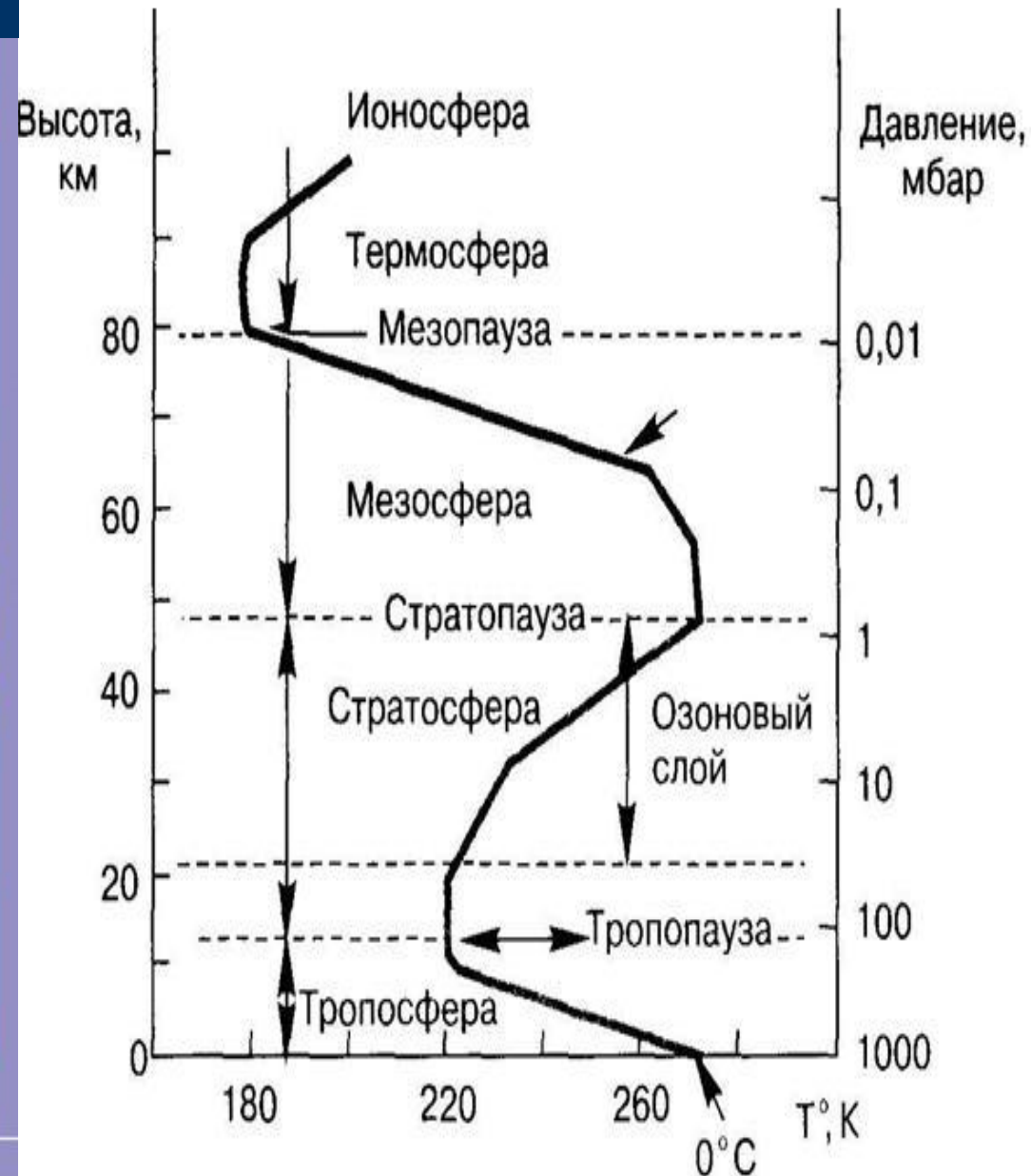
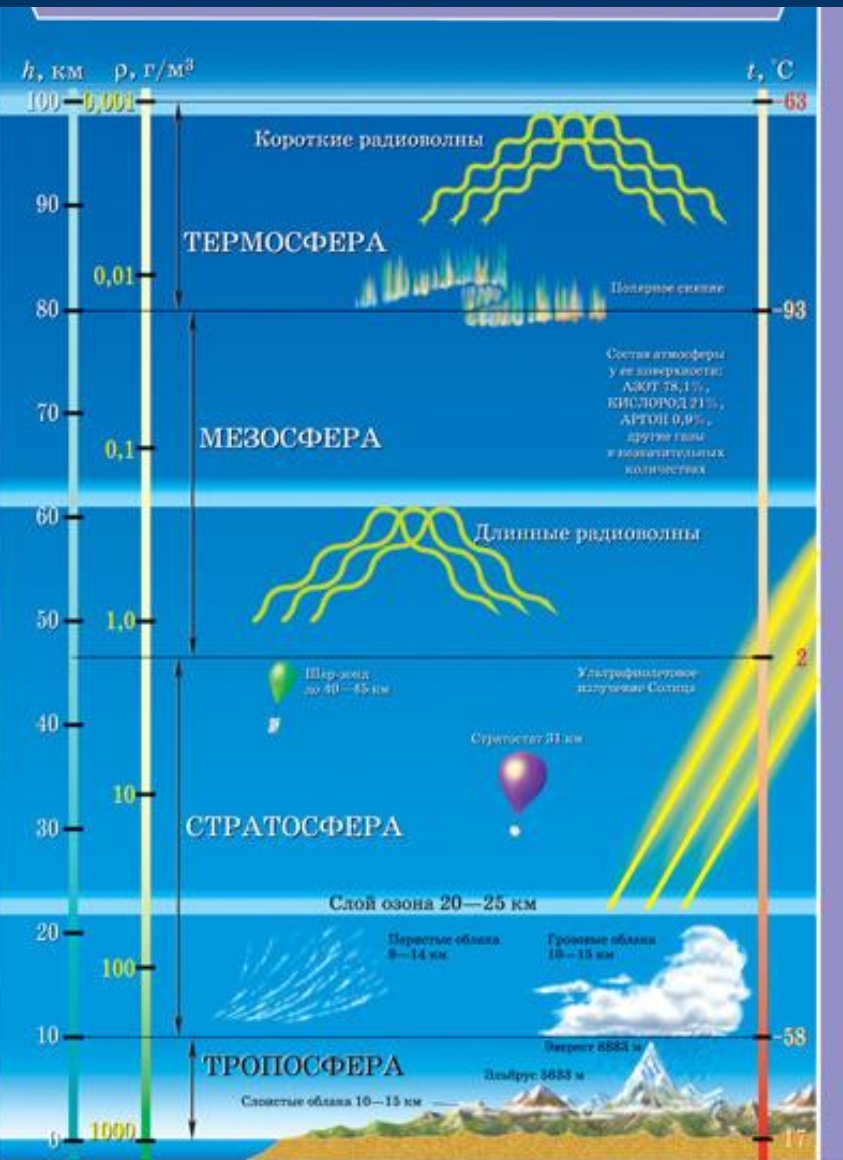
Переменные компоненты воздуха

Компонента	Формула	Онт. молекул. масса	% объема
Вода	H_2O	18.005	0-7
Двуокись углерода	CO_2	44.009	0.01-0.1 (у поверхности 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

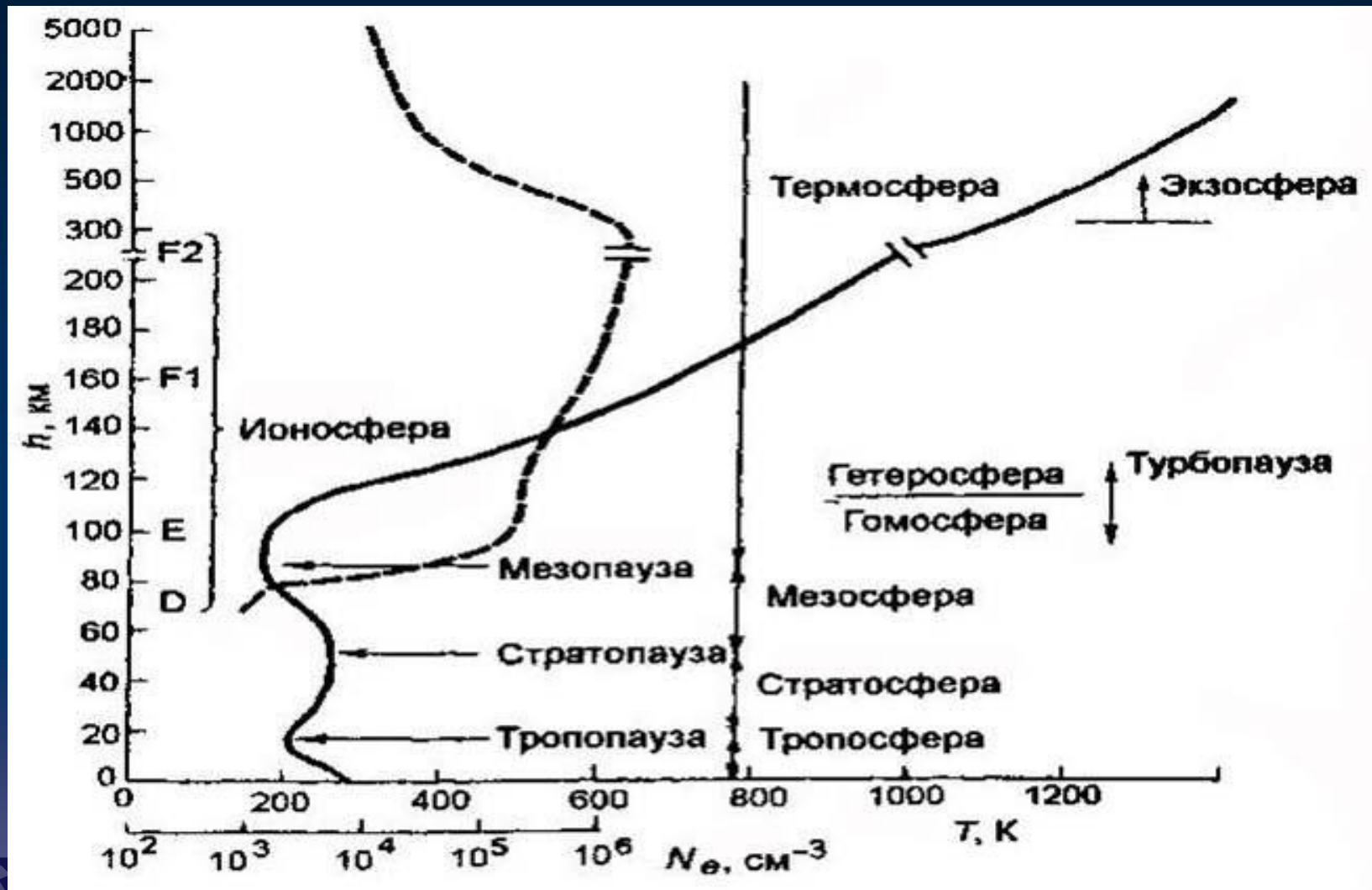
Проявление функциональных свойств газов в атмосфере



• Строение атмосферы (плотность, температура)

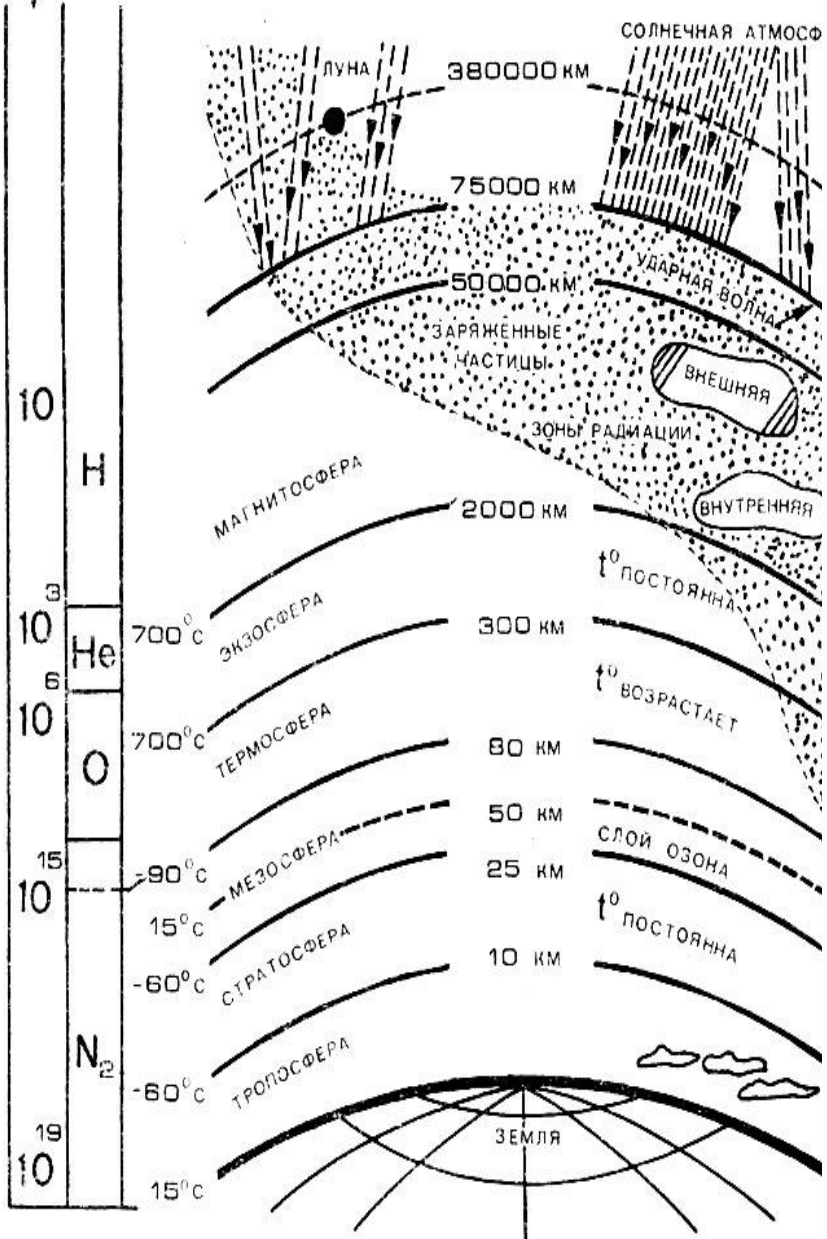


Строение атмосферы (концентрация зарядов)

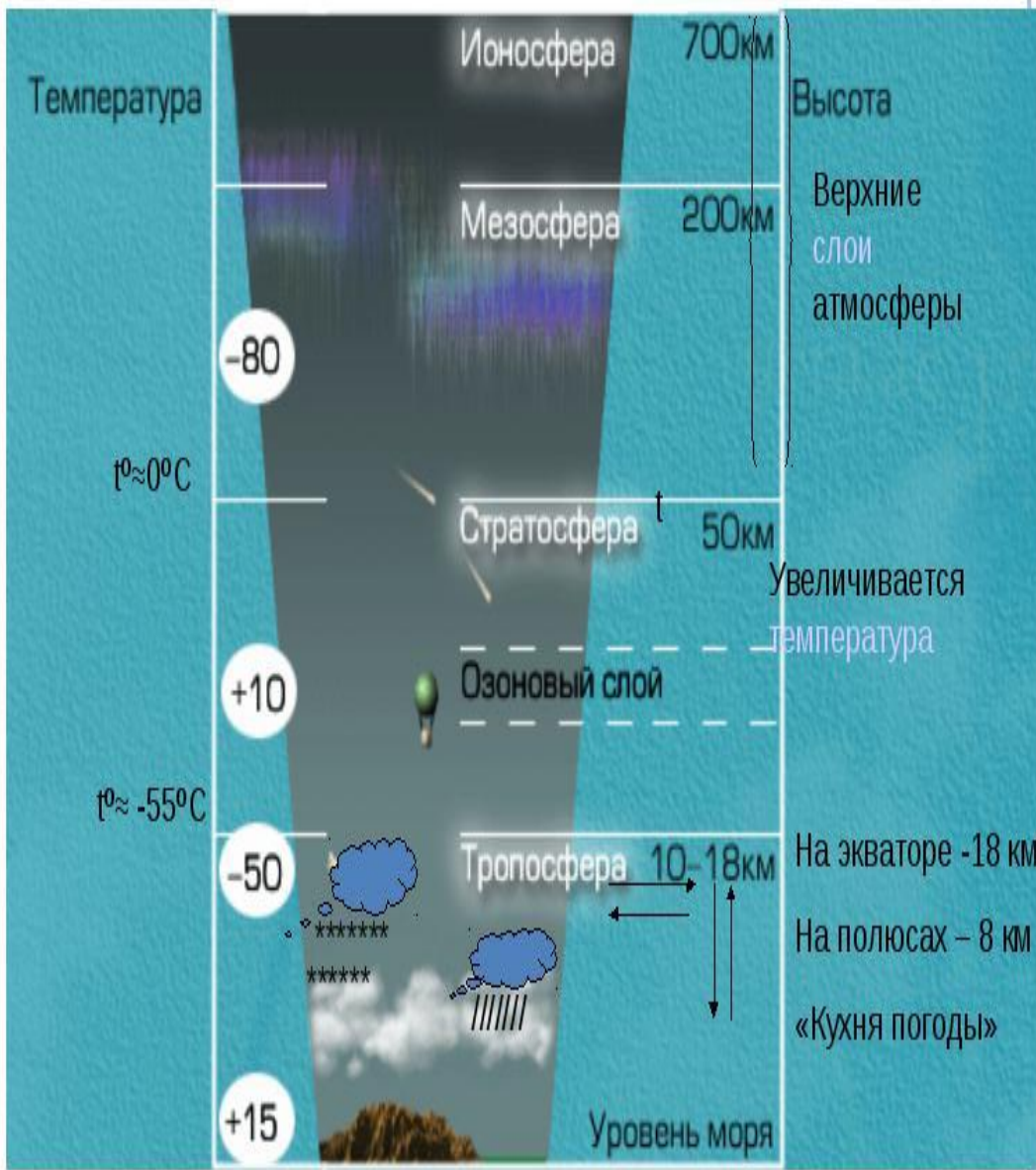


ЧИСЛО МОЛЕКУЛ В CM^3

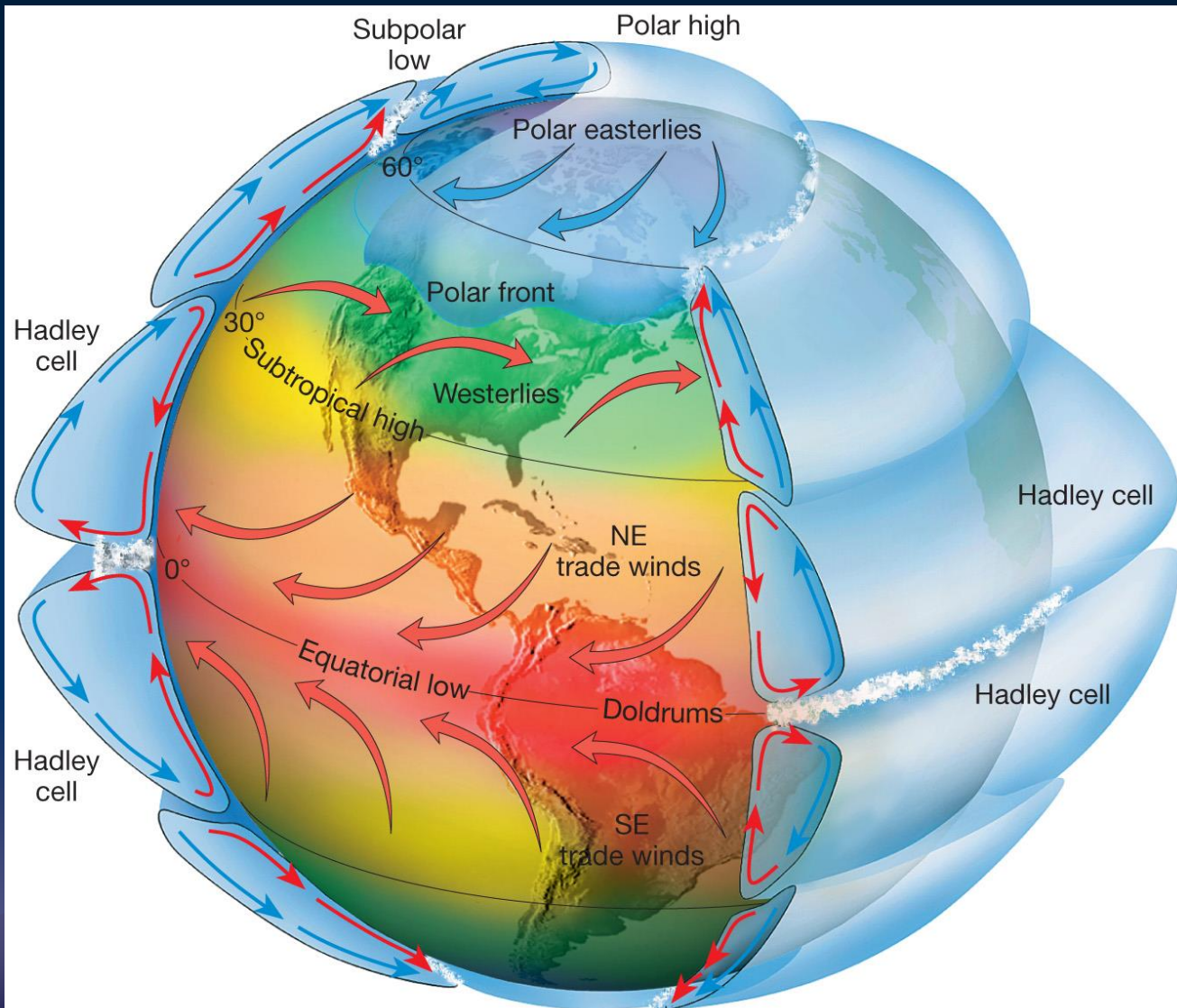
ОСНОВНАЯ КОМПОНЕНТА



СТРОЕНИЕ АТМОСФЕРЫ



Глобальные конвекция в атмосфере земного шара



Глобальные ветры у поверхности земного шара

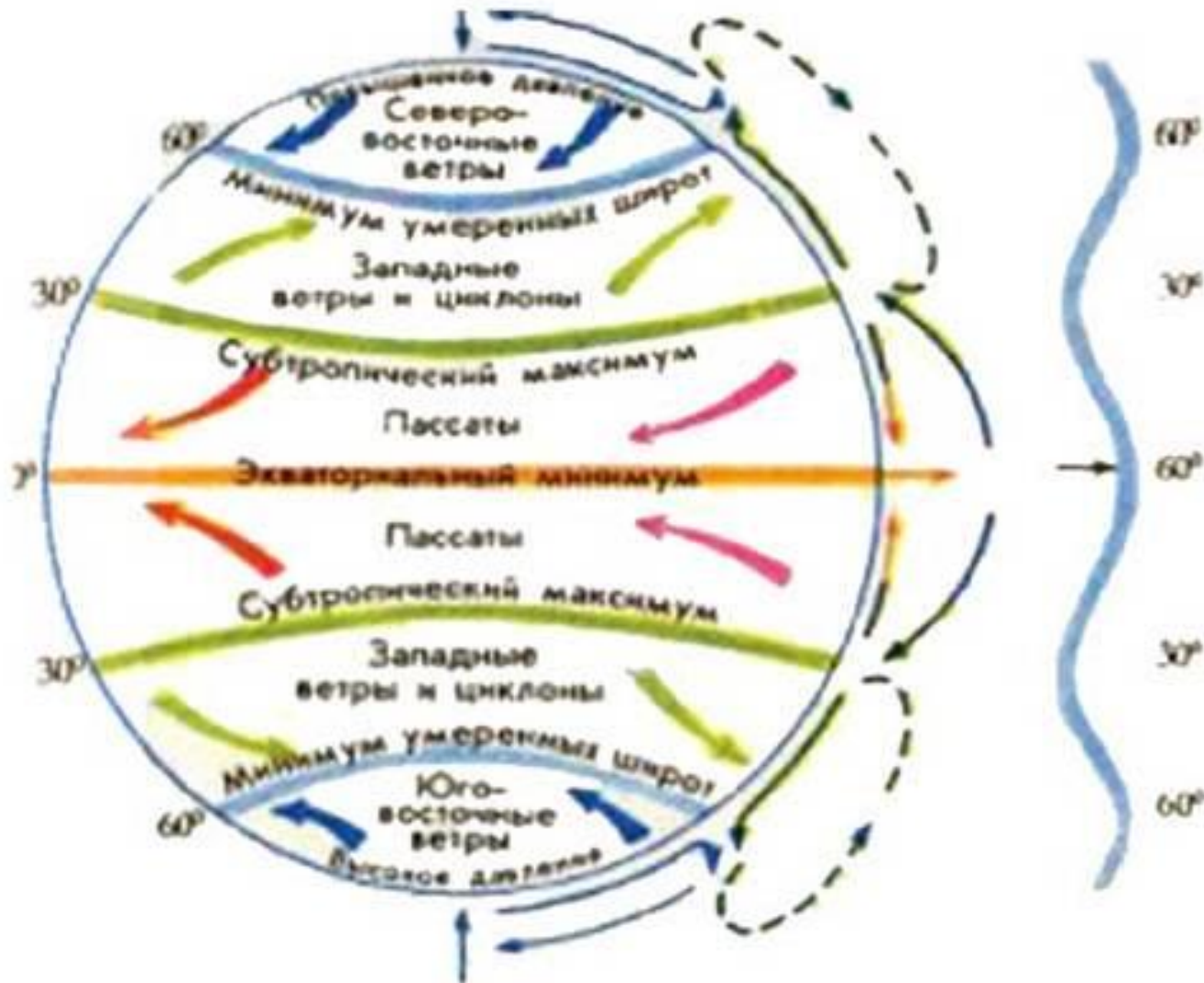
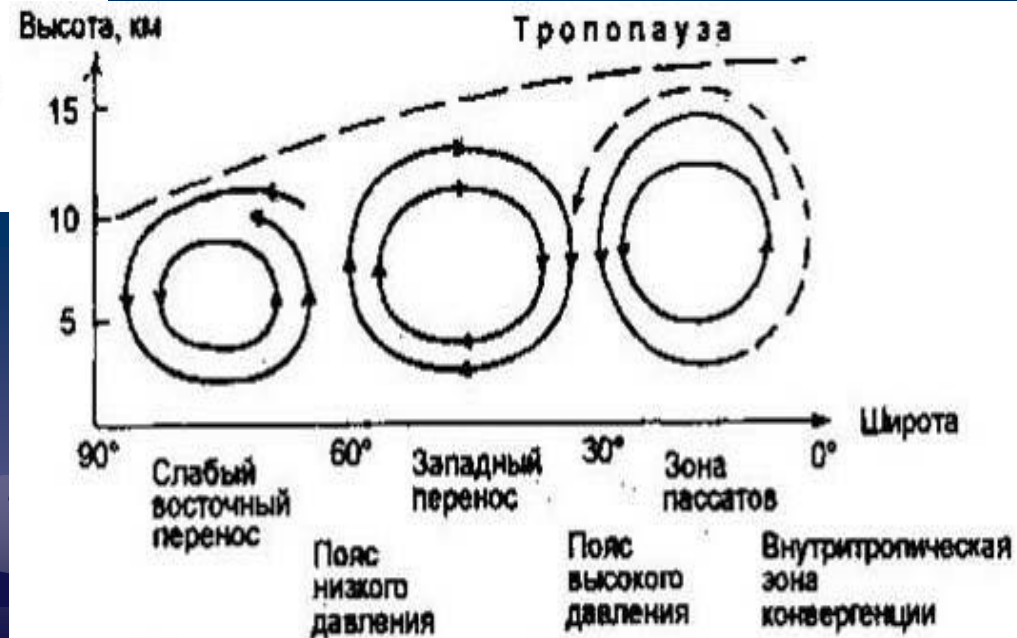
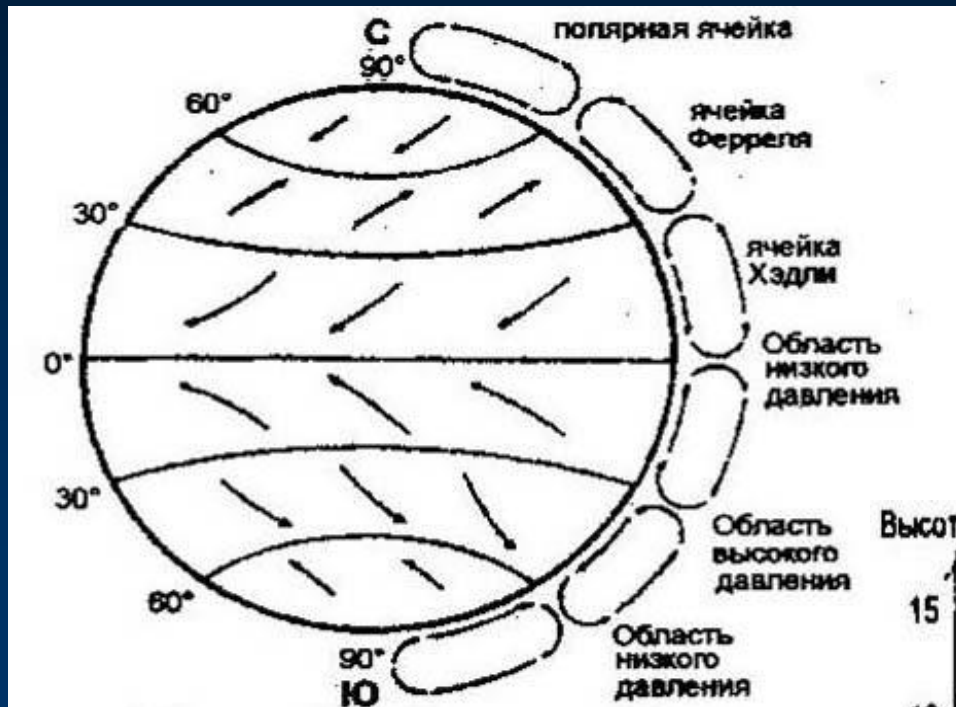
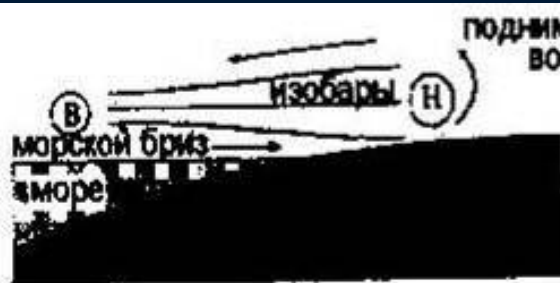


Схема глобальных ячеек при циркуляции воздуха в атмосфере

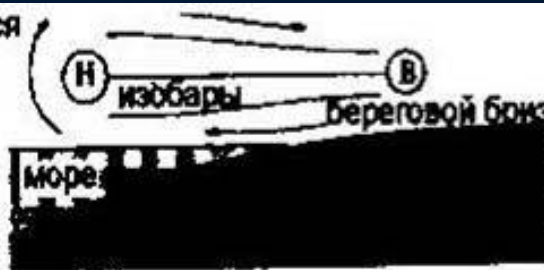


Локальные ветры



Днем

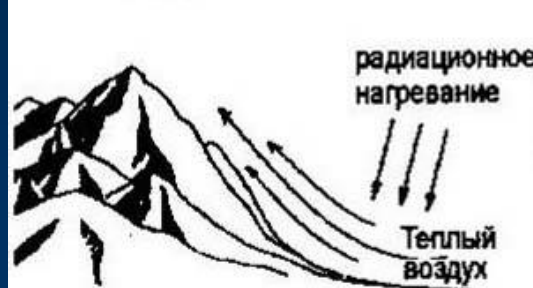
а



Ночью

Влажный сезон

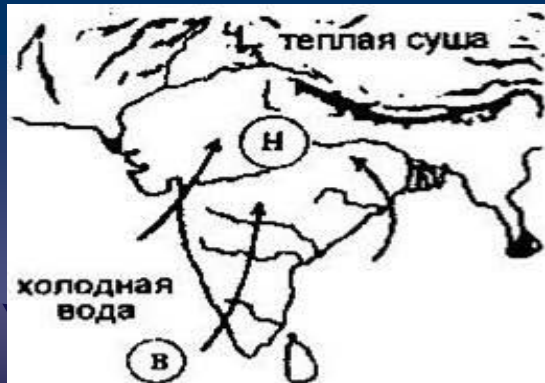
Сухой сезон



Днем



Ночью



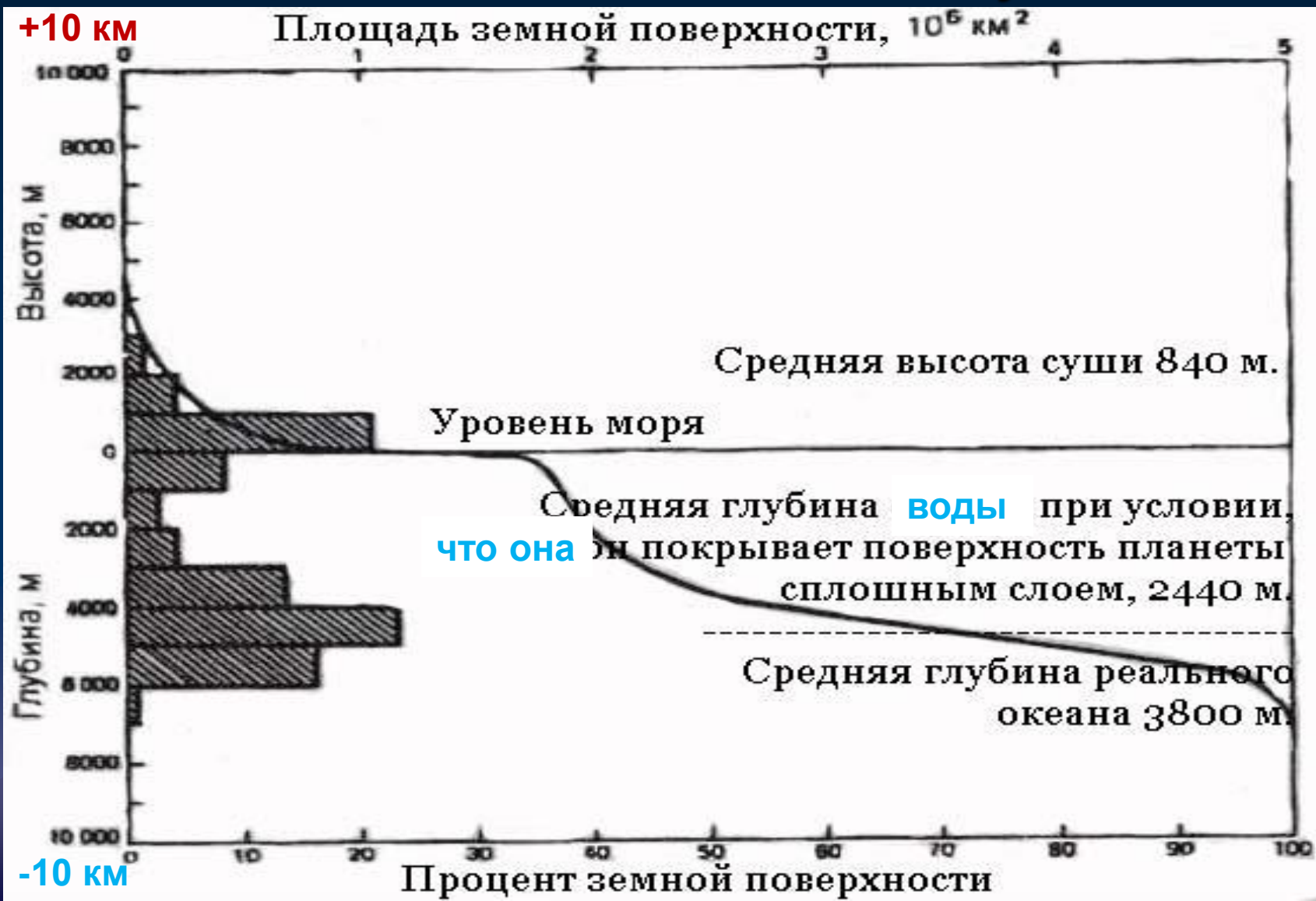
Индийский океан

б



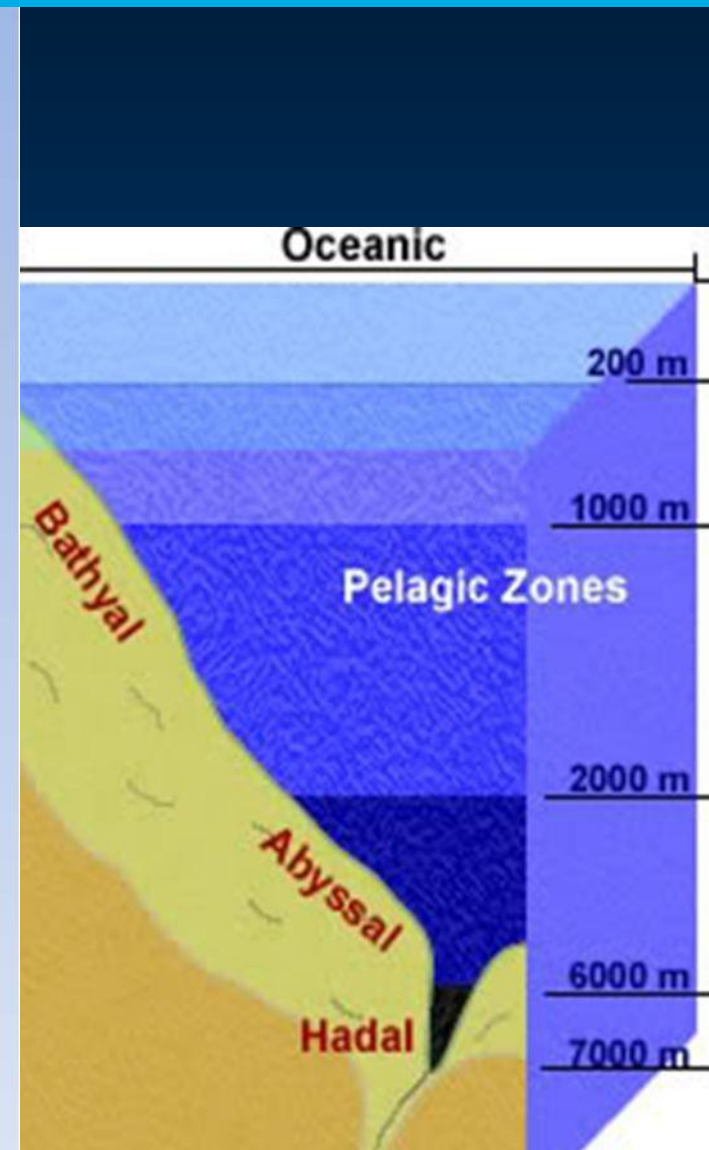
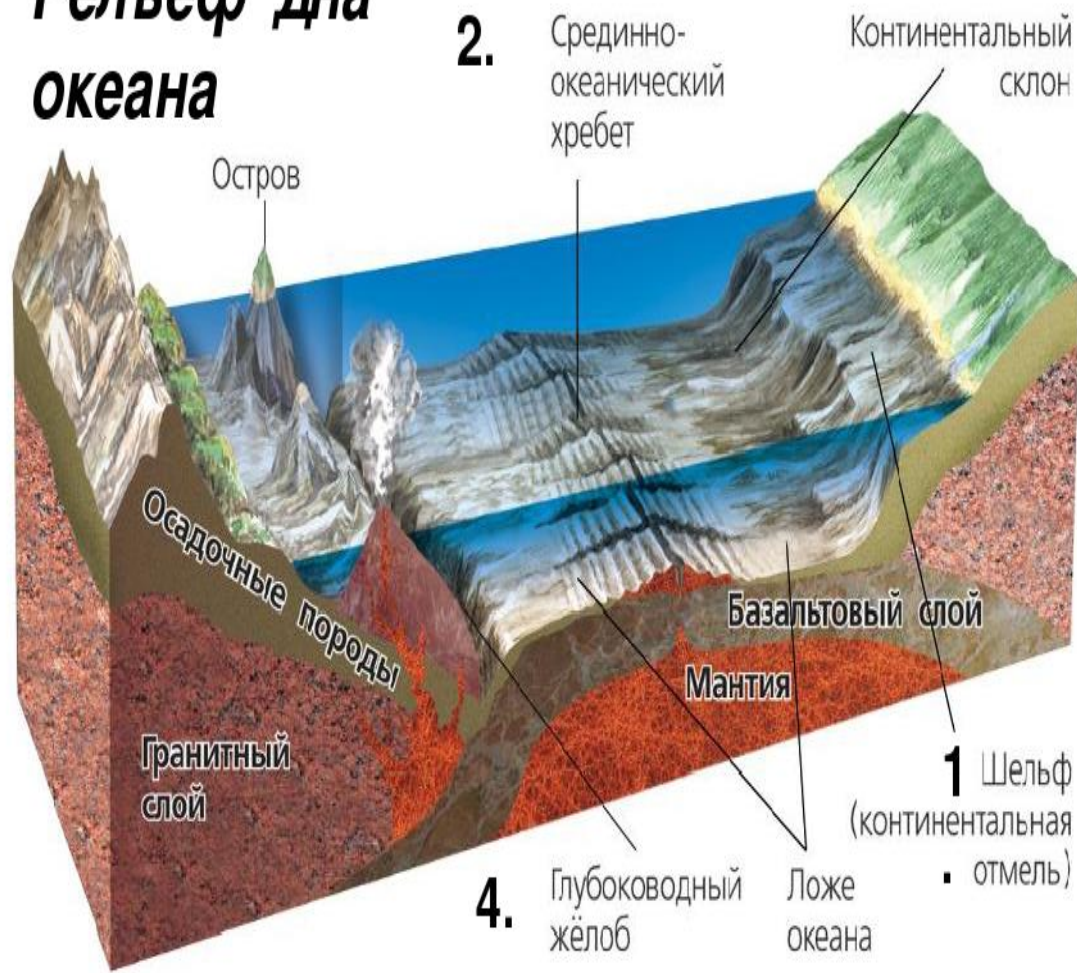
Индийский океан

Рельеф планеты: процент площади на данной высоте или глубине

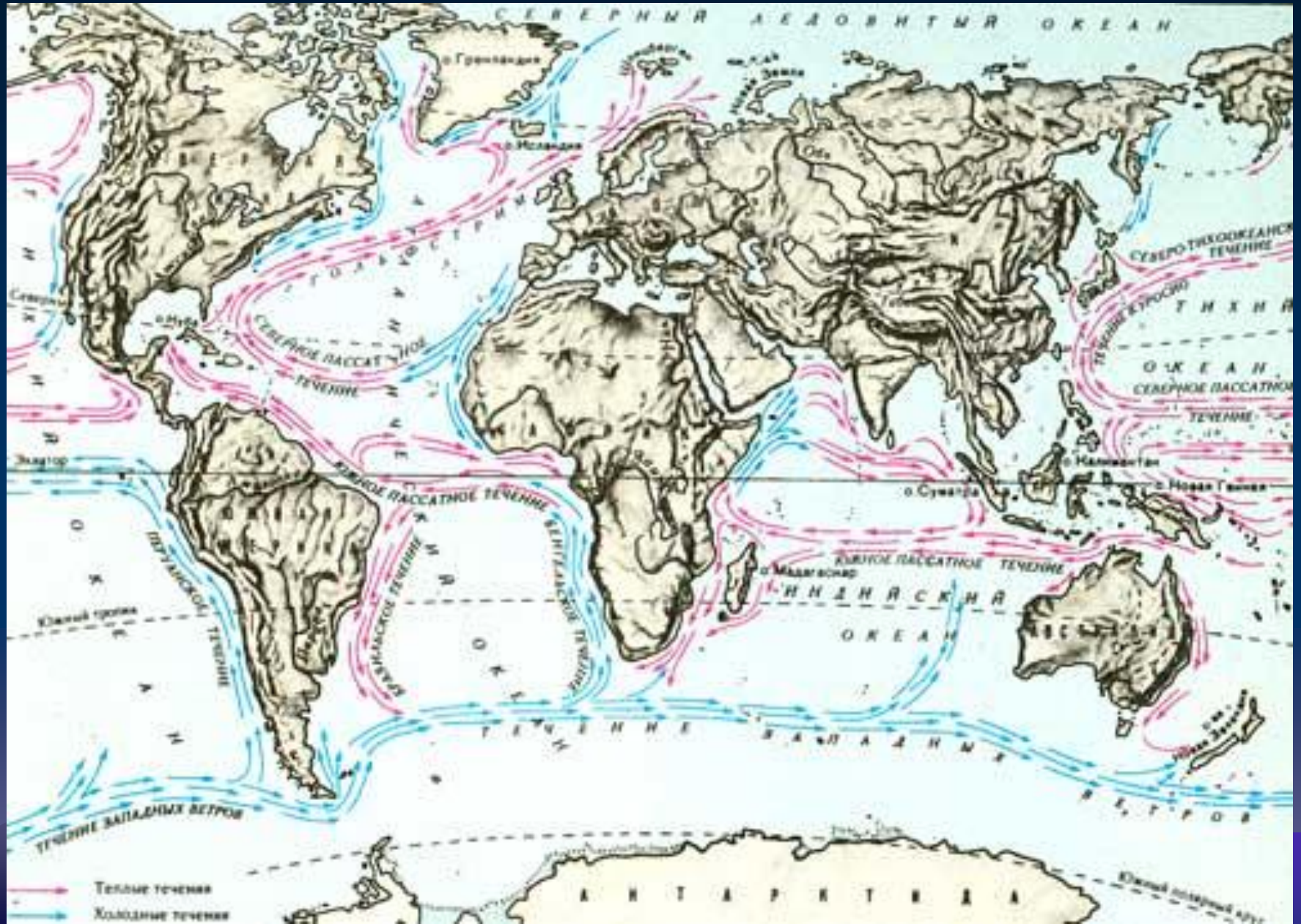


Строение дна океана

Рельеф дна океана



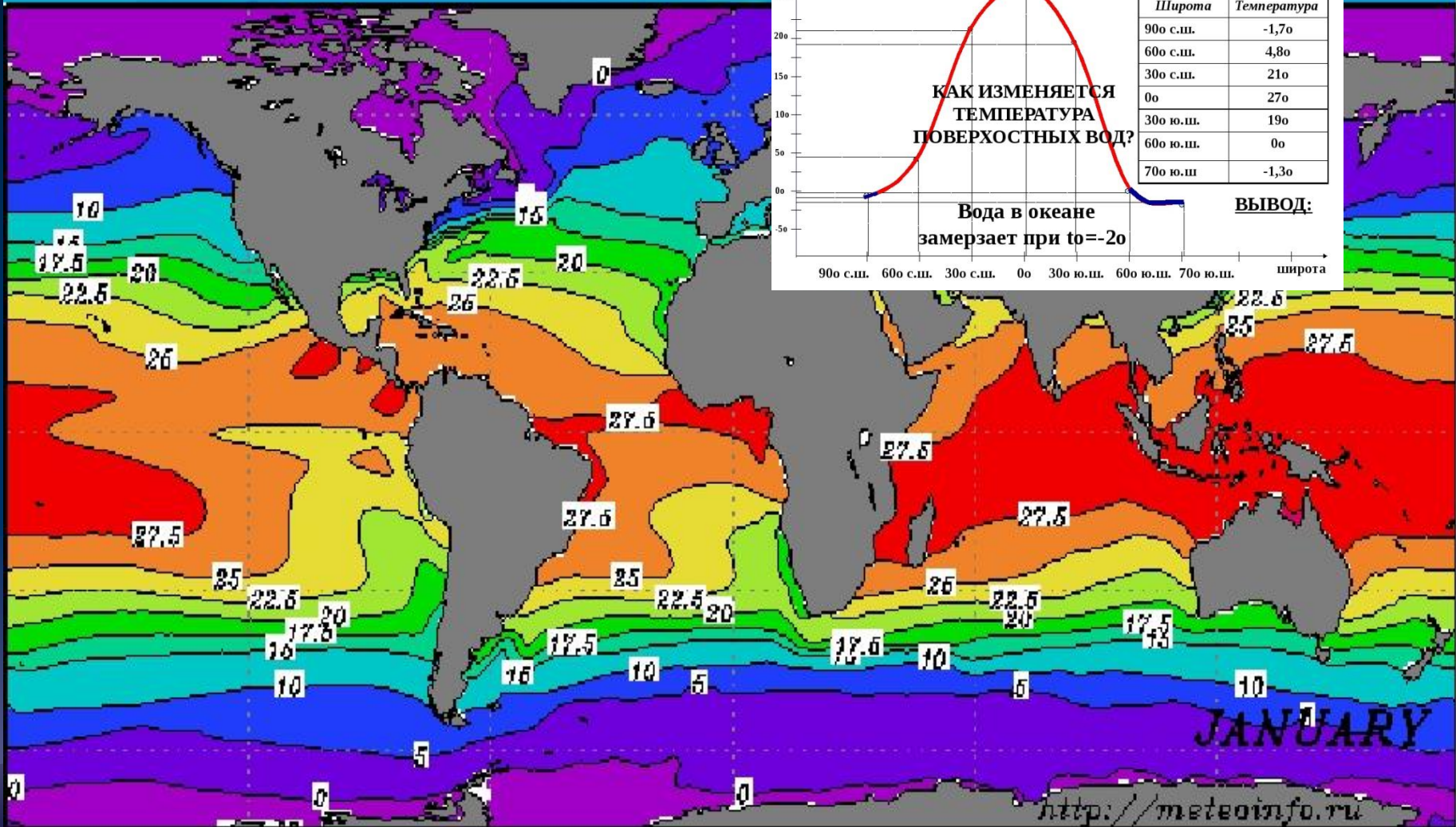
Глобальные океанические течения



Изотермы поверхностных вод в океанах

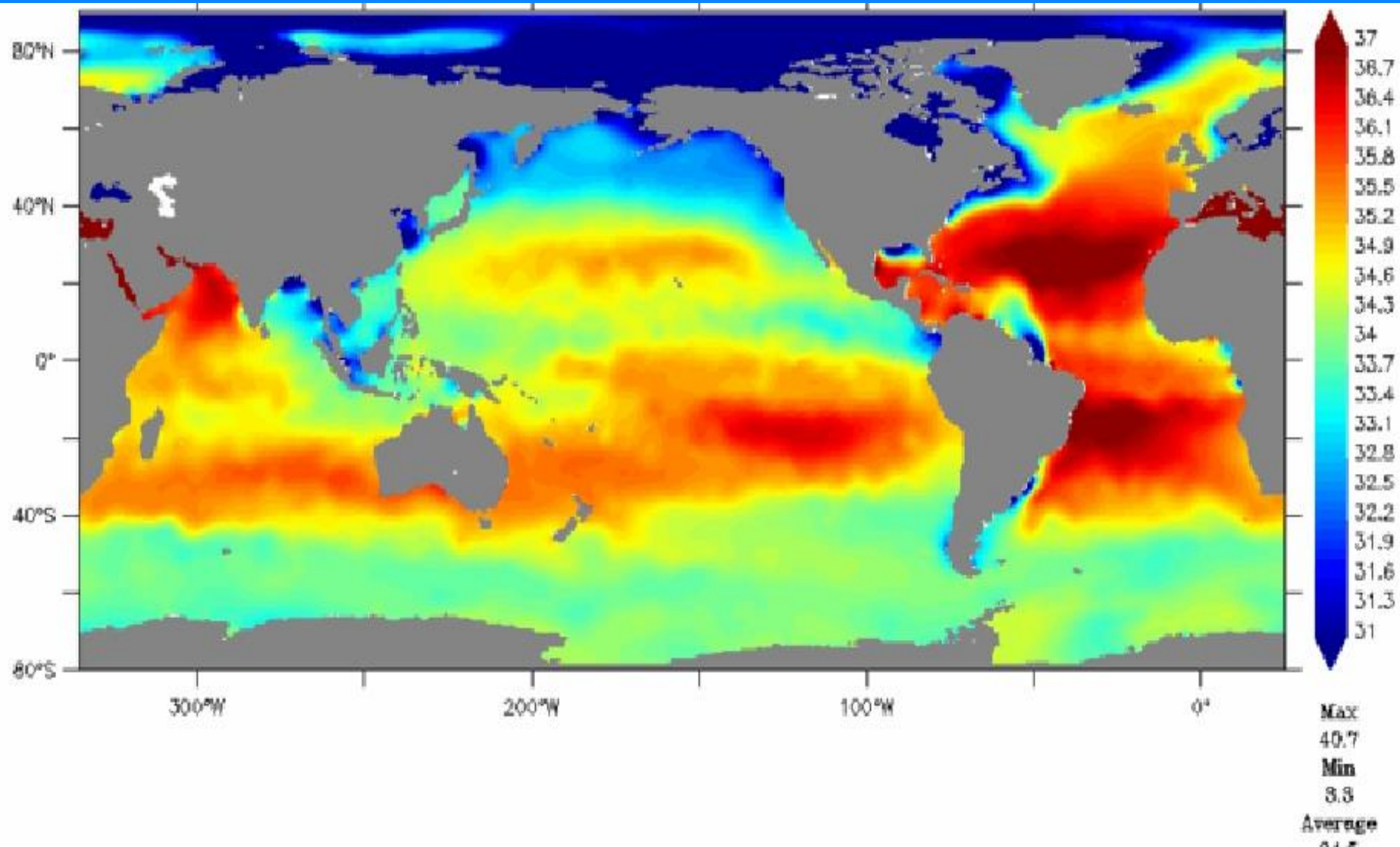
График температуры поверхностных вод Мирового океана

Распределение поверхностной температуры вод океана изменяется от экватора к полюсам.

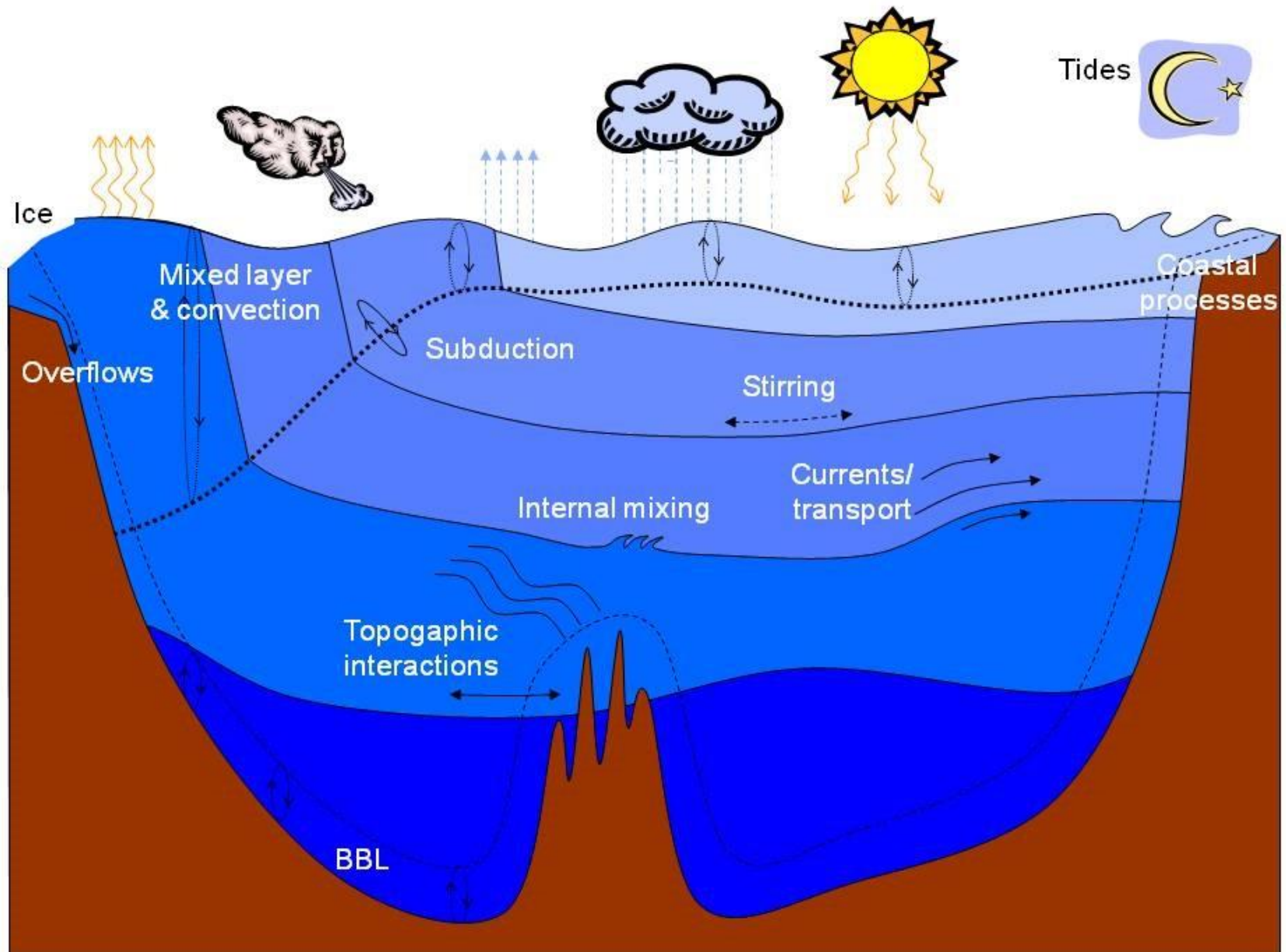


JANUARY

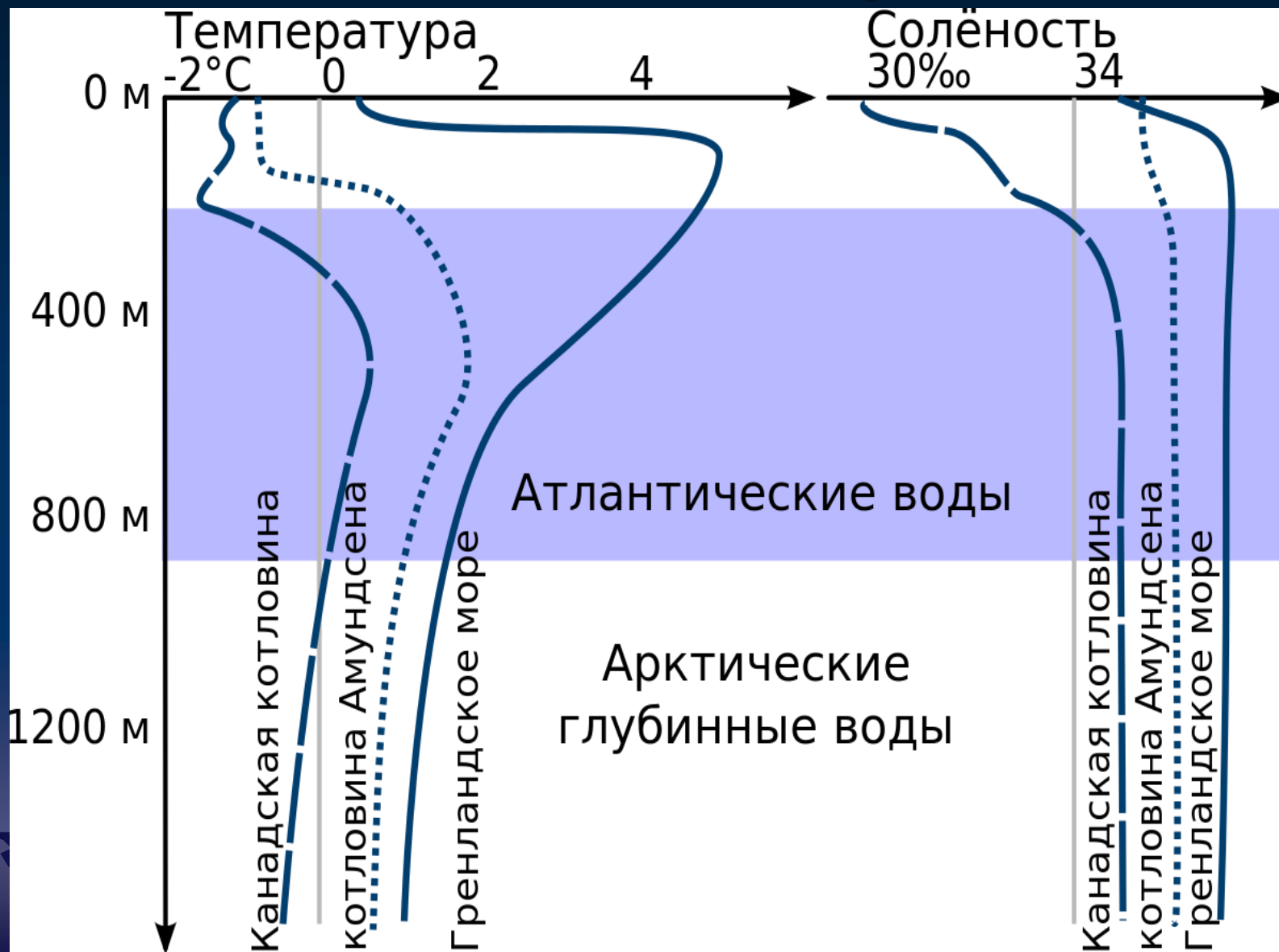
Солёность океанов



Формирование солёности океанов

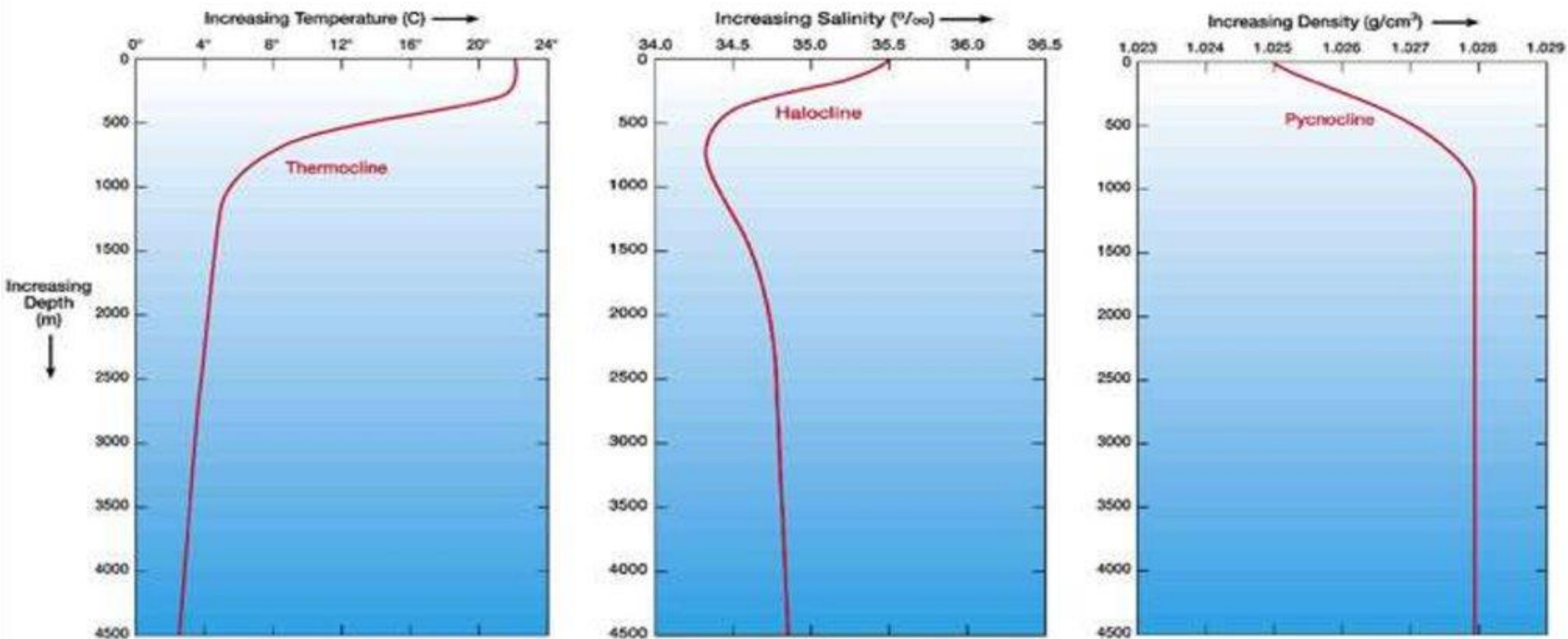


Распределение температуры и солёности по глубине



Распределение плотности по глубине

Изменение с глубиной солёности, температуры и плотности



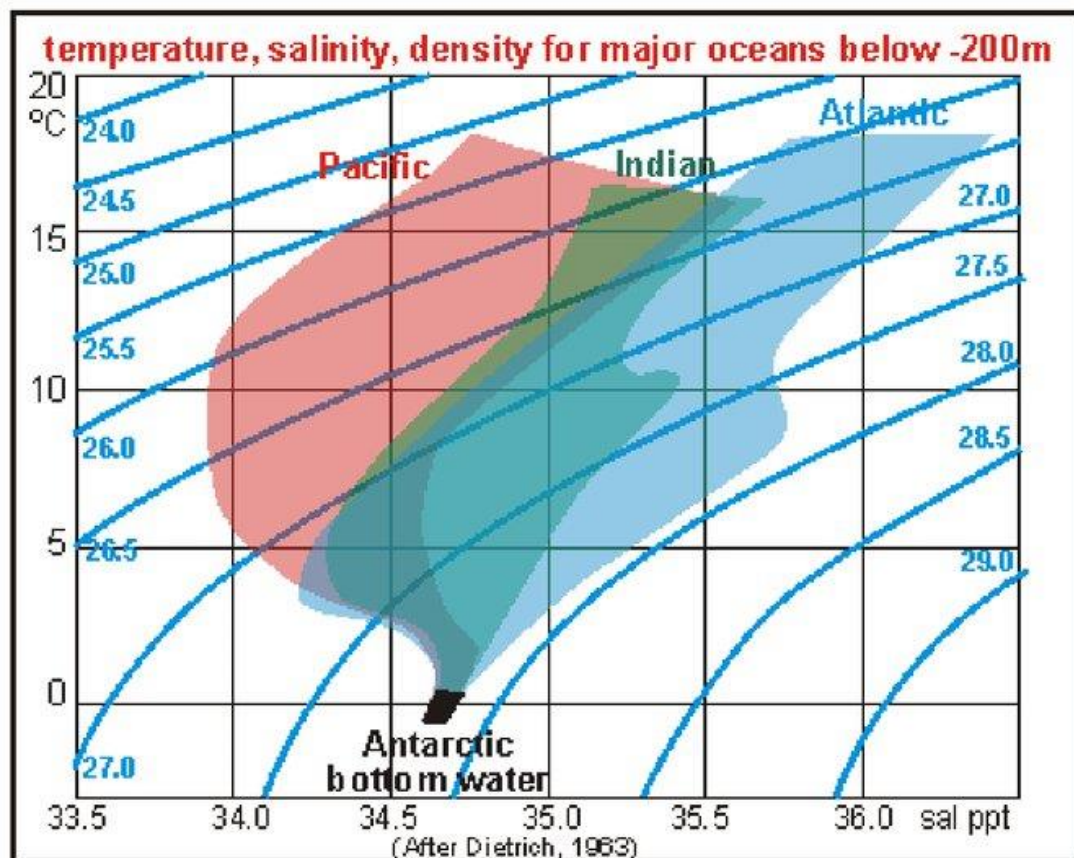
Термоклин

Галоклин

Пикноклин

Плотность воды в океанах

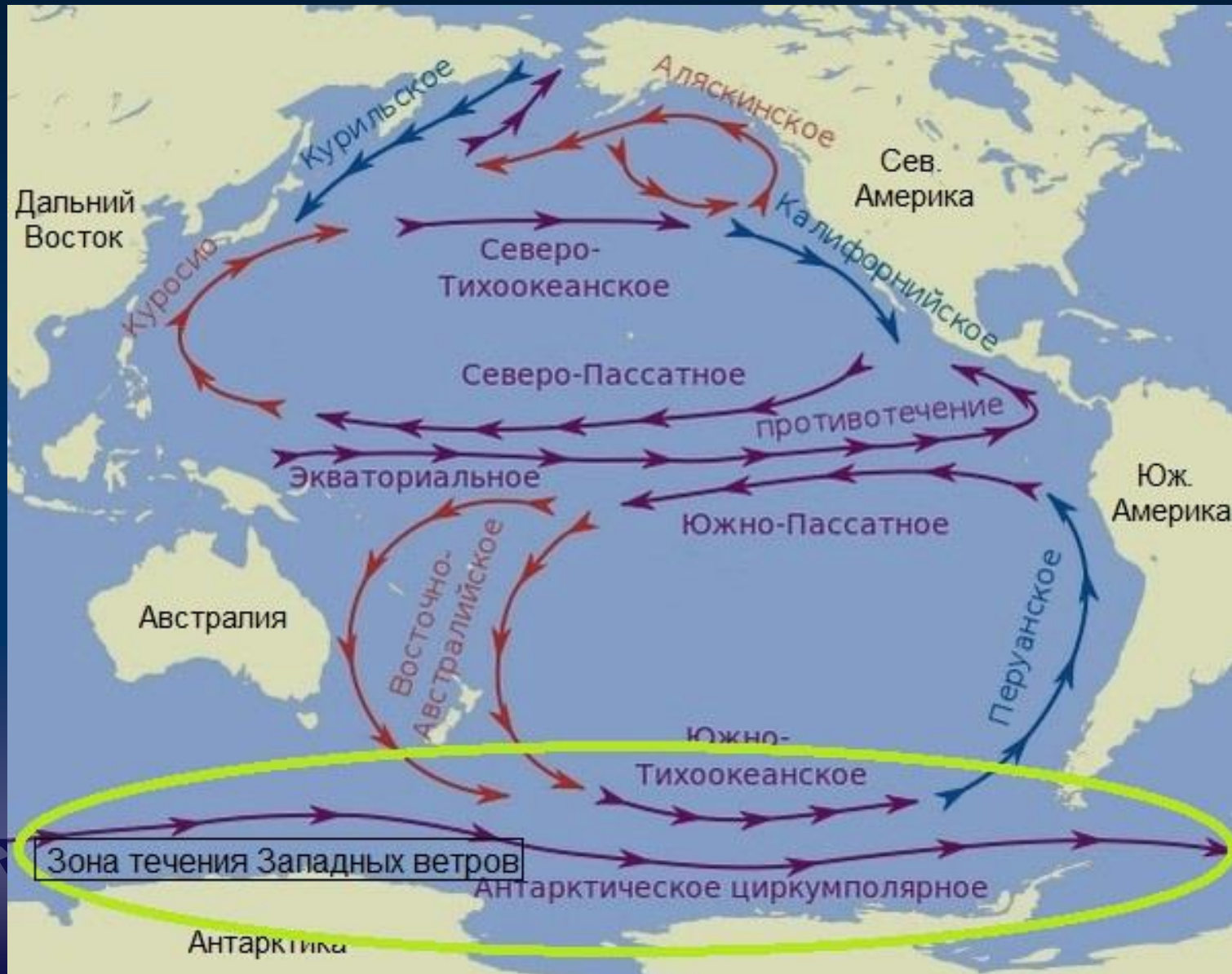
Температура, соленость и плотность океанов на глубинах свыше 200 м



Глобальная океаническая петля

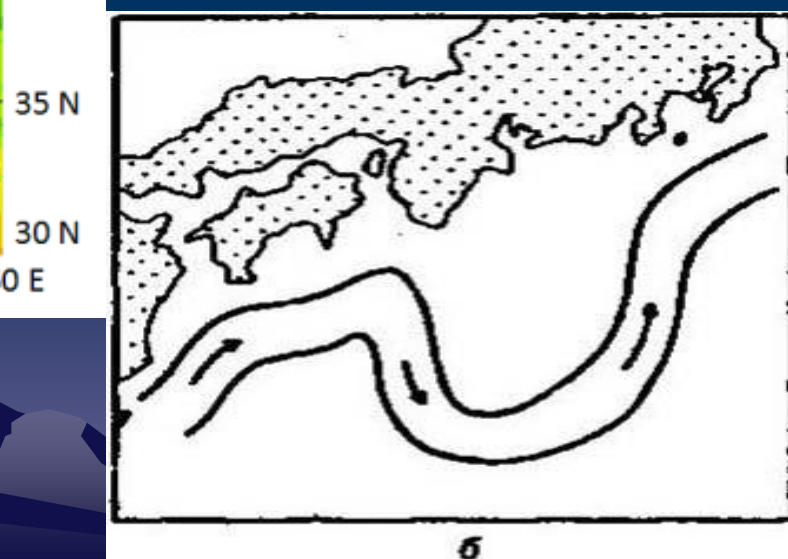
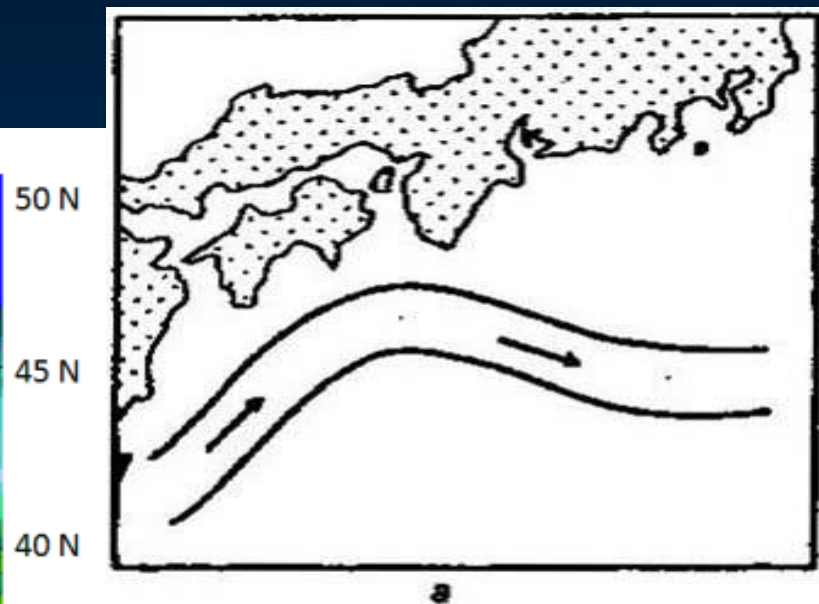
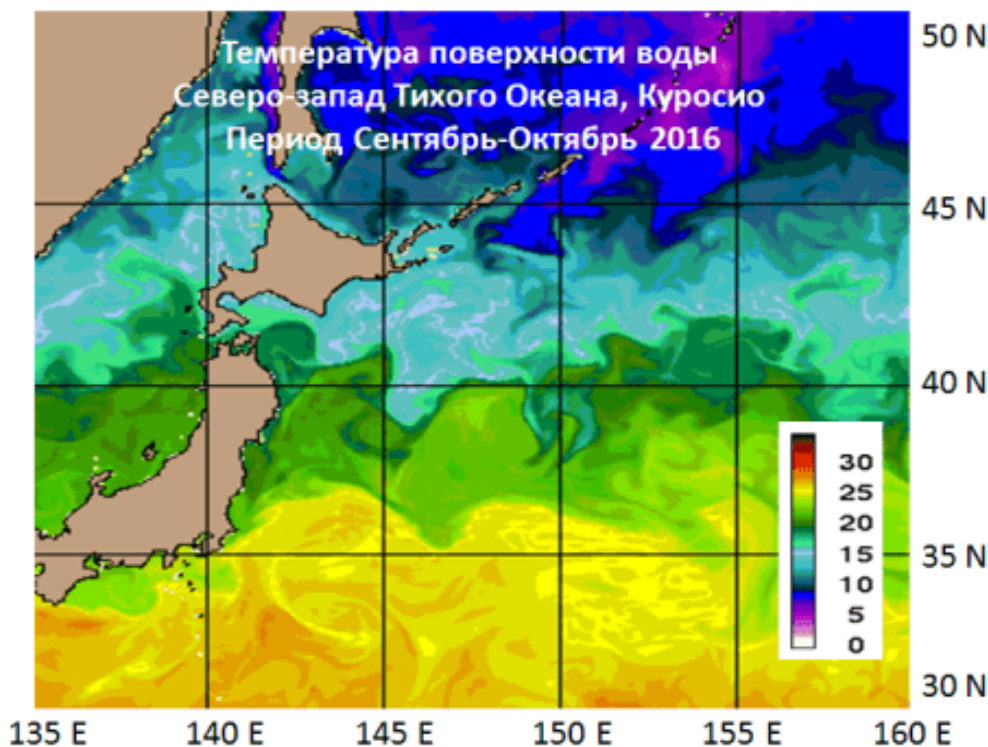


Тихоокеанские океанические течения



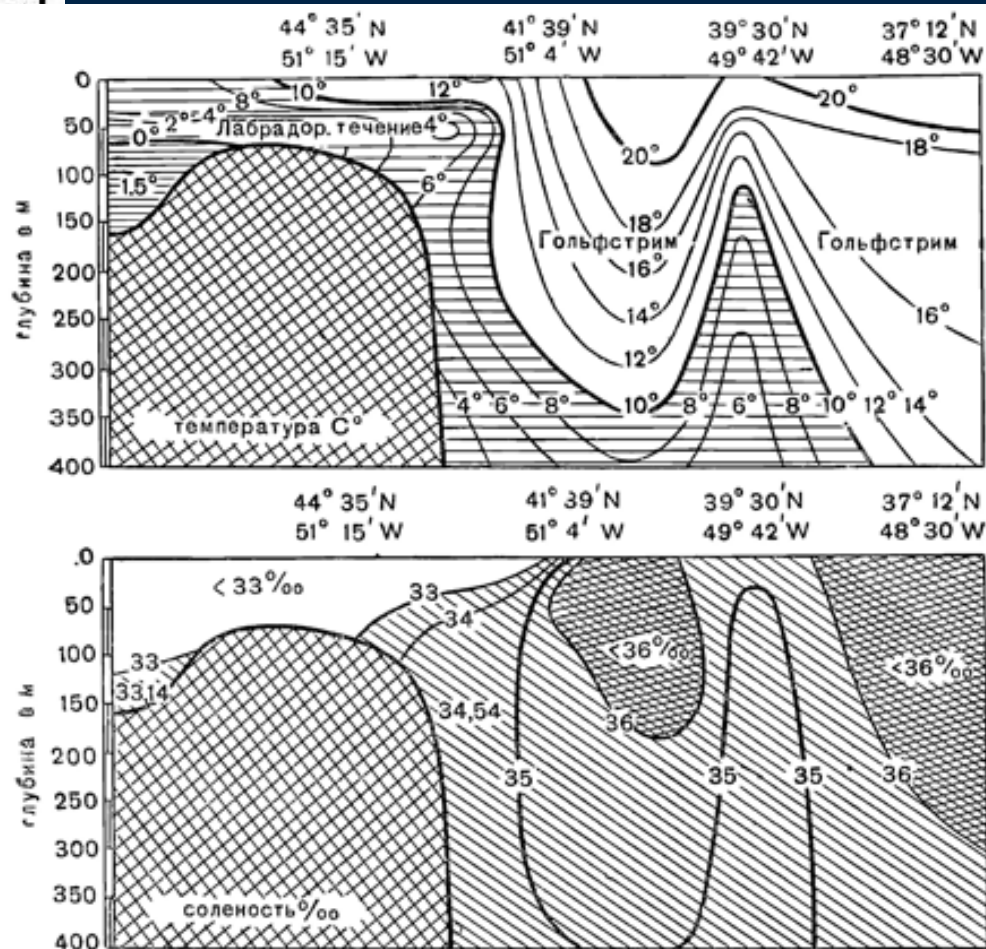
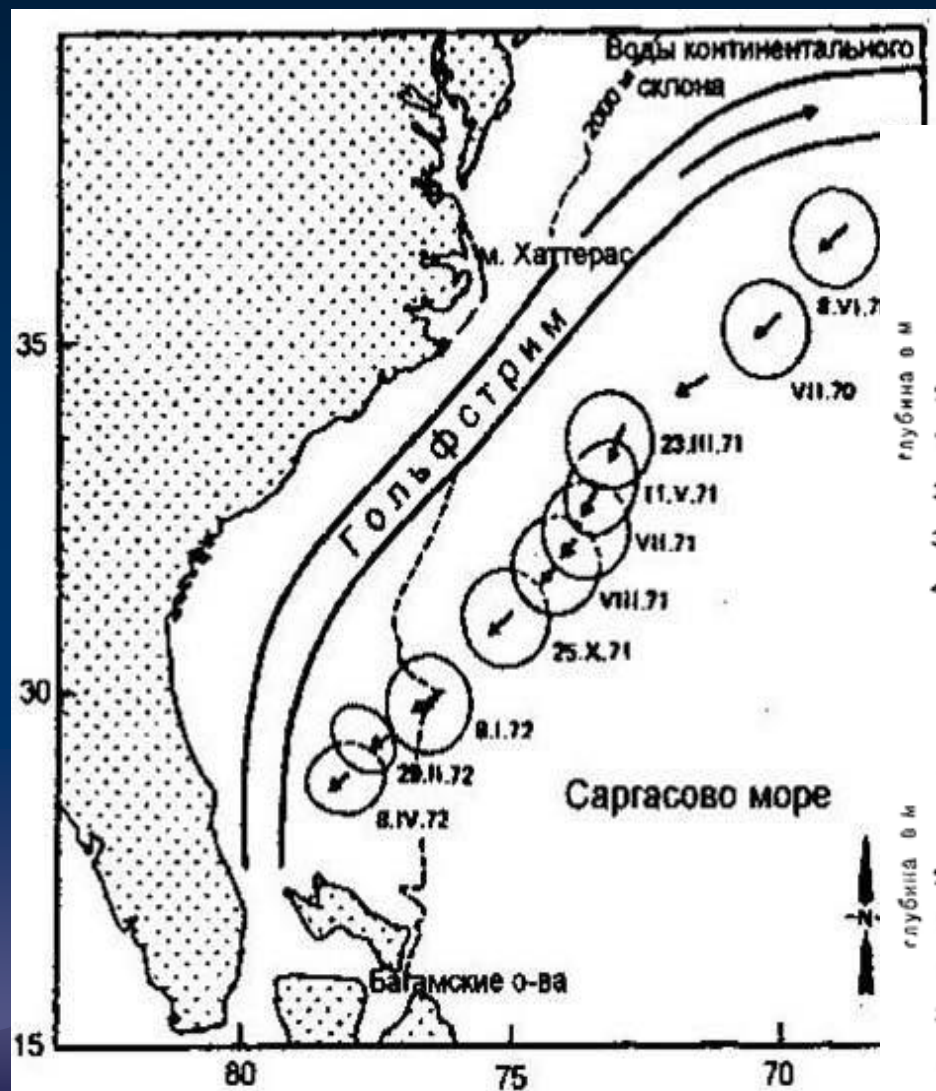
Локальные области течений

Курисио

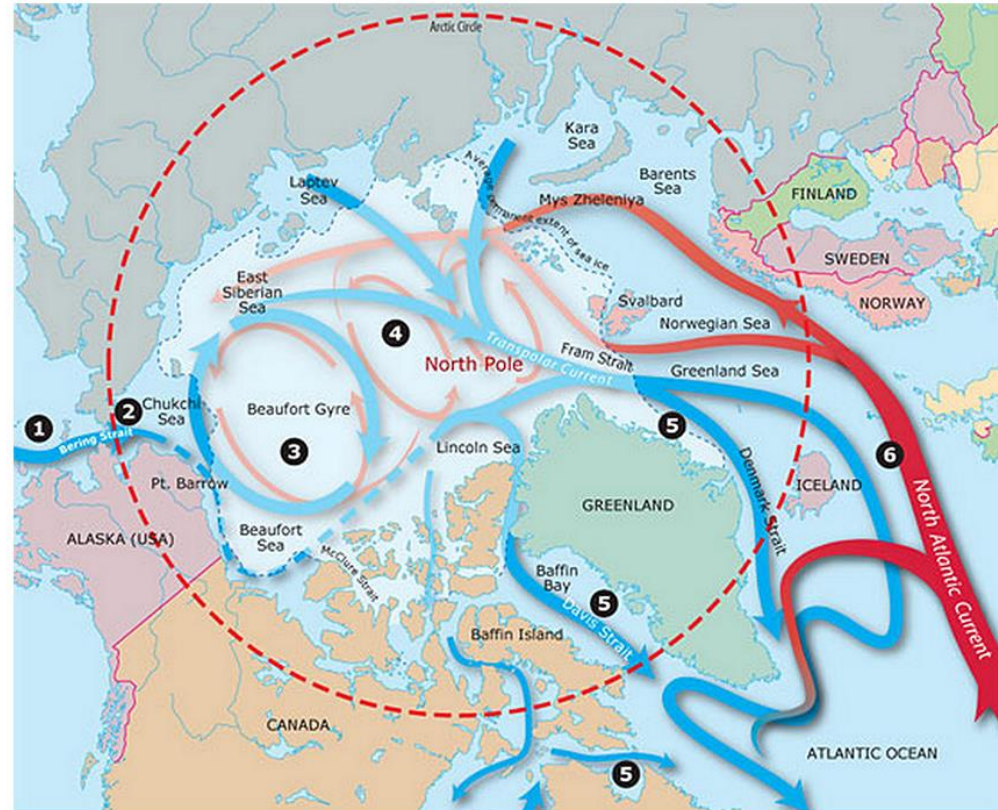
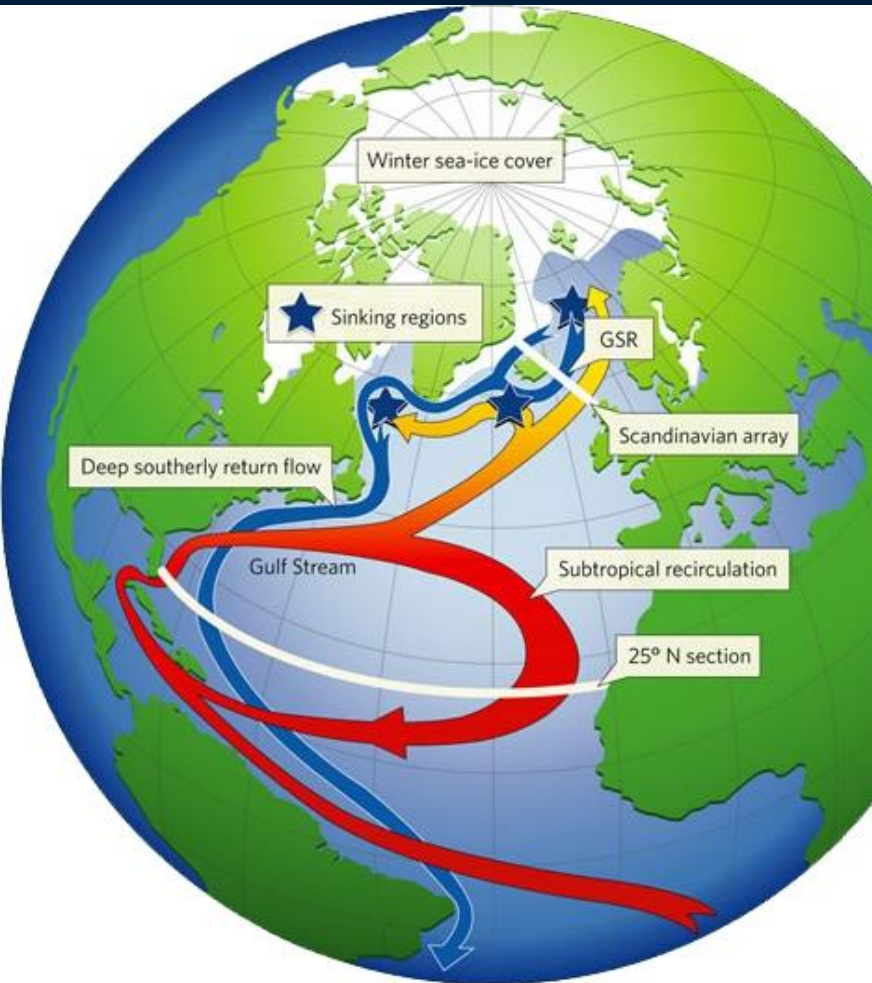


Локальные области течений

Гольфстрим



Локальные течения в Атлантическом и Северно-ледовитом океанах



Химический состав морской воды и крови человека

Химический элемент	% от суммы растворенных солей, воды океана	% от суммы растворенных солей, кровь человека
Хлор	55,0	49,3
Натрий	30,6	30,0
Кислород	5,6	9,9
Кальций	1,1	1,8
Калий	1,2	0,8

Состав атмосферы

Постоянные компоненты воздуха

Компонента	Формула	Отн. молекул. масса	% объема
Азот	N ₂	28.016	78.110±0.004
Кислород	O ₂	31.9986	20.957 ±0.001
Аргон	Ar	39.942	0.937 ±0.001
Неон	Ne	20.182	(18.18 ±0.04)10 ⁻⁴
Гелий	He	4.003	(5.24 ±0.004)10 ⁻⁴
Криптон	Kr	83.80	(1.14 ±0.01)10 ⁻⁴
Ксенон	Xe	131.3	(0.087 ±0.001)10 ⁻⁴
Водород	H ₂	2.016	0.5*10 ⁻⁴
Метан	CH ₄	16.043	2*10 ⁻⁴
Закись азота	N ₂ O	44.015	(0.5 ±0.1)10 ⁻⁴

Состав атмосферы

Переменные компоненты воздуха

Компонента	Формула	Онт. молекул. масса	% объема
Вода	H_2O	18.005	0-7
Двуокись углерода	CO_2	44.009	0.01-0.1 (у поверхности 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

Выбросы в атмосферу за 1993 г.

Отрасли	Выбросы (тыс. тонн)	Основные ЭОФ
Промышленность России в целом	22167,7 (89,4%)	
Энергетика	5898,2 (23,8%)	Диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота, сажи, БП, пыль, пятиокись ванадия
Цветная металлургия	3795,0 (15,3%)	Диоксид серы, оксид углерода, фтористый водород, пыль
Черная металлургия	3227,1 (13,0%)	Оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота, ТВ
Машиностроение	1289,8 (5,2%)	оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы, пыль, ксилол, толуол, ацетон, бутилацетат, бензин, Сг, Рб
Нефтеперерабатывающая промышленность	01190,8 (4,8%)	Диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота
Промышленность строительных материалов	1064,1 (4,4%)	Оксид углерода, пыль, диоксид серы, оксиды азота, сероводород, формальдегид, ВВ, пятиокись ванадия
Газовая промышленность	879,8 (3,5%)	Углеводороды, оксиды азота, диоксид серы
Химическая и нефтехимическая промышленность	661,2 (2,7%)	Оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы, сероуглерод, аммиак, сероводород, бензин, толуол, ацетон, Сг, Нд, дихлорэтан, бензол, ксилол, этилацетат, пятиокись ванадия
Деревообрабатывающая промышленность	638,1 (2,6%)	оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы, сероводород, толуол, бутилацетат, ацетон, ксилол, формальдегид, метилмеркаптан, ВВ, этилацетат,

Эволюция содержания CO_2 в атмосфере

за последние 400 тыс. лет.

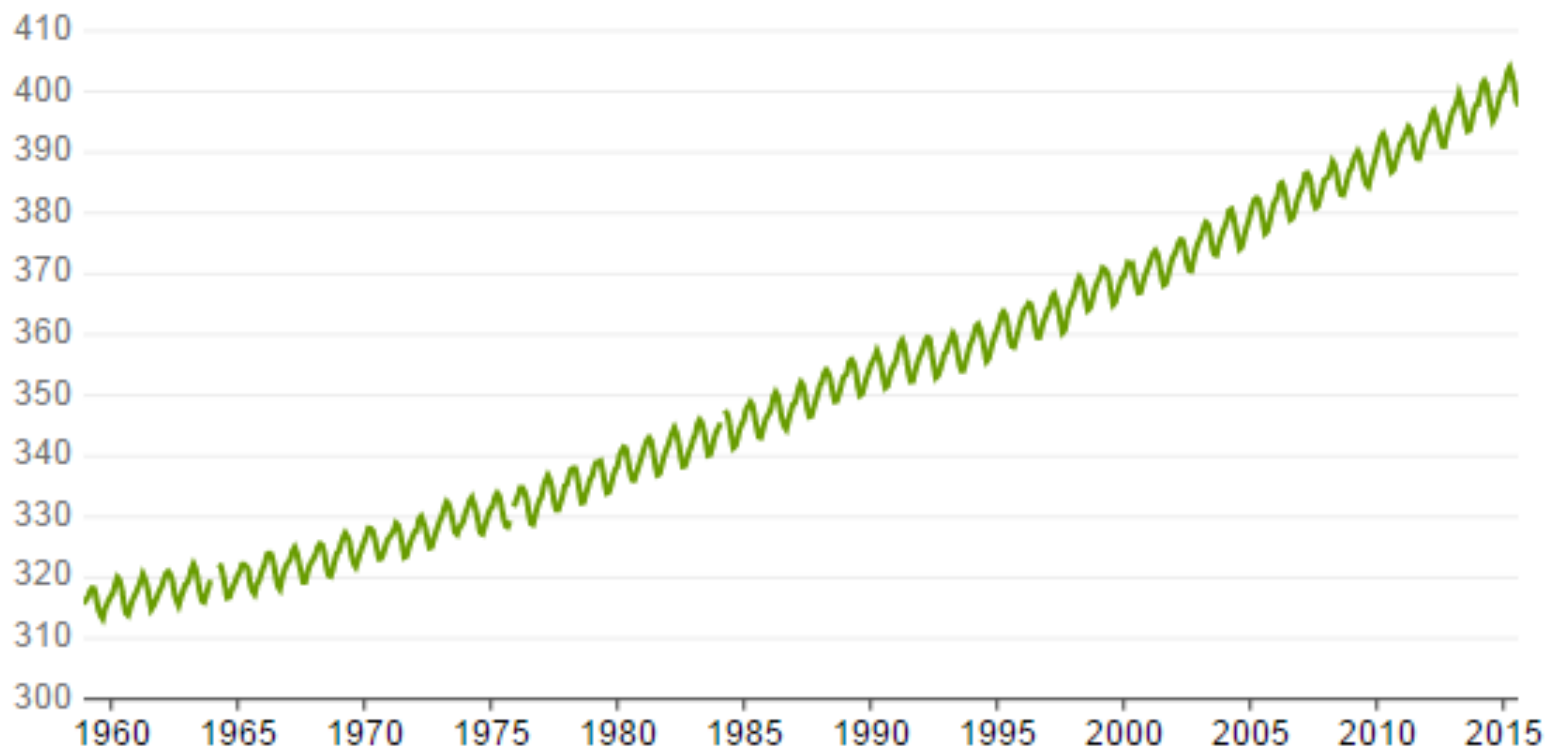


Выбросы в атмосферу



Выбросы CO₂ в атмосферу

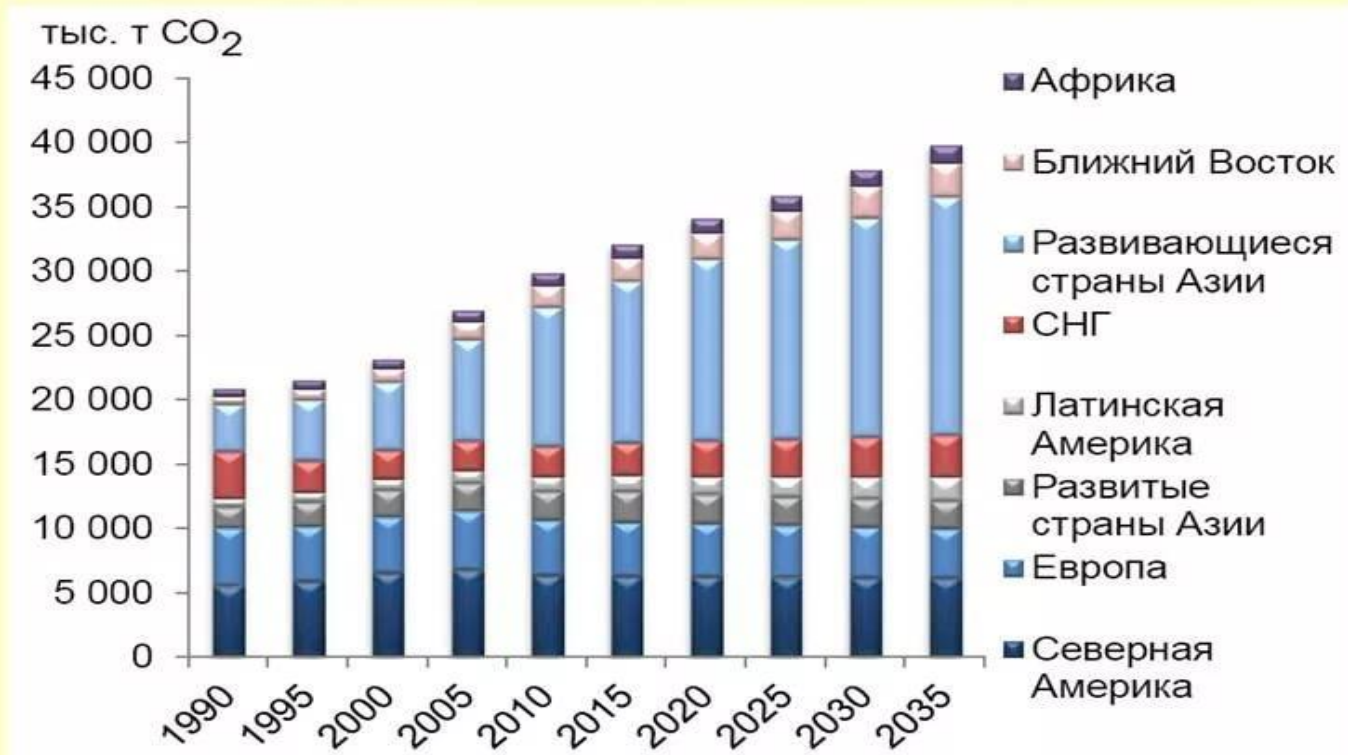
Средняя ежемесячная концентрация углекислого газа в атмосфере
(количество частиц CO₂ на миллион частиц воздуха)



Исследование Института океанографии Скриппса, данные из обсерватории Мауна Лоа

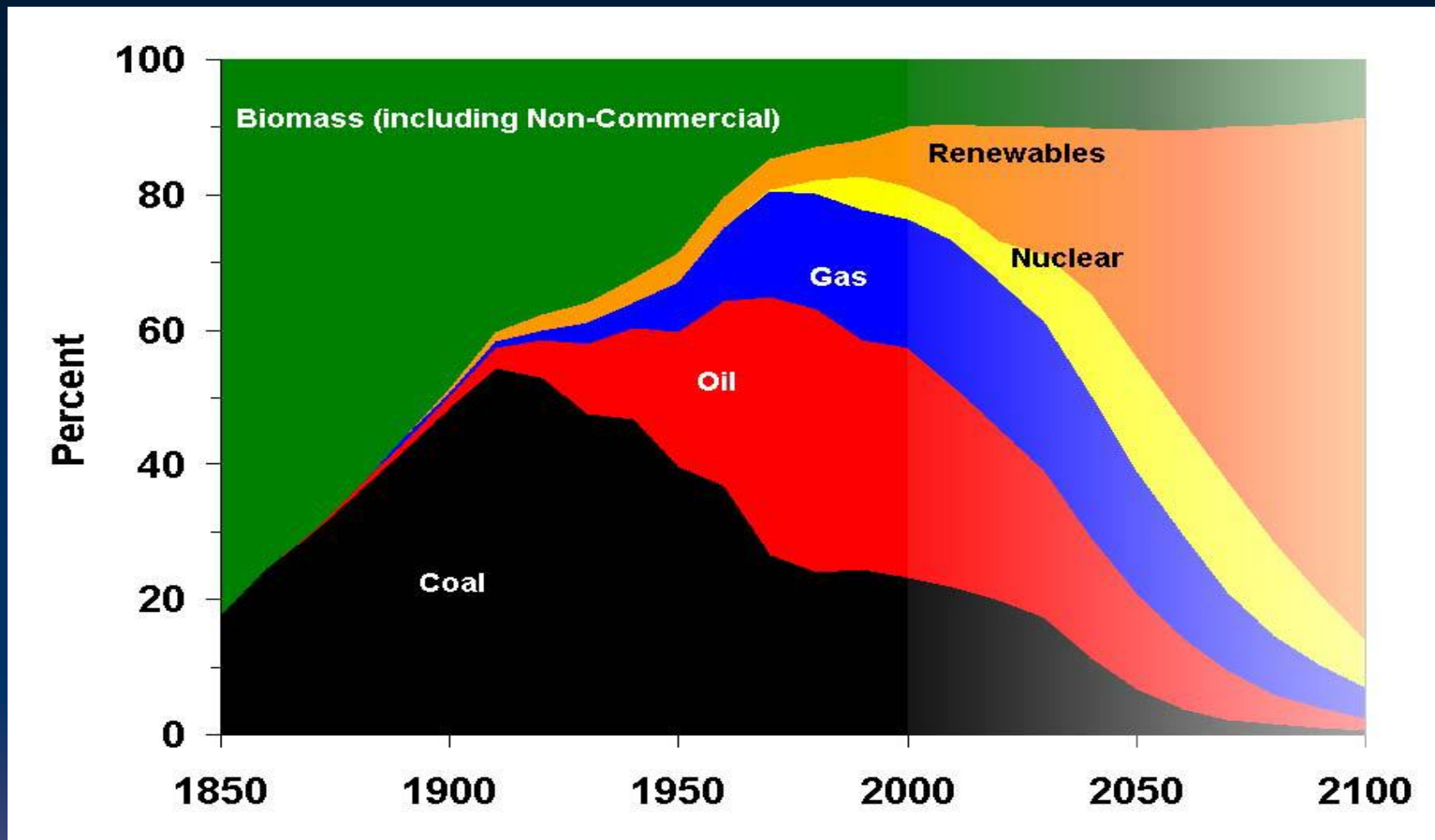
Прогноз выбросов CO₂ в атмосферу по регионам

Выбросы углекислого газа по регионам



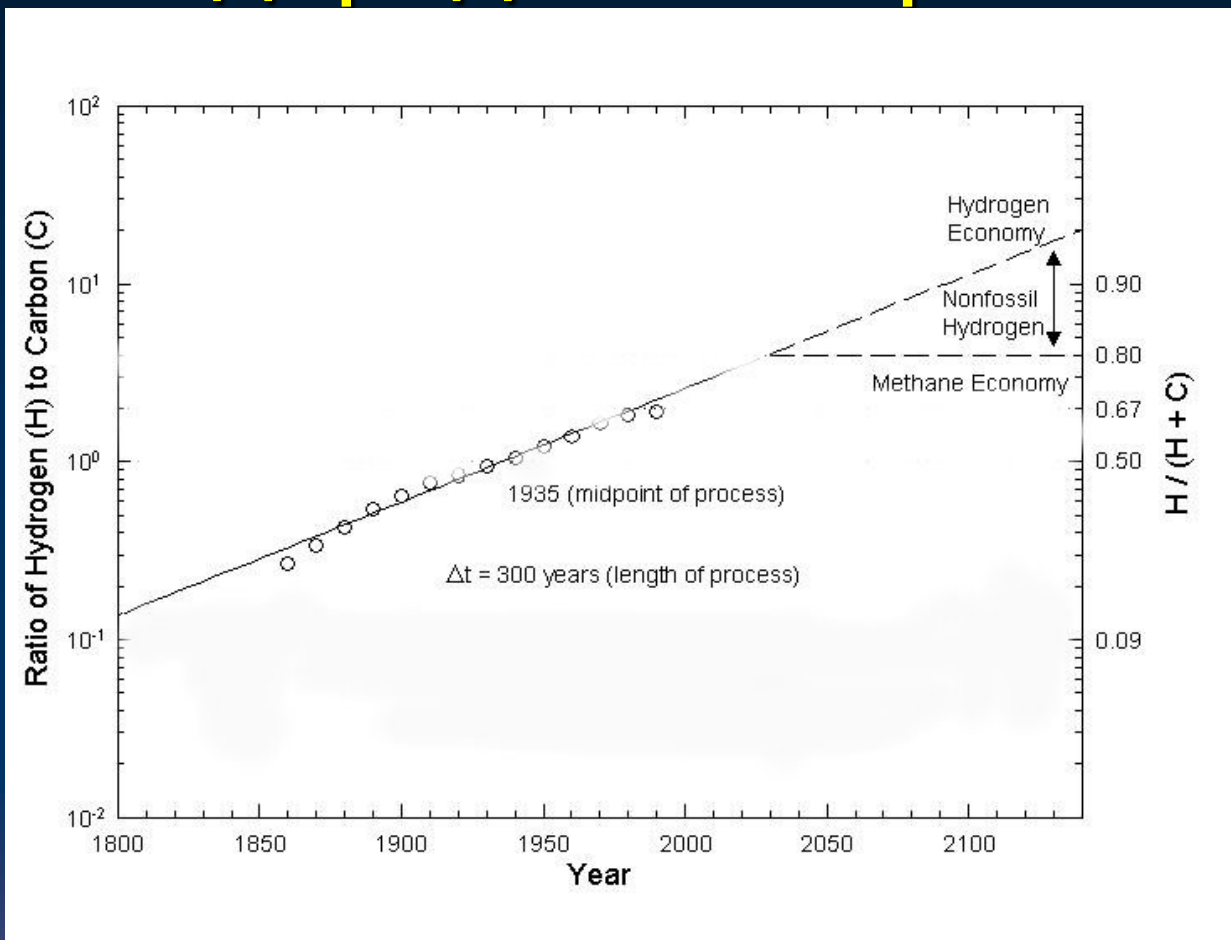
- Почти весь прирост выбросов приходится на развивающиеся страны.
- Развитые страны снижают выбросы, но общую ситуацию это не меняет.

Прогноз по развитию энергетики



Сценарий развития энергетики с сильным снижением выброса углерода в атмосферу к 2100 году. В этом случае требуется кардинальная перестройка энергетических систем.

Оценка перспективы перехода к водородной энергетике



Изменение отношения доли водорода H (hydrogen) к доле углерода C (carbon) при их использовании для выработки энергии на Земном шаре. Оценка процесса построена прямой экстраполяцией ситуации в энергетике, сложившейся к настоящему времени.

CO₂ в атмосфере и океане

- Атмосферный воздух в среднем содержит 0,03 об % углекислоты. Общее содержание двуокиси углерода **в атмосфере** оценивается в **0,0233 x 10²⁰г.**
- **В океане** двуокись углерода присутствует в виде H₂CO₃, HCO₃⁻, CO₃²⁻, органического вещества; общее ее содержание оценивается **в 1,4 x 10²⁰г,** что примерно **в 60 раз** превосходит ее количество в атмосфере.
- Кроме того, в растворенном состоянии также находится большое количество углекислоты: средняя общая концентрация CO₂ в морской воде составляет 2,3 миллимоля/л.

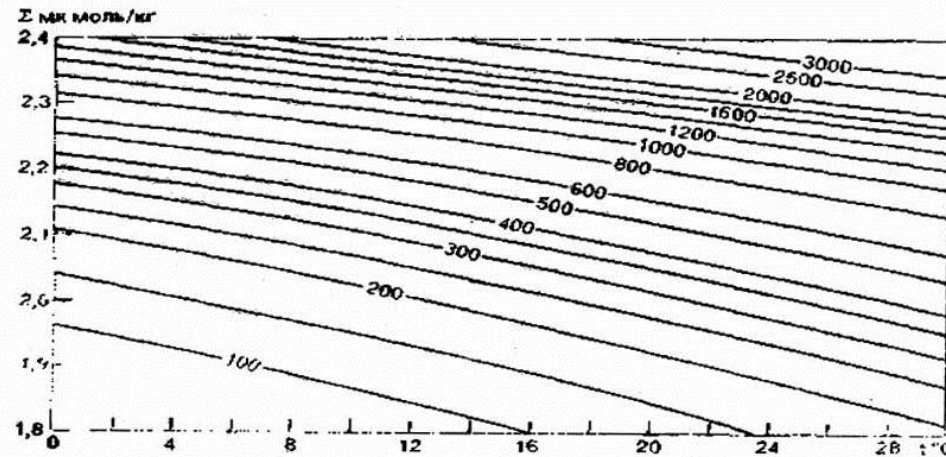
CO₂ в живых организмах

- По расчетным данным наибольшее количество углекислоты производится живыми организмами. Количество углерода, содержащегося в живых организмах, будучи выражено через CO₂, составляет около $0,145 \times 10^{20}$ г, что *в 6 или 7 раз* превышает содержание CO₂ в атмосфере.
- Как указывал В.И. Вернадский, организмы являются важным звеном в геохимическом цикле углерода.

Баланс CO_2 между атмосферой и морской водой

- Исходя из наблюдений за поведением C^{14} в атмосфере и океане, Ревель и Зюсс (1957) оценивают время пребывания конкретной молекулы углекислоты в атмосфере 14-30 лет.
- Концентрация двуокиси углерода в воздухе непосредственно над поверхностью моря довольно постоянна, в среднем около 317,4 ppm. Океан абсорбирует углекислоту всей площадью своей поверхности. По данным Такахаши, средняя концентрация углекислоты в атмосферном воздухе 320,8 ppm.

Баланс CO_2 между атмосферой и морской водой



Зависимость концентрации CO_2 в морской воде (млн^{-1}) от концентрации растворенного неорганического углерода Σ и температуры t .

Обмен CO_2 между газовой фазой и раствором зависит от буферного фактора ξ

$$\xi = (\Delta P_{\text{CO}_2} / P_{\text{CO}_2}) / (\Delta \Sigma / \Sigma)$$

$\xi \sim 10$ увеличивается с ростом значений Σ . $\Rightarrow P_{\text{CO}_2}$ чувствительно к малым изменениям Σ в воде.

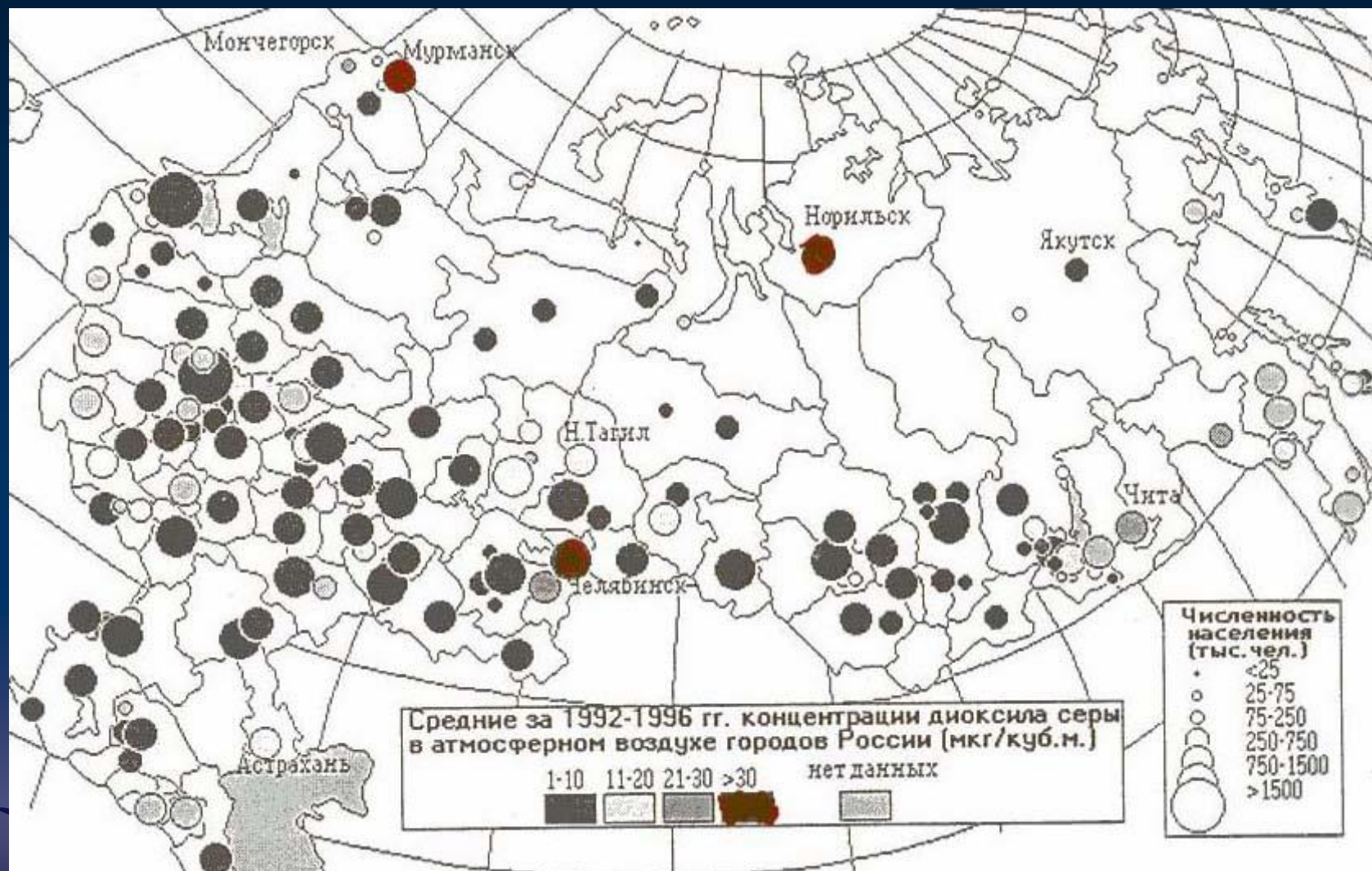
Изменение концентрации CO_2 в атмосфере примерно на 25% $\Rightarrow$ изменение содержания суммарного растворенного неорганического углерода в поверхностных водах только на 2 – 2.5 %.

$T \downarrow \quad \Sigma \uparrow \quad \Rightarrow \quad \text{CO}_2$ из атм в океан
 $P_{\text{CO}_2} \sim \text{const}$
 буфер - колосс
 в высоких широтах

Загрязнения диоксидом серы (содержание серы в топливе)

топливо	Теплота сгорания, Мдж/кг	Содержание серы	Содержание SO ₂ в ДГ
мазут	38,8	2,8	15,9
Бурый Подмосковский уголь	10,4	2,7	53,9
Каменный кузнецкий	22,6	0,4	3,5
Бурый Канско-Ачинский	15,7	0,2-0,4	2,6
Каменный Донецкий	24,2	2,8	21,6
Каменный Экибастузский	12,1	0,8	9,1-11,5

Загрязнения диоксидом серы



Загрязнения диоксидом серы (очистка топлива от серы)

Предварительная очистка

Содержание серы в угле в различных формах:

Включения колчедана, органические формы, сульфаты.

Физическая обработка угля для выделения колчеданной формы. Выбросы SO_2 могут быть уменьшены на 10-50% в зависимости от разновидности угля

Органическая форма. Окисление (воздух, кислород, хлор, сульфат железа) и обработка щелочами (гидроксид натрия, калия или кальция). Извлечение 55% сульфидной серы и около 50% органической серы.

Метод косвенного обессеривания для выделения серы из жидкого топлива

Вакуумное отделение тяжелой части нефти, гидрообессеривании легких компонентов с последующим смешением с частью тяжелых остатков для получения котельного топлива с более низким содержанием серы.

В результате содержание серы не превышает 1%.

Методы очистки отходящих газов

Классификация методов очистки

1. Жидкофазные

Наиболее распространенные и простые. Основная задача - очистка ДГ от оксидов серы и азота. Получение товарных продуктов незначительно (гипс, сульфат аммония, серная кислота, сера).

Основной недостаток - образование больших количеств твердых и жидких отходов.

1.2 Нерегенерационные абсорбционные методы

1.2.1. Простые адсорбционные. К ним относятся:

1) процессы с применением растворов солей натрия (в качестве абсорбента), потребность в электроэнергии 2-3% от вырабатываемой, жидкие отходы нейтрализуются и сбрасываются в канализацию и т.п.;

2) процессы двойной щелочной очистки основаны на применении в качестве абсорбента раствора гидроксида натрия с последующей обработкой раствора, содержащего абсорбированный диоксид серы, гидроксидом кальция; в результате очистки можно получить гипс (после дополнительной обработки);

Методы очистки отходящих газов

1.2.2. Абсорбционные окислительные.

Метод аммиачной абсорбции диоксида серы. Конечным продуктом является сульфат аммония, а также нитрат аммония. Извлечение оксидов серы и азота. Экономически выгоден при больших содержаниях серы в угле (2.5-3%).

1.2. Регенерационные абсорбционные процессы.

1.2.1. Некаталитические. Магnezитовый циклический процесс разработан в СССР в 1940г. Основа метода - абсорбция диоксида серы в растворах оксидов металлов. При этом образуются сульфиты металлов (магний), которые смешивают с углеродсодержащим веществом и нагревают до 200-400°C в регенерационном аппарате с высвобождением концентрированного диоксида серы (10%) для последующей переработки в серную кислоту, а оксид магния возвращают в процесс.

1.2.2. Каталитические.

2. Газофазные методы (сухие)

Низкие энергозатраты, требуется предварительная очистка ДГ от пыли.

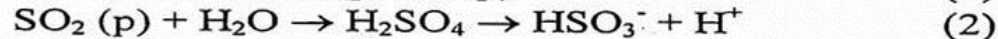
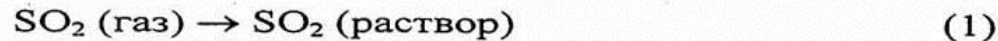
Методы очистки отходящих газов

Известковый процесс

Это мокрый процесс, дающий отходы при адсорбции SO_2 в виде щелочного шлама. Полученный шлам может быть химически стабилизирован с превращением в инертный материал, пригодный для смешивания с почвой. В исходном жидком состоянии шлам токсичен.

Химия процесса.

При адсорбции SO_2 распыленной жидкостью протекают следующие реакции:



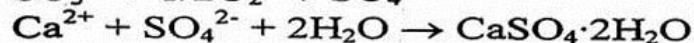
Известь реагирует следующим образом:



Сульфит-ион, образующийся в реакции (3), соединяется с кальцием, образующимся по реакции (4), давая нерастворимый полугидрат сульфита кальция:



Кроме того, сульфит-ион в конечном итоге превращается в гипс по следующим реакциям:



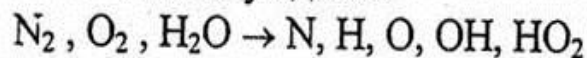
Количество извести, необходимое для процесса, и количество получаемого шлама рассчитывают на основе вышеприведенных реакций. При чистоте извести 95% и выполнении стехиометрии потребность в извести составляет 1.05 по массе от количества улавливаемого SO_2 .

Загрязнения диоксидом серы (очистка дыма)

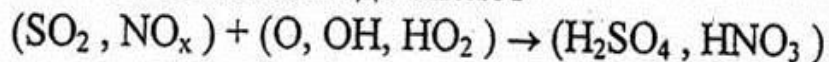
Радиационные и плазмохимические методы (на основе аммиачной абсорбции)

Принципиальная схема

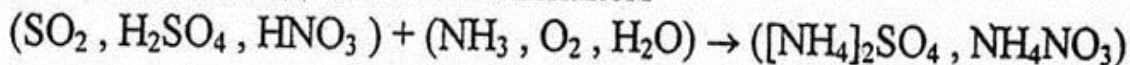
1. Возбуждение



2. Окисление до кислот



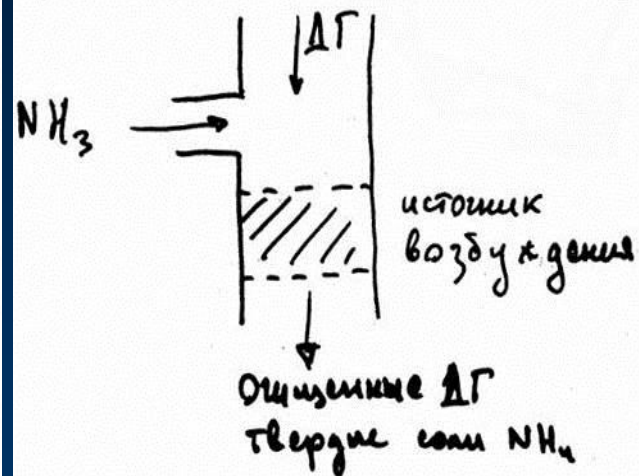
3. Взаимодействие с аммиаком



Технический процесс очистки состоит в следующем:

- а) ДГ фильтруются от твердых частиц и охлаждаются водой до температуры 60—120°C;
- б) добавляется стехиометрическое количество NH_3 ;
- в) ДГ подвергаются воздействию источника возбуждения в камере реактора;
- г) продукты реакции удаляются из обработанного газа с помощью фильтров.

Схема установки



Загрязнения диоксидом серы (очистка дыма)

Электроннолучевой метод

Эксперименты ведутся с 1970 г. К 1988 г. действующими были четыре опытно-промышленные установки в ФРГ и США.

Важная характеристика - зависимость степени очистки η ДГ от поглощенной энергии (дозы) D

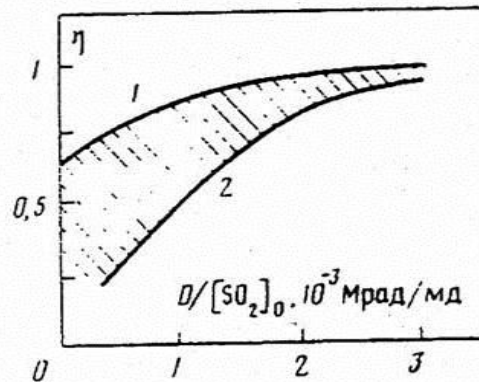


Рис.1 обобщенная зависимость $\eta(D)$ для SO_2 .

Разброс засчет различных условий эксперимента (T , $n(SO_2, NH_3, H_2O)$, параметры пучка и т. д).

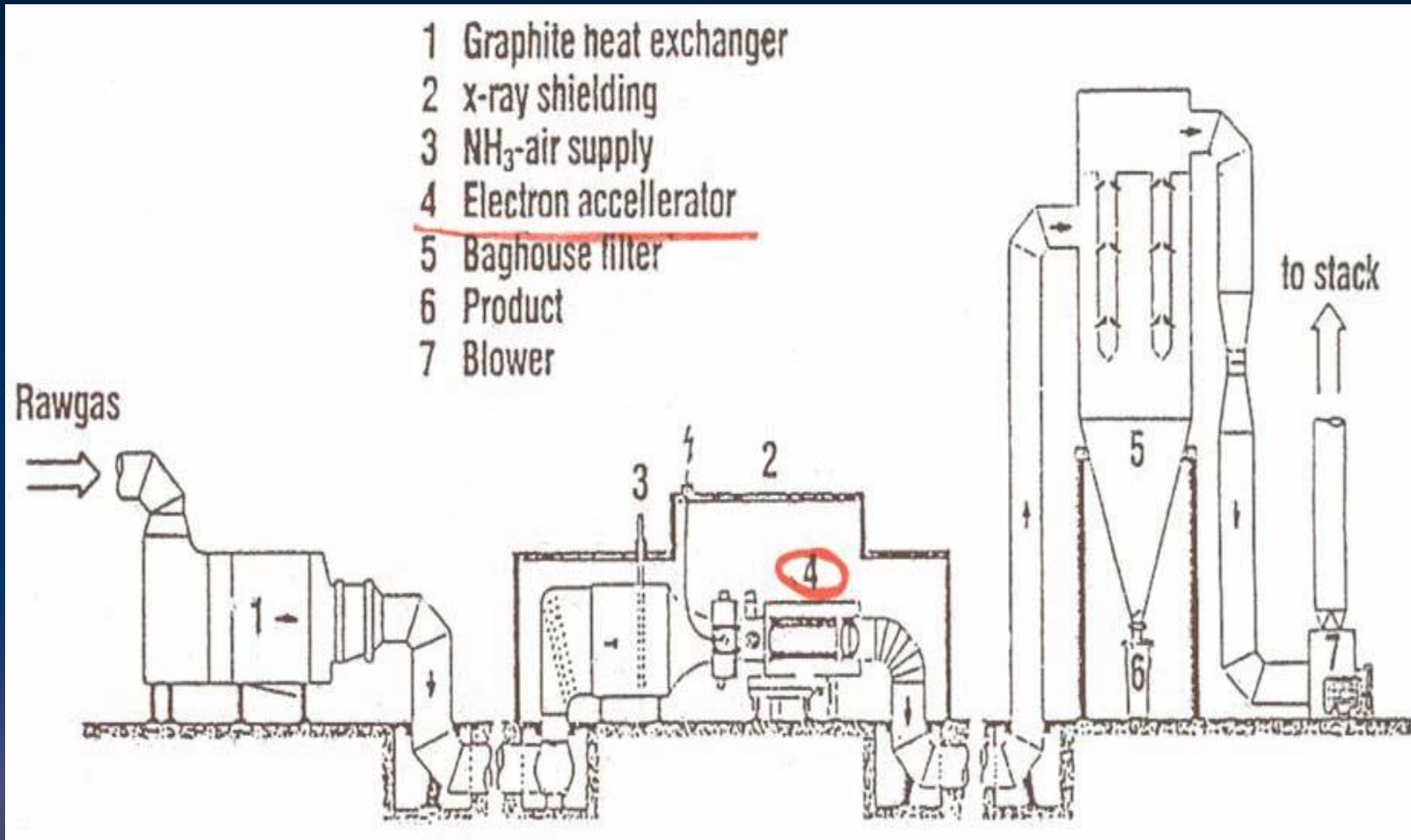
Значительная доля SO_2 удаляется без участия продуктов радиолиза. Сильная зависимость $\eta(SO_2)$ от температуры и концентрации NH_3 .

Наибольшая эффективность при температуре $60-80^\circ C$ и концентрации $-NH_3$, близкой к стехиометрической. Без NH_3 (чисто радиационная очистка), при концентрациях $SO_2 \approx 1000 \text{ мд}$ эффективность 90% при дозах около 2 Мрад.

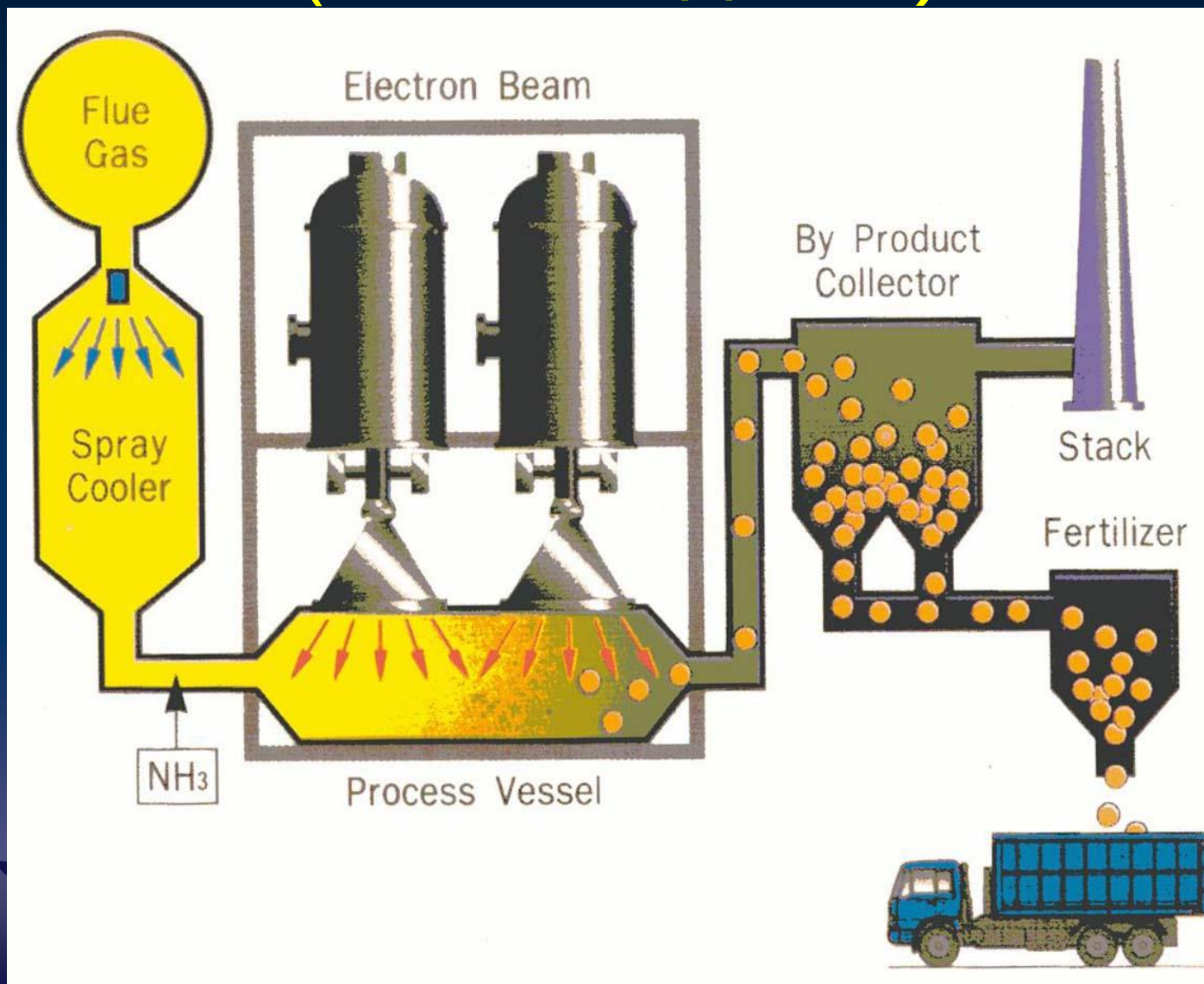
Энергетическая эффективность очистки $G(SO_2)$. При увеличении поглощенной дозы энергетическая эффективность падает. Достигаются такие концентрации свободных радикалов, при которых они начинают активно рекомбинировать между собой без участия SO_2 .

Неселективный процесс $G(SO_2)$ не более 6.

Загрязнения диоксидом серы (очистка дыма)

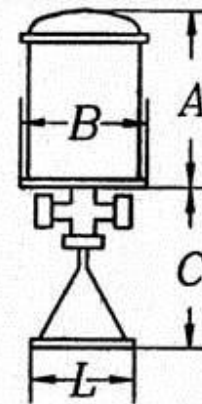


Загрязнения диоксидом серы (очистка дыма)



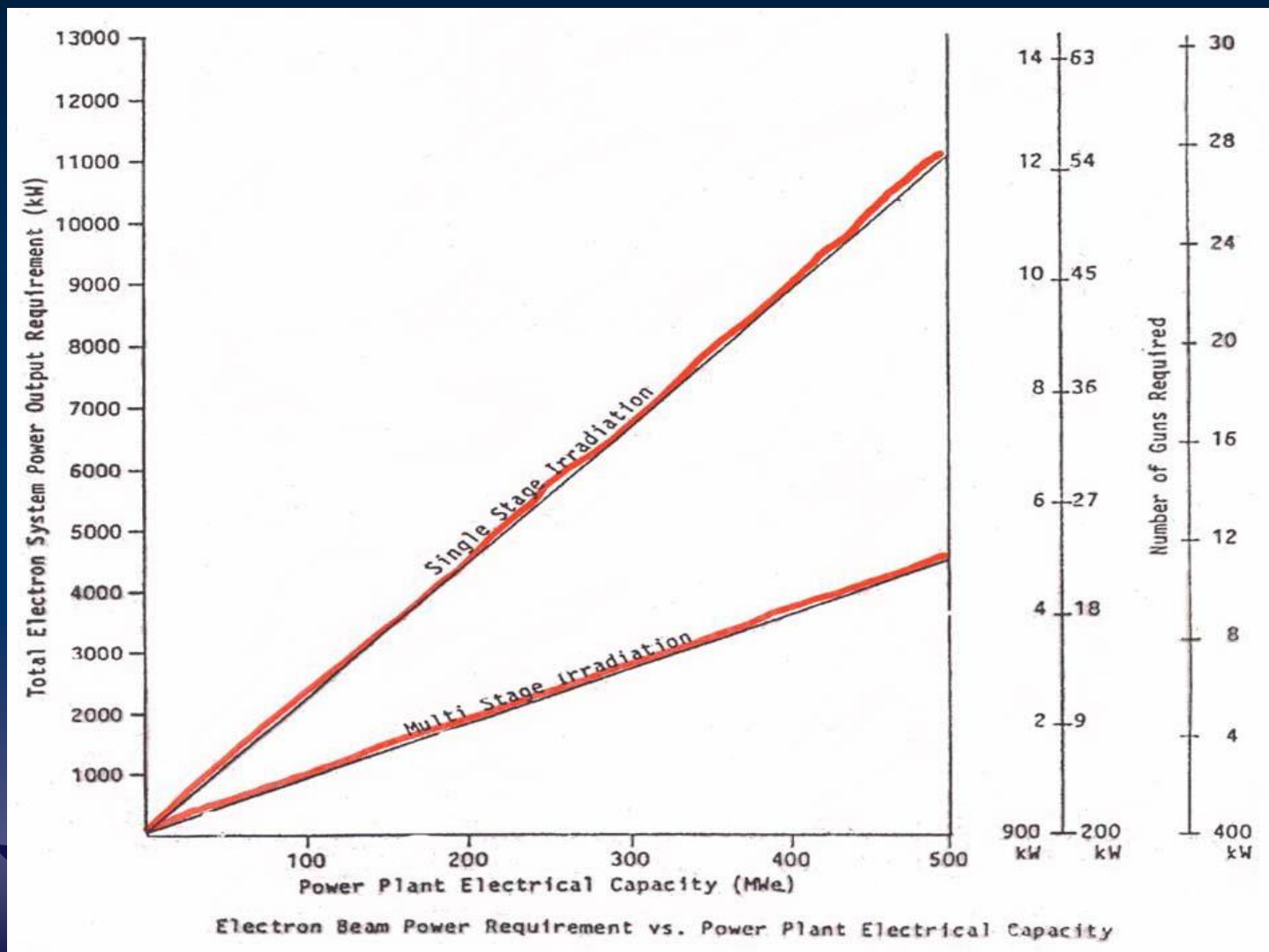
Ускорители для радиационной очистки дыма

The industrial electron accelerator (EA) is a unique and innovative tool for the direct injection of energy into a wide variety of substances.



Parameter		ELV-mini	ELV-0.5	ELV-1	ELV-2	ELV-3	ELV-4	ELV-6	ELV-8
Energy range, E Mev		0.2÷0.4	0.4÷0.7	0.4÷1.0	0.8÷1.5	0.5÷0.7	1.0÷1.5	<u>0.8÷1.2</u>	<u>1.0÷2.5</u>
Beam power, P kW		20	25	25	20	50	50	<u>100</u>	<u>80</u>
Maximum beam current, mA		50	40	40	25	100	40	<u>100</u>	<u>50</u>
S I Z E	L, cm	98	98	98	98	150	98	<u>150</u>	<u>98</u>
	A, mm	500	1900	2360	2360	2360	2660	<u>3870</u>	<u>3740</u>
	B, mm	450	1350	1350	1350	1350	1350	<u>1350</u>	1350
	C, mm	600	1500	1500	1500	2000	1500	<u>2000</u>	1500
Consumption Power, kW		30	33	33	27	60	65	130	100

Ускорители для радиационной очистки дыма



Контрольные вопросы по материалам лекции 3-15

- Укажите процентное содержание (по объему) кислорода в атмосфере в настоящий период.
- Укажите процентное содержание (по объему) азота в атмосфере.
- Укажите процентное содержание (по объему) водорода в атмосфере в настоящий период.
- До какой высоты простирается тропосфера?
- До какой высоты простирается стратосфера?
- В каком направлении дуют преимущественно ветры на средней широте северного полушария?



Контрольные вопросы по материалам лекции 3-15

- Перечислите газы, входящие в состав первичной атмосферы.
- Перечислите газы, входящие в состав нынешней атмосферы с уровнем относительного содержания не менее одного процента.
- Перечислите основные газы, определяющие переменный состав атмосферы.
- Какая отрасль промышленности дает наибольший процент выбросов, вредных для газовой среды окружающей нас атмосферы?
- Опишите распределение глубины вод мирового океана.
- Перечислите химические элементы, представленные в водах мирового океана в форме растворенных солей, и как это соотносится с процентным содержанием этих элементов в крови человека.



Контрольные вопросы по материалам лекции 3-15

- Опишите механизм стабилизации процентного содержания углекислоты в атмосфере за счет ее растворения в океанических водах.
- Содержание серы в различных формах ископаемого топлива .
- Загрязнение атмосферы оксидом и диоксидом серы при выбросах дыма тепловыми станциями.
- Перечислите способы очистки дыма от диоксида серы.
- Энергетические затраты на очистку дыма тепловых станций.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

